

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS-UFAL
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO-IC
MESTRADO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO**

UM AMBIENTE INTERATIVO DE APRENDIZAGEM EM FRAÇÃO

Rosemeire Lima Secco

Maceió, outubro de 2007.

Rosemeire Lima Secco

UM AMBIENTE INTERATIVO DE APRENDIZAGEM EM FRAÇÃO

Dissertação submetida ao Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Modelagem Computacional de Conhecimento, sob orientação do Prof. Dr. Evandro de Barros Costa.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS-UFAL
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO-IC**

Maceió, outubro de 2007.

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

S444u Secco, Rosemeire Lima.
Um ambiente interativo de aprendizagem em fração / Rosemeire Lima Secco.
– Maceió, 2007.
111 f. : il.

Orientador: Evandro de Barros Costa.
Dissertação (mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) –
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2007.

Bibliografia: f. 106-111.

1. Tecnologia educacional. 2. Ambiente interativo de aprendizagem. 3. Matemática
– Estudo e ensino. 4. Fração (Matemática). I. Título.

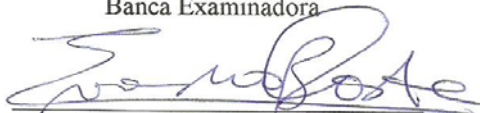
CDU: 004.4: 37

UM AMBIENTE INTERATIVO DE APRENDIZAGEM EM FRAÇÃO

Rosemeire Lima Secco

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Modelagem Computacional de Conhecimento, na área de Informática na Educação, e aprovada sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional do Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas.

Banca Examinadora



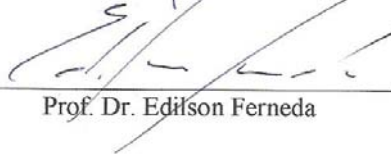
Prof. Dr. Evandro de Barros Costa
(orientador)



Prof. Dr. Arturo Hernandez Domingues



Prof. Dr. Elton Casado Fireman



Prof. Dr. Edison Ferneda

Agradecimentos

Ao Evandro de Barros Costa pela dedicação e ensinamentos.

Ao meu marido, Altemir João Secco, pela compreensão e ajuda.

Agradeço a Alexander, Balduino, Flávio e Guilherme, alunos do curso de Ciências da Computação do Instituto de Computação da UFAL pela colaboração, atenção e dedicação durante a fase de implementação deste trabalho.

Agradeço também a Edinar, coordenadora pedagógica da escola municipal Carmelita Gama que tão prontamente colocou a disposição alunos e professores para a experimentação do ambiente.

Finalmente, agradeço a Marcelo, funcionário do IC e licenciado em matemática pelas contribuições durante o experimento do trabalho.

Resumo

Neste trabalho é proposto um ambiente interativo de aprendizagem no domínio de fração, oferecendo ferramentas ao estudante e ao professor. Para o estudante, o ambiente fornece agentes de software que implementam de forma distribuída um resolvidor de problemas e um avaliador de soluções, permitindo tanto avaliar a solução proposta pelo estudante, quanto resolver problemas colocados pelo estudante, além de oferecer suporte pedagógico durante o processo de solução de problemas. Já o professor possui suporte na construção de ambientes específicos, tendo a sua disposição ferramentas para definir um espaço de problemas ou aceitar os problemas já contidos no ambiente. O ambiente foi projetado de acordo com o modelo conceitual do MATHEMA e do arcabouço ForBile, adotando a Aprendizagem Baseada em Problemas-PBL como abordagem pedagógica. O sistema faz uso de algumas funcionalidades comuns aos STI's clássicos, tendo sido implementado usando a tecnologia Java. Foi realizado um experimento com o protótipo desenvolvido e os primeiros resultados dão indícios quanto à qualidade pedagógica do ambiente proposto, assim como a sua aceitação pelos estudantes.

Abstract

This work proposes an Interactive Learning Environment oriented to the Fraction domain. It offers support to both student and teacher. In favour of the student the environment offers software agents that implements a distributed problem solver yielding respective explanations and an appraiser of solutions, and an evaluator module to evaluate the solution of the student. The system also provides the student with adequate feedback concerning his solution. The teachers have support in the environment construction by means of tools to make the news problems and accept the problems of the environment. The environment was designed in accordance with the conceptual model of the MATHEMA and ForBILE, adopting the Problem Based Learning - PBL as a pedagogical methodology. The system uses some functionalities common of classic STI, having been implemented using the Java technology. A preliminary experiment of the environment indicates some pedagogical quality, as well as its acceptance by the students.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução | 12 |
| 1.1. Contextualização e problemática | 13 |
| 1.2. Objetivos e Relevância | 14 |
| 1.3. Estrutura do trabalho | 16 |
| 2. Ambientes Computacionais de Aprendizagem | 17 |
| 2.1. Os ACA's e a Aprendizagem Matemática | 17 |
| 2.2. Sistema Tutor Inteligente-STI | 18 |
| 2.2.1. Arquitetura | 18 |
| 2.2.2 Sistema Tutor Multi-agente | 20 |
| 2.3. Suporte Pedagógico | 20 |
| 2.3.1. Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL | 21 |
| 2.3.1.1. Características da PBL | 21 |
| 2.3.1.2. O problema e a PBL | 23 |
| 2.4. Trabalhos Relacionados | 24 |
| 2.4.1. Ambientes Computacionais para apoio á Aprendizagem de Fração | 25 |
| 2.4.2. FITS | 25 |
| 2.4.3. Sistema Aplusix | 26 |
| 2.5. Ambientes Interativos para Aprendizagem | 27 |
| 2.5.1. Construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem | 28 |
| 2.5.2. ForBILE e MATHEMA: bases para a construção do ambiente | 29 |
| 2.6. Conclusão | 30 |
| 3. O Ambiente de Aprendizagem em Fração | 31 |
| 3.1. Organização Estrutural do Ambiente | 32 |
| 3.2. Aprendizagem Baseada em Problemas | 35 |
| 3.3. Arquitetura do Ambiente | 38 |
| 3.3.1. Módulo do Domínio | 40 |
| 3.3.1.1.. Aprendiz | 41 |
| 3.3.1.2. Problemas do Ambiente | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.1.3. Catálogo de Bugs | 44 |
| 3.3.1.4. Ajuda | 45 |
| 3.3.2. Módulo Pedagógico | 46 |
| 3.3.3. Módulo do Estudante | 46 |
| 3.3.3.1. Avaliação Inicial do Aprendiz | 47 |
| 3.4. Suporte a autoria | 48 |
| 3.5. Cenário Geral de Interações | 50 |
| 3.5.1. Professor | 50 |
| 3.5.1.1. Criação de ambientes no Sistema | 51 |
| 3.5.1.2. Cadastro do professor no Ambiente | 52 |
| 3.5.1.3. Manipulação de ambientes | 52 |
| 3.5.2. Aprendiz | 53 |
| 3.5.2.1. Cadastro do Aprendiz | 54 |
| 3.5.2..2. Interação entre Aprendiz e Sistema | 55 |
| 3.6. Conclusão | 58 |
| 4. Implementação e Avaliação Empírica do Ambiente | 59 |
| 4.1.Sistema Resolvedor de Problemas | 59 |
| 4.1.1.Motor de Inferência | 59 |
| 4.1.1.2.Algoritmo de Inferência | 61 |
| 4.1.2. Módulo de Explicação | 63 |
| 4.2. Estrutura de um Problema | 64 |
| 4.3. Ferramentas para a Implementação do Protótipo | 65 |
| 4.4. Agentes do ambiente | 65 |
| 4.4.1. Agentes Responsáveis pela Realização das Operações | 66 |
| 4.4.2. Agente Responsável pela Avaliação ou Resolução de Problemas | 67 |
| 4.4.3. Agente Responsável por Coordenar os Agentes | 68 |
| 4.4.3.1 Resolução de problemas e Avaliação da resposta do aprendiz | 68 |
| 4.4.3.2.Diagnóstico do aprendiz | 69 |

| | |
|---|------------|
| 4.4.3.3.Armazenamento de conhecimento do aprendiz | 70 |
| 4.5. Bancos de Dados | 70 |
| 4.5.1. Banco de Dados dos Usuários | 70 |
| 4.5.2. Banco de Dados dos Problemas | 71 |
| 4.6. Telas do ambiente | 72 |
| 4.7. Avaliação do protótipo | 88 |
| 4.7.1.Recursos para Avaliação | 89 |
| 4.7.2. Resultados Obtidos | 89 |
| 4.8.Conclusão | 94 |
| Considerações Finais | 95 |
| Anexos | 98 |
| 1.Implementação do Protótipo: tecnologias utilizadas | 98 |
| 2.Metodologia para Análise e Projeto Orientado a Agentes – GAIA | 100 |
| 3.Avaliação Inicial do Aprendiz | 102 |
| 4.Avaliação do Ambiente | 103 |
| Referências Bibliográficas | 107 |

Lista de Figuras

Figura 2.1: Arquitetura do STI clássico.

Figura 3.1: Organização do domínio de fração.

Figura 3.2: Organização dos currículos e unidades pedagógicas.

Figura 3.3: Fases para a PBL.

Figura 3.4: Avaliação inicial do aprendiz pelo ambiente.

Figura 3.5: Apresentação do Conteúdo.

Figura 3.6: Resolução de problemas pelo aprendiz.

Figura 3.7: Avaliação da resposta do aprendiz a um problema.

Figura 3.8: Resolução de problemas pelo sistema

Figura 3.9: Visão geral do sistema.

Figura 3.10: Arquitetura do Ambiente.

Figura 3.11: Módulo do domínio.

Figura 3.12: Resolução de problemas pelo aprendiz.

Figura 3.13: Níveis de dificuldade dos problemas contidos nas unidades pedagógicas.

Figura 3.14: Criação de Ambientes pelos Autores.

Figura 3.15: Sistema e autor /professores na construção de ambientes interativos

Figura 3.16: Interação entre professor/autor e sistema.

Figura 3.17: Diagrama de seqüência do autor/professor.

Figura 3.18: Interações entre aprendiz e sistema.

Figura 3.19: Interação entre aprendiz e sistema (diagrama de caso de uso do estudante).

Figura 3.20: Diagrama de seqüência de aprendiz.

Figura 3.21: Fluxo do ambiente para o aprendiz.

Figura 3.22: Interação Aprendiz/ Ambiente

Figura 3.23; Diagrama representando o sistema proposto.

Figura 4.1: Exemplo da base de regras.

Figura 4.2 Regras imaginárias aceitas pelo motor de inferência.

Figura 4.3: Árvore de derivação para regras do motor de inferência.

Figura 4.4: Algoritmo para provar que $\text{If MultiplicationOperation} = \text{TRUE AND ExponentiationOperation} = \text{FALSE THEN OperationMultiplication}$

Figura 4.5: Memória de trabalho e árvore de derivação para provar regra.

Figura 4.6: Memória de trabalho e árvore encontrando uma regra.

Figura 4.7: Memória de trabalho e árvore provando regra.

Figura 4.8: Memória de trabalho e árvore concluindo regra

Figura 4.9 Memória de trabalho e árvore após ter provado regra

Figura 4.10: Definição computacional de um problema.

Figura 4.11: Modelo de comunicação dos agentes (representação feita utilizando GAIA).

Figura 4.12: Arquitetura de implementação do ambiente proposto

Figura 4.13: Modelo do agente avaliador.

Figura 4.14: Modelo do agente coordenador.

Figura 4.15: Ciclo de avaliação da resposta do aprendiz pelos agentes.

Figura 4.16: Modelo Relacional do Banco de Dados do Usuário.

Figura 4.17: Modelo Relacional do Banco de Dados de Problemas.

Figura 4.18: Tela inicial do sistema.

Figura 4.19: Tela inicial sistema para o aprendiz.

Figura 4.20: Tela com os conteúdos referentes à introdução de fração.

Figura 4.21: Tela mostrando as opções para a operação de soma com frações.

Figura 4.22: Explicação sobre soma entre frações.

Figura 4.23: Tela do resolvedor de problemas

Figura 4.24: Resolvedor de problemas com explicação.

Figura 4.25: Problemas para o aprendiz resolver.

Figura 4.26: Dica fornecida pelo sistema para solução de problema.

Figura 4.27: Dica fornecida pelo ambiente para ajudar o aprendiz na resolução de problema.

Figura 4.28: Ajuda referente ao conhecimento necessário para resolução de problema.

Figura 4.29: Avaliação de resposta do aprendiz para a resolução de um problema.

Figura 4.30: Tela de boas-vindas ao professor no sistema.

Figura 4.31: Tela mostrando os aprendizes cadastrados para análise do professor.

Figura 4.32: Tela para o professor cadastrar novos problemas nos ambientes.

Figura 4.33: Acertos dos estudantes no pré-teste

Figura 4.34: Quantidade de questões que os estudantes acertaram no pré-teste.

Figura 4.35: Acertos para cada questão do pós-teste

Figura 4.36: Quantidade de acertos no pós-teste

Figura 4.37: Resultado do questionário aplicado aos estudantes.

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Erros frequentes dos aprendizes contidos no catálogo de bugs.

Tabela 4.1: Conteúdo introdutório sobre fração.

1. Introdução

A educação é um dos setores que tem se beneficiado significativamente dos avanços das Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs, especialmente com os recursos oferecidos pela Internet. Nessa perspectiva, tem havido esforços destinados a desenvolver e oferecer tecnologias importantes para apoiar atividades de ensino e aprendizagem nas modalidades de Educação à Distância – EaD, educação semi-presencial e na própria educação presencial.

Na tentativa de contribuir para facilitar tais modalidades educativas, particularmente têm sido construídos ambientes computacionais de apoio ao ensino e aprendizagem. Deste investimento em tais ambientes, constatam-se suas utilizações tanto em rede de computadores, inclusive a Internet, quanto os que estão restritos a rodarem no *desktop* da máquina do usuário.

Há diferentes modalidades de ambientes computacionais de apoio a educação, aqui genericamente chamados de Ambientes Computacionais de Aprendizagem – ACA's, que observam aspectos como educação, aprendizagem e ensino (Gonçalves, 2004). Entretanto, para o presente trabalho interessa a categoria do Sistema Tutor Inteligente-STI (Wenger, 1987).

Os STIs surgiram na década de 70 do século XX, com a proposta de oferecer mecanismos de instrução personalizada no ensino. Para tanto, técnicas de Inteligência Artificial são empregadas, objetivando principalmente a representação de conhecimento sobre o domínio a ser ensinado, sobre o aprendiz e sobre estratégias pedagógicas. Neste sentido, o STI passou a ser constituído por três componentes fundamentais: módulo do aprendiz, módulo pedagógico e módulo do especialista.

O módulo do aprendiz contém as informações específicas para cada aprendiz¹; o módulo pedagógico é formado pelas estratégias pedagógicas apropriadas que podem ser usadas, e, finalmente, o módulo especialista possui conhecimento representado sobre o domínio e as informações referentes ao conteúdo abordado a serem utilizadas no processo de aprendizagem dos alunos.

¹ Neste trabalho, os termos aprendiz, aluno e estudante têm um mesmo significado, ou seja, aquela pessoa que estuda, aprende.

Cada um desses domínios são objetos de pesquisas, visando aprimorá-los cada vez mais, e, assim, tornar os STI's mais eficientes.

2.1. Contextualização e problemática

A aprendizagem em matemática, apesar de todos os recursos tecnológicos existentes, ainda é motivo para preocupação por parte de professores/educadores e de sofrimento e desgosto por parte de alunos (Carvalho, 1994: 15). Um investimento alternativo em busca de tornar o ensino da matemática mais atraente tem ocorrido através do que se denomina de matemática divertida (através do uso de metodologia que utilize jogos, brincadeiras, além da interação constante do aprendiz), ou seja, matemática prazerosa, onde a criança aprende brincando. Como afirma Ian Stewart, “matemática pode dar prazer e não é algo pronto e acabado” (Stewart, 2005: 7).

Para tanto, alguns softwares, como é o caso do FITS - Sistema Tutor Inteligente para fração (Nwana, 1998), estão sendo desenvolvidos com o objetivo de facilitar a aprendizagem em matemática, quer na Educação à Distância - EaD, como na educação presencial. Esses softwares abrangem os mais diversos assuntos de matemática, funcionando tanto em máquinas isoladas quanto em rede.

Em relação aos STI's, eles vêm passando por modificações a fim de adaptar-se as novas concepções pedagógicas, a exemplo de abordagens construtivistas, onde encontramos na figura de Jean Piaget (Oliveira, Costa e Moreira, 2001:33-42) um dos maiores representantes, além da abordagem sócio-interacionista de Lev Semenovich Vygotsk (Oliveira, Costa e Moreira, 2001:42-46).

Entre as conseqüências disso, no projeto de um STI, estão os atuais investimentos no módulo do especialista, mais especificamente a Aprendizagem Baseada em Problemas, do inglês Problem Based Learning – PBL, aplicada em STI's das mais variadas linhas do conhecimento humano.

Apesar de todos esses esforços e pesquisas, ainda é pouco comum a existência de ambientes virtuais que facilitem a aprendizagem adaptativa em matemática. Constata-se tal lacuna nas séries iniciais do ensino fundamental, refletindo-se, por exemplo, no domínio de fração. Tais ambientes, quando existem, não oferecem assistência satisfatória ao aprendiz no momento da resolução de problemas, nem facilidades para os autores dos ambientes no momento de sua construção.

A aprendizagem em operações com fração consiste no entendimento do conceito de fração (que significa divisão) e na aprendizagem das regras específicas para cada operação a ser realizada, a saber, soma, subtração, multiplicação, etc.

Como uma proposta para abordar as séries iniciais do ensino fundamental, contribuindo para o ensino no domínio de fração, o presente trabalho buscou conceber um ambiente que visa melhorar a interação aprendiz e sistema, fornecendo aprendizagem adaptativa. Para tanto, foi utilizada a PBL através da implementação de funcionalidades do STI, buscando a aprendizagem qualitativa e centrada no aluno.

Este trabalho se insere na linha de pesquisa Modelos Computacionais em educação do mestrado em modelagem computacional de conhecimento da Universidade Federal de Alagoas -UFAL.

2.2. Objetivos e Relevância

O presente trabalho propõe a elaboração de um Ambiente Interativo de Aprendizagem no domínio de fração. Este ambiente segue o modelo MATHEMA (Costa, 1997) principalmente no que diz respeito a sua abordagem de aprendizagem baseada em problemas e na sua proposta estrutural de modelagem do domínio em questão, tratando das noções de ponto de vistas (contextos), assim como da estrutura de *curriculum*. Neste ponto, propõem-se também facilidades ao autor do conteúdo.

Este trabalho tem por objetivo a realização de um sistema tutor inteligente para apoiar a aprendizagem no domínio de fração nas séries iniciais do ensino fundamental.

O sistema possui as funcionalidades seguintes:

- Definir os conteúdos para o domínio de Fração, caracterizando uma abordagem abstrata e uma concreta através de duas representações mapeáveis entre si;
- Oferecer recursos para o autor criar ou modificar os conhecimentos (problemas) do domínio de fração, assim como um banco de problemas;
- Prover mecanismos para a resolução de problemas garantindo a progressão pedagógica da aprendizagem;
- Utilizar a Aprendizagem Baseada em Problemas com estratégia pedagógica;
- Resolver todo problema que é proposto ao aprendiz e que o aprendiz propõe ao ambiente no âmbito de suas capacidades;
- Seguir o caminho de solução do aprendiz, detectar seu erro e ajudá-lo caso solicite;
- Avaliar e memorizar as aquisições do aprendiz para melhor definir seu perfil de aprendizagem;
- Implementar um protótipo do ambiente proposto;
- Experimentar o ambiente numa turma piloto.

Um dos aspectos relevantes na pesquisa em questão vincula-se na sua proposta em trazer para a educação fundamental, tecnologias mais comumente usadas em séries mais avançadas. No presente trabalho, verificou-se um estudo sobre softwares para ensino de matemática, mais especificamente programas para o ensino de fração. Pode-se observar a carência desse tipo de software, uma vez que alguns programas são voltados apenas para definição de fração, outros para uma operação específica com fração, não contemplando as demais operações. Dessa forma, um ambiente que contemple operações e definição de fração será útil como facilitador e colaborador no processo de ensino e aprendizagem dos alunos das séries iniciais de matemática.

2.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo o primeiro a introdução e os demais dispostos conforme o modelo a seguir:

3. Ambientes Computacionais de Aprendizagem: são apresentados alguns conceitos relacionados a STI e alguns exemplos de ambientes computacionais de aprendizagem. Será abordada também a Aprendizagem Baseada em Problemas-PBL, bem como aspectos para a construção de ambientes interativos, trabalhos que serviram de apoio a presente proposta de trabalho, a saber, ForBile e MATHEMA e finalmente, ambientes específicos de aprendizagem matemática;
4. Um Ambiente de Aprendizagem em Fração: inicialmente será apresentada a lista de requisitos do sistema. A apresentação inicial do ambiente será através de sua arquitetura e atores;
5. Implementação e Avaliação Empírica do Ambiente: serão abordados detalhes de implementação, a saber, a tecnologia JAVA usada para a implementação propriamente dita do protótipo. O capítulo finaliza com o resultado da avaliação empírica do protótipo realizada com professores e alunos.
6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros: dentro da perspectiva inicial do trabalho, será abordado o que foi realizado.

2. Ambientes Computacionais de Aprendizagem

Neste capítulo será apresentada uma conceituação básica sobre Ambientes Computacionais de Aprendizagem -ACA. Inicialmente, será apresentada uma descrição sobre STI, bem como exemplos de STI voltados para matemática. Serão abordados também ambientes interativos de aprendizagem, alguns trabalhos relacionados com o presente trabalho e a PBL, técnica de IA utilizada como metodologia pedagógica neste trabalho. Finalmente, será mostrado o MATHEMA e o ForBILE, bases para a construção do presente trabalho.

A tecnologia da informação e comunicação – TIC contribuiu para a evolução dos chamados Ambientes Computacionais de Aprendizagem – ACA's definidos como ambientes que fornecem métodos, via computador, para a aprendizagem em diferentes linhas do conhecimento humano, incluindo a matemática (Gonçalves, 2004). A maior partes desses ACA's utilizam a Internet e o ambiente World Wide Web – WWW.

2.1. Os ACA's e a Aprendizagem Matemática

Um indicativo de dificuldade dos alunos das escolas públicas e particulares na aprendizagem em matemática pode ser observado através dos seus baixos resultados em exames aplicados pelo governo federal, tais como o Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb, disponível na página do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP².

Dessa forma, tem havido uma busca constante por mecanismos para melhorar a aprendizagem dos estudantes, originando, por exemplo, um crescente número dos programas e ambientes voltados para o ensino da matemática.

Estes esforços estão sendo produzidos para construção de softwares (Rieder et al, 2003) em geral e, especificamente, para STI's, específicos para matemática (Huapaya e Arona, 2002: 37-48).

O estudo e a elaboração de ambientes para auxílio no ensino da matemática fundamental é algo em desenvolvimento, devido, em parte, a grande aversão de muitos alunos a esta disciplina.

² A referida pesquisa encontra-se na página do SAEB que está disponível em http://www.inep.gov.br/download/saeb/2005/SAEB1995_2005.pdf

Dessa forma, foi elaborado um modelo para construção de softwares de apoio a ensino da matemática, o Cosaemaf – Construção de Softwares para Auxílio no Ensino de matemática Fundamental (Rieder et al, 2003).

O Cosaemaf propõe diretrizes que devem ser seguidas ao se construir esse tipo de software. Elas foram estabelecidas a partir de pesquisas realizadas com professores, alunos entre 10 e 14 anos e outros profissionais da área de educação e computação. Dessa forma, os softwares devem seguir normas técnicas e de qualidade de software, além de possuir uma interface amigável adequada ao público alvo, seguindo teorias de aprendizagem que situem o software na área pedagógica.

2.2. Sistema Tutor Inteligente- STI

Os STIs são programas que, fazendo uso de técnicas de Inteligência Artificial - IA, modificam suas estratégias pedagógicas de acordo com as necessidades de cada aprendiz, oferecendo estudo individualizado.

Estudos atuais versam sobre a afetividade do aprendiz, observada através de aspectos como expressão facial ou gestual, ritmo cardíaco e linguagem usada entre aprendiz e ambiente (Jaques e Vicari, 2005). Observar tais aspectos é pretensão futura do presente trabalho.

2.2.1. Arquitetura

Jonh Self (Self, 1988) propôs uma arquitetura para STI's aceita atualmente pela comunidade científica dotada por apenas três módulos: domínio, tutor e estudante.

O **módulo do Domínio** contém as informações pedagógicas necessárias ao tutor, o conhecimento do domínio do sistema, ele deve organizar o conteúdo a ser abordado. Já o **Módulo do Tutor** é o responsável pela transmissão do conhecimento, ou seja, ele gerencia o STI através das informações obtidas no módulo do Domínio. E finalmente, o **Módulo de Estudante** ou Módulo do Aluno contém um modelo do conhecimento, capacidades ou comportamentos do aluno ou aprendiz,

incluindo um histórico do processo de aprendizagem do aluno, mostrando seus erros e acertos. A figura 2.1 representa a arquitetura proposta por Self.

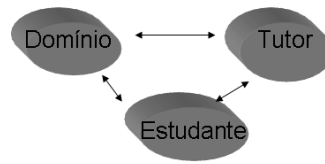


Figura 2.1: Arquitetura de STI clássico.

O modelo do estudante contém as informações referentes a cada aprendiz, mostrando seus exercícios e interações com o sistema. Sendo assim, o tutor deve ser capaz de escolher qual é a melhor estratégia para cada usuário do STI de acordo com suas necessidades.

Além disso, o tutor deve ser capaz de avaliar continuamente e de forma correta o aprendizado do aluno. A partir dessa avaliação, a estratégia pedagógica é escolhida.

Dessa forma, a avaliação é importante em um STI, motivando pesquisas cuja finalidade é encontrar uma melhor e mais eficiente forma de avaliação. Os STIs atuais utilizam, no módulo do estudante, o Modelo Aberto do Estudante, vem da sigla inglesa OSM que significa Open Student Model (Bull e Nghiem, 2002).

Como dito anteriormente, a grande dificuldade nos STI e em ambientes virtuais de aprendizagem é a avaliação do aprendiz, uma vez que o tutor (professor) não está presente constantemente ao lado do aluno. Mas o desafio não foi finalizado, a questão é saber se o sistema realmente inferiu corretamente o aprendizado do aluno. Sendo assim, o ambiente deve ter a capacidade de aprender sobre o estado cognitivo do aluno. Com o intuito de ter certeza da inferência de aprendizagem do aluno é que o OSM torna-se eficiente.

Além disso, (Mazza, 2003) falta na EaD e nos STIs atuais uma melhor interação envolvendo afetividade e diálogo direto entre sistema e aluno. Por causa disso, há uma dificuldade para o tutor verificar elementos essenciais didaticamente. Há necessidade de se verificar o grau de satisfação do aluno, além de suas habilidades. Em outras palavras, devemos considerar aspectos emocionais na EaD e em STI.

Para facilitar o processo de implementação dos STI's utilizamos agentes inteligentes responsáveis por funcionalidades do STI. Cada agente é responsável por uma funcionalidade e eles podem se comunicar trocando informações.

2.2.2. Sistema Tutor Multi-agente

Os Sistemas Multi-agentes pertencem a um ramo distinto da inteligência Artificial - IA, a Inteligência Artificial Distribuída – IAD. Ela trata da interação entre agentes inteligentes que podem estar distribuídos em lugares geograficamente distintos ou não, ou agentes que provocam interação distribuída entre homem e máquina. Tais agentes podem ser capazes de tomar decisões para atingir seus objetivos, provocando interações e modificações no ambiente o qual estão inseridos.

Um Sistema Tutor Multiagentes é um STI no qual sua arquitetura é baseada em agentes, sendo assim, cada módulo pode ser implementado através de um agente ou uma sociedade de agentes que cooperam entre si para atingir seus objetivos.

Desse modo, cada agente terá: Uma tarefa ou tarefas específica a realizar; Informações que o agente deverá adquirir durante o processo e Informações que o agente deve repassar para outros agentes (Azevedo, Tavares e Cury, 1999).

Um SMA nada mais é do que uma comunidade de agentes reunidas, onde cada agente possui seu objetivo e juntos realizam o objetivo do sistema no qual estão inseridos, que é o objetivo da sociedade de agentes. Sendo assim, faz-se necessária a compreensão do conceito de agente.

Segundo Green apud Romani e Gomes (1999), um Sistema MultiAgente – SMA, é “uma rede de “resolvedores” de problemas que trabalham juntos para resolver problemas que estão além das suas capacidades individuais”. Eles devem ser capazes de comunicar-se entre si, coordenar suas atividade e negociar em caso de conflitos.

2.3. Suporte Pedagógico

Os ACA's atuais fazem uso de algumas técnicas desenvolvidas pela IA para a aprendizagem de seus sistemas. Dentre essas técnicas tem-se o Raciocínio Baseado em Casos-RBC (Wangenheim

e Wangenheim, 2003) e a Aprendizagem Baseada em Problemas- ABP (Burch, 1995). Para o presente trabalho, foi utilizada a ABP.

A maioria dos ambientes educacionais utiliza a teoria construtivista para a aprendizagem desenvolvida por Piaget. Nela, o aprendiz está em constante processo de aprendizagem, não sendo um ser acabado. Passando, portanto, por estágios diferentes para a aquisição de conhecimento. Este conhecimento é adquirido através das interações entre o indivíduo e o meio.

Sendo assim, o sistema propõe a aprendizagem através da resolução de problemas, buscando as interações realizadas pelo aprendiz durante tal resolução, valorizando o conhecimento que o aprendiz já possui sobre determinado assunto. Segundo Izolda Lopes³, essa conduta pedagógica busca avaliar, diagnosticando, o aprendiz de acordo com suas individualidades e história, procurando desenvolver o aprender a aprender.

2.3.1. Aprendizagem Baseada em Problemas - ABP ou PBL

A Aprendizagem Baseada em Problemas, do inglês *Problem Based Learning* - PBL é uma técnica onde o aluno é conduzido à resolução de problemas e, de acordo com o processo de resolução do mesmo, o nível de dificuldade dos problemas aumentará. Estimulando assim o raciocínio lógico e aumentando o nível de motivação do aluno.

2.3.1.1. Características da PBL

Dentre as características da PBL destacam-se:

- Maneira de aprendizagem que coloca o ensino de forma familiar, trabalha com um problema focal com trabalho de grupo, *feedback*, discussões em classe (ou em grupo), desenvolvimento de habilidades e relato final. Ao professor cabe organizar e guiar as

³ Izolda Lopes é colaboradora do site oficial sobre construtivismo (<http://www.construtivismo.com.br>).

atividades e habilidades dentro de um contexto. Trata-se de uma aprendizagem ativa, na qual perguntas do tipo “por que nós necessitamos saber isso?” e substituída por “o que nós necessitamos saber?” (Burch, 1995);

- Aprendizagem que diminui a distância entre estudantes e professores, onde os problemas são classificados. Essa classificação ocorrerá de acordo com o nível de dificuldade para a resolução dos mesmos. A progressão do aluno ocorre à medida que ele consegue resolver problemas de diferentes níveis, proporcionando confiança e satisfação pessoal dos alunos (Mierson, 1995);
- Componentes dos problemas: cada problema a ser resolvido é dotado de uma descrição de fenômenos que podem ser observados na vida real do aluno. Esse fenômeno possui uma explicação para saber seu mecanismo ou ações para sua solução (Soares, 2001);
- Pistas: durante o processo de resolução de um problema são apresentadas pistas aos alunos referentes a tal resolução (Soares, 2001);
- Memória: o conhecimento já adquirido pelo aluno é armazenado em uma memória e pode ser resgatado quando necessário (Soares, 2001);
- Mecanismos de aprendizagem: não só os problemas, mas também a leitura sobre o assunto, os trabalhos e estudo individual são mecanismos de aprendizagem que devem ser utilizados (Soares, 2001);
- Facilitador: para ajudar no processo de resolução de problemas, os alunos contam com o facilitador que conduz de forma apropriada o processo de aprendizagem através da exposição de problemas, interrogações a fim de levar o grupo a refletir sobre o problema (Soares, 2001);
- Grupos de Estudantes: os estudantes são organizados em pequenos grupos, sendo que os problemas são lançados para o grupo (Soares, 2001);

- Trabalho em equipe: como os alunos são divididos em grupos, esse método de aprendizagem valoriza e ensina o trabalho em equipe bem como o aprendizado igualitário de todos os membros do grupo (Soares, 2001);

O princípio da ABP é ensinar ao aluno a aprender a aprender. Sendo assim, há necessidade de organização e dedicação, aperfeiçoamento constante e supervisão criativa.

Desta forma, na ABP o aluno, ou grupo de alunos, se depara com uma situação que precisa ser resolvida, para tanto o aluno lança mão de alguns conhecimentos e ajuda. No final o aluno não só resolveu o problema como assimilou o conhecimento desejado.

O trabalho de Sheella Mierson (Mierson, 1995) aplica a técnica de PBL em alunos de fisiologia no qual foi formado grupos de alunos de acordo com seu conhecimento. Os problemas são classificados e divididos de acordo com níveis e os alunos expõem suas idéias, ocasionando ganho de confiança e satisfação pessoal. No presente trabalho, os problemas são divididos em níveis de dificuldades, seção 3.3.1.2.

Em síntese, a PBL foi escolhida para fazer parte desse trabalho por se tratar de uma técnica que usa o raciocínio e acima de tudo a aplicação da aprendizagem através da prática, ou seja, do uso de problemas/exemplos.

2.3.1.2. O problema e a ABP

Com a resolução de problemas, o aluno aprende não apenas o conteúdo, mas também a solucionar problemas que necessitem de tal conteúdo. Não se trata da simples transmissão de conhecimentos, mas sim da assimilação e do uso de tais conhecimentos.

Sendo assim, o trabalho de Silver e Barrouws (2006) mostra que o aluno não aprende simplesmente a resolver problemas, mas sim a refletir sobre suas experiências. Ao professor, cabe elaborar e facilitar o processo de aprendizagem. Dessa forma, os objetivos dos professores nas

ações pedagógicas são: Conhecimento da matéria; Satisfação pedagógica e Conhecimento individual dos estudantes.

A motivação é o ponto de partida para a aprendizagem, nela o aluno é induzido a aprender. As competências são os conhecimentos já assimilados pelos alunos e que serão necessários na solução do problema, e, finalmente, as capacidades que o aluno irá adquirir no término na resolução do problema (Martins, 2002).

Segundo o modelo proposto no artigo de Hung (2006), os problemas podem ser divididos em duas classes de componentes, são eles:

1. Componentes fundamentais: incluem o conteúdo, contexto e relação. Ou seja, são os componentes formadores do problema em si, seus elementos e sua relação com outros problemas e conhecimentos, fornecendo assim o suporte a aprendizagem;
2. Componentes complementares: raciocínio, pesquisa e reflexão. Reflete os componentes instigados ao aluno para e na resolução do problema, ou seja, as habilidades para a solução dos problemas.

Cabe então, uma boa definição de tais componentes a fim de que eles ajudem e não atrapalhem o processo de aprendizagem do aluno. Tornando extremamente importante a criação de problemas pelo professor. Tais problemas devem induzir o aluno a compreender o problema, traçar uma estratégia de resolução e só assim, resolver o problema.

2.4. Trabalhos Relacionados

Será apresentado a seguir alguns ambientes e STIs voltados para o ensino de fração e de matemática nas séries iniciais.

2.4.1. Ambientes Computacionais para Apoio à Aprendizagem de fração

O trabalho intitulado Ambientes Computacionais para Apoio à Aprendizagem: Um Experimento com Frações, de Henrique Galvão Monteiro, apresenta, além da proposta de um ambiente para ensino de fração, um estudo detalhado sobre a aprendizagem de fração (Monteiro, 1997).

O ambiente trabalha com conceito, equivalência, comparação e operação de soma, subtração, multiplicação e divisão de fração. Ele possui dois usuários: professor e aluno.

O professor conta com recursos como histórico dos alunos, estatísticas (mostram a quantidade de operações que o aluno usou para chegar a um resultado, além da idade e série do aluno) e um roteiro de atividades que valoriza a extensibilidade e a customização.

O aluno possui um ambiente de fácil uso, além de recursos gráficos para facilitar a resolução de problemas.

A aprendizagem é feita de forma conceitual. Sendo assim, o sistema não se utiliza das regras para resolver operações com frações. Isto é realizado através do conceito de fração equivalente, fração com mesmo denominador e representação geométrica de fração (Monteiro, 1997).

A vantagem dessa metodologia é que o sistema pode ser usado por crianças que ainda não tiveram conhecimento sobre regras referentes a operações com fração, preparando-a para o estudo e melhor assimilação dessas regras.

Como dito anteriormente, a aprendizagem é feita de forma conceitual, sem assim, o sistema não se utiliza das regras para resolver operações com frações. Sendo assim, não é viável para alunos que necessitam dessa aprendizagem. Além disso, só contempla as operações básicas de adição, subtração, multiplicação e divisão.

2.4.2. FITS

O Sistema Tutor Inteligente para Fração – FITS é um STI no domínio de fração, mais especificamente adição de fração, dotado de módulo do estudante, módulo do domínio, módulo de

resolução de problemas, módulo de estratégias pedagógicas e interface, além de um catálogo de erros.

Há um espaço, chamado de domínio experto de regras responsável pelas regras usadas na resolução de problemas de soma de fração.

O FITS armazena, cronologicamente, todas as interações de cada aprendiz com o sistema, começando por um pré-teste onde que analisa o conhecimento prévio do aluno.

De acordo com esse conhecimento prévio o aprendiz é classificado via letras que vão desde A (o aprendiz não sabe alguns pré-requisitos para o estudo do conteúdo a ser abordado), passando por B (não conhece pelos menos um pré-requisito), C (sabe todos os pré-requisito, mas não tem domínio sobre soma de fração) e D (a aprendiz sabe somar fração). Essa classificação do aprendiz é modificada e atualizada no fim de cada interação entre aprendiz e sistema (Nwana, 1998: 211-216).

O trabalho realizado por Hyacinth (Nwana, 1998: 211-216) demonstra que o FITS é uma boa opção para crianças entre nove e quatorze anos, mas deve ser utilizado ao lado de um tutor humano.

O FITS é um bom STI em fração, porém está limitado a soma de fração, não abrangendo as outras operações com fração.

2.4.3. Sistema Aplusix

O aplusix é um sistema para a aprendizagem de álgebra que pode ser usado como suporte no trabalho regular em sala de aula. O aplusix não ensina diretamente regras e métodos, mas ajuda a aplicá-las corretamente.

Há dois usuários, professores e alunos. Os alunos resolvem problemas no sistema e pode ter acesso a suas interações com o sistema. Para resolver problemas ele conta com a ajuda do teclado virtual onde se pode digitar, dentre outros, símbolos matemáticos. No aplusix o aluno pode escolher por uma aprendizagem livre, onde ele monta e resolve os problemas ou ainda resolver os cerca de 400 problemas propostos no sistema.

Os problemas do sistema estão contidos na ferramenta Mapa de Exercícios onde o aprendiz pode resolver problemas para sua aprendizagem e depois ir para a fase de teste, na qual haverá um contador de tempo analisando quanto tempo o aprendiz gasta para a solução dos problemas.

Os professores têm acesso aos problemas que os alunos fizeram, podem desativar comando, estatísticas de erros e acertos dos alunos, além de construir exercícios e problemas.

Os problemas são organizados em quatro níveis de dificuldades, distribuídos em até nove famílias. Dessa forma, o aluno pode selecionar o nível de dificuldade dos problemas que deseja resolver.

O aluno pode sair do sistema ou ainda ir para outro problema deixando o problema que está resolvendo.

Se o aluno resolve corretamente o problema, o sistema dá uma mensagem de incentivo ao mesmo “muito bem o exercício está resolvido”. Já para a auto-correção, o sistema indica onde há erros, ao clicar em solução, caso o aluno não os detecte (Nicaud, 2002).

Pode-se observar que o aplusix é eficiente no ensino da álgebra, podendo ser utilizado também para o ensino especificamente de fração, seus exercícios são bem elaborados e sua ferramenta “atividades anteriores” fornece uma boa visão de como está a aprendizagem dos alunos.

Apesar disso, ele não possui ferramentas que auxiliem o aluno no momento da resolução dos exercícios, deixando de fornecer uma tutoria ao aluno. O sistema apenas mostra onde está o erro, mas não ajuda o aluno a solucioná-lo.

2.5. Ambientes Interativos para Aprendizagem

Os Ambientes Interativos de Aprendizagem são uma evolução dos Sistemas Tutores Inteligentes exatamente por fornecer a capacidade de interação entre agentes humanos (aprendiz e professores) e agentes artificiais.

Nesse sentido, estudos e esforços estão sendo empregados no sentido de facilitar a construção dos ambientes interativos como pode ser observado nos trabalhos (Costa e Bittencourt, 2006) (Silva et al, 2003), que serão mostrados a seguir.

2.5.1. Construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem

A ontologia proposta por Evandro Costa e Ig Bittencourt (Costa e Bittencourt, 2006) leva em consideração quatro aspectos, são eles:

1. Modelo do domínio: trata da representação do conhecimento (estruturação e organização do conhecimento) e da resolução de problemas;
2. Modelo do estudante: possui as informações estáticas (nome, endereço etc) e dinâmicas (aspecto emocional etc) do aprendiz;
3. Modelo de colaboração: aborda como será a interação do aprendiz para a aprendizagem, ou seja, os grupos, ferramentas, as interações e o desempenho do aprendiz em um determinado grupo;
4. Modelo pedagógico: aborda como será conduzida a interação valorizando as estratégias e táticas.

A proposta de arquitetura desenvolvida para ambientes interativos de aprendizagem (Silva et al, 2003), considera os seguintes elementos:

- Processo de aprendizagem: são as técnicas para aprendizagem utilizadas;
- Comunidade de aprendizagem: contém as informações sobre os participantes do ambiente;
- Artefatos: são as “coisas” utilizadas na aprendizagem, a exemplo de documentos;
- Ferramentas: são os recursos tecnológicos para a comunidade, tais como jogos, micromundos, sistemas tutores etc;
- Meta-ferramentas de aprendizagem: são as especificações necessárias para a geração de ferramentas selecionadas pelo administrador para compor seu ambiente;

- Estratégias de acompanhamento: são as formas de avaliação e acompanhamento das atividades desenvolvidas pelos aprendizes;
- Base de construção: contém artefatos finalizados pelos aprendizes em atividades de grupos ou individual;
- Interface: ligação entre sistema e usuário;
- Métricas de avaliação: medidas e formas de avaliação;
- Processo de aprendizagem em execução: são as atividades cumpridas e não cumpridas pelos aprendizes.

Observa-se que os trabalhos acima fornecem formas e componentes para a construção de ambientes interativos de aprendizagem com o objetivo de tornar essa tarefa mais fácil e menos trabalhosa, a fim de que se possa desenvolver cada vez mais softwares educativos desse tipo, contribuindo para a aprendizagem quer em matemática ou em outros ramos do conhecimento.

2.5.2. ForBILE e MATHEMA: bases para a construção do ambiente

A elaboração do presente trabalho tomou como base dois projetos, a saber: ForBILE e MATEHMA.

O ForBILE (Bittencourt, 2006) é uma plataforma para construção de ambientes interativos de aprendizagem. Trata-se, portanto, de um ambiente para auxílio na construção de ambientes de aprendizagem. A organização estrutural do presente trabalho segue os moldes do ForBILE e do MATHEMA, como será observado na seção 3.1.

O MATHEMA propõe um modelo para organização do módulo do domínio usando estrutura composta por currículos (curriculum) e unidades pedagógicas. Além disso, ele propõe um protocolo para organizar a comunicação entre os agentes.

Os agentes formadores do MATHEMA, a saber, mestre, sonda e oráculo, fazem parte dos agentes tutores que formam a Sociedade de Agentes de Tutores Artificiais – SATA que colaboram

entre si para melhorar o processo de ensino/aprendizagem. O agente aprendiz é um agente humano. Finalmente, o agente cliente armazena os problemas resolvidos pelo agente humano aprendiz. (Costa, 1997).

A SATA tem a capacidade de salvar e propor problemas para os aprendizes, sendo assim é capaz de se comunicar e escolher a melhor estratégia para cada aprendiz. Além disso, ela pode cooperar com outros agentes para resolver conflitos existentes (Costa, 1997).

O agente aprendiz deve provar a tese através de afirmações justificadas. Essas justificativas, bem como a linha de raciocínio, são verificados pelo agente mestre. O agente mestre ao perceber erros no raciocínio apresentado, pede aos agentes oráculo e sonda que enviem exemplos para ajudar o aprendiz (Notare, Drehmer e Diveiro, 2001: 295-302).

2.6. Conclusão

O estudo de ambientes computacionais de aprendizagem, dos sistemas tutores inteligentes e das técnicas utilizadas no desenvolvimento de tais ambientes fornece subsídios para o desenvolvimento de novos ambientes de aprendizagem, a exemplo de ambiente interativo para a aprendizagem de fração aqui proposto.

O desenvolvimento de ambientes voltados para o ensino de fração, bem como de sistemas tutores inteligentes nesse domínio, é objeto de estudo por parte de professores, pedagogos e cientistas da computação como forma de facilitar a aprendizagem matemática.

Apesar de todos esses esforços, os ambientes encontrados para esse fim, estudados nesse capítulo, não oferecem suporte para a criação de ambientes de aprendizagem pelos autores ou não ajudam o aprendiz na resolução de problemas tornando a aprendizagem mais significativa.

3. O Ambiente de Aprendizagem em Fração

Neste capítulo será apresentada uma descrição detalhada referente aos requisitos, arquitetura geral e funcionalidades do ambiente proposto. Será apresentado o cenário geral das interações entre os atores do ambiente (professor, desempenhando o papel de autor, e o aprendiz ou estudante), bem como uma descrição sobre o uso da Aprendizagem Baseada em Problemas. A arquitetura é composta por três componentes comumente encontrados em um sistema tutor inteligente, a saber: modelos do domínio, do estudante e pedagógico.

Para contribuir na elaboração de instrumentos a serem empregados no apoio à aprendizagem no domínio da Matemática em suas séries iniciais do ensino fundamental, buscando suprir carência existente em softwares com propósitos similares, propõe-se neste trabalho um ambiente interativo de aprendizagem no domínio de Fração. Para tanto, a concepção deste ambiente considerou como ponto de partida a seguinte lista de requisitos:

- Suporte ao aprendiz: o aprendiz conta com suporte durante o processo de aprendizagem nos seguintes aspectos:
 1. Suporte a duas formas de representação do domínio: representação algébrica e numérica de fração para facilitar a aprendizagem;
 2. PBL: uma sigla inglesa para *Problem-based learning*. A aprendizagem baseada em problemas é aqui requerida como uma proposta pedagógica para contribuir na aprendizagem de fração;
 3. Mecanismos para resolução de problemas nas duas direções: do aprendiz para o tutor e vice-versa;
 4. Explicação: exibição dos passos da solução do problema, além de proporcionar o diagnóstico e a detecção de erros, ao serem mostrados ao aprendiz oferece um mecanismo de explicação para a solução do problema;
 5. Avaliação: é avaliada a resposta do aprendiz através da divisão do problema em passos, uma avaliação pode ser feita. O aprendiz será avaliado através de conceitos,

dados de acordo com a quantidade e o estilo de problema acertado. Além disso, o sistema armazena informações referentes ao desenvolvimento do aprendiz como problemas resolvidos e conteúdos assimilados, além de ajuda(s) solicitada(s) durante a resolução de problemas;

6. Diagnóstico e tratamento de erro: um mecanismo para tratamento de erro é acionado para tratar algum erro detectado na fase de avaliação/diagnóstico. O tratamento de erro ocorre uma vez que o ambiente divide a solução do problema em passos, mostrando ao aprendiz seu erro. Além disso, para facilitar o processo de tratamento de erro, há um Catálogo de Bugs que contém uma lista de erros comuns cometidos pelos aprendizes;
 7. *Feedback* ao estudante durante o processo de resolução de problemas: suporte realizado através de dicas e exemplos. No processo de resolução de problemas, o aprendiz conta com um suporte através de dica, conhecimento necessário para a resolução do problema e exemplos.
- Suporte na autoria: o autor dos ambientes possui suporte formado por problemas estabelecidos pelo ambiente, ou seja, problemas existentes no sistema com os quais o professor/autor, caso julgue necessário, poderá compor seus ambientes ou ainda criar novos problemas.

3.1. Organização Estrutural do Ambiente

Dados os requisitos citados, a elaboração da solução aqui proposta baseou-se primeiramente na adoção do modelo conceitual MATHEMA (Costa, 1997) como um modelo para concepção e desenvolvimento de ambientes interativos de aprendizagem baseado em agentes inteligentes e, subsequentemente, no arcabouço ForBile (Bittencour, 2006) como suporte de engenharia de software para a construção dos agentes tutores.

Do MATHEMA, adotaram-se os seus princípios, modelo de sociedade de agentes tutores, assim como a sua proposta de modelagem do domínio de conhecimento através da noção de pontos de vista e de estrutura organizacional do domínio em questão segundo uma estrutura de *curriculum*. Desse modo, a aplicação da proposta de modelagem do domínio de Fração conduziu à sua definição em dois contextos: algébrico e gráfica. Para cada contexto identificaram-se as profundidades numérica e variável.

Dessa forma, o domínio de fração foi mapeado em duas visões, buscando aproximar o abstrato do concreto, visão algébrica e visão gráfica:

1. Forma algébrica: utilizada pelo ambiente na solução de problemas e nas explicações sobre os conteúdos, e pelo aprendiz na resolução dos problemas;
2. Forma gráfica: abordada apenas pelo ambiente na explicação do assunto ou no enunciado de problemas.

Cada uma dessas visões pode ser tratada de forma inteiramente numérica ou com a presença de variáveis. Tem-se então o domínio (fração), composto de dois contextos (fração algébrica e fração gráfica) subdivididos em profundidade (fração algébrica numérica, fração algébrica variável, fração gráfica numérica e fração gráfica variável), isso gerando um conjunto de visões. Entretanto, desenvolveu-se aqui, neste trabalho, apenas uma visão particular, a qual foi associada ao currículo Fração Algébrica Numérica, seguindo o ramo ilustrado na figura 3.1.

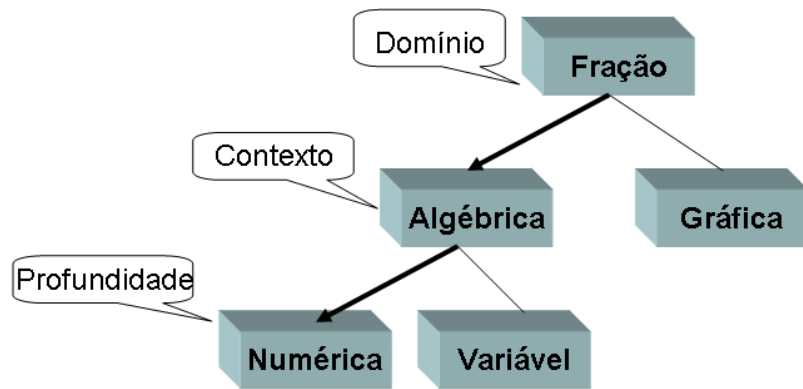


Figura 3.1: Organização do domínio de fração.

Uma fração pode ser representada na forma algébrica e gráfica. Para cada forma de representação encontramos frações compostas apenas por números (fração numérica) e fração composta também por letras (fração variável). No contexto do presente trabalho, abordamos apenas frações numéricas.

A junção de domínio, contexto e profundidade mostrados na figura 3.1, origina os currículos. O ForBile aceita vários currículos (sub-currículos) dentro de em mesmo currículo. Por exemplo, no currículo Fração Algébrica Numérica podemos trabalhar com soma, subtração, multiplicação e divisão, as operações de potenciação e radiciação serão abordadas apenas para problemas propostos pelo estudante. Para cada currículo podemos ter várias unidades pedagógicas (Figura 3.2).

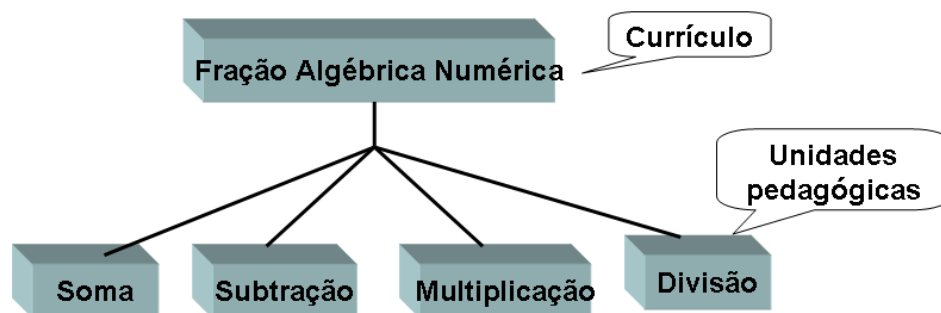


Figura 3.2: Organização dos currículos e unidades pedagógicas.

A cada unidade pedagógica podem ser, recursivamente, inseridas subunidades pedagógicas. Por exemplo, na unidade soma, podemos ter soma com denominadores iguais e soma com

denominadores diferentes. O mesmo poderia ocorrer com as unidades subtração, multiplicação e divisão.

O ambiente aqui proposto desenvolveu apenas o subdomínio de fração algébrica numérica, cujo currículo está, numa visão geral, apresentado na figura 3.2.

As visões do domínio Fração destacadas na Figura 3.2, servem, de acordo com a já descrita proposta do Mathema, para ajudar na identificação de subdomínios do domínio em questão, dando, assim, origem a partições do domínio de Fração. Desse modo, cada subdomínio é atribuído a uma ou mais estruturas de currículo, onde a cada currículo está associada uma lista de unidades pedagógicas e, assim por diante, na associação de um conjunto de problemas a cada unidade pedagógica. Por fim, a cada subdomínio identificado, definiu-se um agente tutor, implementando os componentes principais de um STI clássico, tal como será descrito mais adiante na Seção 4.4..

Do ForBile usou-se recursos relacionados à autoria de ambiente, tais como:

- Modelo do domínio: formado por representação do conhecimento, ou seja, a explicação do tema estudado pelo aprendiz, e resolução de problema;
- Modelo do estudante: formado por informações estáticas (como nome, idade, série etc.) e informações dinâmicas, tais como assunto estudado, problemas resolvidos, acertos, erros, etc.

3.2. Aprendizagem Baseada em Problemas

A proposta pedagógica para apoiar a aprendizagem do estudante concentra-se na Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL, onde o foco principal é o problema, ou seja, a resolução de problemas. Dessa forma, a PBL pode ser observada no trabalho como sendo um processo composto por cinco etapas como observado no trabalho de Adriana Jacinto (Jacinto, 2006) conforme a figura 3.3.

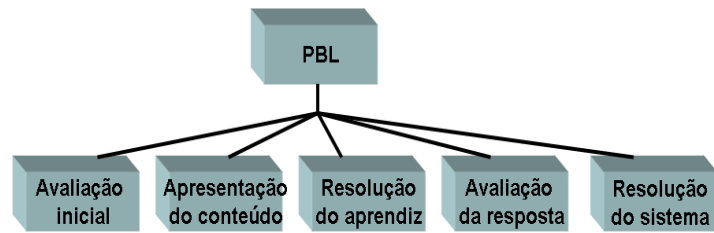


Figura 3.3: Fases da PBL.

As cinco etapas contidas na PBL são descritas com mais detalhes a seguir:

1. Avaliação inicial: antes de começar a interagir com o sistema e resolver problemas, o aprendiz passa por uma avaliação inicial (anexo 3) na qual é observado seu conhecimento prévio sobre o domínio a ser estudado (operações com fração). Dependendo do resultado dessa avaliação (figura 3.4), o sistema adota uma metodologia diferente para o aprendiz.



Figura 3.4: Avaliação inicial do aprendiz pelo ambiente.

2. Apresentação do conteúdo: durante a aprendizagem, o usuário (aprendiz) pode receber uma explicação (figura 3.5) referente ao tema estudado antes de resolver os problemas, ou ainda após ter começado a resolução de problemas. Esses problemas são lançados para o aprendiz pelo sistema. Na explicação, pode ser usada a representação algébrica e/ou numérica de fração. O aprendiz também pode verificar alguns exemplos referentes ao conteúdo estudado.

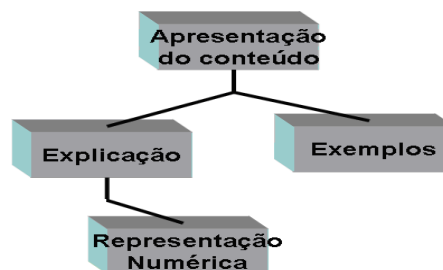


Figura 3.5: Apresentação do Conteúdo.

3. Resolução do aprendiz: quando o aprendiz resolve algum problema, ele pode contar com a ajuda do ambiente para tal resolução ou ainda salvar sua resposta (figura 3.6), caso julgue que a resposta está correta e/ou não queira a ajuda.

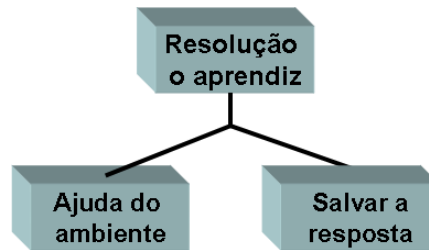


Figura 3.6: Resolução de problemas pelo aprendiz.

4. Avaliação da resposta: quando o aprendiz salva o problema o ambiente avalia a resposta para verificar se o aprendiz acertou ou errou tal problema (figura 3.7). Ao errar o problema, o sistema mostra para o aprendiz em qual passo (etapa de resolução do problema) o aprendiz errou.

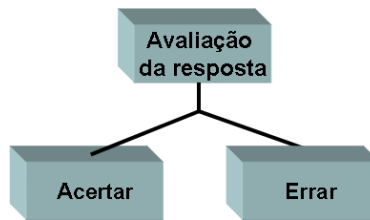


Figura 3.7: Avaliação da resposta do aprendiz a um problema.

5. Resolução do sistema: o aprendiz pode propor problemas para o sistema resolver. Para a resolução de problemas, bem como para a avaliação da resposta do aprendiz, o sistema divide o problema em passos. Esses passos observam o que deve ser resolvido primeiro em um problema, valorizando a ordem de prioridade entre as operações matemáticas, a saber: primeiro, potência e raiz; depois, multiplicação e divisão, e, por último, soma e subtração.

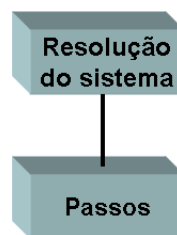


Figura 3.8: Resolução de problemas pelo sistema

Dessa forma, têm-se uma visão geral do ambiente, onde é oferecido um sistema resolvidor de problemas (mais detalhes na seção 4.1.) capaz de solucionar problemas propostos pelo aprendiz e um sistema avaliador que avalia a resposta apresentada pelo aprendiz para um determinado problema.

A figura 3.9 representa a visão geral do ambiente apresentando seus usuários (professor e aprendiz) e os mecanismos ou ferramentas disponíveis no sistema para cada usuário, bem como seus papéis principais dentro do sistema.

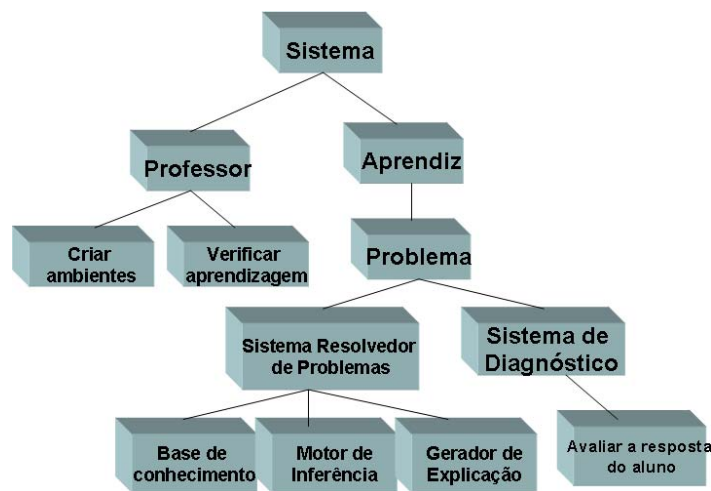


Figura 3.9: Visão geral do sistema.

3.3. Arquitetura do Ambiente

A fim de contemplar adequadamente os requisitos descritos, a arquitetura para o ambiente apresentada na figura 3.10 representa uma visão geral dos componentes do sistema. Nesta arquitetura pode ser destacada, além dos módulos contidos em um STI clássico, a presença de bancos de dados para informações sobre os problemas e os usuários do ambiente.

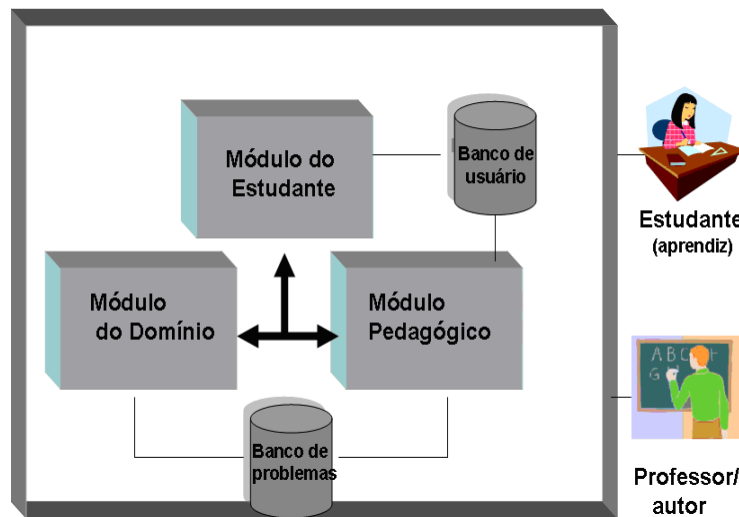


Figura 3.10: Arquitetura do Ambiente.

Os módulos do estudante e pedagógico buscam informações sobre os usuários (aprendiz e professor) no banco de usuários, enquanto as informações sobre os problemas (banco de problemas) podem ser utilizadas pelos módulos do pedagógico e do domínio.

O ambiente faz uso das funcionalidades dos STI's e possui arquitetura formada pelos módulos comumente encontrados nos STI's, a saber, módulo do estudante, do domínio e pedagógico:

1. Modelo de domínio: responsável pela atividade de resolução de problemas e outras que lhe são diretamente associadas, a saber: explicação, avaliação e diagnóstico. Para isso ele conta com uma base de conhecimento e a totalidade do conteúdo sobre o domínio tratado. As unidades tratadas por esse módulo são: operações com fração, tais como soma, subtração, multiplicação, divisão, potenciação e radiciação, sendo as duas últimas para problemas propostos pelo estudante para o sistema resolver;
2. Modelo pedagógico: responsável pelas interações entre o aprendiz e o sistema, cumprindo a função de decidir, a cada momento em uma sessão de aprendizagem, qual a ação pedagógica é mais apropriada;
3. Modelo do aprendiz/estudante: responsável por manter o estado cognitivo do aprendiz a cada momento da interação.

A organização estrutural do ambiente, bem como suas características nos leva a crer que essa estrutura, com poucas modificações, pode ser utilizada para outros domínios que não sejam necessariamente fração e suas operações, tais como equações ou qualquer outro conteúdo formado por unidades pedagógicas e que se encaixe na estrutura aqui adotada.

3.3.1. Módulo do Domínio

Este módulo é responsável por armazenar o conhecimento a ser transmitido, contém a organização (em unidades pedagógicas) do domínio em questão, ou seja, operações com frações, e mecanismos para o acompanhamento pedagógico do estudante, realizado por três agentes descritos a seguir. O conteúdo é dividido em unidades pedagógicas (seção 3.1), que usa duas formas de representação do domínio de fração: numérica e algébrica.

Para facilitar o entendimento, esse módulo foi separado em duas partes, a primeira contempla os agentes responsáveis por resolver problemas, avaliar a resposta do estudante e diagnosticar o estudante; já a segunda parte é responsável por fornecer subsídios para a resolução dos problemas pelo aprendiz, além dos próprios problemas, como mostra a figura 3.11..

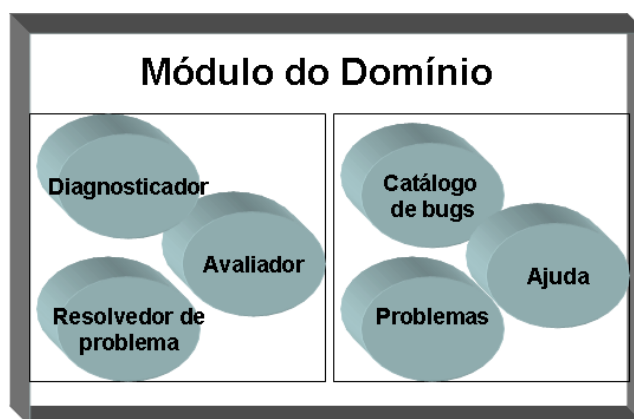


Figura 3.11: Módulo do domínio.

Neste módulo, são encontrados três agentes que serão descritos com mais detalhes no próximo capítulo, são eles:

- Resolvedor de problemas e o Avaliador de problemas: além de solucionar problemas propostos pelo aprendiz, acompanham o processo de solução de um problema pelo

usuário, avaliando-o. Mais detalhes sobre a implementação desse agente e dos demais agentes desse módulo será encontrado no próximo capítulo;

- Diagnosticador: verifica a aprendizagem do aluno durante sua interação com o ambiente, inclusive contando com uma avaliação inicial.

Além disso, existem os agentes realizadores das operações, responsáveis pelas realizações das operações de soma, subtração, multiplicação, divisão, potenciação e simplificação (mais detalhes seção 4.4.1). Esses agentes estão subordinados ao agente coordenador, mais detalhes sobre esse agente pode ser encontrado na seção 4.4.3..

No módulo do domínio podem ser destacados alguns aspectos, como:

- Resolução de problemas propostos pelo aprendiz;
- Avaliação da resposta fornecida pelo aprendiz

3.3.1.1. Aprendiz

Ao aprendiz cabe a função de resolver e propor problemas, classificados de acordo com o nível de dificuldade. Para tanto, ele conta com recursos como estratégias pedagógicas, dicas, exemplos e suporte pedagógico fornecido através de agentes.

O aprendiz poderá questionar ao ambiente os conhecimentos necessários para resolver determinado problema (Burch, 1995), conforme ilustrado na figura 3.12.

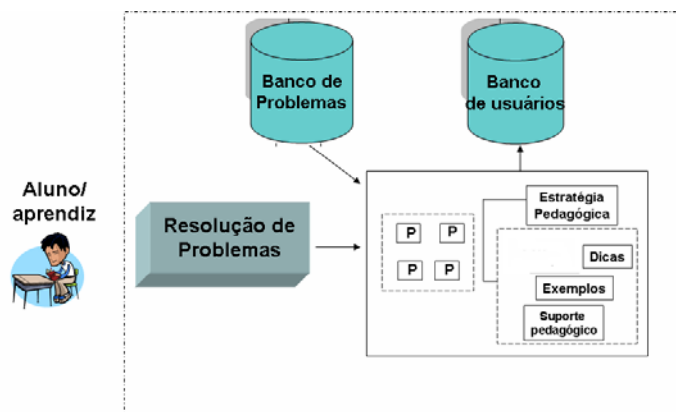


Figura 3.12: Resolução de problemas pelo aprendiz.

O ambiente lança problemas, oriundos do banco de problemas e representados na figura pela letra P e divididos em níveis de dificuldade, para o aprendiz resolver. Para tanto, ele conta com ajuda como exemplos, dicas, conhecimentos necessários, suporte pedagógico (explicação mais detalhada sobre o assunto abordado no problema em questão). Após resolver cada problema, as informações referentes ao problema, bem como a ajuda que o aprendiz utilizou para resolvê-lo, são enviadas ao banco de usuário e constará dos dados do aprendiz, que poderá ser acessado pelo professor.

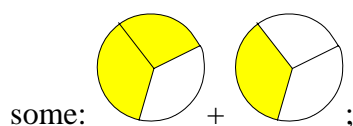
Os problemas são apresentados ao aprendiz de acordo com a unidade pedagógica estudada, começando, caso o aprendiz não faça sua própria opção, por problemas mais fáceis (nível 1) até problemas com maior grau de dificuldade (problemas de nível 3).

De acordo com critérios como tempo para resolução e ajuda utilizada, o sistema infere o conhecimento do aprendiz e o classifica em níveis. Ao usar os ambientes criados pelo sistema pela primeira vez, o aprendiz também passa por uma avaliação inicial (anexo 3).

3.3.1.2. Problemas do Ambiente

Os problemas são constituídos por:

- Enunciado para o aprendiz: é o enunciado do problema que é apresentado ao aprendiz, com palavras e figuras, se necessário. Por exemplo, o problema Represente em forma de fração e



- Enunciado para o computador: é o enunciado do problema sem as figuras, composto basicamente pelas frações e as operações a serem realizadas. No exemplo acima, o enunciado para o computador seria $2/3 + 1/3$;
- Resolução do problema: são os passos para solucionar o problema;
- Resposta: a resolução do problema deve encontrar uma resposta;
- Dica (s): para ajudar o aprendiz na resolução do problema;

- Exemplo: trata-se de um problema similar ao que o aprendiz está resolvendo;
- Conhecimento necessário: são os conhecimentos que o aprendiz precisa para a resolução do problema. Por exemplo, para resolver problemas de soma de fração com denominadores diferentes, os conhecimentos necessários são: calcular o Mínimo Múltiplo Comum-MMC, multiplicar, dividir e somar inteiros.

Os problemas são divididos em três níveis (figura 3.13):

1. Fácil ou nível 1: consiste nos problemas de aplicação direta da fórmula, onde o aprendiz não necessita raciocinar muito, apenas saber as fórmulas;
2. Intermediário ou nível 2: problemas onde o aprendiz terá que montar o problema e aplicar a fórmula;
3. Difícil ou nível 3: o aprendiz terá que interpretar e montar o problema para depois aplicar a fórmula, além de, às vezes, é necessário algum outro conhecimento prévio para resolver o problema.

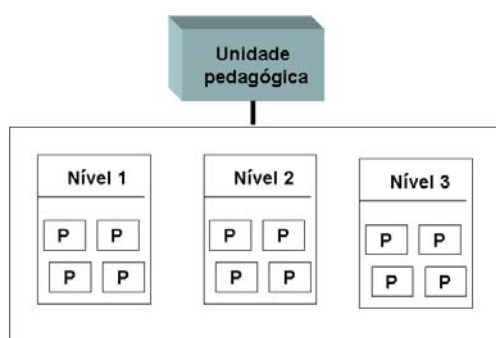


Figura 3.13: Níveis de dificuldade dos problemas contidos nas unidades pedagógicas.

Vale a pena salientar mais uma vez que o contexto de representação gráfica de fração será utilizado apenas nas explicações e enunciados do problema; o aprendiz não terá suporte para construir graficamente uma fração, um desenho que represente fração. Essa restrição em relação à representação gráfica foi necessária devido a grande complexidade do uso gráfico de frações por parte do computador, que demandaria estudo sobre reconhecimento de padrão, o que sairia do escopo do presente trabalho.

A alternativa encontrada foi simplesmente usar, para um determinado problema, dois enunciados, o que será mostrado ao aprendiz com a representação gráfica da fração e o que será usado pelo computador para “entender” o problema.

A forma de fração numérica é a aplicada nos problemas e exemplos, enquanto a forma através de variável foi empregada apenas para a definição e explanação do conteúdo, não usada em problemas e exemplos.

Ao resolver um problema, o aprendiz pode efetuar três opções, são elas:

1. Acertar a resposta do problema: nesse caso, o sistema lança o próximo exemplo, além de atualizar o contador de acertos, e, eventualmente, infere que ele já adquiriu de conhecimento referente ao problema.
2. Errar a resposta do problema: o aprendiz resolve o problema, mas o resultado está errado;
3. Não saber como se resolve o problema: o aprendiz não consegue começar a resolver o problema. Isto é observado através de um temporizador.

3.3.1.4. Catálogo de Bugs

Para verificar o erro do aluno, o sistema conta com um catálogo de bugs ou erros frequentes onde tem, em relação a cada assunto os erros comumente cometidos pelos aprendizes.

O catálogo de erros (tabela 3.1), contém os erros frequentes dos aprendizes em relação ao tema estudado (Bull e McKay, 2004:646-655).

| Conteúdo | Erro freqüente |
|--------------------------|---|
| Soma de fração | 1. $(N1 + N2) / (D1 + D2)$; |
| | 2. MMC(D1, D2) errado; |
| Denominadores diferentes | 3. $((mmc*N1) + (mmc*N2)) / mmc$ |
| | 4. $(N1 + N2) / mmc$; |
| | 5. $((mmc/D1) + (mmc/ D2)) / mmc$ |
| | 6. $((mmc/N1) + (mmc/ N2)) / mmc$ |
| | 7. $((mmc*D1)/ N1) + ((mmc*D2)/N2) / mmc$ |

| | |
|---------------------------------|---|
| Subtração de fração | 1. $(N1 - N2) / (D1 - D2)$; 2. MMC(D1, D2) errado; 3. $((mmc*N1) - (mmc*N2)) / mmc$ |
| Denominadores diferentes | 4. $(N1 - N2) / mmc$; 5. $((mmc/D1) - (mmc/ D2)) / mmc$ 6. $((mmc/N1) - (mmc/ N2)) / mmc$ 7. $((mmc*D1)/ N1) - ((mmc*D2)/N2) / mmc$ |
| Multipliação de fração | 1. $(N1*N2) / D1$ 2. $(N1/ D1) * (N2/ D2)$ 3. $N1/ (D1*D2)$ 4. $N2/ (D1*D2)$ |
| Divisão de fração | $(N1* D1) / (N2*D2)$ 1. $(N1/N2) / (D1/D2)$ 2. $(N1/D2) / (D1/N2)$ 3. $(N1/D1) / (N2/D2)$ 4. $(N1/D1) * (N2/D2)$ |
| Potenciação de fração | 1. N/ D^n 2. N^n/ D 3. N^n/ D^n 4. $(N/ D)^{1/n}$ 5. D^n/N 6. D/N^n 7. $N/D * n$ 8. $N/D * N/D$, com n diferente de 2 |
| Radiciação de fração | 1. Raiz(N) / D 2. N / Raiz(D) 3. Raiz(D)/N 4. D/ Raiz(N) |

Tabela 3.1: Erros freqüentes dos aprendizes contidos no catálogo de bugs.

O sistema armazena os problemas solucionados pelos aprendizes, guardando também informações como ajuda solicitada pelo aprendiz. Sendo assim, o aprendiz pode verificar o que não lhe foi totalmente aprendido e refazer problemas sobre tal assunto a fim de melhorar seu desempenho.

3.3.1.5. Ajuda

O estudante pode, de acordo com suas necessidades, independente de ter errado, acertado ou terminado o exemplo, solicitar ajuda ao sistema através de: conhecimento necessário para a resolução do problema, exemplos referentes ao problema que está resolvendo, pode pedir dicas

(informações específicas e rápidas sobre o assunto) ou ainda, se sua dúvida necessitar de uma lição mostrando uma explicação mais detalhada do assunto, ele pode solicitar um suporte conceitual ao sistema ou ainda saber qual conhecimento necessário para a resolução do problema.

3.3.2. Módulo Pedagógico

A interação entre aprendiz e sistema é semi-orientada, pois o estudante pode escolher qual unidade pedagógica irá estudar e, dentro dessa unidade pedagógica, qual conteúdo será abordado. Por exemplo, ele pode ir logo para multiplicação de fração, sem passar por soma e subtração, e em multiplicação ele também pode ir direto para multiplicação com denominadores diferentes, sem estudar multiplicação com denominadores iguais. Porém, ao tomar essa decisão e errar os primeiros problemas, ou seja, os problemas de nível 1, o sistema o conduzirá para as unidades pedagógicas anteriores onde se encontra os conhecimentos necessários para a unidade que o aprendiz quer estudar.

Mais especificamente, ele usa um conjunto de estratégias pedagógicas aplicáveis durante o processo de interação com o aprendiz, como citado acima. A aprendizagem está inserida, basicamente, no fato de o aprendiz poder ir para a unidade pedagógica que quiser. Porém, caso o ambiente verifique a necessidade de retorno, o aprendiz voltará a unidades anteriores. Sendo assim, mesmo que ele avance uma operação (por exemplo, não resolva problemas de soma, passando logo para subtração, e erre tais problemas de subtração), o ambiente o conduzirá para a operação anterior (que, neste caso, é soma).

3.3.3. Módulo do Estudante

Este módulo é responsável por guardar e modificar o atual estado de desenvolvimento do aprendiz.

O armazenamento do conhecimento já adquirido pelo aprendiz é feito no banco do estudante, que contém os problemas por ele resolvidos e o tipo de ajuda solicitada. Dessa forma, o

ambiente leva em consideração os conhecimentos já adquiridos e os conhecimentos e conceitos do domínio que o estudante ainda não conhece perfeitamente. Esse tipo de modelo que valoriza as restrições ainda não assimiladas pelo aprendiz é conhecido como *overlay* (Botelho, 2005).

3.3.3.1. Avaliação Inicial do Aprendiz

Ao se *logar* no ambiente pela primeira vez, o aprendiz será submetido a uma avaliação inicial e fim de saber qual conhecimento prévio em relação a fração.

A avaliação inicial do aprendiz faz com que o ambiente já saiba qual nível do aprendiz em relação a fração antes mesmo de começar o estudo sobre operações com fração. De acordo com tal avaliação, o aprendiz poderá ou não ser conduzido a um conteúdo introdutório sobre fração antes de aprender suas operações. Dessa forma, temos as seguintes possibilidades:

1. Aprendiz acerta entre 90% e 100% dos problemas da avaliação inicial: seu conceito será Muito Bom e o aprendiz poderá escolher se quer resolver logo problemas de nível dois ou três, não resolvendo os problemas mais fáceis de nível um. O conteúdo introdutório sobre fração será optativo, neste caso;
2. Aprendiz acerta entre 70% e 90% dos problemas da avaliação inicial: seu conceito será Bom e o aprendiz poderá escolher se quer resolver logo problemas de nível dois ou três, não resolvendo os problemas mais fáceis de nível um. O conteúdo introdutório sobre fração será optativo, neste caso;
3. Aprendiz acerta entre 50% e 70% dos problemas da avaliação inicial: seu conceito será Satisfatório e o aprendiz receberá conteúdo introdutório sobre fração antes de estudar suas operações, além de começar a resolver problemas de nível um;
4. Aprendiz acerta menos de 50% dos problemas da avaliação inicial: seu conceito será insatisfatório e o sistema lança outra avaliação a fim de melhorá-lo.

Os problemas referentes à avaliação inicial do aprendiz podem ser encontrados no anexo 3.

O sistema oferece suporte na construção de ambientes interativos de aprendizagem por seus autores, que são professores. Mais detalhes sobre esse suporte a autoria serão apresentados na próxima seção.

3.4. Suporte a autoria

Ao construir um ambiente interativo, o autor conta com uma lista de problemas propostos pelo ambiente para compor tal ambiente.

Dessa forma, a partir de um sistema existente, os professores/autores podem construir outros ambientes interativos de aprendizagem (figura 3.14), dependendo das necessidades de seus alunos. Para tanto, basta escolher as unidades pedagógicas e os problemas correspondentes a cada unidade. O autor pode acrescentar novos problemas, ou seja, trata-se de uma espécie de *shell* dos Sistemas Especialistas-SE, onde a base de conhecimento formada pelo autor com ajuda do SE são apenas os problemas a serem respondidos pelos estudantes.

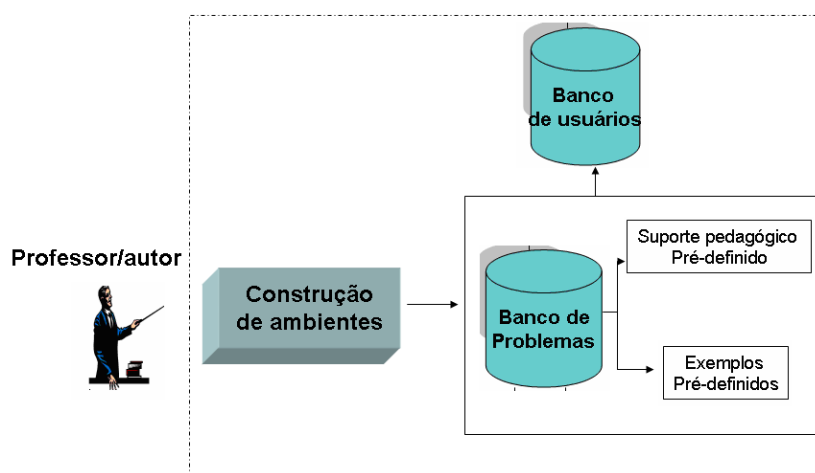


Figura 3.14: Criação de Ambientes pelos Autores.

O professor pode ser autor construindo ambientes de aprendizagem no domínio de fração. Para tanto, conta com ajuda através de suporte pedagógico, exemplos e problemas para sua escolha, além de criar seus próprios problemas. As informações resultantes e necessárias para tais atividades constam no banco de problemas.

Ao criar um ambiente, o banco de usuário (professor) é atualizado mostrando os ambientes construídos pelo professor/autor, mais detalhes sobre o banco no próximo capítulo, seção 4.5. O professor pode verificar a aprendizagem de seus estudantes através de informações contidas no banco de usuário (aprendizes).

De forma simplificada, podem ser destacados dois pontos no módulo do especialista:

1. Suporte a duas formas de representação de fração já definidas e elaboradas no sistema. Como pode ser observado na explicação a seguir sobre fração contida no sistema.



O círculo vermelho foi dividido em 4 (quatro) partes, então cada parte da primeira figura

representa $\frac{1}{4}$, como pode ser observado na figura



2. Suporte para autoria aos professores autores, de novos ambientes de aprendizagem através de problemas pré-definidos, sendo este composto por dicas, enunciados para aprendiz, enunciados para ambiente, exemplos, suporte pedagógico, conhecimento necessário.

As funcionalidades do sistema, descritas anteriormente, fornecem subsídios para o entendimento a cerca do funcionamento e da finalidade do ambiente. Dessa forma, a seguir serão apresentados às interações ocorridas entre os atores e o ambiente, passando para uma descrição comportamental do referido sistema.

3.5. Cenário Geral de Interações

Como já mencionado, o ambiente possui dois tipos de atores, professor e aprendiz. Para cada ator temos os seguintes papéis:

1. Professor: administrador, criador e autor dos ambientes. Para ele, o sistema disponibiliza um assistente para a criação do ambiente, além de modelos pré-definidos de estratégias pedagógicas, sobretudo de problemas;
2. Aprendiz: usa os ambientes criados. O sistema fornece agentes artificiais que o auxiliarão na resolução de problemas e na aprendizagem, conseqüentemente.

Os agentes de softwares implementam funcionalidades para apoiar os agentes humanos, a exemplo professores e aprendizes. Tais agentes são produzidos através do uso de algumas funcionalidades dos Sistemas Tutores Inteligentes contidas nos modelos do estudante e no modelo pedagógico.

3.5.1. Professor

Para facilitar a construção dos ambientes, o sistema dispõe de exemplos que dependem do assunto a ser abordado. Sendo assim, o autor/professor que também poderá ser administrador apenas aceita nos problemas apresentados pelo sistema ou inseri novos problemas, como representado na figura 3.15 abaixo.

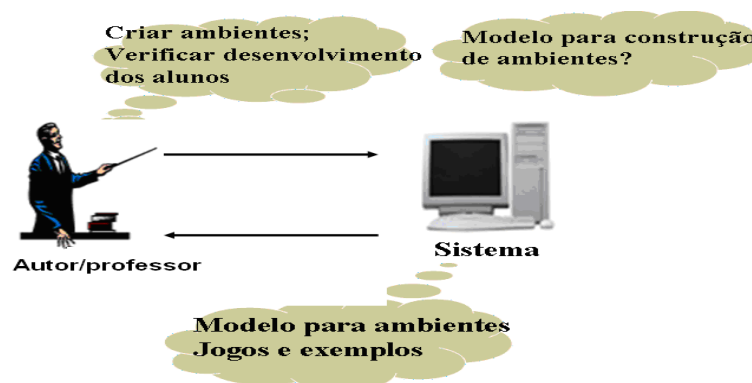


Figura 3.15: Sistema e autor /professores na construção de ambientes interativos

Quando o autor cadastra-se no sistema (por meio de preenchimento de formulário), escolhe um *login*⁴ e senha. Ao se logar pela primeira vez no sistema lhe é fornecida a opção de criação de ambientes, como pode ser observado na figura 3.16 a seguir.

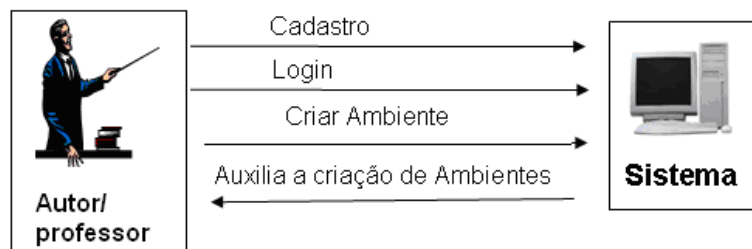


Figura 3.16: Interação entre professor/autor e sistema.

3.5.1.1. Criação de ambientes no sistema

O autor/professor escolhe o assunto (tema, ou seja, soma, subtração, multiplicação etc) a ser abordado pelo ambiente. Diante disso, o sistema começa a fornecer meios para facilitar essa construção como recursos pedagógicos que podem ser exemplos, explicações e, sobretudo, problemas referentes a tal assunto.

Ele poderá acrescentar problemas a serem apresentados para o aprendiz.

Após essas escolhas do autor, o sistema realiza, de fato, a construção do ambiente. As etapas para a construção dos ambientes são apresentadas na figura 3.17 a seguir, mostrando o diagrama de seqüência⁵ entre o autor/professor e o sistema.

⁴ Login é a autorização do sistema para a entrada de usuário, é feito mediante a digitação e confirmação de um identificador do usuário. Pode ser seguida de uma senha, como é o caso do sistema presente.

⁵ Diagrama de seqüência mostra as interações entre ator e sistema no decorrer do tempo.

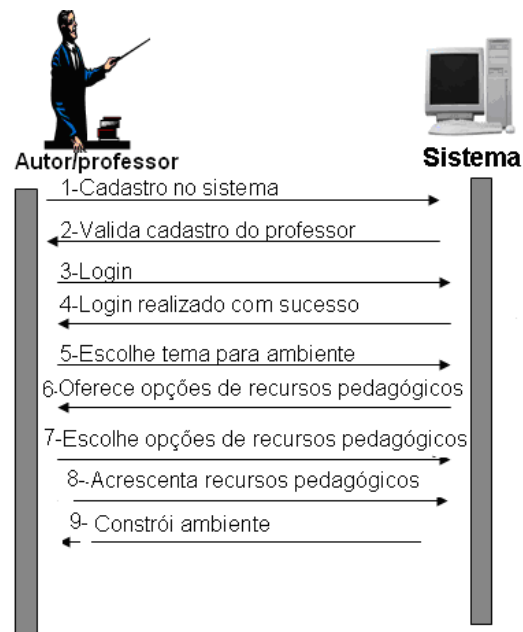


Figura 3.17: Diagrama de seqüência do autor/professor.

3.5.1.2. Cadastro do professor no Ambiente

O cadastro do professor, que pode ser autor e administrador, é feito via preenchimento de formulário. Para isso, há uma lista de opções onde é assinalada a função da pessoa dentro de ambiente, temos as opções de autor, professor e administrador. Os demais campos também são preenchidos mediante digitação

Vale salientar que no cadastro do professor os campos CPF e data de nascimento são obrigatórios uma vez que pessoas menores de idade não podem criar e administrar ambientes no sistema. Além disso, a formação profissional é necessária, uma vez que apenas professores de matemática, pedagogos e psicólogos administram os ambientes.

3.5.1.3. Manipulação de ambientes

O autor/professor/administrador poderá criar novos ambientes, verificar os estudantes cadastrados no ambiente e seu desenvolvimento/aprendizagem, além de criar novos ambientes. Inicialmente esses dois campos estarão vazios, ao longo do processo de criação de ambientes eles serão preenchidos.

Para os problemas, o autor tem a opção de criar problemas ou escolher os problemas, digitando ou selecionando, respectivamente, os mesmos.

Ao escolher digitar o problema, este deve conter enunciado, dica e exemplos.

O professor, ao escolher a opção verificar aluno, poderá observar o *status* do aprendiz. Ao acessá-lo, o professor irá verificar o assunto que o aluno está estudando no momento, os problemas respondidos (se acertou ou errou tal exemplo, se teve ajuda do ambiente etc), bem como o total de erros e acertos.

Para efetuar a modificação do conteúdo do ambiente, o autor/professor só precisa escolher o ambiente que sofrerá a modificação, digitar o conteúdo a ser modificado (podendo ser exemplo, dica) e digitar a modificação.

3.5.2. Aprendiz

O aprendiz usará os ambientes para a aquisição de conteúdos através de interações entre o ele e o sistema.

A figura 3.18 apresenta as interações entre aprendiz e sistema. O sistema lança problemas ao aprendiz e ele os soluciona. O aprendiz também pode lançar problemas para o sistema resolver. Para solucionar o problema o aprendiz pode solicitar suporte como exemplos, dicas e conhecimento necessário.

Vale a pena salientar que o ambiente também contém explicação referente ao conteúdo abordado pelo problema, quer seja soma, subtração, multiplicação, divisão, potência e radiciação de fração.



Figura 3.18: Interações entre aprendiz e sistema.

Para ajudar o estudante, como já foi mencionado, o ambiente fornece dicas, exemplos e conhecimento necessário.

Além disso, para facilitar a aprendizagem e compreensão dos aprendizes referente ao conceito de fração, o sistema fornecerá duas formas de representação para as frações, a forma gráfica e numérica, técnica estudada e comprovada que possui bons resultados no trabalho de Monteiro (Monteiro, 1997). A forma gráfica de representação de fração é utilizada apenas nos enunciados e explicações dos conteúdos.

Em relação ao diagnóstico, podemos observar no decorrer deste capítulo que o aprendiz pode ser enquadrado em níveis de conhecimento, para facilitar seu diagnóstico rápido pelo professor.

3.5.2.1. Cadastro do Aprendiz

O aprendiz, ao se cadastrar no sistema, poderá fazer parte de vários ambientes de aprendizagem simultaneamente. Nesses ambientes o aluno terá disponível conteúdo sobre determinado assunto dentro do tema fração. Ele resolverá problemas e, quando necessário, receberá dicas do sistema para ajudá-lo a resolver o problema.

Dessa forma, basicamente, seu papel dentro do sistema é o de resolver problemas, como podemos observar no diagrama de caso de uso⁶ do aluno apresentado na figura 3.19 a seguir.

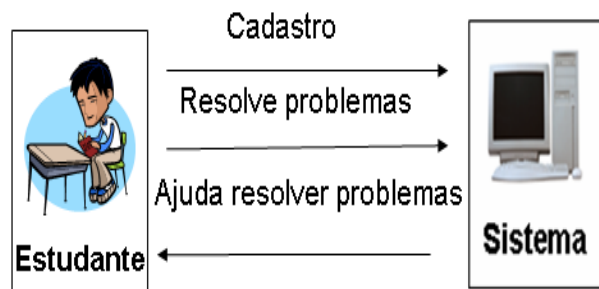


Figura 3.19: Interação entre aprendiz e sistema (diagrama de caso de uso do estudante).

3.5.2.2. Interação entre Aprendiz e Sistema

A interação entre o aprendiz e o sistema é semi-orientada, pois ele pode parar um problema e ir para outro ou ainda não ver problemas de todos os conteúdos. Sendo assim, se o aprendiz estiver resolvendo um problema poderá parar e resolver outro problema do mesmo nível ou não. Porém, caso erre o problema voltará para o nível anterior.

Ao resolver um problema, caso solicite, o sistema pode fornecer ajuda ao aprendiz. Para entender melhor essas interações, observe a figura 3.20 a seguir.

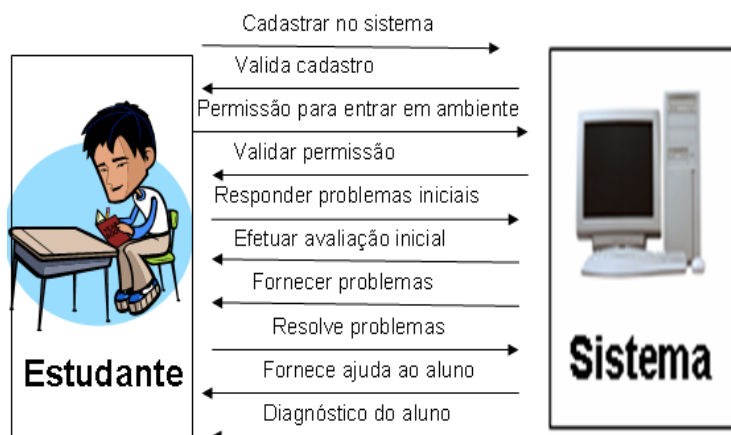


Figura 3.20: Diagrama de seqüência de aprendizagem.

⁶ Diagrama de Caso de uso mostra interações básicas realizadas entre sistema e atores (usuários do sistema).

Para melhor compreensão da interação entre aprendiz e sistema, observe a figura 3.21 contendo o fluxo aprendiz/ ambiente.

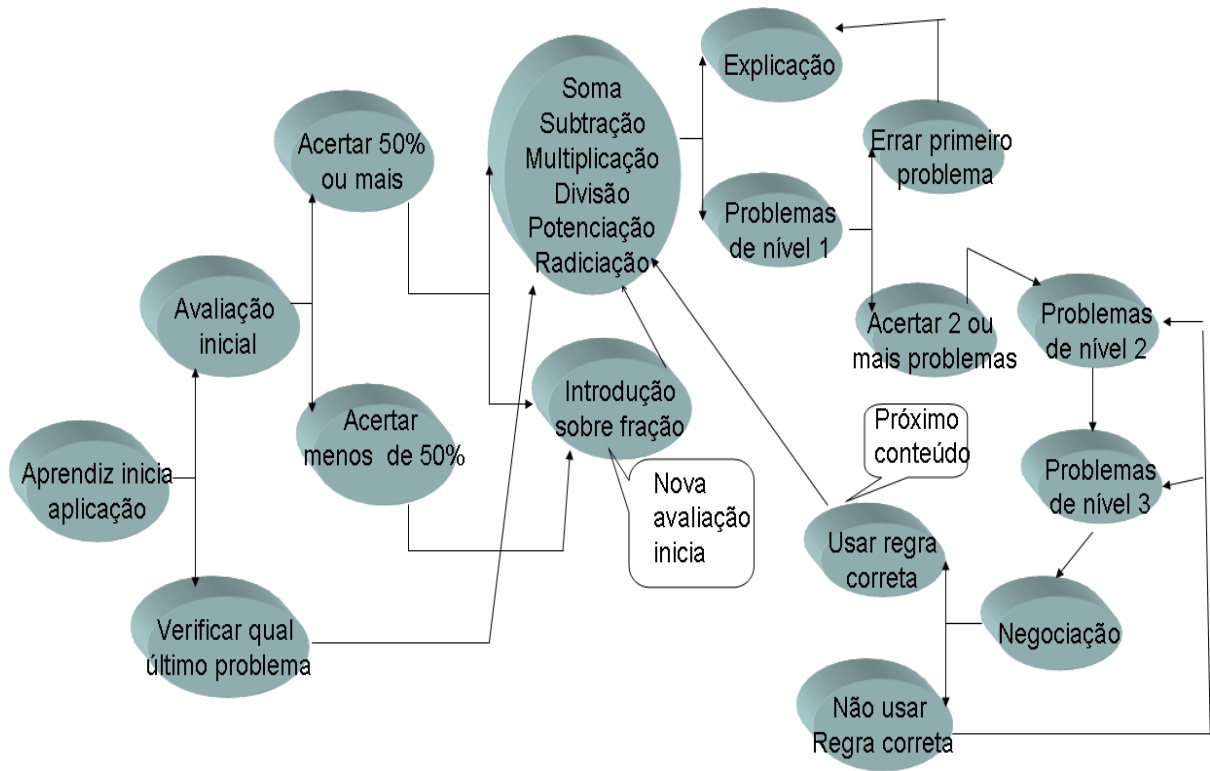


Figura 3.21: Fluxo do ambiente para o aprendiz.

Dessa forma, a relação Aprendiz/ Ambiente pode ser representada como segue na figura 3.22:

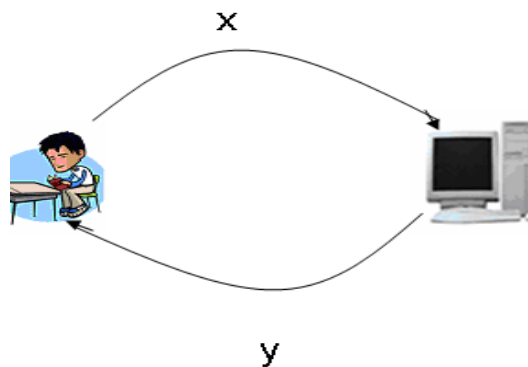


Figura 3.22: Interação Aprendiz/ Ambiente

Como pode se observar na figura 3.22, tem-se a interação no sentido do aprendiz para o ambiente por x , sendo assim, o x pode ser:

1. A solução do aprendiz para um problema que o ambiente forneceu;

2. Uma solicitação de dica, exemplos ou conhecimento necessário para ajudar o aprendiz na resolução de um problema;
3. Um problema para o sistema resolver, podendo o mesmo englobar qualquer operação com fração.

O y, ou seja, interação no sentido do ambiente para o aprendiz, pode ser:

1. O resultado da consulta feita pelo aprendiz, ou seja, uma dica, pergunta ou exemplo;
2. O estágio de aprendizagem do aprendiz;
3. A resposta a um problema lançado pelo aprendiz.

Para melhorar e concretizar o entendimento sobre o sistema proposto, segue um diagrama mostrando o comportamento do sistema (figura 3.23).

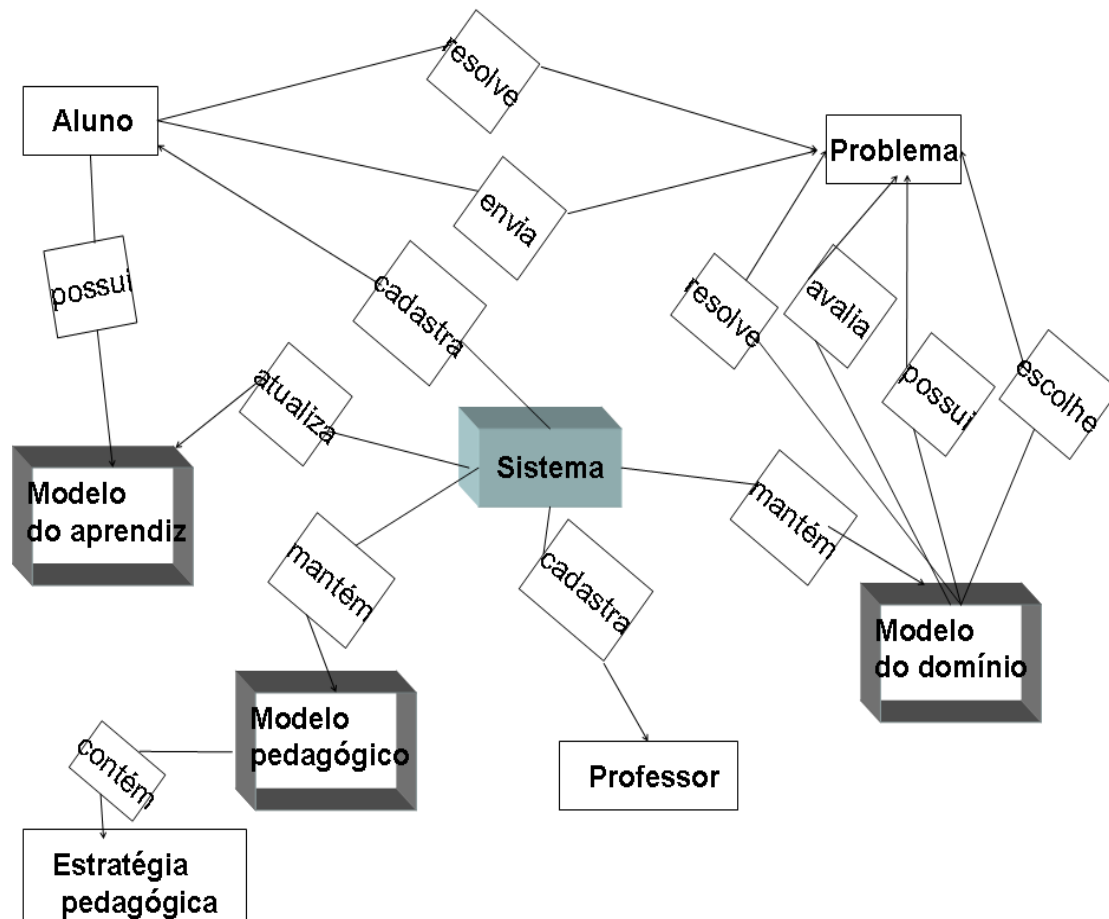


Figura 3.23: Diagrama representando o sistema proposto.

3.6. Conclusão

Neste capítulo apresentou-se a especificação do ambiente, descrevendo os requisitos de acordo com o tipo de ator, a saber, professor/autor e aprendiz, mostrando também algumas características do MATHEMA e do ForBile que serviram como base para elaboração do ambiente proposto. Daí então, apresentou-se arquitetura geral e as especificidades de cada módulo componente de tal arquitetura, finalizando com a dinâmica entre os atores e o sistema. Com base em tal especificação, os detalhes referentes a implementação, bem como as telas do ambiente estão descritos no próximo capítulo.

4. Implementação e Avaliação Empírica do Ambiente

Nesse capítulo, serão apresentados aspectos de implementação do sistema, tais como algoritmos, estrutura de dados, tecnologias utilizadas, a saber, a tecnologia Java (JADE, JSF e Hibernate) e algumas telas do ambiente. Além disso, será abordado o experimento e resultado da aplicação do protótipo do ambiente.

O ambiente interativo proposto utiliza arquitetura composta por módulos, como visto no capítulo anterior, seguindo os padrões dos STIs e enfatizando o módulo do Sistema Resolvedor de Problema. Para a implementação desses módulos, foi usada tecnologia Java.

4.1. Sistema Resolvedor de Problemas

O Sistema Resolvedor de Problemas utiliza regras de produção, sendo formado por três componentes básicos equivalentes aos componentes de um sistema especialista, são eles:

1. Base de Conhecimento: contém um conjunto de regras de produção ou mecanismos para a resolução dos problemas;
2. Motor de inferência: possui regras para a resolução dos problemas, via passos;
3. Gerador de explicação: explica a resolução do problema mostrando passos que constituem a solução.

4.1.1. Motor de Inferência e Base de Conhecimento

O motor de inferência para o resolvedor de problemas e para a explicação do sistema ao aprendiz usa Raciocínio Baseado em Regras-RBR e encadeamento para frente. Para melhor entendimento do funcionamento do mesmo vale a pena salientar o seguinte:

- As regras são colocadas em forma de árvore;

- As regras são do tipo *if then*, como pode ser observado no exemplo a seguir onde são observadas as regras encontradas no motor de inferência (figura 4.1):

```

IF ExponentiationOperation=TRUE THEN OperationExponentiation=TRUE

IF MultiplicationOperation=TRUE AND ExponentiationOperation=FALSE THEN
OperationMultiplication

IF MultiplicationOperation=FALSE AND SimplificationOperation=FALSE AND
ExponentiationOperation=FALSE AND AdditionSubtractionOperation=TRUE THEN
OperationAdditionSubtraction=TRUE

IF MultiplicationOperation=FALSE AND SimplificationOperation=TRUE AND
ExponentiationOperation=FALSE AND AdditionSubtractionOperation=FALSE THEN
OperationSimplification=TRUE

IF Denominator Igual=TRUE THEN (n1+n2)/d1=TRUE

IF Denominator Igual=FALSE THEN ((mnc/d1)*n1+(mnc/d2)*n2)/mmc

IF Subtraction=TRUE THEN (n1-n2)/d1

IF Subtraction=FALSE THEN ((mmc/d1)*n1-(mmc/d2)*n2)/mmc

IF Multiplication=TRUE THEN (n1*n2)/(d1*d2)

IF Simplification=TRUE THEN (n1/mdc)/(d1/mdc)

IF Exponentiation=TRUE THEN (n1)^(n2)

```

Figura 4.1: Exemplo da base de regras.

Para melhor entendimento a cerca do algoritmo de inferência, serão utilizadas regras hipotéticas, que não estão contidas no sistema e foram aqui usadas apenas para facilitar o entendimento, as regras usadas são as contidas na figura 4.2.

- IF A=true AND B=false THEN C=true
- IF D=false AND E=false THEN A=true

Figura 4.2 Regras imaginárias aceitas pelo motor de inferência.

- Observando as regras acima, a árvore apresenta-se da forma especificada na figura 4.3.

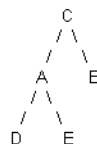


Figura 4.3: Árvore de derivação para regras do motor de inferência.

- Depois de montada a árvore o algoritmo propriamente dito começa, esse algoritmo será descrito na próxima seção.

4.1.1.2. Algoritmo de Inferência

O algoritmo utiliza encadeamento para frente e busca em profundidade. A figura 4.4 mostra o processo de dedução para a segunda regra descrita acima (figura 4.1), a saber, $\text{If MultiplicationOperation} = \text{TRUE AND ExponentiationOperation} = \text{FALSE THEN OperationMultiplication}$. Para facilitar o processo de construção da figura, será usado O para indicar $\text{OperationMultiplication}$, E indicando $\text{ExponentiationOperation}$ e M para $\text{MultiplicationOperation}$. Como já mencionado, a regra é bastante simples e, dessa forma, as árvores e os valores contidos na memória de trabalho são como mostra a figura 4.4.

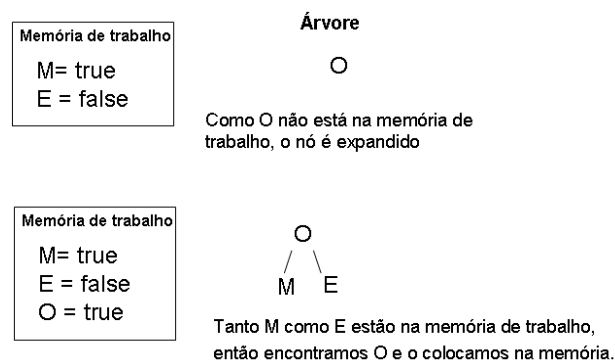


Figura 4.4: Algoritmo para provar que $\text{If MultiplicationOperation} = \text{TRUE AND ExponentiationOperation} = \text{FALSE THEN OperationMultiplication}$

Para melhor entendimento, o algoritmo será explicado através de exemplo e utilizando regras hipotéticas (figura 4.5), além da árvore (figura 4.6), ambas citadas na seção anterior. Dessa forma, suponha que se deseje provar que $C = \text{true}$, e que a memória de trabalho contenha $B = \text{false}$, $D = \text{false}$ e $E = \text{false}$. O algoritmo segue da seguinte forma:

1. Tenta provar que $C = \text{true}$: Visita o nó C e verifica se C está na memória de trabalho (figura 4.5);

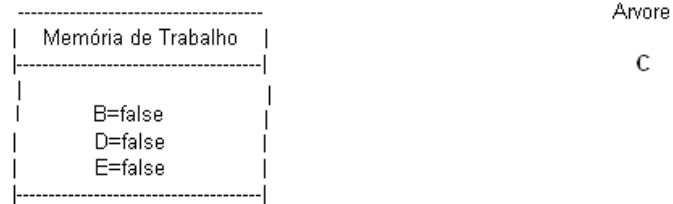


Figura 4.5: Memória de trabalho e árvore de derivação para provar regra.

Como C não está na memória de trabalho, então expande o nó.

2. O nó C é expandido e o nó A é visitado: O algoritmo em profundidade visita o nó A (figura 4.6) e verifica se o mesmo está na memória de trabalho.



Figura 4.6: Memória de trabalho e árvore encontrando uma regra.

Como o nó A não está na memória de trabalho, então o nó A é expandido.

3. Nó A é expandido e o nó D é visitado: Visita-se o nó D e verifica se está na memória de trabalho. Nesse caso D está na memória de trabalho e é igual a FALSE. Como o valor de D é igual ao valor na regra (F D=false AND E=false THEN A=true), então o algoritmo continua. Se D=true estivesse na memória de trabalho, o algoritmo pararia e retornaria C=false (figura 4.7).



Figura 4.7: Memória de trabalho e árvore provando regra.

4. O nó E é visitado: Após visitar D, o nó E é visitado e verifica-se se E está na memória de trabalho. Como E está na memória de trabalho e é igual a FALSE, então pela regra (IF D=false AND E=false THEN A=true) o algoritmo consegue provar que A=true e coloca esse valor na memória de trabalho (figura 4.8).

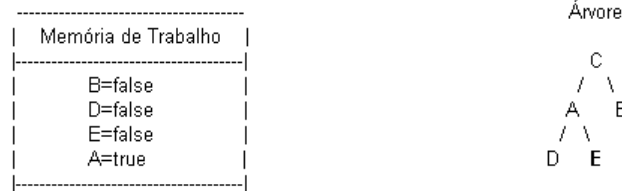


Figura 4.8: Memória de trabalho e árvore concluindo regra

Após visitar E e provar que A=true, o nó B é visitado: O nó B é visitado e verifica-se se B está na memória de trabalho. Como B está na memória de trabalho e é igual a FALSE, então pela regra (IF A=true AND B=false THEN C=true) o algoritmo conclui que C=true e o algoritmo pára (figura 4.9). O algoritmo conseguiu provar que C=true.

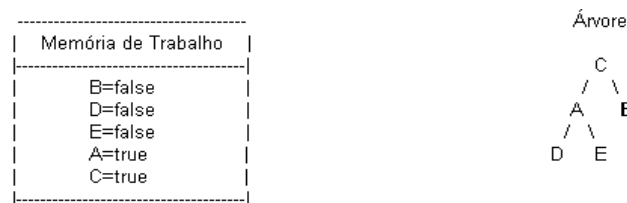


Figura 4.9 Memória de trabalho e árvore após ter provado regra

4.1.2. Módulo de Explicação

Consiste, tal como ocorre em um Sistema Especialista, de um rastreamento e exibição da solução dada ao problema.

Para a explicação ao aprendiz, o algoritmo é o mesmo, observando apenas que neste caso, no passo 4, o algoritmo exibiria para o aprendiz a regra IF D=false AND E=false THEN A=true, ou

seja, como ele conseguiu provar que $A=true$, então ele exhibe a regra que comprova isso. Como $D=false$ e $E=false$, então, pela regra, conclui-se que $A=true$.

4.2. Estrutura de um Problema

O problema, no ambiente proposto, é composto basicamente por frações separadas por algum sinal matemático indicativo do tipo de operação com fração a ser realizada no problema.

Computacionalmente, o problema foi definido a partir de uma expressão (figura 4.10). Essa expressão pode ser composta de termos e cada termo pode ser formado por fatores e sinais ou ainda por termos e sinais. Os fatores são compostos por fração e número, ambos podendo estar acompanhados por variável. Já o sinal pode ser o de soma, de subtração, de multiplicação, de divisão, de potência ou de radiciação, sendo os dois últimos usados apenas em problemas propostos pelo aprendiz para que o sistema resolva.

Dessa forma, a definição da linguagem dos problemas utilizados no ambiente pode ser representada a seguir:

```

<problema>.: <expressao> '='
<expressao>.: <termo>
<termo>.: <fator> <sinal> <fator>
          '('<termo> ')' <sinal> '('<termo> ')'
          '('<termo> ')' <sinal> <fator>
          <fator> <sinal> '('<termo> ')'
          <fator>
<fator>.: <fracao>
          <numero>
          <fracao> <variavel>
          <numero> <variavel>
<sinal>.: '+' '-' '*' '/' '^' 'raiz quadrada'

```

Figura 4.10: Definição computacional de um problema.

Vale a pena ressaltar que embora o sistema não forneça problemas com potenciação e radiciação para o aprendiz resolver, e aprendiz pode colocar esse tipo de operação em problemas para o sistema resolver. Dessa forma, é necessário definir no problema tais operações.

4.3. Ferramentas para a Implementação do Protótipo

Para a implementação do ambiente foi empregada a tecnologia Java, devido a sua portabilidade, através de suas ferramentas, tais como:

- JADE: Java Agent DEvelopment Framework é uma ferramenta Java para o desenvolvimento de sistemas multi-agentes;
- JSF: Java Sever Faces, ferramenta Java para desenvolvimento de aplicações Web, usa a linguagem HTML;
- Hibernate; banco de dados orientado a objetos voltado para aplicações com Java, para mais detalhes sobre essas ferramentas consulte o anexo 1.

O Eclipse foi a plataforma de desenvolvimento utilizada durante o processo de implementação e teste devido, dentre outros motivos, ao fato de fornecer um sistema de plugins que facilita o desenvolvimento e ser Open Source, ou seja, código aberto.

O Tomcat foi usado devido ao fato de acessar vários clientes de um sistema.

4.4. Agentes do ambiente

O ambiente é formado por uma sociedade de agentes artificiais dividida em três grupos contidos no módulo do domínio, descrito no capítulo anterior, são eles:

1. Agentes responsáveis pela realização das operações;
2. Agentes responsáveis pela avaliação ou resolução dos problemas propostos pelos aprendizes;
3. Agentes responsáveis por coordenar a sociedade de agentes.

A fim de representar melhor a troca de informação entre esses agentes, a figura 4.11, representa o modelo de comunicação entre os agentes do sistema. Para representar esse modelo, foi utilizada a metodologia GAIA (Wooldridge, 1999), cujos detalhes podem ser encontrados no anexo

2.

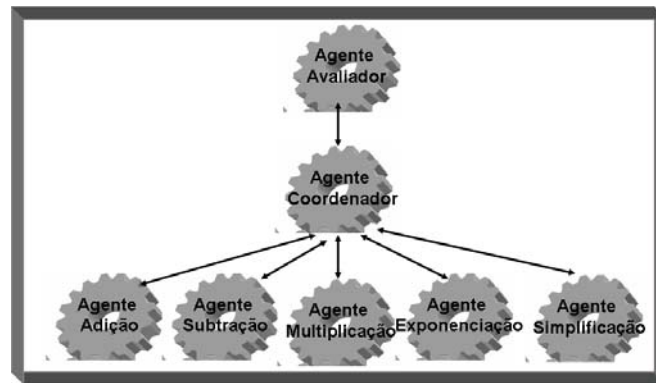


Figura 4.11: Modelo de comunicação dos agentes (representação feita utilizando GAIA).

Para melhor entendimento a cerca dos agentes formadores do ambiente, bem como para tornar mais clara a implementação do protótipo, apresenta-se na figura 4. 12 a arquitetura de implementação do ambiente proposto. Tal arquitetura é baseada na arquitetura do ForBile (Bittencourt, 2006).

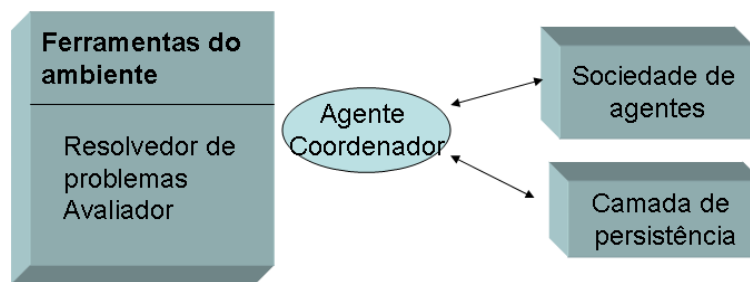


Figura 4.12: Arquitetura de implementação do ambiente proposto.

Como será explicado no decorrer deste capítulo, o agente coordenador é responsável por gerenciar a sociedade de agentes verificando, junto à camada de persistência, qual será a próxima operação ou passo a ser realizado para a avaliação ou resolução dos problemas.

4.4.1. Agentes Responsáveis pela Realização das Operações

Os agentes contidos nesse grupo são responsáveis pela realização das operações soma, subtração, multiplicação, exponenciação, além da operação de simplificação. Os agentes formadores desse grupo são os seguintes:

- Agente Adição: entidade responsável pela operação de adição
- Agente Multiplicação: entidade responsável pela operação de multiplicação;

- Agente Subtração: entidade responsável pela operação de subtração;
- Agente Exponenciação: entidade responsável pela operação de exponenciação dos problemas solicitados pelos aprendizes:
- Agente Simplificação: entidade responsável pela simplificação de um resultado obtido em alguma operação realizada pelos agentes acima citados.

A divisão é realizada pelo agente responsável pela multiplicação (agente multiplicação) como operação inversa da multiplicação.

4.4.2. Agente Responsável pela Avaliação ou Resolução de Problemas

O agente desse grupo, chamado de Agente Avaliador, é responsável pela resolução dos problemas propostos pelos aprendizes ou pela avaliação das respostas produzidas pelos aprendizes a um determinado problema (figura 4.13).



Figura 4.13: Modelo do agente avaliador.

O Agente Avaliador é uma entidade que interage com os agentes do grupo anterior, responsáveis pela realização das operações, objetivando resolver problemas propostos pelos alunos ao sistema ou avaliar o nível de conhecimento do aluno a partir de problemas propostos pelo sistema aos alunos.

A partir do momento que um problema é submetido à atividade de avaliação ou resolução do sistema tutor, o agente avaliador fica responsável por obter o problema e interagir através do agente

coordenador com as entidades responsáveis pelas operações, objetivando a realização de tais atividades.

O sistema obtém a resolução proposta pelo aluno, e resolve cada uma das etapas separadamente para que posteriormente os resultados sejam comparados.

4.4.3. Agente Responsável por Coordenar os Agentes

Esse grupo é formado por um agente responsável por coordenar os demais agentes (Agente Coordenador), ou seja, é uma entidade que coordena a sociedade de agentes, figura 4.14, intermediando a interação entre os diversos agentes na sociedade de agentes, baseando-se em suas necessidades.

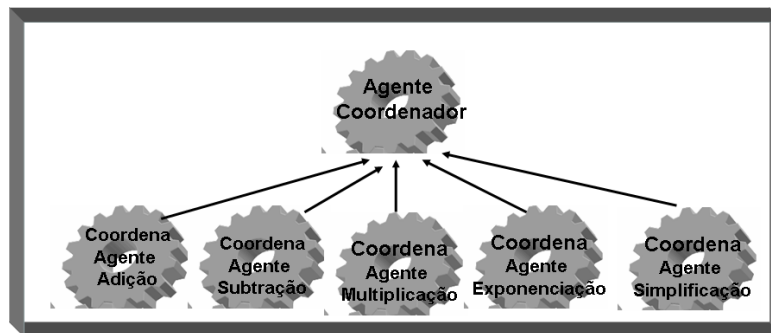


Figura 4.14: Modelo do agente coordenador.

Para melhor entendimento sobre as funções dos agentes acima citados pode se observar a avaliação que o sistema realiza da resposta do aprendiz a um determinado problema, bem como o processo do sistema para resolver problema sugeridos pelo aprendiz.

4.4.3.1 Resolução de problemas e Avaliação da resposta do aprendiz

Quando o aprendiz resolve um determinado problema, o **agente avaliador** também resolve o mesmo problema dividindo-o em uma seqüência de passos operações matemáticas de soma, subtração, multiplicação, divisão e potência. Em cada passo, o agente citado confere seu resultado com o resultado encontrado pelo aprendiz.

O **agente coordenador** é responsável pela organização e coordenação do agente avaliador e da sociedade de agentes, formada pelos agentes responsáveis pelas operações de soma (agente adição), subtração (agente subtração), multiplicação e divisão (agente multiplicação).

A máquina de inferência, ou motor de inferência, verifica qual a operação a ser realizada e chama o agente por tal operação. Esse agente envia a resposta para o agente coordenador que, por sua vez, manda a resposta ao agente avaliador. O agente avaliador verifica sua resposta com a do aprendiz, observa qual é o próximo passo e chama o agente coordenador e isso ocorre até que não tenha mais nenhum passo a ser realizado, ou seja, o problema tenha sido resolvido.

Dessa forma, o sistema consegue mostrar onde o aprendiz errou, ou seja, em qual passo (operação) está o erro.

A figura 4.15, a seguir, representa a comunicação e troca de informações entre os agentes no processo de avaliação da resposta do aprendiz.

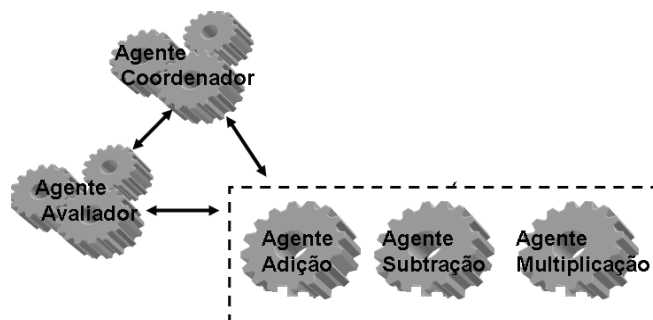


Figura 4.15: Ciclo de avaliação da resposta do aprendiz pelos agentes.

4.4.3.2. Diagnóstico do aprendiz

O diagnóstico é feito ao mesmo tempo em que a avaliação da solução do aprendiz para determinado problema. Isto ocorre uma vez que o agente avaliador armazena cada passo do aprendiz na camada de persistência, indo todas essas informações para o banco de usuário.

O sistema faz seu diagnóstico inicial através de problemas envolvendo conhecimento como definição e elementos de fração, dentre outros, verificando o nível de conhecimento, escolhendo assim, qual problema e metodologia deve adotar.

O diagnóstico será feito através da exposição de problemas para o aprendiz solucionar. No trabalho de Silver (Silver,2006), esse diagnóstico é feito através de perguntas e a partir delas as tarefas são conduzidas por PBL.

4.4.3.3.Armazenamento de conhecimento do aprendiz

Cada passo do aprendiz ao resolver um problema é recuperado através do *framework hibernet* juntamente com todas as outras informações, tais como o tipo de ajuda solicitada pelo aprendiz (dica, exemplo, conhecimento necessário e suporte pedagógico) e o tempo gasto para a resolução do problema.

4.5. Bancos de Dados

O sistema é formado por dois bancos de dados, um para os usuários do sistema e outro para armazenar dados dos problemas contidos nos ambientes.

4.5.1. Banco de Dados dos Usuários

Podemos ter professores, que desempenham funções diversas no ambiente, e aprendizes, que interagem com o sistema para melhorar seu aprendizado. A figura 4.16 representa o banco de dados para os usuários do sistema.

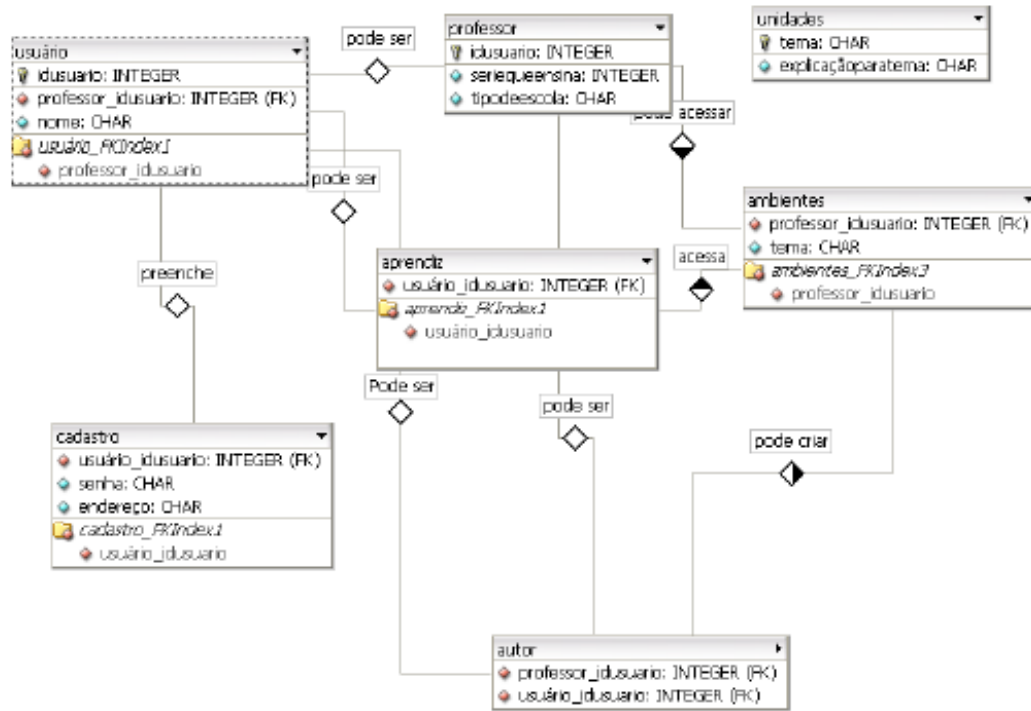


Figura 4.16: Modelo Relacional do Banco de Dados do Usuário.

4.5.2. Banco de Dados dos Problemas

Os problemas contidos nos ambientes pertencem a certa unidade pedagógica. A unidade pedagógica possui, além dos problemas, uma descrição do tema abordado.

Para cada problema temos elementos como: enunciado, dica, dentre outros, como pode ser observado na figura 4.17 a seguir.

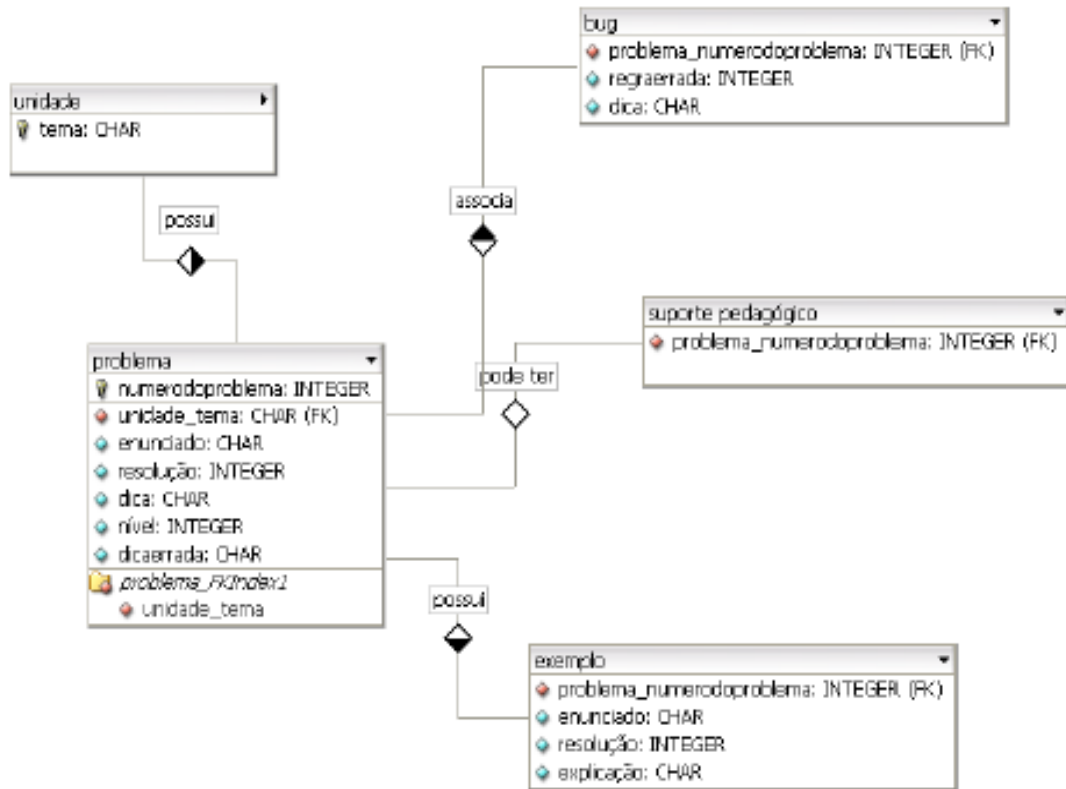


Figura 4.17: Modelo Relacional do Banco de Dados de Problemas.

O sistema armazena as interações dos aprendizes (seus acertos e erros etc) devido ao próprio modelo dos bancos relacionais apresentados acima uma vez que seus projetos fornecem suporte a tais armazenamentos. Desta forma, no momento em que as informações estão disponíveis para persistência, os dados são passados para camada de persistência do sistema, a qual foi implementada através do *framework Hibernate*.

4.6. Telas do ambiente

A tela inicial do sistema é, basicamente, para o usuário, quer seja professor ou aluno, entrar nos ambientes. Para tanto, tem-se espaço para digitação de *login* e senha para usuários ou ainda opção de cadastro para novos usuários, como é observado na figura 4.18 a seguir.



Figura 4.18: Tela inicial do sistema.

Após se logar no sistema, o ambiente fornece boas vindas aos usuários, caso o usuário seja um aprendiz, a tela inicial é a apresentada na figura 4.19 onde o aprendiz pode ver um conteúdo introdutório sobre fração ou ir diretamente resolver problemas sobre operações com frações.

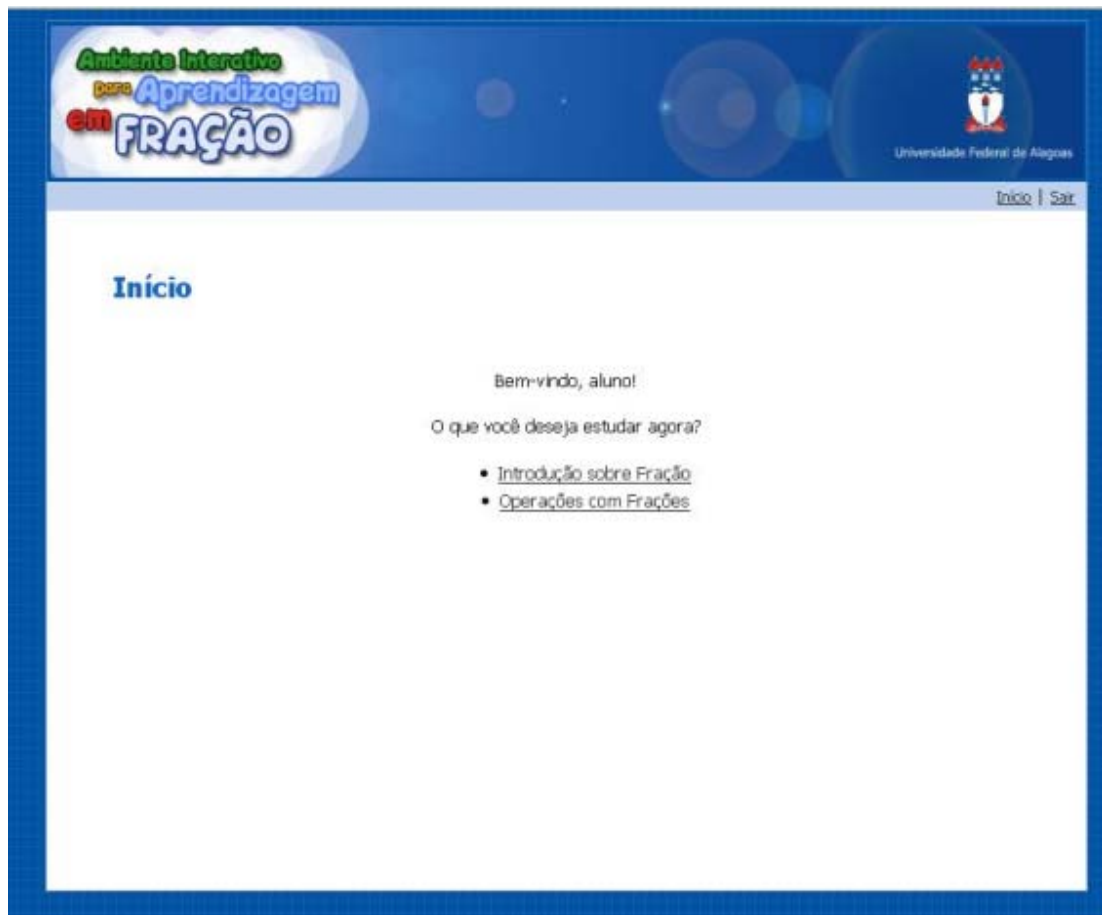


Figura 4.19: Tela inicial sistema para o aprendiz.

Caso opte pela opção introdução sobre fração, o aprendiz poderá ainda escolher mais especificamente qual conteúdo de fração ele deseja ter acesso, quer seja: definição, elementos, tipos de fração ou história sobre o surgimento das frações.

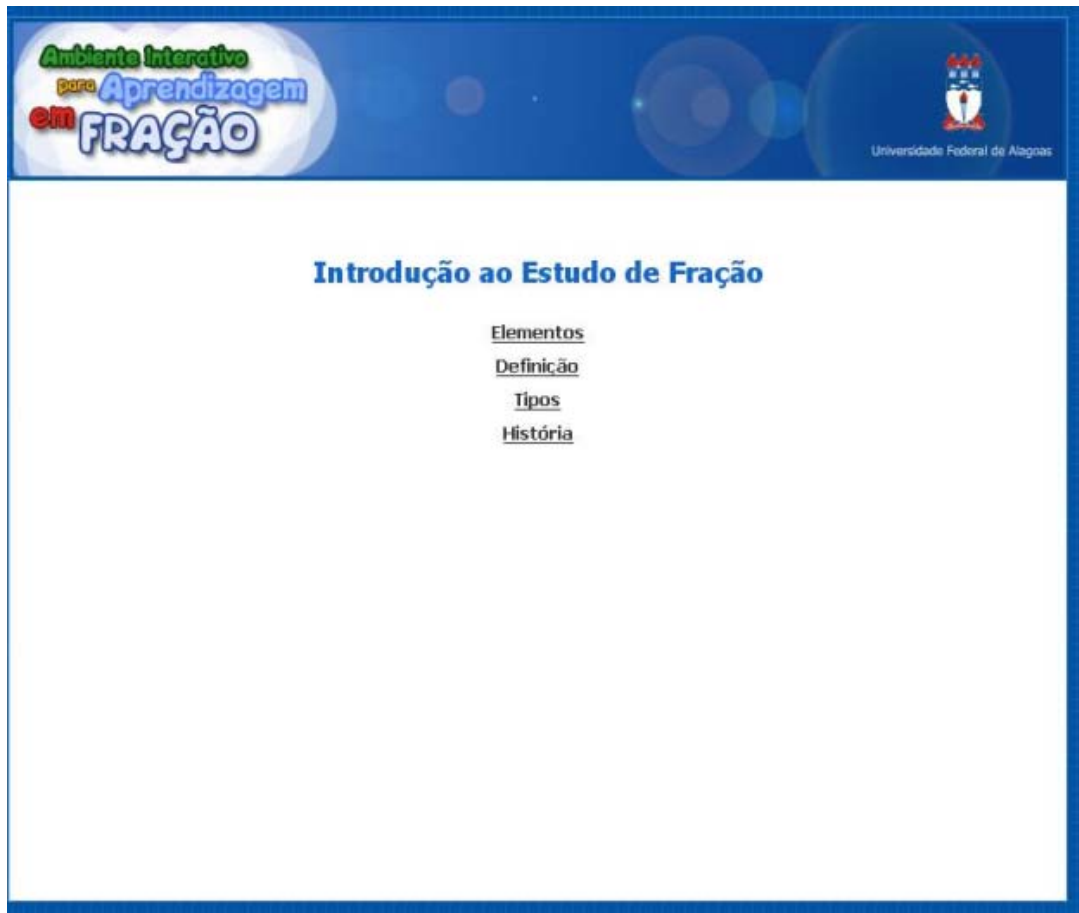
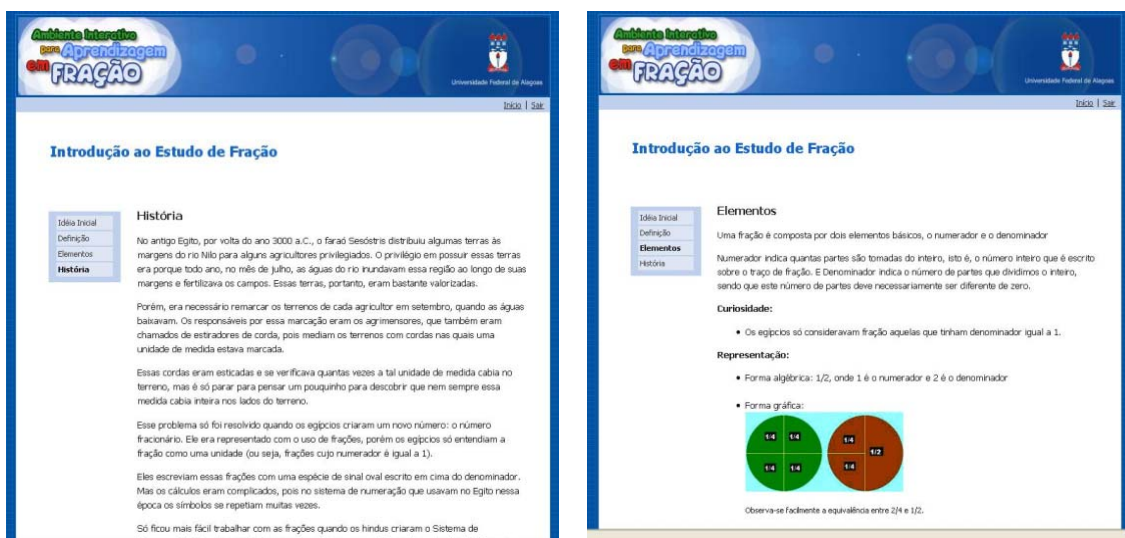


Figura 4.20: Tela com os conteúdos referentes à introdução de fração.

A tabela 4.1 abaixo apresenta as telas referentes às explicações sobre fração contidas na introdução antes do aprendiz começar a trabalhar com operações com frações.



Introdução ao Estudo de Fração

Definição
 Fração (ou fração, em português de Portugal) é um modo de expressar uma quantidade a partir de um valor que é dividido por um determinado número de partes iguais entre si. A palavra vem do latim *fractus* e significa "partido", "quebrado" (do verbo *frangere*: "quebrar").
 Os numerais que representam números racionais não-negativos são chamados frações e os números inteiros utilizados na fração são chamados numerador e denominador, separados por uma linha horizontal ou traço de fração.
 De modo simples, pode-se dizer que uma fração de um número, representada de modo genérico como a/b designa este número a dividido em b partes iguais. Neste caso, a corresponde ao numerador, enquanto b corresponde ao denominador.
 As peças abaixo representam partes de círculos, eles foram divididos em partes iguais.

Idéia Inicial
 Em nosso cotidiano precisamos dividir coisas constantemente. Às vezes em partes iguais, outras vezes não necessariamente em partes iguais. Por exemplo, uma pizza, nós a cortamos em partes que não são do mesmo tamanho, a grande questão é quem fica com o pedaço menor e quem fica com o pedaço maior.

Agora vamos pensar neste exemplo: Dois irmãos foram juntos comprar chocolate. Eles compraram duas barras de chocolate iguais, uma para cada um. Já começar a comer quando chegou uma de suas melhores amigas e vieram as perguntas: Quem daria um pedaço para a amiga? Qual deveria ser o tamanho do pedaço? Eles discutiram e chegaram à seguinte conclusão:

Tabela 4.1: Conteúdo introdutório sobre fração.

Optando por operações com fração, o aprendiz pode escolher entre soma, subtração, multiplicação e divisão de fração. Em cada uma dessas operações há três opções disponíveis: o aprendiz pode ler a explicação sobre a operação desejada, colocar problemas para o sistema resolver (opção resolvidor de problemas) ou ainda responder a problemas propostos pelo ambiente na opção teste, como mostra a figura 4.21 a seguir específica para a operação de soma de fração.

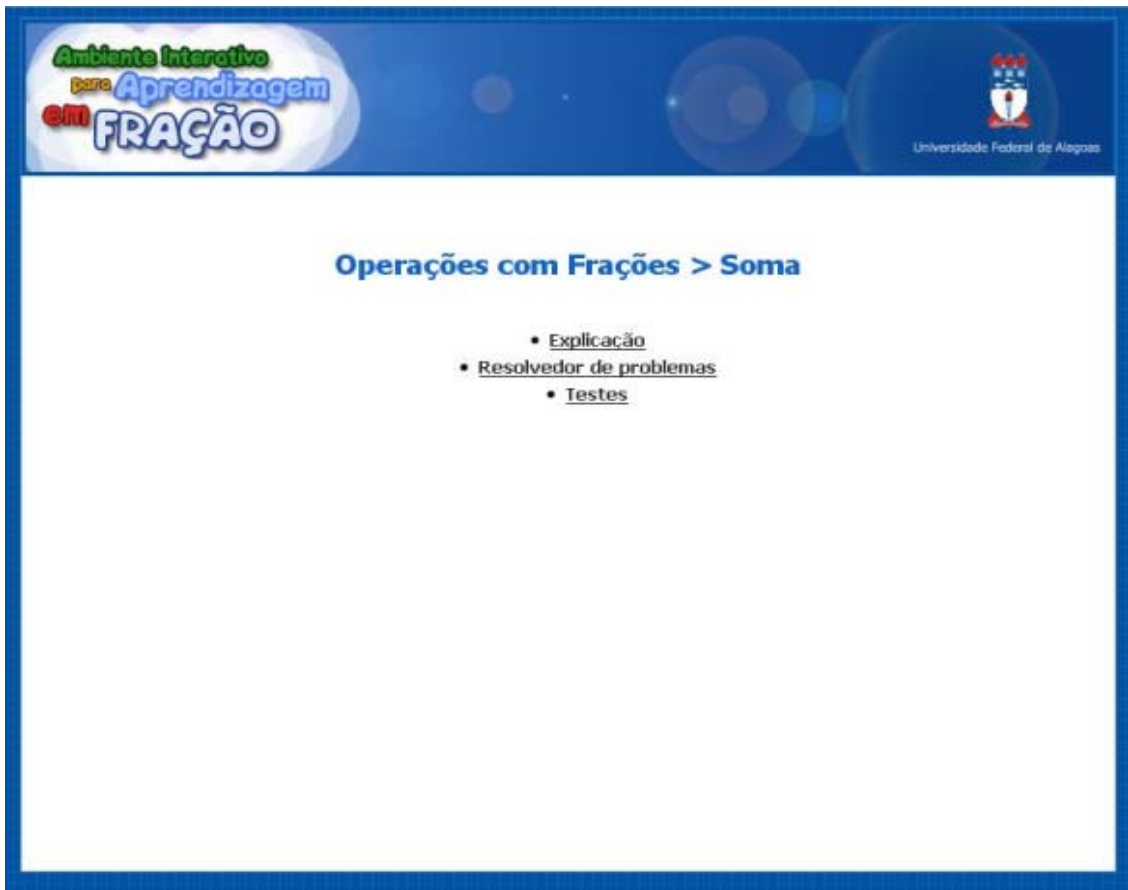


Figura 4.21: Tela mostrando as opções para a operação de soma com frações.

Ao optar pela opção explicação, o aprendiz conta com explicação através de exemplos referente à soma entre frações, além da fórmula para soma. Para tanto, é utilizada duas formas de representação de fração: gráfica e numérica.

Ambiente Interativo
para **Aprendizagem**
em **FRAÇÃO**

Universidade Federal de Alagoas

Início | Sair

Operações com Frações

Explicação

Resolvedor de problemas

Testes

Explicação

Na hora do lanche, Joãozinho e Zezinho compraram uma pizza de 8 fatias.



Joãozinho comeu uma fatia e Zezinho comeu duas. Quanto eles comeram ao todo?

Para responder a esta pergunta, precisamos saber somar frações.

Soma de frações

Temos duas possibilidades tanto para soma quanto para a subtração de fração: quando os denominadores são iguais e quando são diferentes.

- Denominadores iguais

Figura 4.22: Explicação sobre soma entre frações.

O resolvedor de problemas possui espaço para a digitação do problema, espaço para o sistema mostrar a solução do problema e ainda, caso o aprendiz queira, tem o espaço para a explicação, no qual o sistema mostra o passo a passo para a solução do problema, como pode ser observado nas figuras 4.23 e 4.24 a seguir.



Figura 4.23: Tela do resolvidor de problemas.

Vale a pena salientar que o resolvidor de problemas responde a problemas envolvendo qualquer uma das operações trabalhadas no sistema, independente da operação estudada pelo aprendiz naquele momento.

The screenshot shows a web interface for an interactive learning environment. At the top left, the text reads "Ambiente Interativo para Aprendizagem em FRAÇÃO". At the top right, there is a logo for "Universidade Federal de Alagoas" and a navigation menu with "Início" and "Sair". The main heading is "Operações com Frações". Below this, the section is titled "Resolvidor de Problemas". A problem is entered in a text box: "15/7+25/3". To the right of the text box is an equals sign followed by a result box containing "220/21". Below the text box is a "Resolver" button. A light green box contains the following text: "Sendo a expressão = 15/7+25/3 então:
Realizada a primeira operação da direita para a esquerda, pois soma e subtração têm a mesma prioridade; 220/21
Realizada a simplificação da expressão; 220/21".

Figura 4.24: Resolvidor de problemas com explicação.

Para a solução de problemas do ambiente pelo aprendiz, caso necessário, o mesmo pode contar com ajuda através de dica ou exemplo. Ao terminar a solução, o aprendiz pode solicitar uma avaliação do sistema a sua resposta.

The screenshot shows a web interface for an interactive learning environment. At the top left, there is a logo that reads "Ambiente Interativo Para Aprendizagem em FRAÇÃO". At the top right, there is a logo for "Universidade Federal de Alagoas" with the text "Início | Sair" below it. The main content area is titled "Operações com Frações - Testes". Below the title, there is a question: "1. Qual o resultado da soma da metade de uma barra de chocolate com a outra metade da mesma barra de chocolate?". Underneath the question, it says "Sua resposta:" followed by a text input field containing the number "1". To the right of the input field is a button labeled "Avaliar". To the right of the input field, there is a box containing the word "Ajuda" and three links: "Conhecimento necessário", "Dica", and "Exemplo".

Figura 4.25: Problemas para o aprendiz resolver.

Quando o aprendiz clicar na ajuda que necessita, o sistema mostra tal ajuda logo abaixo do seu respectivo botão, como pode ser observado na figura 4.26 a seguir.

Ambiente Interativo
para Aprendizagem
em FRAÇÃO

Universidade Federal de Alagoas

Início | Sair

Operações com Frações - Testes

1. Qual o resultado da soma da metade de uma barra de chocolate com a outra metade da mesma barra de chocolate?

Sua resposta:

Avaliar

Ajuda
Conhecimento necessário

Dica [X]
Metade é igual a $\frac{1}{2}$.

Figura 4.26: Dica fornecida pelo sistema para solução de problema.

O sistema pode ainda fornecer uma dica, caso o aprendiz solicite, para o exemplo em questão, a dica seria como mostra a figura 4.27 a seguir.

Ambiente Interativo
para Aprendizagem
em FRAÇÃO

Universidade Federal de Alagoas

Início | Sair

Operações com Frações - Testes

1. Qual o resultado da soma da metade de uma barra de chocolate com a outra metade da mesma barra de chocolate?

Sua resposta:

Avaliar

Ajuda

[Conhecimento necessário](#)

[Dica](#)

Exemplo

$$\frac{2}{5} + \frac{1}{5} = \frac{3}{5}$$

Figura 4.27: Dica fornecida pelo ambiente para ajudar o aprendiz na resolução de problema.

Outro tipo de ajuda fornecida pode ser o conhecimento necessário para que o aprendiz resolva o problema. Como o exemplo utilizado na figura refere-se a um problema simples de soma de fração, o único conhecimento seria a fórmula para a soma de fração (figura 4.28).

Ambiente Interativo
para Aprendizagem
em FRAÇÃO

Universidade Federal de Alagoas

Início | Sair

Operações com Frações - Testes

1. Qual o resultado da soma da metade de uma barra de chocolate com a outra metade da mesma barra de chocolate?

Sua resposta:

Avaliar

Ajuda

Conhecimento necessário ✕

Soma de frações com denominadores iguais.

Figura 4.28: Ajuda referente ao conhecimento necessário para resolução de problema.

Ao resolver um problema, o aprendiz pode salvá-lo e pedir para o ambiente avaliar sua resposta. Isto é feito verificando todos os passos fornecidos para a resolução do problema. A figura 4.29, a seguir, mostra a avaliação do problema onde o aprendiz pode resolver apresentando passos ou não, ou seja, fornecer a resposta de imediato.




Início | Sair

Operações com Frações - Testes

1. Qual o resultado da soma da metade de uma barra de chocolate com a outra metade da mesma barra de chocolate?

Sua resposta:

1

Ajuda
[Conhecimento necessário](#)
 Dica
 Exemplo

RESPOSTA CERTA! PARABÉNS!
 Expressão: $1/2+1/2$;
 Resolução Correta:
 Passo 1 : 1;




Início | Sair

Operações com Frações - Testes

1. Qual o resultado da soma da metade de uma barra de chocolate com a outra metade da mesma barra de chocolate?

Sua resposta:

$1/2+1/2=2/2=1$

Ajuda
[Conhecimento necessário](#)
 Dica
 Exemplo

RESPOSTA CERTA! PARABÉNS!
 Expressão: $1/2+1/2$;
 Resolução Correta:
 Passo 1 : $1/2+1/2$;
 Passo 2 : $2/2$;
 Passo 3 : 1;

Figura 4.29: Avaliação de resposta do aprendiz para a resolução de um problema.

As telas apresentadas a seguir são telas para o usuário professor, nelas o professor poderá verificar a aprendizagem de seus estudantes e criar ambientes inserindo novos problemas.

A primeira tela, figura 4.30, mostra a tela inicial do sistema quando o professor se loga, nela o professor poderá verificar o andamento de seus aprendizes e adicionar problemas, caso seja autor.⁴

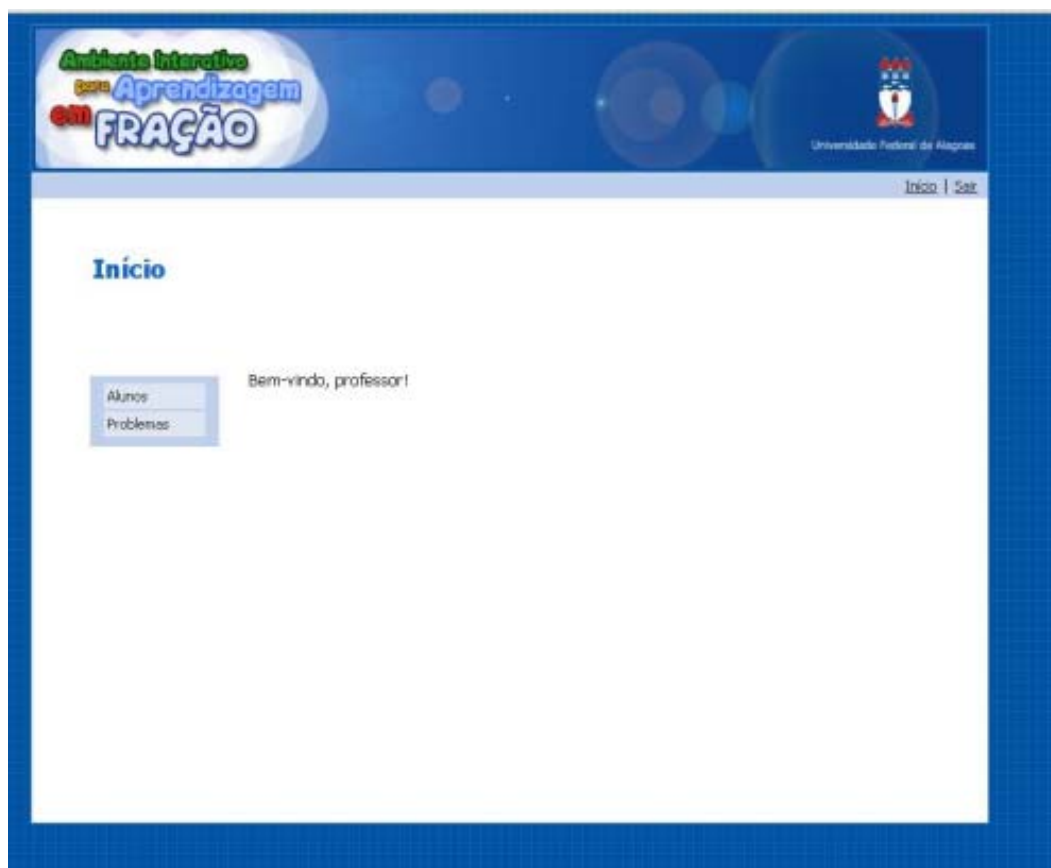


Figura 4.30: Tela de boas-vindas ao professor no sistema.

Caso opte por verificar os alunos, o sistema fornece a lista de alunos que pertencem aos ambientes criados pelo professor ou os ambientes onde o professor está cadastrado. Ao escolher a opção abrir, figura 4.31, o professor terá acesso ao histórico do aprendiz, onde poderá encontrar informações como unidade pedagógica estudada, problemas acertados e errados, além do tipo de ajuda solicitada pelo aprendiz durante a resolução de cada problema.

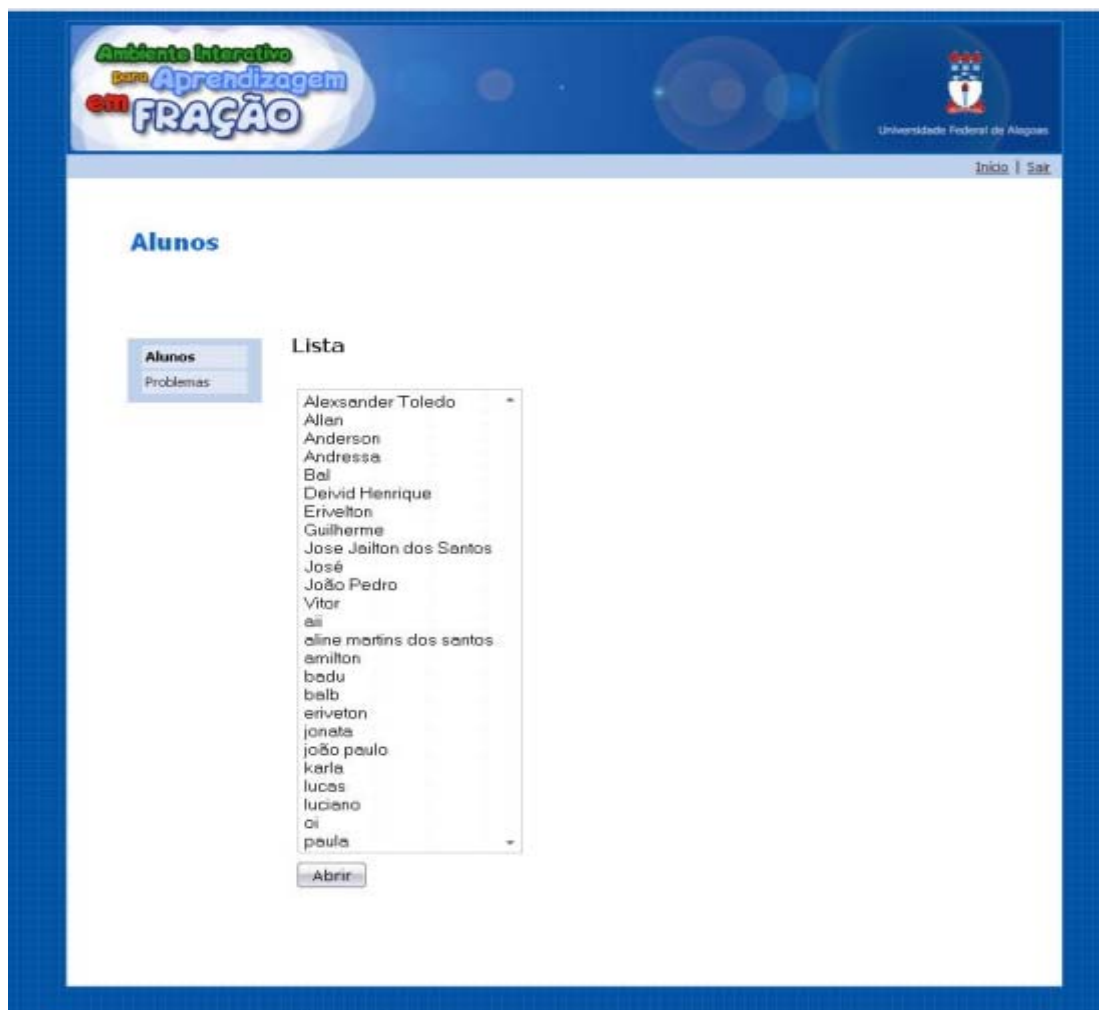


Figura 4.31: Tela mostrando os aprendizes cadastrados para análise do professor.

Para inserir problemas em um ambiente, o professor/autor necessita preencher uma espécie de cadastro, onde são solicitadas informações como: enunciado, dicas, enunciado para o computador (necessário uma vez que os problemas podem ter enunciados com figuras e a máquina não entenderia o problema e, conseqüentemente, não poderia dividi-lo em passos para respondê-lo), nível de dificuldade do problema, exemplo e suporte pedagógico. O conhecimento necessário para resolução do problema, será passado para o aprendiz de acordo com a unidade pedagógica estudada.

The image shows a web application interface for adding math problems. The header includes the text 'Ambiente Interativo para Aprendizagem em FRAÇÃO' and the logo of the Universidade Federal de Alagoas. The main content area is titled 'Problemas' and contains a sidebar with 'Alunos' and 'Problemas' tabs. The 'Problemas' tab is active, showing a form titled 'Adicionar problema' with fields for 'Unidade Pedagógica', 'Dica', 'Enunciado', 'Resolução', 'Nível', 'Exemplos', and 'Suporte Pedagógico', followed by an 'Adicionar' button.

Figura 4.32: Tela para o professor cadastrar novos problemas nos ambientes.

4.7. Avaliação do protótipo

Para se obter uma primeira avaliação do ambiente proposto, foi realizada uma seção de experimento básico com alunos da quarta série de uma escola municipal Carmelita Gama e com dois professores da área em questão. Tal experimento foi realizado nos dias 19 e 22 de setembro no laboratório do Instituto de Computação – IT na Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

No dia 19 de setembro foi realizado o pré-teste com os estudantes, tendo acontecido inicialmente uma explicação sobre o sistema como um todo. No dia 22 de setembro foram realizados, além da interação dos estudantes com o sistema, o pós-teste e a aplicação dos questionários. O pré-teste e o pós-teste (detalhes no anexo 4) serviram para avaliar o conhecimento dos alunos antes e depois do uso do ambiente, respectivamente.

4.7.1. Recursos para Avaliação

Foram utilizados alguns testes e questionários respondidos por professores e aprendizes, foram eles:

- Questionários: respondidos por professores e aprendizes/estudantes após interação com o ambiente a fim de verificar aspectos com interface, avaliação do aprendiz e conteúdo, para professores e interface, ajuda, avaliação, conteúdo e facilidade na aprendizagem para aprendizes;
- Testes: respondidos pelo aprendiz antes (pré-teste, anexo 4) e após (pós-teste, anexo 4) sua interação com o ambiente a fim de verificar, além do conhecimento sobre fração do aprendiz, a quantidade de acertos e o tempo de resolução dos problemas antes e depois de usar o ambiente.

Os testes visam oferecer subsídios para observar o conhecimento do aprendiz antes e depois de utilizar o ambiente, observando se os erros cometidos pelo aprendiz continuam após sua interação com o ambiente.

4.7.2. Resultados Obtidos

Analisando as respostas dos testes (pré-teste e pós-teste) e questionários respondidos, foram elaborados alguns gráficos apresentados a seguir.

O pré-teste foi realizado antes dos estudantes utilizarem o sistema. Com ele, pôde se ter uma noção acerca do conhecimento dos 26 estudantes que participaram do experimento.

O resultado do pré-teste pode ser observado nos gráficos presentes na figuras 4.33 e 4.34. O primeiro gráfico representa a quantidade de acertos para cada questão do pré-teste, ou seja, quantos estudantes acertaram a primeira, segunda terceira e quarta questões.

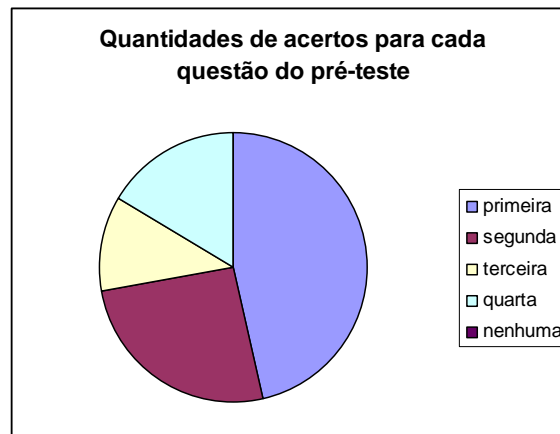


Figura 4.34: Acertos dos estudantes no pré-teste

O gráfico da figura 4.34, mostra a quantidade de questões que os alunos acertaram, sendo que apenas 1 (um) aluno acertou as quatro questões, mas a maioria dos estudantes (treze-13), acertaram apenas uma questão.

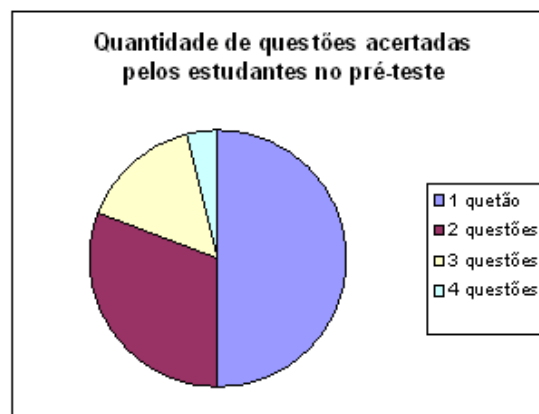


Figura 4.34: Quantidade de questões que os estudantes acertaram no pré-teste.

Com a análise e a observação da interação dos estudantes durante o experimento, pôde ser observado alguns aspectos, tais como:

1. Os estudantes sentiram um pouco de dificuldade em interagir com o sistema, devido à falta de conhecimento básico em Informática. Diante desse fato, foi detectada a necessidade de modificar um pouco a interface do sistema trocando *links* por botões e acrescentando algumas animações feitas utilizando a ferramenta flash. Foi observado também que os estudantes não conseguiram entender direito a explicação fornecida pelo sistema em relação

ao seu erro. Isso pode ser melhorado de forma simples, bastando acrescentar explicação nos passos;

2. Os professores acharam o sistema como um todo bom, porém um pouco lento. Gostaram do conteúdo apresentado. As questões do pré-teste e pós-teste também foram elogiadas por eles.

Em relação ao pós-teste, a figura 4.35 apresenta o gráfico mostrando quantos estudantes acertaram a primeira, segunda, terceira, quarta e nenhuma questão ou problema do pós-teste. Pode-se observar um pequeno aumento de acertos, isso levando em consideração que, ao responder o pós-teste, os alunos estavam um pouco cansados uma vez que o pós-teste foi realizado após o uso do sistema, enquanto o pré-teste eles responderam dois dias antes de fazer a interação com o sistema, e, portanto, descansados e ansiosos por usar o sistema. Dessa forma, o pós-teste foi pouco revelador devido a tais problemas operacionais do experimento.

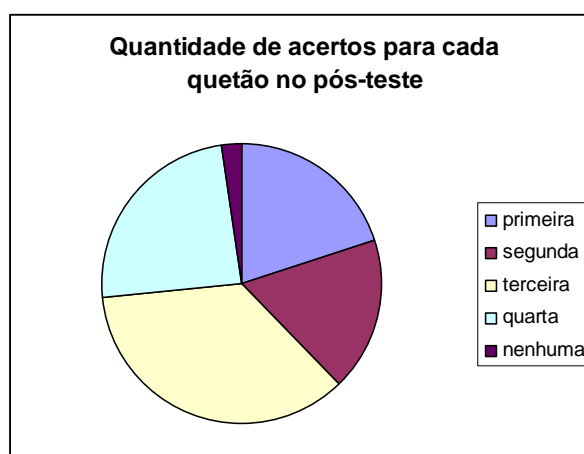


Figura 4.35: Acertos para cada questão do pós-teste

Os acertos dos alunos foram maiores no pós-teste, como mostra a figura 4.36.

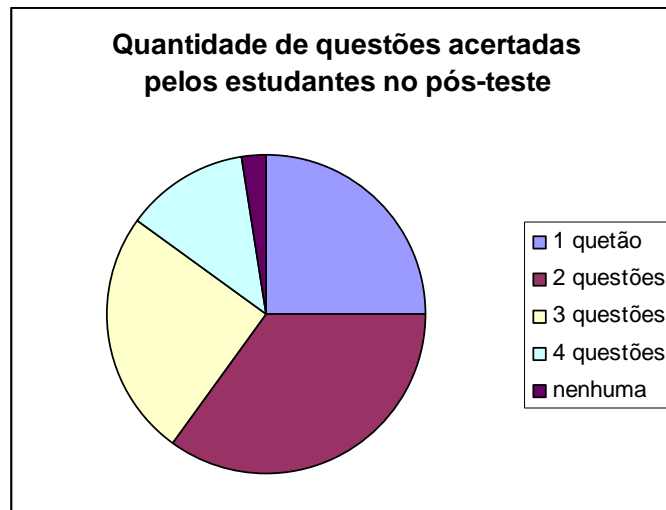


Figura 4.37: Quantidade de acertos no pós-teste.

Finalizando a avaliação empírica do sistema, foi aplicado questionário (anexo) para professores e alunos. Neles pode ser observada a aprovação por parte de professores e estudantes ao sistema. A figura 4.38 reflete as respostas dos estudantes ao questionário.

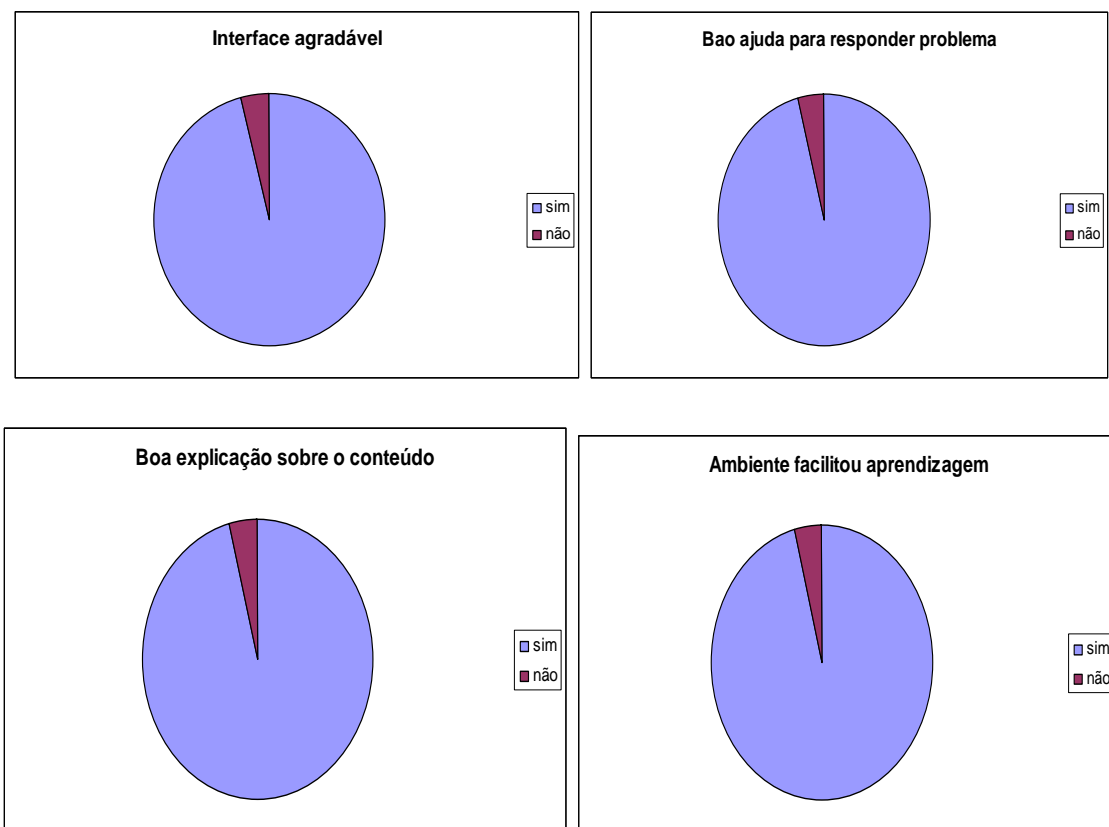


Figura 4.38: Resultado do questionário aplicado aos estudantes.

Foi aplicado um questionário aos professores que observaram o experimento. Nele todas as perguntas tiveram resposta positiva para perguntas relacionadas à interface, recursos para ajuda e problemas adequados ao conteúdo abordado.

A fim de comprovar os resultados obtidos no experimento, foi organizada uma nova seção com apenas seis alunos do mesmo grupo de 26 alunos a fim de se observar melhor comportamento e opinião dos alunos a cerca do ambiente.

Dessa forma, foram selecionados seis alunos de ambos os sexos, faixa etária entre 13 e 16 anos e com alguma experiência em uso de computador para uma nova seção de experimento com o ambiente, que ocorreu em novembro. Os alunos escolhidos foram: Anderson, Emerson e Carla, com 14 anos e Welliginton com 16 anos, todos raramente usam o computador e Maria Paula, 13 anos e Willams com 15 anos que frequentemente usam o computador.

Os alunos, divididos em duplas, interagiram com o ambiente por cerca de 30 minutos. Nessa interação foram observados aspectos peculiares em cada dupla e comuns às três duplas, dentre eles os seguintes:

- As duplas não lembravam o conceito de numerador e denominador de fração. Isso dificultou a resolução do primeiro problema, mas com ajuda de dica e exemplo fornecidos pelo ambiente as duplas resolveram os demais problemas, incluindo subtração de fração e operações envolvendo mais de duas frações, sem necessitar solicitar ajuda ao ambiente;
- Duas duplas tiveram dificuldade com problemas onde o enunciado tinha texto no enunciado. A dificuldade consistiu em montar o problema, ou seja, capturar do texto as frações a operação a ser utilizada;
- Duas duplas sentiram dificuldade em entender que a representação $\frac{2}{3}$, podia significar fração e não a divisão entre 2 e 3. Dessa forma, o problema que tinha $\frac{2}{3} + \frac{3}{5}$ eles pensaram em resolver as duas divisões e depois somar os resultados para achar a resposta do problema.

Durante e após interação com o ambiente, os alunos conversaram sobre o ambiente mostrando curiosidade e satisfação não só com o ambiente, mas com o fato de ter resolvido e acertado todos os problemas. Essa satisfação foi observada através de frases que os próprios alunos disseram uns para os outros, tais como: “É fácil, rapidinho eu aprendi e fiz tudo” (mostrando que o aluno não sabia somar e subtrair fração, mas aprendeu e resolveu os problemas), “Foi pouco tempo, mas foi bom” e “Gostei muito, quando for até a *lan house* vou colocar nesse site”. Essas frases mostram a satisfação dos alunos em aprender e em usar o ambiente.

4.8. Conclusão

A escolha pela tecnologia Java facilitou o processo de implementação do ambiente.

O motor de inferência utilizando encadeamento para frente e busca em profundidade ficou simples e eficaz, além de poder ser empregado em outras aplicações.

A sociedade de agentes consegue responder, a contento, os problemas sem a necessidade de um grande número de agentes.

As técnicas utilizadas para avaliação do protótipo mostraram-se satisfatórias e serviram como bom mecanismo de avaliação, mostrando as vantagens, qualidades e pontos falhos do ambiente. A interação com estudantes foi importante para a avaliação, mas a opinião dos professores possibilitou a descoberta de alguns pontos a serem melhorados no sistema como um todo.

Quando os estudantes responderam o pré-teste e tiveram o primeiro contato com o sistema, pôde ser observado a ansiedade e o entusiasmo dos alunos em interagir com o sistema, além do interesse dos estudantes pelo conteúdo contido no sistema, sobretudo nas curiosidades sobre fração.

O experimento realizado alguns dias depois serviu para verificar pontos positivos do sistema e apontar algumas falhas em relação a interface e desempenho. O último experimento serviu para verificar a aprendizagem e satisfação dos alunos em usar o ambiente.

Considerações Finais

O ambiente proposto neste trabalho visou uma contribuição à Educação Matemática, através da elaboração de um ambiente interativo para auxiliar a aprendizagem em fração, trazendo suporte para o aprendiz durante a resolução e problemas e suporte para o autor que pode adicionar novos problemas aos ambientes.

O sistema proposto, além de ajudar no processo de ensino e aprendizagem de fração, com algumas alterações, pode ser utilizado para facilitar a aprendizagem de outros domínios do conhecimento humano que possam ser divididos em unidades pedagógicas, tais como equações matemáticas. Essa adaptabilidade deve-se não só à arquitetura, mas também ao modelo conceitual adotado no sistema, que segue o modelo proposto pelo MATHEMA.

A arquitetura, e o trabalho como um todo evoluiu durante seu processo de construção. Por exemplo, pode ser citada a própria arquitetura do ambiente, que passou por modificações significativas a fim de melhor se adaptar ao contexto do trabalho. Este fato pode ser comprovado comparando a primeira arquitetura do sistema (Silva, 2006) com a arquitetura atual. É notório que com a melhora e aperfeiçoamento do trabalho essa arquitetura poderá sofrer outras alterações. Uma parte da arquitetura que passou por alterações foi o modelo do domínio com a inserção da abordagem metodológica da PBL.

A Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL tem se mostrado adequada à ambientes voltados ao ensino de matemática. As funcionalidades e a arquitetura (modelo do domínio, do estudante e pedagógico) aqui utilizadas, retiradas dos STI's, facilitaram o processo de estruturação e implementação do sistema. O modelo do domínio está definido e implementado.

Trabalhos futuros incluem melhoras nos modelos que compõem o sistema, a saber:

- Modelo do estudante: precisa ser melhorado, principalmente no que tange a questão da satisfação de aprendiz, mais especificamente o Open Student Model-OSM, proposto a seguir através de uma “conversa” via múltipla-escolha entre sistema e aprendiz em relação a sua aprendizagem, ainda não implementada;
- Modelo pedagógico: é necessário um estudo mais detalhando e ampliação das estratégias pedagógicas adotadas pelo sistema;
- Modelo do domínio: a inclusão de um editor específico para digitação de símbolos matemáticos facilitará o processo de escrita do aprendiz durante a resolução e construção de problemas uma vez que exibe os conteúdos numa forma mais natural.

O OSM proposto como trabalho futuro viabiliza uma conversa entre aprendiz e sistema. O aprendiz pode ter acesso, qualquer momento, ao parecer do sistema em relação a sua aprendizagem. Ele pode concordar ou não com o sistema, isso poderá ser feito através de pergunta de múltipla escolha lançada pelo sistema ao aprendiz. Dessa forma, o sistema também promove reflexão do aprendiz em relação a seus conhecimentos e concepções (Bull e McEvoy, 2003: 389-391).

Haverá um espaço onde o aluno poderá expor sua opinião em relação à sua aprendizagem e ao ambiente. O professor terá acesso a estes comentários (Mierson, 1995).

O sistema perguntará ao aprendiz se ele sabe onde errou em determinado problema, o aprendiz responderá via múltipla escolha. Este processo é possível de ser realizado uma vez que o sistema divide a resolução dos problemas em passos e cada passo corresponde a uma alternativa de múltipla escolha que o aprendiz irá selecionar. Geralmente teremos três alternativas certas e duas erradas.

Esse procedimento fará com que o aprendiz reflita sobre suas experiências se auto-avaliando, melhorando assim sua aprendizagem e seu senso crítico em relação a si mesmo (Silver e Barrows, 2006).

O aprendiz e o professor podem ver os conceitos de todos os aprendizes envolvidos no ambiente. Dessa forma, o professor pode acompanhar o desenvolvimento dos aprendizes e estes

podem verificar seu desenvolvimento em relação aos demais aprendizes. (Bull e Nghiem, 2002:5-13). Esses procedimentos formam o OSM proposto para o sistema.

Além de todos os trabalhos futuros aqui expostos, uma avaliação mais detalhada do sistema se faz necessária. Isto pode ser realizado através de um experimento envolvendo alunos de realidades diferentes, tais como alunos de escolas particulares e públicas.

A avaliação empírica do primeiro protótipo do sistema, realizada através da experimentação e dos questionários e testes, dão indícios quanto à qualidade pedagógica do ambiente, assim como a sua aceitação pelos estudantes.

Anexos

1.Implementação do Protótipo: tecnologias utilizadas

Para a implementação do ambiente foi empregada a tecnologia Java, devido a sua portabilidade, através de suas ferramentas JADE, JSF e o banco de dados Hibernate.

Java Agent DEvelopment Framework

O Java Agent DEvelopment Framework – JADE, é uma estrutura para o desenvolvimento de agentes ou sistemas multi-agentes, em linguagem de programação Java⁷, que atendem as especificações estabelecidos pela FIPA.

A FIPA é uma organização para estabelecer padrões de desenvolvimento de softwares multi-agentes, seus padrões são aceitos pela IEEE, como pode ser observado no seu site oficial <http://www.fipa.org/>.

O JADE é bastante utilizado pelos programadores uma vez que possui ferramentas que facilitam o desenvolvimento de sistemas multi-agentes, além disso, a plataforma do agente pode rodar em máquinas diferentes, como pode ser observado na página <http://jade.tilab.com/>.

Dessa forma, o JADE foi utilizada para melhor modelar a implementação no paradigma orientado à agentes, devido ao fato de permiti uma melhor visualização do sistema para esse paradigma. Além disso, o *framework*⁸ mostra-se bastante estável e de fácil utilização.

Java Sever Faces

O Java Sever Faces – JSF, utilizada no desenvolvimento das interfaces web, é uma ferramenta para desenvolver aplicações para a Web usando HTML, com suporte a Escalabilidade, comunicação entre os módulos, Persistência, Transação.

⁷ Java é uma linguagem de programação orientada a objetos voltada para o ambiente WWW.

⁸ Framework é uma estrutura de suporte definida em que um outro projeto de software pode ser organizado e desenvolvido.

O JSF fornece um conjunto de tags JSP para acessar os componentes, além do reuso desses componentes e um conjunto de padrão de componentes de interface de usuário que possibilitam validação padronizada.

Banco de dados Hibernate

O Hibernate é voltado para aplicações com Java para banco orientado a objetos que trabalham com o modelo relacional e permite melhor modelagem das entidades que serão persistidas no banco de dados.

A principal vantagem desse banco de dados é o fato dele gerar automaticamente as SQLs. Para tanto, ele possui o Hibernate Query Language – HQL é uma poderosa linguagem de consulta que se parece muito com a SQL. O HQL é totalmente orientada a objeto e possui os paradigmas de herança, polimorfismo e encapsulamento. O usuário pode optar por usar o SQL ou o HQL

2. Metodologia para Análise e Projeto Orientado a Agentes – GAIA

GAIA é uma metodologia para definir sistemas baseados em agentes organizados em sociedades de agentes.

Os agentes possuem papéis que podem ser análogos a papéis humanos. Em nosso sistema, tivemos agentes para resolver problemas, para avaliar problemas etc.

Os papéis devem ser definidos através de atributos, permissões, responsabilidades e protocolos (Wooldridge, 1999).

O processo de definição do sistema, usando GAIA, é dividido em duas fases etapas, são elas:

1. Análise: trata o sistema em um nível mais abstrato, buscando o entendimento do sistema, além da definição dos papéis e suas interações;
2. Projeto: analisa o sistema através de um nível de baixa abstração, após essa fase, o sistema será implementado.

Os papéis dos agentes são definidos através de três componentes, são eles:

1. Permissões: são os recursos de informação para desempenhar o papel;
2. responsabilidades: são as funcionalidades de um papel;
3. Protocolos: representam uma interação entre papéis e tipos de agentes.

Um projeto de um sistema utilizando a metodologia GAIA é composto por três modelos, são eles:

1. Modelo de agente: trata-se de um modelo feito a partir da análise de papéis;
2. Modelo de serviços: serve para identificar serviços de cada papel, lembrando que cada papel tem um agente;

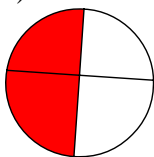
3. Modelo de conhecimento: define a comunicação existente entre agentes, identifica possíveis gargalos de comunicação entre agentes. Esse modelo é representado através de grafo direcionado.

O modelo de agente foi empregado para definir alguns agentes no sistema proposto. Mais detalhes sobre a representação e construção desses modelos pode ser encontrado no trabalho de Michael Wooldridge (Wooldridge,2000).

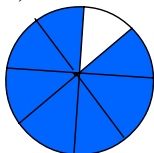
3.Avaliação Inicial do Aprendiz

1- Que figura representa a fração $\frac{1}{3}$?

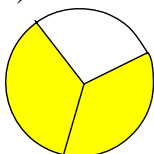
a)



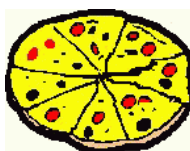
b)



c)



2-Cada fatia da pizza abaixo pode ser representada por uma fração, qual seria essa fração?



a) $\frac{2}{5}$

b) $\frac{1}{9}$

c) $\frac{1}{8}$

d) $\frac{3}{8}$

3- Se eu comer metade da barra de chocolate abaixo estarei comendo o equivalente à fração:



a) $\frac{1}{3}$

b) $\frac{1}{6}$

c) $\frac{2}{5}$

d) $\frac{1}{4}$

4- A fração $\frac{3}{6}$ é equivalente a qual ou quais frações abaixo?

a) $\frac{1}{2}$

b) $\frac{6}{12}$

c) $\frac{2}{4}$

d) $\frac{1}{3}$

4.Avaliação do Ambiente

Pré-teste

O pré-teste tem como objetivo verificar o conhecimento do aprendiz antes de usar o ambiente. Ele é formado por quatro perguntas:

1- Lembrando que fração significa divisão, responda: Tenho uma pizza para dividir igualmente com quatro pessoas, qual a fração que representa tal divisão?

- a) $2/4$
- b) $1/2$
- c) $1/4$
- d) $2/5$

Essa pergunta visa verificar se o aprendiz conhece o que é uma fração e seus elementos. As demais perguntas observam o conhecimento do aprendiz em relação não só às operações de soma, subtração, multiplicação e divisão de fração, mas ao reconhecimento e montagem de problemas relacionados a operações de fração.

2- Se eu comi metade de uma barra de chocolate e depois mais $2/3$ (dois terços) da mesma barra de chocolate quanto da barra comi?

- a) $1/2 + 2/3$
- b) $1/2 + 2/3$ de $1/2$ que é igual a $5/6$
- c) A barra de chocolate inteira
- d) $6/5$ da barra de chocolate

3- Dividindo a fração a fração $1/2$ pela fração $4/3$ obtemos qual fração?

- a) $3/8$
- b) $1/2$
- c) $4/6 = 2/3$
- d) $4/6 = 2/3$

4- Ao multiplicar $1/2$ por $4/3$ obtemos qual fração resultante?

- a) $3/8$
- b) $1/2$
- c) $4/6 = 2/3$
- d) $4/6 = 2/3$

Pós-teste

O pós-teste, aplicado no fim da interação entre aluno e sistema, visa observar se houve melhora no aprendizado com o uso do ambiente, isto foi analisado através dos acertos e erros cometido pelos alunos, bem como o tempo gasto para responder o teste.

As quatro questões contidas no pós-teste visam observar se o aluno conhece e é capaz de interpretar e resolver problemas de nível médio e alto em relação a operações com fração, as questões são as seguintes:

- 1- Dividi uma barra de chocolate ao meio e comi $2/3$ de um pedaço da barra de chocolate, quanto comi?
 - a) $2/3 * 1/2 = 2/6 = 1/3$. Comi $1/3$ do chocolate
 - b) $1/2 * 1/2 = 1/4$. Comi $1/4$ do chocolate
 - c) $2/3 + 1/2 = 5/6$. Comi $5/6$ do chocolate
 - d) $2/3 - 1/2 = 1/6$. Comi $1/6$ do chocolate
- 2- Multiplicando $3/5$ com $1/2$ obtemos qual resultado?
 - a) $3/15$
 - b) $3/10$
 - c) $3/12$
 - d) $3/20$
- 3- Um terreno de 100 m^2 foi dividido para quatro herdeiros. Qual a fração representa o pedaço herdado por cada herdeiro?
 - a) $1/3$
 - b) $2/3$

c) $1/4$

d) $4/4$

4- Sobre os dados do terreno de questão anterior, qual é o tamanho de cada terreno?

a) 25 m^2

b) 55 m^2

c) 35 m^2

d) 45 m^2

Questionário para Professor

O questionário aplicado ao professor após sua interação com o ambiente tem como objetivo verificar a satisfação do mesmo com relação ao ambiente em termos de interface e recursos pedagógicos. Esse questionário possui as seguintes questões:

1- A interface, ou seja, a cara do ambiente é agradável para a construção de problemas?

a) Sim

b) Não

2- A interface, ou seja, a cara do ambiente é agradável para a seleção de problemas?

a) Sim

b) Não

3- O ambiente possui bons recursos para ajudar na aprendizagem?

a) Sim

b) Não

4- O ambiente possui bons problemas sobre os temas abordados?

a) Sim

b) Não

Questionário para Aprendiz

Objetivando analisar a satisfação do aluno em relação ao ambiente, foi aplicado o seguinte questionário:

1- A interface, ou seja, a cara do ambiente é agradável para a resolução de problemas?

a) Sim

b) Não

2- O ambiente fornece ajuda boa para a resolução de problemas?

a) Sim

b) Não

3- O ambiente possui uma explicação boa sobre os conteúdos abordados?

a) Sim

b) Não

4- O ambiente facilitou sua aprendizagem?

a) Sim

b) Não

Referências Bibliográficas

AZEVEDO, Breno F. T. , TAVARES, Orivaldo de L. e CURY, Davidson. **MuTantIS – Um Sistema Inteligente Multi – Agente para o Ensino – Aprendizagem**. Anais do X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE, 1999.

BITTENCOURT, Ig Ibert Santana Pinto. **Plataforma para Construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem baseados em Agentes (Framework for Building Interactive Learning Environment-ForBILE)**. Dissertação de Mestrado na Universidade Federal de Alagoas –UFAL, 2006.

BOTELHO, Carlos Alberto. **Modelagem de Estudantes para um Sistema Tutor Inteligente Baseado em Restrições**. Revista de Informática Aplicada, volume 1, número 2, julho/dezembro de 2005.

BULL, Susan and NGHIEM, Theson. **Helping Learns to understand Themselves with a Learner Model Open Students, Peers and Instructors**. Workshop on Individual and Groups Modelling Methods that Help Learners Understand Themselves, International Conference on Intelligent Tutoring Systems, 2002, p 5-13.

BULL, Susan and McEvoy, Adam Thomas. **An Intelligent Learning Environment with an Open Learner model for the Desktop PC and Pocket PC**. Artificial Intelligence in Ediation, IOS Prers, Amsterdam, 2003.

BULL, Susan and MCKAY, Mark. **An Open Learner Model for Children and Teachers: Inspecting Knowledge Level of Individuals and Patters.** Intelligent Tutoring Systems, 7th International Conference, ITS 2004.

BURCH, Kurt. **PBL and the Lively Classroom.** A Newsletter of the Center for Teaching Effectiveness. January of 1995, about teaching, number 47, disponível in <http://www.udel.edu/pbl/cte/jan95-posc.html> , ultimo acesso em fevereiro de 2007.

CARVALHO, Dione Lucchesi de. **Metodologia do ensino da matemática.** São Paulo: Cortez, 2^a edição, 1994.

COSTA, Evandro de Barros e BITTENCOURT, Ig. **Construção de Ambientes Interativos de Aprendizagem usando Agentes Inteligentes.** XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – XVII SBIE, Brasília - DF, 2006, minicurso. Disponível em <http://www.catholicavirtual.br/sbie2006/minicursos.html>, último acesso em maio de 2007.

COSTA, Evandro de Barros. **Um Modelo de Ambiente Interativo de Aprendizagem Baseado numa Arquitetura Multi-Agentes - MATHEMA.** Tese de doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 1997.

GONÇALVES, Jean Piton. **A Integração de Testes Adaptativos Informatizados e Ambientes Computacionais de Tarefas para o aprendizado do inglês instrumental.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação ICMC/USP- São Carlos - SP, 2004.

HUAPAYA, Constanza R. e ARONA, Graciela M. **Sistema de autoria especializado em STIs matemáticos.** Revista Brasileira de Informática na Educação, volume 10, número 2, ISSN 1414-5685, setembro de 2002.

HUNG, Woei. **The 3C3R Model: A Conceptual Framework for Designing Problems in PBL.** The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, volume 1,no1, 2006. Disponível em <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=ijpbl>, último acesso em janeiro de 2007.

JACINTO, Adriana da Silva. **Uma Arquitetura para Sistemas Tutores Inteligentes Apoiada por Fundamentos de Web Semântica.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação , Instituto de Tecnologia de Aeronáutica.São José dos Campos – SP, 2006.

JAQUES, Patrícia Augustin e VICARI, Rosa Maria. **Estado da Arte em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que Consideram a Afetividade do Aluno.** Revista Informática na Educação: teoria e prática, volume 8, número 1, 2005.

MARTINS, Janae Gonçalves. **Aprendizagem Baseada em Problemas Aplicada a Ambiente Virtual de Aprendizagem.** Tese de Doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MAZZA, Riccardo. **Using open student models in distance learning environments to help teachers provide adaptive tutoring.** SCOMS- Studies in Communication Sciences, Special Issue New Media in Education, March 2003, pp. 245-251. ISSN 1424-4896. Disponível em http://www.istituti.usilu.net/mazzar/Web/Web_area/Pubblicazioni/SCOMS2003/scoms_feb2003v2.pdf, último acesso em janeiro de 2007.

MIERSON, Sheella. **A Student-Centered Model of PBL.** A Newsletter of the Center for Teaching Effectiveness January 1995, about teaching, number 47. Disponível in <http://www.udel.edu/pbl/cte/jan95-bisc.html>, ultimo acesso em novembro de 2006.

MONTEIRO, Henrique Cristovão. **Ambientes Computacionais para Apoio à Aprendizagem: Um Experimento com Fração**. Dissertação de Mestrado do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – 1997.

NICAUD, J-F et al. **The APLUSIX-Editor a new kind of software for the learning of algebra**. Intelligent Tutoring Systems, 6th International Conference. Biarritz, 2002.

NOTARE, Márcia Rodrigues, DREHMER, Guilherme e DIVERIO, Tiarajú Asmuz. **Um sistema de Aprendizagem de Demonstrações da Geometria Euclidiana Plana – LEEG**. XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE 2001.

NWANA, Hyacinth. **A Brief Overview of FITS: a Fraction Intelligent Tutoring System**. Intelligent Tutoring Systems – IEEE, colloquium on, publication in 20 of November 1998, London, UK, number 3821672.

OLIVEIRA, Celina Couto, COSTA, José Wilson e MOREIRA, Mércia. **Ambientes Informatizados de Aprendizagem: produção e avaliação de software educativo**. Campinas – SP: Papyrus, 2001.

RIEDER, Rafael, NOVELLO, Klaus Ezequiel, RIEDER, Rômulo, LISE, Douglas Matté et al. **Cosaemaf – Construção de Softwares para Auxílio no Ensino de Matemática Fundamental**. XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – XVI SBIE, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

ROMANI, Luciana Alvim Santos e GOMES, Sabine Sirimarco. **Professor Virtual baseado em Sistemas Multi-agentes**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 1999,

disponível em http://www.cnptia.embrapa.br/~luciana/disciplinas/mo642/versao_final.html, último acesso em setembro de 2007.

SELF, John. **Artificial intelligence and human learning: intelligent computer-aided instruction**. Chapman and Hall, London 1988.

SILVA, Aleksandra do Socorro, et al. **Uma arquitetura para desenvolvimento de ambientes interativos de aprendizagem baseado em agentes, componentes e framework**. XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - Rio de Janeiro, RJ, Brasil – 2003.

SILVA, Rosemeire Lima. **Arquitetura de um Ambiente de apoio à Construção de CVA adaptativa em Matemática**. Encontro de Modelagem Computacional – EMC, João Pessoa – PB, 2006.

SILVER, Cindy E. Hmelo e BARROUWS, Howard S. **Goals and Strategies of a Problem-based Learning Facilitator**. The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, volume 1, number 1, spring in 2006.

SOARES, Silvia Mamede Studart, SERAPIONI, Mauro e CAPRARA, Andréa. **A Aprendizagem Baseada em Problemas na Pós-Graduação** – A Experiência do Curso de Gestores de Sistemas Locais de Saúde no Ceará. Revista Brasileira de Educação Médica. Rio de Janeiro, volume 25, nº 1, jan/abr 2001. Disponível em

http://www.abem-educmed.org.br/rbem/pdf/volume_25_1/aprendizagem_baseada.pdf, último acesso em setembro de 2007.

STEWART, Ian. **Mania de Matemática: diversão e jogos de lógica e matemática**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed, 2005.

WANGENHEIM, Christiane Gresse von e WANGENHEIM, Aldo von. **Raciocínio Baseado em Casos**. Barueri, SP. Manolo, 2003.

WENGER, Etienne. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems**. Morgan Kaufman, 1987.

WOOLDRIDGE, Michael, JENNINHS Nicholas R. and KINNY, David, **A Methodology for Agente-Oriented Analysis and Desing**, in Third Annual Conference on Autonomous Agentes Proceeding, Seatle USA, 1999.

WOOLDRIDGE, Michael, JENNINHS Nicholas R. and KINNY, David. **The Gaia Methodology for Agente-Oriented Analysis and Desing**. Autonomous Agentes and Multi-Agent Systems, 2000.

