

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ELETRICIDADE
ÁREA DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

PEDRIANA DE JESUS PAVÃO CASTRO

**AMBIENTE DE AVALIAÇÃO DO SOFTWARE VIRTUAL-TANEB APLICADO À
GEOMETRIA DO QUINTO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

São Luís
2010

PEDRIANA DE JESUS PAVÃO CASTRO

**Ambiente de Avaliação do Software Virtual-TANEB aplicado à Geometria do
Quinto Ano do Ensino Fundamental**

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Eletricidade, na área de Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Sofiane Labidi

São Luís

2010

Castro, Pedriana de Jesus Pavão

Ambiente de avaliação do software virtual-taneb aplicado à geometria do quinto ano do ensino fundamental/ Pedriana de Jesus Pavão Castro. – São Luís, 2010.

84 f.

Orientador: Prof. Dr. Sofiani Labidi

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, 2010.

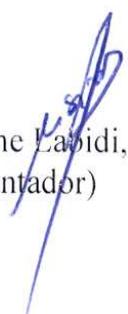
1. Sistema de Avaliação da Educação Básica – Inteligência artificial. 2. Ensino fundamental - Matemática. 3. Software – Virtual TANEB. I. Título.

CDU 004.8:371.26(81)

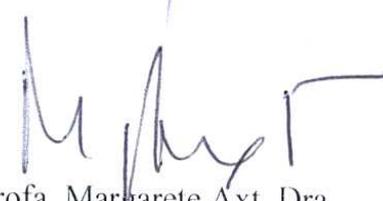
**AMBIENTE DE AVALIAÇÃO DO SOFTWARE VIRTUAL-TANEB APLICADO À
GEOMETRIA DO QUINTO ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Pedriana de Jesus Pavão Castro

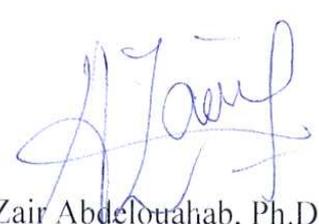
Dissertação aprovada em 04 de março de 2010.



Prof. Sofiane Labidi, Dr.
(Orientador)



Profa. Margarete Axt, Dra.
(Membro da Banca Examinadora)



Prof. Zair Abdelouahab, Ph.D.
(Membro da Banca Examinadora)

Ao meu bom e amado Deus que até aqui me ajudou.

“A sabedoria e o conhecimento vem do temor a Deus.”

Provérbios

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar os meus passos e todas as bênçãos que tens derramado na minha vida.

À minha família pelo apoio. Em especial, ao meu irmão Maurício que sempre tem me ajudado em tudo o que pode. A minha tia Marlene pelo incentivo e carinho.

Ao professor Dr. Sofiane Labidi, por suas orientações durante todo o curso deste trabalho que muito contribuíram para que sua conclusão se tornasse possível e pelo incentivo e amizade.

Ao professor Dr. Nilson por suas sugestões e correções que contribuíram para melhorar a qualidade deste trabalho.

Ao professor Zair e Margarete AXT por aceitarem a fazer parte da minha banca.

Aos colegas do mestrado. Em especial, a Helaine, Alex, Luciana, Osevaldo, Rômulo, Mariano pela ajuda mútua durante a realização das disciplinas. A Adriana Leite pela amizade e apoio na minha dissertação. Ao Paulo Yaco, pelas sugestões e ajuda na revisão de alguns dos capítulos do manuscrito. Ao Luis Claudio pela amizade e revisão do conhecimento matemático para elaboração da ontologia que compõe esta dissertação.

Aos integrantes do LSI que contribuíram direta ou indiretamente para realização desse trabalho: Jaclason, Flávio, Christian, Paulo, Phillipi, Egon, Adriano, Fernando. Ao Pedro pela revisão de alguns capítulos da dissertação e por sua amizade. Ao Rafael Cunha pela amizade, conselhos e carinho. Ao Rafael Cruz pela ajuda no JADE. Ao Jonatas pela ajuda no projeto desta dissertação. Ao Carlos Eduardo pela amizade e carinho.

Aos meus amigos, em especial, a Tarsila Moura pela revisão pedagógica e apoio. Ao meu amigo Walker por suas sugestões durante o desenvolvimento do protótipo que foram de grande ajuda e por sua amizade.

Aos professores que diretamente ou indiretamente me ajudaram, em especial, A Eva, Eveline, Carla, Jeane e Ari pelo apoio quando precisei.

A empresa 2R que me concedeu horário especial para que eu pudesse cursar o mestrado.

A FAPEMA pela bolsa de Mestrado.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade da Universidade Federal do Maranhão, pela oportunidade de realização do curso.

RESUMO

O Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) viabiliza o acompanhamento do rendimento dos alunos e fornece subsídios para o monitoramento das políticas públicas voltadas à educação. Neste trabalho propõe-se o desenvolvimento de um ambiente de avaliação para o software educacional denominado Virtual-TANEB que contribuirá para automatização do processo do Sistema de Avaliação da Educação Básica. Este ambiente utiliza de elementos da Inteligência Artificial, como os agentes de software, etc.. Inicialmente, este protótipo contempla apenas a disciplina Matemática no conteúdo da geometria do 5^a ano do Ensino Fundamental. Favorecendo a redução de ônus financeiro e de tempo na entrega dos resultados da avaliação do aluno. O Virtual-TANEB destaca-se por oferecer interatividade ao aluno, por sua usabilidade e intuitividade na realização dos testes, construindo assim, um ambiente amigável para o discente realizar as questões do teste.

Palavras-chave: SAEB, Virtual-TANEB, agentes de software, Matemática

ABSTRACT

The Brazilian Basic Education Evaluation System, known as SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), enables student monitoring performance and provides subsidies for public politics monitoring of education. This work proposes the development of an environmental assessment educational software called Virtual-Taneb that will help automate the Basic Education Evaluation System process. This environment uses elements of Artificial Intelligence, such as software agents, etc. Initially, a prototype includes only the discipline of mathematics content in the geometry of the 5th year of elementary school. Favoring the financial burden and time reduction to the results of the student delivery. The Virtual-Taneb stands out for providing student interactivity, for their usability and intuitiveness of the test conditions, thus, building a friendly environment for the student answer the test questions.

Keywords: Educational assessment, software agents, SAEB, Virtual-TANEB, Mathematics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo logístico	26
Figura 2. Curva Característica do Item	26
Figura 3. Representação do Item da Prova do SAEB	29
Figura 4. Representação do Item da Prova do SAEB. Fonte: SAEB.....	29
Figura 5. Classificação das ontologias segundo o seu nível de generalidade.....	35
Figura 6. Agente de Software. Fonte: Russel e Norvig, 2004.....	41
Figura 7. Conceitos do Framework i*. Fonte: (BRESCIANI et al., 2004)	45
Figura 8. TAOM4E	46
Figura 9. RMA Agent Gui	47
Figura 10. Dummy Agent	48
Figura 11. Sniffer Agent.....	48
Figura 12. Dimensão gestora Escolar.....	50
Figura 13. Composição da dimensão Gestão de Resultados Educacionais	51
Figura 14. Módulos do Virtual-TANEB.....	52
Figura 15. Arquitetura do módulo II	54
Figura 16. Elementos da geometria	55
Figura 17. Rede Semântica com os principais conceitos da OntoGeometria	56
Figura 18. Classes da OntoGeometria no Protégé	58
Figura 19. Restrição para Classe Triângulo Isósceles.....	59
Figura 20. Instâncias dos Triângulos Isósceles, Escaleno e Equilátero.....	60
Figura 21. Exemplo de validação de instancias de triângulos	60
Figura 22. Modelo de Dependência Estratégica	62
Figura 23. Modelo de Raciocínio Estratégico do agente monitor	62
Figura 24. Modelo de Raciocínio Estratégico do agente dica.....	63
Figura 25. Tela de acesso a prova do Virtual-TANEB.....	64
Figura 26. Representação do item ao descritor 1	67

Figura 27. Representação do item ao descritor 2	68
Figura 28. Representação do item ao descritor 3	68
Figura 29. Representação do item ao descritor 4	69
Figura 30. Representação do item ao descritor 5	70
Figura 31. Item 01 da Prova do Virtual-TANEB.....	71
Figura 32. Dica do item 01	72
Figura 33. Item 02 da Prova do Virtual-TANEB.....	72
Figura 34. Dica do item 02.....	72
Figura 35. Item 03 da Prova do Virtual-TANEB.....	73
Figura 36. Item 04 da Prova do Virtual-TANEB.....	73
Figura 37. Dica do item 03 e 04	73
Figura 38. Item 05 da Prova do Virtual-TANEB.....	74
Figura 39. Dica do item 05	74
Figura 40. Resultado do Teste aplicado a um aluno	74
Figura 41. Rendimento dos alunos na questão 01	75
Figura 42. Rendimento dos alunos na item 02	76
Figura 43. Rendimento dos alunos na questão 03	76
Figura 44. Rendimento dos alunos na questão 04	77
Figura 45. Rendimento dos alunos na questão 05	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. A Matriz de Referência de Matemática: Tema I (Espaço e Forma) e seus Descritores - 4ª série/5º ano do Ensino Fundamental. Fonte: Prova Brasil, 2009.	25
Tabela 2. Amostra por ciclos da 4ª série do Ensino Fundamental.....	31
Tabela 3. Uma restrição simples com uso PAL.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEB	Avaliação Nacional da Educação Básica
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
JADE	Java Agent Development Environment
KQML	Knowledge Query and Manipulation Language
LSI	Laboratório de Sistemas Inteligentes
MEC	Ministério da Educação
PAL	Protégé Axiomatic Language
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
TRI	Teoria de Resposta ao Item
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	14
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa e Relevância.....	18
1.2 Objetivos do trabalho.....	19
1.3 Organização do Trabalho	20
2 SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	21
2.1 Histórico	21
2.2 Avaliações da Educação Básica	22
2.3 Metodologias adotadas.....	23
2.3.1 Matriz de Referência em Matemática	24
2.3.2 Teoria da Resposta ao Item.....	25
2.3.3 Testes Psicométricos em Matemática	27
2.3.4 A amostra probabilística	30
2.4 Resultados e análise do desempenho.....	31
3 ONTOLOGIA.....	33
3.1 Introdução	33
3.2 Tipos de Ontologias.....	34
3.3 Metodologias	36
3.4 Ferramentas para construir ontologias.....	37
3.5 Restrições em ontologias	38
3.6 Considerações Finais	39
4 SISTEMAS MULTIAGENTES	40
4.1 Definição	40
4.2 Principais Características.....	41
4.3 Comunicação entre agentes.....	42
4.4 Engenharia de Software Multiagentes.....	44
4.5 Desenvolvimento de Agentes	46
4.6 Considerações Finais	49
5 AMBIENTE DE AVALIAÇÃO DO VIRTUAL-TANEB	50
5.1 Introdução.....	50

5.2	Arquitetura do módulo de avaliação	52
5.3	OntoGeometria	54
5.3.1	Elementos básicos da geometria	55
5.3.2	Rede semântica da OntoGeometria.....	56
5.3.3	Criação da OntoGeometria no Protégé.....	57
5.3.4	Restrições da ontologia.....	58
5.3.5	Instâncias de triângulo	59
5.4	Sociedade de agentes.....	61
5.5	Representação Gráfica do Ambiente Virtual de Avaliação	63
5.6	Considerações Finais	65
6	TESTES E RESULTADOS DA PROVA VIRTUAL-TANEB	66
6.1.	Questões da Prova	66
6.2.	Realização da Prova Tradicional.....	70
6.3.	Realização da Prova no Virtual-TANEB.....	71
6.4.	Comparativo entre a prova tradicional e no Software Virtual-TANEB.....	75
6.5.	Considerações Finais	78
7	CONCLUSÕES.....	79
7.1	Principais Contribuições.....	79
7.2	Trabalhos Futuros.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

A educação é reconhecida em todo mundo como um direito fundamental para a sociedade, visto que é um processo de desenvolvimento da capacidade física, mental e moral do homem. Além de “solucionar questões como problemas na saúde, segurança, desemprego, pobreza, meio ambiente, etc., quando lhe é dada a devida importância e destinando-lhe todos os recursos disponíveis” (SAVIANI, 2009). O acesso à educação é direito de todos, e é dever do Estado e da família proporcionar as condições para que o indivíduo usufrua desse direito com a garantia de padrão de qualidade (CONSTITUIÇÃO, 1988). A educação é importante por permitir a aquisição do conhecimento, desenvolvimento de competências éticas e emocionais que podem possibilitar ao indivíduo enfrentar situações difíceis e desconhecidas de forma efetiva.

No Brasil, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de número 9.394/96 que rege a educação brasileira, garante que os discentes possuam uma formação comum, indispensável para o exercício da cidadania, possibilitando meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores (BRASIL, 1996).

Para assegurar o direito constituído na LDB, o Governo Federal dispõe de diversos instrumentos de avaliação que retratam a realidade da educação em nosso país, ou seja, esses instrumentos refletem a qualidade e equidade do ensino desenvolvido nas escolas. Dentre esses métodos temos: Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), Prova Brasil, Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB), entre outros (BRASIL, 2009).

A partir das informações fornecidas pelos sistemas de avaliação, o Ministério da Educação (MEC) e as secretarias estaduais e municipais de Educação podem ser criar ações voltadas ao aprimoramento da qualidade da educação no país e reduzir as desigualdades, promovendo, por exemplo, a correção de distorções e debilidades identificadas, permitindo o direcionamento de recursos técnicos e financeiros para áreas identificadas como prioritárias.

Portanto, os respectivos sistemas de avaliação têm um papel importante para o diagnóstico da educação. Todavia, a divulgação temporal desses resultados é expressiva e existe um alto consumo de materiais na aplicação desses sistemas, pois a forma que estes são aplicados aos discentes ainda é tradicional. Ou seja, é

realizado por meio impresso. Assim é o atual SAEB, que foi implantado na década de 1990, pelo MEC, em conjunto com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (BRASIL, 2009).

O SAEB é aplicado com periodicidade bienal para avaliar os desempenhos dos alunos do quinto e nono ano do ensino fundamental e da terceira série do ensino médio, respectivamente nas disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática, com o objetivo de acompanhar o rendimento dos alunos e fornecer subsídios para a formulação, reformulação e o monitoramento das políticas públicas voltadas à educação básica.

Atualmente, o INEP divulga os resultados dos exames do SAEB pelo envio de relatórios às prefeituras e também os disponibiliza na própria página web do instituto. Contudo, há um longo atraso na disponibilização dos mesmos, visto que em suas últimas edições (BRASIL, 2003)(BRASIL, 2004)(BRASIL, 2007) passaram-se vários meses após a realização da prova para serem divulgados.

Diante disso, está sendo desenvolvido no Laboratório de Sistemas Inteligentes da Universidade Federal do Maranhão, o software educacional Virtual-TANEB, com o objetivo de automatizar o processo do Sistema de Avaliação da Educação Básica. Este software contará com o módulo aqui proposto denominado “Ambiente Virtual de Avaliação” (CASTRO et al., 2010).

Este módulo contribuirá para a automatização do processo de avaliação do SAEB, inicialmente contemplando nesta dissertação apenas a disciplina de Matemática no conteúdo da geometria (espaço e forma) do quinto ano do ensino fundamental, favorecendo a redução de ônus financeiro e de tempo na entrega dos resultados.

1.1 Justificativa e Relevância

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1997), a tecnologia eletrônica deve ser utilizada em situações de aprendizagem, imprimindo maior qualidade e autonomia dos alunos. Além disso, é uma fonte colaboradora de informação, possibilitando a criação de ambientes de aprendizagem, sendo também um importante instrumento que auxilia no aprendizado dos alunos, inclusive os que possuem necessidades especiais.

Em todas as áreas, o ensino vem passando por mudanças com a busca de novas formas que estimulem o ensino-aprendizagem, vivendo uma nova era de grande variedade tecnológica. Neste novo ambiente social, a informação e a comunicação tornaram-se uma necessidade para acompanhar as evoluções da tecnologia.

Contudo, as provas dos sistemas de avaliação da educação ainda são aplicadas aos discentes de forma manual, através de cadernos de provas. Esse método de aplicação de teste possui algumas deficiências como o alto custo de impressão dos exames, a morosidade na sua correção e conseqüentemente, na publicação dos resultados.

O ambiente proposto para realização de prova online tem como principais diferenciais em relação à aplicação manual dos testes:

- Agilidade na correção da prova e no resultado final do exame SAEB; no caso das questões objetivas o resultado é imediato;
- Redução de custos, pois é realizado de forma digital, reduzindo assim consideravelmente, os gastos durante a realização do processo avaliativo.

Além dessas características, a realização da prova de forma eletrônica permite a interatividade, inclusão de som e imagens – o que torna o exame mais atrativo aos alunos –, análise mais fácil e rápida dos resultados – podendo ser gerados gráficos e planilhas com diagnóstico dos desempenhos dos alunos –, e um maior detalhamento da análise do rendimento com a utilização de agentes de software advindos da Inteligência artificial (RUSSEL e NORVING, 2004) para o monitoramento das ações dos alunos durante a prova.

1.2 Objetivos do trabalho

O objetivo geral desse projeto consiste no desenvolvimento do módulo de avaliação para o software educacional Virtual-TANEB, viabilizando automatização do processo de avaliação do SAEB, inicialmente contemplando apenas a disciplina de Matemática no conteúdo da geometria (espaço e forma) do quinto (antiga quarta série) ano do ensino fundamental.

Para alcançar esse objetivo geral, planeja-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Criação de um mecanismo (ambiente) computacional para os alunos do 5º ano do ensino fundamental na disciplina da matemática permitindo a interação com o ambiente proposto na realização dos testes do SAEB;
- Utilização de agentes de software para monitoramento das ações dos alunos durante a aplicação do teste;
- Elaboração de dicas dos itens da prova para auxiliar o aluno durante a aplicação da mesma através da opção “dica” disponível no ambiente computacional;
- Realização da análise dos conceitos relevantes dentro do domínio da Geometria do 5º ano do ensino fundamental baseado na Matriz de Referência do MEC (BRASIL, 2009);
- Criação de uma ontologia OntoGeometria para o Virtual-TANEB;
- Subsidiar o agente de software “agente dica” por meio de uma base de conhecimento construída.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho, incluindo esta introdução, está estruturado em sete capítulos. No capítulo 2, é apresentada uma visão geral do Sistema de Avaliação da Educação Básica. No capítulo 3, são apresentados fundamentos de ontologias para representação do conhecimento. No capítulo 4, são abordados conceitos iniciais de Sistema Multi-agentes. No capítulo 5, é apresentada a estrutura do módulo virtual de realização da prova do software Virtual-TANEB. No capítulo 6, são analisados os resultados da aplicação do software Virtual-TANEB e é feito um breve comparativo entre o módulo de avaliação do Virtual-TANEB e a prova tradicional do SAEB. No último capítulo, as conclusões do trabalho são apresentadas, incluindo as suas principais contribuições e trabalhos futuros.

2 SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Neste capítulo contextualiza-se o processo de avaliação do SAEB, fazendo referência ao lado histórico, desde sua criação aos dias atuais, e em seguida, as metodologias aplicadas aos instrumentos avaliativos.

2.1 Histórico

O Projeto de instituição de um sistema de avaliação surgiu durante o período da redemocratização do País, entre 1985 e 1986, através do Ministério da Educação. Neste momento, discutiam-se diversas questões governamentais, como a redefinição dos papéis e atribuições dos níveis de governo existentes no Brasil. Isso refletiu na educação como discussão sobre a democratização do ensino (PESTANA, 1998).

Os debates com maior relevância relacionados à educação foram acerca de investimentos que o país tinha empregado na construção de escolas, o acesso a elas – ampliando o número de alunos que ingressavam no sistema de ensino – e a qualidade do ensino oferecido por esta rede educacional, que segundo Pestana (PESTANA, 1998) “era a segunda questão crítica do debate sobre a democratização do País e de sua Educação”.

Concomitantemente, estava em curso o Projeto Edurural (BRASIL, 2009), um programa financiado com recursos do Banco Mundial que visava desenvolver uma sistemática de avaliação voltada para as escolas da área rural do nordeste brasileiro. Nesse projeto estudou-se a elaboração de uma pesquisa que avaliasse o desempenho dos alunos que estavam freqüentando as escolas beneficiadas pelo Projeto e comparassem com o dos alunos não beneficiados.

Como resultado dos debates e da experiência no projeto Edurural, em 1988 surgiu o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), com o propósito de estender a sistemática de avaliação ao âmbito nacional, sendo aplicado pela primeira vez em 1990. Dois anos depois designou-se o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) responsável pela aplicação do exame do SAEB.

A partir de 2005, o Sistema de Avaliação da Educação Básica foi alterado pelo Ministério da Educação para Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB), mas devido a sua popularidade ainda é reconhecida como SAEB.

2.2 Avaliações da Educação Básica

A avaliação educacional no Brasil possui um papel importante no acompanhamento e controle da educação básica no que diz respeito à qualidade de ensino, pois deve originar dados que permitam melhorar as políticas educacionais visando detectar deficiências nas práticas vigentes e, conseqüentemente, o currículo escolar. O objetivo da avaliação educacional é fornecer informações que propiciem uma melhora no sistema de ensino através da reflexão das práticas dos educadores e das políticas públicas em educação.

Nos últimos anos, seus resultados têm sido bastante relevantes em nossa sociedade, pois é aplicada amplamente pelo Governo Federal e em grande número de Governos Estaduais e Municipais. PISA, ENEM, Prova Brasil, Provinha Brasil e SAEB são exemplos de Sistemas de Avaliação.

O PISA é um exame realizado a cada três anos e tem como objetivo medir o grau de efetividade dos sistemas de ensino dos países envolvidos. O ENEM é um exame individual, não obrigatório, aplicado anualmente para os estudantes que concluíram ou estão concluindo o ensino médio (BRASIL, 2009).

Em 2005, visando à obtenção de dados mais detalhados sobre a realidade educacional, foi instituída a Prova Brasil, que é aplicada somente na quarta e oitava série do ensino fundamental, abrangendo todas as escolas públicas, do país, e área urbana, nas disciplinas Português e Matemática (BRASIL, 2009).

A Provinha Brasil foi elaborada para ser aplicada aos alunos que estão no início do segundo ano de escolarização das escolas públicas brasileiras. Essa avaliação tem adesão voluntária por parte dos estados e municípios e acontece em duas etapas, uma no início e a outra ao término do ano letivo. A aplicação em períodos distintos possibilita aos professores e gestores educacionais a realização de um diagnóstico mais preciso que permite visualizar o que foi agregado na aprendizagem das crianças, em termos de habilidades de leitura dentro do período avaliado (BRASIL, 2009).

E por último, o SAEB, que é realizado a cada dois anos, exibindo os resultados por Regiões e Unidades da Federação (BRASIL, 2009) das escolas de rede pública e privada. Esse sistema de avaliação será detalhado nos próximos tópicos.

2.3 Metodologias adotadas

Diversas metodologias vêm sendo utilizadas pelo SAEB, desde a sua implantação, para atender a demanda social por informações sobre a qualidade, equidade e eficiência do ensino brasileiro. E são sistematizadas e instrumentalizadas por meio da utilização de matrizes de referência (ARAÚJO e LUZIO, 2005):

- Na elaboração de testes psicométricos;
- Na estruturação de cadernos de testes utilizando-se a técnica denominada Blocos Incompletos Balanceados (BIB);
- Na aplicação de testes padronizados para descrever o que os estudantes sabem e são capazes de fazer nas disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática em momentos conclusivos do seu percurso escolar;
- Na coleta de informações sobre diversos fatores escolares e de contexto que possam interferir na qualidade e efetividade do ensino ministrado;
- No uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI);
- Seleção de uma amostra probabilística dentro da população que se quer investigar e na utilização de escalas de proficiência para interpretação e descrição do desempenho dos alunos.

2.3.1 Matriz de Referência em Matemática

A Matriz de Referência é um documento onde estão descritas as orientações para a elaboração dos itens (questões) das provas do SAEB. Para sua composição é realizada uma ampla consulta e análise das propostas curriculares dos Estados brasileiros, professores das capitais regentes das redes municipal, estadual e privada das séries que serão aplicadas as provas, nas disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática, e ainda, examina os livros didáticos mais utilizados nas mesmas redes e séries, visando garantir uma representação adequada dos programas de ensino e conteúdo e dos níveis de habilidades e competências a serem avaliadas.

Baseado nas avaliações dos instrumentos de medida utilizados pelo SAEB, a matriz de referência utiliza apenas uma parte representativa dos currículos vigentes no Brasil. Essa Matriz, por sua vez, é utilizada para formulação das questões que compõem a prova.

A Matriz de referência constitui um conjunto de descritores – cruzamento ou associação entre conteúdos curriculares e operações mentais (competências e habilidades) – que estão organizados em tópicos, temas e assuntos, distribuídos para cada série/ano que o SAEB é aplicado.

Na disciplina de Matemática, o SAEB organizou uma matriz de referência sob o foco de Resolução de Problemas para nortear a construção das provas aplicadas pela instituição.

A matriz de referência de matemática está organizada por anos e séries que serão aplicadas às provas do SAEB, onde estão definidas os descritores que correspondem a uma certa habilidade que pressupõe ter sido desenvolvida pelos alunos da série avaliada, como exemplo temos a tabela 1. Estes descritores são distribuídos por temas - espaço e forma, grandezas e medidas, números e operações e tratamento da informação - que descrevem um conjunto de objetivos educacionais (BRASIL, 2009).

Após a prova elaborada a partir da matriz de referência, pode-se através desta verificar se um discente desenvolveu uma determinada habilidade, quando o mesmo responde corretamente um item que envolve tal proficiência, mostrando que é capaz de resolver um problema utilizando de conhecimento adquirido na escola.

Na tabela 1 podemos visualizar uma parte da matriz de referência em matemática da 4ª série (5º ano) do ensino fundamental, exibindo apenas os descritores do Tema I (Espaço e Forma), que no total corresponde a 5 descritores.

Tabela 1. A Matriz de Referência de Matemática: Tema I (Espaço e Forma) e seus Descritores - 4ª série/5º ano do Ensino Fundamental. Fonte: Prova Brasil, 2009.

Descritores	4ª série (5º ano) EF
Identificar a localização/movimentação de objeto em mapas, croquis e outras representações gráficas.	D1
Identificar propriedades comuns e diferenças entre poliedros e corpos redondos, relacionando figuras tridimensionais com suas planificações.	D2
Identificar propriedades comuns e diferenças entre figuras bidimensionais pelo número de lados e pelos tipos de ângulos.	D3
Identificar quadriláteros observando as posições relativas entre seus lados (paralelos, concorrentes, perpendiculares).	D4
Reconhecer a conservação ou modificação de medidas dos lados, do perímetro, da área em ampliação e/ou redução de figuras poligonais usando malhas quadriculadas.	D5

2.3.2 Teoria da Resposta ao Item

A Teoria da Resposta ao Item (TRI) (ANDRADE et al., 2000) é um conjunto de modelos matemáticos que relacionam um ou mais traços latentes – habilidade/proficiência em uma área de conhecimento – de um indivíduo com a probabilidade deste dar uma resposta (correta ou errada) a um item. Mostrando estatisticamente que uma pessoa j com maior proficiência será capaz de acertar um

item i da prova, e também um item ser acertado por acaso por um indivíduo sem habilidade para respondê-lo.

Segundo Pasquali (PASQUALI e PRIMI, 2003), os modelos matemáticos dependem de três parâmetros que são:

- Natureza do item – dicotômicos ou não dicotômicos;
- Do número de populações envolvidas – apenas uma ou mais de uma;
- Do número de traços latentes que estão sendo medidos – apenas um ou mais de um.

A estimativa das habilidades e itens de uma prova pode ser adquirida a partir de um modelo matemático que adota os parâmetros acima. O mais utilizado segundo (ANDRADE et al., 2000) é o modelo de Birnbaum, conhecido como logístico de três parâmetros que caracterizam um item em três fatores importantes dados por:

$$P(\phi) = c + (1 - c) \frac{1}{1 + e^{-a(\phi - b)}}$$

Figura 1. Modelo logístico

Onde:

- a é o parâmetro de discriminação
- b é o parâmetro de dificuldade
- c é o parâmetro de acerto ao acaso
- ϕ é o nível de habilidade /traço latente/proficiência

Esse modelo pode ser representado pela figura 2.

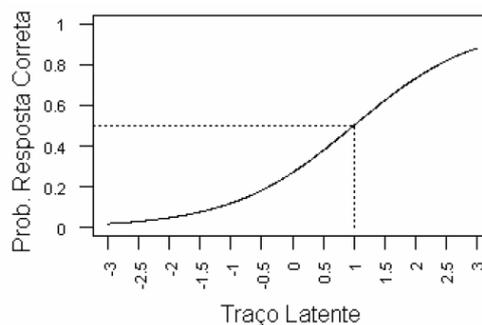


Figura 2. Curva Característica do Item

A probabilidade de acertar o item está representada pelo eixo vertical e no eixo horizontal está o nível cognitivo do indivíduo. Na figura 2, podemos observar que quanto maior a habilidade, maior será a probabilidade de acertar um item. A probabilidade de um indivíduo com proficiência 3 está acima de 80% em acertar um item, enquanto que um determinado discente com habilidade -3 tem a probabilidade tendendo a zero a acertar o mesmo item (ANDRADE et al., 2000).

2.3.3 Testes Psicométricos em Matemática

O SAEB utiliza instrumentos avaliativos como provas para diagnosticar a realidade da educação brasileira, assim como monitorar os avanços alcançados pelas políticas públicas aplicadas à gestão escolar.

Os testes são elaborados por uma equipe de professores de todas as regiões do Brasil, das séries e disciplinas avaliadas com base nos descritores da matriz de referência do SAEB. Essas provas são compostas por itens de múltiplas escolhas, correspondendo no total a quatro alternativas.

O SAEB possui um banco nacional de itens que são selecionados para compor os exames que serão aplicados aos alunos. Estes itens passam por um processo de certificação de qualidade nos aspectos teóricos, pedagógicos e lingüísticos e por uma avaliação estatística quanto ao comportamento dos itens durante aplicação de um pré-teste submetida a uma amostra de alunos equivalentes à amostra da ANEB. Caso estejam aprovados serão incluídos nesse banco, do contrário serão descartados ou modificados (INEP, 2010).

Segundo (BRASIL, 2003), um item de teste é a unidade básica de um instrumento de coleta de dados que pode ser uma prova, um questionário ou outros. Nestes recursos avaliativos existem dois tipos de itens, os de resposta elaborada e os reconhecido pelo aluno – conhecido como item de múltipla escolha – marcando uma alternativa dentre as respostas oferecidas na questão (item da prova).

O item de prova (questão) objetiva da quarta série do ensino fundamental é constituído de um enunciado, que contém um problema contextualizado ou uma situação-problema, e as respostas dadas por meio de quatro alternativas, sendo que apenas uma é a correta.

Durante a elaboração e certificação de qualidade dos itens são levadas em conta algumas considerações sob o aspecto pedagógico e lingüístico, tais como:

- Identificar primeiramente um descritor na matriz de referência, fazendo análise do conteúdo que será abordado e focando aspectos do cotidiano do aluno;
- O enunciado deve ser claro e objetivo, de forma que o aluno possa compreender o que está se perguntando, fornecendo informações necessárias ao aluno do problema a ser resolvido. E ainda não usar certas expressões como “qual das alternativas”, “assinale a alternativa correta”, “sempre”, “nunca”, entre outras;
- Para cada enunciado deve ter apenas uma única alternativa correta. Tanto para o enunciado como para as alternativas utilizar uma linguagem acessível ao aluno da série avaliada;
- Construir alternativas de maneira a impedir que alunos acertem o item por exclusão (Brasil, 2003).

Além dos aspectos pedagógicos e lingüísticos, os itens devem passar pela análise estatística para obter a certificação de qualidade. Para isto, o SAEB utiliza como metodologia para análise a Teoria da Resposta ao Item desde 1995. Segundo INEP, as análises estatísticas através da TRI permitem estimar:

- O poder de discriminação de cada item, observando a capacidade de diferenciar os alunos que já desenvolveram as habilidades e competências esperadas pelo descritor do item em análise;
- Um indivíduo acertar um item em função dos parâmetros dos itens (dificuldade, discriminação e acerto por acaso);
- A dificuldade do item (questão) prova.

As figuras 3 e 4, ilustram um exemplo de um item da prova aplicada aos alunos da 4ª série do ensino fundamental, estes não fazem mais parte do banco nacional de itens do SAEB, pois foram disponibilizados as escolas como modelos de item. Nos exemplos a seguir, estes itens contêm as habilidades relacionadas aos descritores do tema I – Espaço e Forma – da matriz de referência.

A figura 3 corresponde ao descritor (D1) - Identificar a localização/movimentação de objeto, em mapas, croquis e outras representações gráficas – esse descritor avalia as habilidades que podem ser reconhecidas pelo

aluno, quanto à localização e movimentação de uma pessoa ou objeto no espaço, sob diferentes formas de observação.

A figura abaixo mostra um teatro onde as cadeiras da plateia são numeradas de 1 a 25.

plateia

21	22	23	24	25
16	17	18	19	20
11	12	13	14	15
6	7	8	9	10
1	2	3	4	5

Palco

Mara recebeu um ingresso de presente que dizia o seguinte: Sua cadeira está localizada exatamente no centro da plateia.

Qual é a cadeira de Mara?

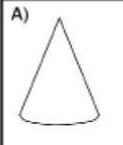
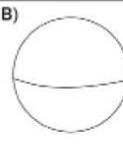
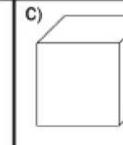
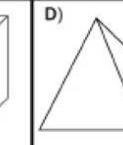
(A) 12 (B) 13 (C) 22 (D) 23

Figura 3. Representação do Item da Prova do SAEB

Na figura 4, temos outro exemplo que aborda o descritor (D2) - Identificar propriedades comuns e diferenças entre poliedros e corpos redondos, relacionando figuras tridimensionais com suas planificações – através desse descritor, a habilidade que pretende-se avaliar é a de aluno saber distinguir um sólido pelas suas características dos demais corpos como cilindro, esfera e outros, a partir da observação dos mesmos.

Vitor gosta de brincar de construir. Ele pediu para sua mãe comprar blocos de madeira com superfícies arredondadas.

A figura abaixo mostra os blocos que estão à venda.

A)	B)	C)	D)
			

Quais dos blocos acima a mãe de Vitor poderá comprar?

(A) A e C. (B) A e B. (C) B e D. (D) C e D.

Figura 4. Representação do Item da Prova do SAEB. Fonte: SAEB

O exame do SAEB utiliza cadernos de provas contendo 169 itens para avaliar os conhecimentos e habilidades dos alunos da quarta série do ensino fundamental na disciplina de matemática. Estes cadernos são organizados através de uma amostragem da Matriz de referência, proporcionando uma cobertura do currículo escolar, fazendo assim uma análise do sistema educacional e não sobre os conhecimentos individuais de cada aluno.

Para organizar essa grande quantidade de itens em cadernos de provas, o SAEB utiliza a metodologia dos Blocos Incompletos Balanceados – BIB. Agrupando os 169 itens em blocos composto por 13 itens cada. Estes blocos são combinados para compor os cadernos de provas, com o objetivo de evitar o cansaço do aluno ou deixar questões em branco por falta de tempo para responder aquelas que aparecem no final da prova.

2.3.4 A amostra probabilística

O SAEB é feito de forma amostral, ou seja, faz uma amostra da população que será avaliada, como por exemplo, a 4ª série do ensino fundamental.

A amostragem é criada a partir das escolas cadastradas no censo Escolar, separadas em subpopulações – conhecidas como estratos – para gerar grupos específicos de alunos. Utilizando para isso diversos critérios para formar os estratos de interesse, tais como (INEP, 2010): a série em que o aluno está matriculado; por Estados e para o Distrito Federal; por rede de ensino, pública (estadual e municipal) e particular; por localização da escola, zona rural ou urbana; e pela quantidade de alunos matriculados na escola por turmas.

Uma vez o estrato definido, é feito um sorteio aleatório simples das escolas e turmas que os alunos farão o exame do SAEB, permitindo no máximo duas turmas de uma mesma série e turnos diferentes.

Na tabela 2 são ilustradas as amostragens feitas da população de interesse do SAEB, os alunos da 4ª série do ensino fundamental, que foram aplicadas as provas do SAEB, desde 1995 a 2005.

Tabela 2. Amostra por ciclos da 4ª série do Ensino Fundamental

Ciclos	Nº de escolas	Alunos da 4ª série EF	Provas aplicadas				
			Rural	Urbana	Municipal	Estadual	Federal
1995	2.839	30.749	X	X	X	X	X
1997	1.933	70.445	X	X	X	X	-
1999	6.798	107.657	X	X	X	X	-
2001	6.935	114.512	X	X	X	X	-
2003	5.598	92.198	X	X	X	X	X
2005	5.940	83.929	X	X	X	X	X

2.4 Resultados e análise do desempenho

Os resultados do SAEB são analisados utilizando-se a Teoria da Resposta ao Item (TRI), que permite a comparação e a colocação dos mesmos em uma escala única de desempenho. Com isso é possível avaliar o nível de desempenho dos alunos nas áreas selecionadas, ainda que estes tenham respondido a diferentes conjuntos de itens. Tem-se, portanto, uma mensuração do conjunto de habilidades e competências desenvolvidas durante toda a educação básica e entre os anos (ARAÚJO e LUZIO, 2005).

Essa escala única, cumulativa, varia de 0 a 500 para cada disciplina avaliada, representando as proficiências da 4ª e 8ª série do ensino fundamental e 3º ano do ensino médio.

A escala de proficiência da 4ª série do ensino fundamental na disciplina de matemática, onde é expressa em níveis cognitivos do aluno atribuídos em uma escala de proficiência, vai de 125 a 300.

Os resultados da prova do SAEB são importantes ferramentas para o Governo brasileiro no diagnóstico da educação oferecida em nosso País, assim como para dimensionar os problemas relacionados à educação básica e orientar na implementação e formulação de políticas públicas que venham propiciar uma escolarização de qualidade.

Diante dos resultados obtidos, a sociedade também pode fazer um acompanhamento da qualidade de ensino e cobrar do Governo o serviço público educacional de qualidade a serem ofertados pelas escolas, pois podem averiguar se os recursos públicos estão sendo aplicadas em políticas educacionais.

Atualmente, o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) divulga os resultados dos exames pelo envio de relatórios às prefeituras e também os disponibiliza na própria página web do instituto. Esses resultados constituem uma importante fonte de informação para os profissionais da educação, pois estes fazem análises reflexivas sobre a elaboração de planos de ações mais eficazes com intuito de melhorar os processos de ensino-aprendizagem dos alunos.

3 ONTOLOGIA

Neste capítulo fundamenta-se sobre Ontologias, apresentando seus tipos, metodologias, ferramentas e restrições para sua construção.

3.1 Introdução

A palavra “ontologia” deriva do grego *onto* (ser) e *logia* (discurso escrito ou falado). Na filosofia, a ontologia é uma teoria sobre a natureza da existência, de que tipos de “coisas” existem. Na área da Inteligência Artificial adaptaram o conceito de ontologia para significar um conjunto de termos hierarquicamente estruturados para descrição de um domínio, o qual pode ser utilizado para descrever uma base de conhecimento (SOUZA e ALVARENGA, 2004).

Gruber (GRUBER, 1993) define uma ontologia como a especificação de uma conceitualização, ou seja, um conjunto de objetos, conceitos e outras entidades que existem em um domínio e podem ser manipuladas por computadores. Essa conceitualização é uma abstração do mundo onde são representados os conceitos relevantes e seus relacionamentos.

Os componentes básicos de uma ontologia são classes (organizadas em uma taxonomia), relações (representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio), axiomas (usados para modelar sentenças sempre verdadeiras) e instâncias (utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados) (GRUBER, 1996)(Noy & Guinness, 2001).

Ontologias são utilizadas em projetos de domínios como gestão do conhecimento, comércio eletrônico, processamento de linguagens naturais, recuperação da informação na Web, na educação, entre outros. O uso de ontologias em todas essas áreas é decorrente das vantagens da sua utilização, tais como: Compartilhamento de um entendimento comum da estrutura de informação entre pessoas ou agentes de software; por permitir o reuso do conhecimento em domínio; torna explícita a compreensão de um domínio; separa o conhecimento de um domínio do conhecimento operacional, entre outras.

Compartilhando de um entendimento comum da estrutura de informação entre pessoas ou agentes de software é um dos objetivos mais comuns para o desenvolvimento de ontologias (Gruber,1993).

A reutilização do conhecimento de um domínio foi uma das motivações para o surgimento recente de pesquisas em ontologias. Por exemplo, modelos para vários domínios diferentes que necessitam representar a noção de tempo. Essa representação inclui noções de intervalos de tempo, pontos em tempo, medidas relativas do tempo, e assim por diante. Se um grupo de pesquisadores desenvolve uma dada ontologia em detalhe, outros podem simplesmente reutilizá-la para outros domínios. Além disso, se necessitarmos construir uma grande ontologia, podemos integrar várias ontologias existentes descrevendo partes do domínio.

Tornando as concepções do domínio que fundamentam uma implementação explícita faz com que seja possível mudar estas concepções facilmente se nosso conhecimento sobre o domínio mudar. Concepções difíceis de codificar no mundo das linguagens de programação tomam essas concepções não somente difíceis de encontrar e entender, mas também difícil de mudar, em especial para quem não é especialista em programação. Além disso, especificação explícita do conhecimento do domínio são úteis para novos usuários que devem aprender o que os termos do domínio significam.

Separar o conhecimento do domínio do conhecimento operacional é outra utilização comum de ontologias. Podemos descrever uma tarefa de configuração de um produto a partir de seus componentes, de acordo com especificação requerida e a implementação de um programa que faz essa configuração independente de seus produtos e componentes constituídos (McGuinness & Wright 1998).

3.2 Tipos de Ontologias

Guarino (1998) identifica quatro tipos de ontologias de acordo com o grau de generalidade: ontologias genéricas, ontologias de domínio, ontologias de tarefa e ontologias de aplicação.

- **Ontologias Genéricas:** são compartilhadas por uma grande comunidade e definem apenas termos muito gerais, tais como: espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação etc., e são independentes de um problema ou domínio particular.
- **Ontologias de domínio:** expressam conceituações de domínios particulares, descrevendo o vocabulário relacionado a um domínio genérico, tal como medicina, indústria farmacêutica ou de computadores.
- **Ontologias de tarefas:** expressam conceituações sobre a resolução de problemas, independentemente do domínio em que ocorram, isto é, descrevem o vocabulário relacionado a uma atividade ou tarefa genérica, tal como vendas.
- **Ontologias de aplicação:** descrevem conceitos dependentes do domínio e de tarefas particulares. Estes conceitos freqüentemente correspondem a papéis desempenhados por entidades do domínio, quando da realização de uma certa atividade.

A figura 5 mostra as relações entre os tipos de ontologias definidas por Guarino. Os conceitos de uma ontologia de domínio ou de tarefa devem ser especializações de uma ontologia genérica. Enquanto que os conceitos de uma ontologia de aplicação devem ser especialização dos termos das ontologias de domínio e de tarefa correspondentes. As setas expressam relacionamentos de especialização.

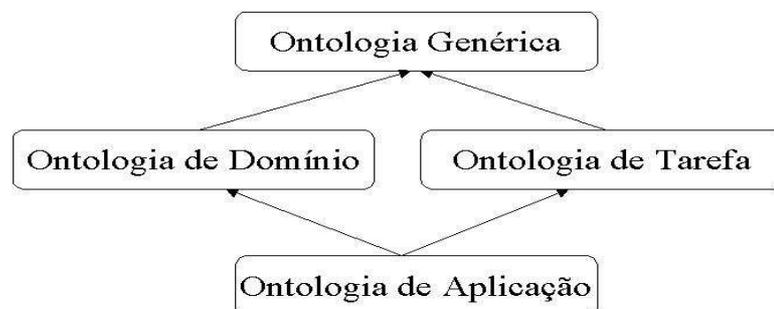


Figura 5. Classificação das ontologias segundo o seu nível de generalidade.
Fonte: (GUARINO, 1998)

3.3 Metodologias

Embora não existam padrões para a construção de ontologias, várias propostas são encontradas na literatura. Entre elas temos um guia para desenvolvimento de ontologia (NOY e MUSEN, 2000) que sugerem um processo com sete passos que podem ser considerados criação de uma ontologia, usando Protégé 2000, Ontolingua (1997) e Chimaera (2000):

1. Determinar o domínio e o escopo da ontologia: para definir o domínio e o escopo deve-se começar respondendo algumas perguntas:

- Qual o domínio que a ontologia vai cobrir?
- Para que será usada a ontologia?
- As informações contidas na ontologia deverão responder quais tipos de questões?
- Quem irá usar e manter a ontologia?

As respostas destas questões podem mudar durante o processo de desenvolvimento da ontologia, mas a qualquer momento elas ajudarão a limitar o escopo do modelo;

2. Considerar o reuso de ontologias existentes: muitas ontologias já estão disponíveis em forma eletrônica e podem ser importadas num ambiente de desenvolvimento de ontologias que esteja sendo usado;

3. Enumerar os termos importantes da ontologia: fazer a lista de todos os termos e enunciados sobre eles e esclarecer pontos importantes com os especialistas do domínio, para saber quais termos são importantes e quais propriedades possuem;

4. Definir as classes e as hierarquias: existem várias possibilidades para se desenvolver uma hierarquia. A que será apresentada é a descrita por (Uschold e Gruninger, 1996).

- De cima para baixo (top-down) começa com as definições mais gerais, passando-se posteriormente para as mais específicas;

- De baixo para cima (bottom-up) começa com definições de classes mais específicas e vai-se agrupando essas em classes mais gerais;
- Combinação: é uma combinação dos dois métodos acima. A partir de um conceito destacado identificam-se os mais gerais e os mais específicos.

5. Definir as propriedades das classes (slots): uma vez definidas algumas classes, deve-se descrever a estrutura interna dos conceitos. Determinar que classe cada propriedade descreve. Essas propriedades serão os slots e ficarão vinculadas às classes;

6. Definir as facetas dos slots: podem ter facetas diferentes descrevendo os tipos de valores e a cardinalidade. A cardinalidade define os valores de um slot;

7. Criar instâncias: o último passo é criar as instâncias individuais das classes. Definir uma instância individual de uma classe requer: escolha da classe, a criação de uma instância individual dessa classe e o preenchimento dos valores de slots.

3.4 Ferramentas para construir ontologias

A popularização do uso de ontologias, principalmente pelas comunidades de pesquisa em IA, motivou o desenvolvimento de ferramentas para auxiliar esta tarefa. A seguir algumas ferramentas para a construção de ontologias:

Existem diversas ferramentas para criação de ontologias. Algumas delas são a Ontolíngua, JOE (Java Ontology Editor), OntoEdit e o Protégé.

A Ontolíngua é um conjunto de serviços que possibilitam a construção de ontologias compartilhadas entre grupos. Permite acesso a uma biblioteca de ontologias, tradutores para linguagens e um editor para criar e navegar pela ontologia (FARQUHAR, FIKES e RICE, 1996).

JOE é uma ferramenta para construção e visualização de ontologias. Ela proporciona gerenciamento do conhecimento em ambientes abertos, heterogêneos e

com diversos usuários. As ontologias são visualizadas como um diagrama entidaderelacionamento, como o gerenciador de arquivos do MS Windows ou como uma estrutura em árvore (MAHALINGAM e HUHNS, 1997).

O OntoEdit é um ambiente gráfico para edição de ontologias que permite inspeção, navegação codificação e alteração de ontologias. O modelo conceitual é armazenado usando um modelo de ontologia que pode ser mapeado em diferentes linguagens de representação. As ontologias são armazenadas em bancos relacionais e podem ser implementadas em XML, Flogic, RDF(S) e DAML+OIL (MAEDCHE et alii, 2000).

O Protégé é um ambiente interativo para projeto de ontologias. Ele é de código aberto, que oferece uma interface gráfica para edição de ontologias e uma arquitetura para a criação de ferramentas baseadas em conhecimento. A arquitetura é modulada e permite a inserção de novos recursos (NOY e MUSEN, 2000). Protégé é ainda uma plataforma em JAVA desenvolvido pelo grupo de pesquisa Stanford Medical Informatics da escola de medicina da Universidade de Stanford e fornece uma API de representação de conhecimento que permite a extensão do programa para necessidades específicas.

3.5 Restrições em ontologias

Restrições, como o próprio nome sugere, são usadas para restringir as instâncias que pertencem a uma classe. Por exemplo, toda instância da classe Triângulo deverá possuir exatamente três lados.

A linguagem axiomática PAL (Protégé Axiomatic Language), permite a inserção de restrições e axiomas que incidem sobre as classes e instâncias de uma ou mais ontologias. O PAL é um plugin para o Protégé que suporta escrever e armazenar restrições e realização de consultas na base de conhecimento.

O PAL é composto por diversas ferramentas, tais como:

- Uma linguagem para expressar restrições lógicas e consultas sobre frames em uma base de conhecimento;

- Um editor estruturado que fornece ajuda ao contexto para escrever restrições na linguagem PAL;
- Um mecanismo de consulta que pode ser chamado com a consulta PAL Tab ou programática.

Na tabela a seguir um exemplo representando uma restrição com o uso da PAL:

Tabela 3. Uma restrição simples com uso PAL

PAL Restrição	Comentários
<i>(defrange ?article :FRAME Article)</i>	Trata-se de restrição para todas as instâncias da classe <i>artigo</i> .
<i>(forall ?article (> (number-of-slot-values keywords ?article) 2))</i>	"Para todos os artigos, o número de valores para o <i>slot-chave</i> deve ser superior a 2."

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foram discutidos alguns conceitos básicos sobre ontologias, da sua classificação, de metodologias utilizadas para sua construção, de algumas ferramentas para sua construção, de restrições e da linguagem PAL.

4 SISTEMAS MULTIAGENTES

Sistemas multiagentes têm sido utilizado em várias áreas devido a suas características como modularidade, eficiência e reuso. Além disso, um agente de software é uma excelente abstração para softwares complexos e distribuídos. Na área educacional, já existe um grande número de aplicações multiagentes, como em (LUCAS et al., 2005) e (GOMES et al., 2003).

Nesse trabalho apresenta-se o software educacional Virtual-Taneb que se utiliza de tecnologias multiagentes. Por isso, neste capítulo abordam-se os sistemas multiagentes. São tratados desde os conceitos iniciais dos agentes de software, da sua comunicação e de metodologias que orientam o desenvolvimento de sistemas multiagentes até os ambientes e ferramentas utilizadas para desenvolvê-los.

4.1 Definição

Existem diversas definições para o termo agente de software disponível na literatura. Algumas delas:

Um agente é um sistema de computador encapsulado que é situado em algum ambiente, e que é capaz de realizar ações autônomas neste, para alcançar seus objetivos de projeto (JENNINGS e WOOLDRIDGE, 1998).

Um agente é uma entidade à qual se pode associar uma identidade única, e que é capaz de realizar cálculos formais. Um agente pode ser considerado como um meio que produz um certo número de ações a partir dos conhecimentos e mecanismos internos que lhe são próprios (GASSER, 2002).

Um agente é tudo aquilo que é capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por intermédio de executores (também conhecido como atuadores) (RUSSEL e NORVIG, 2004). A figura abaixo ilustra essa definição.

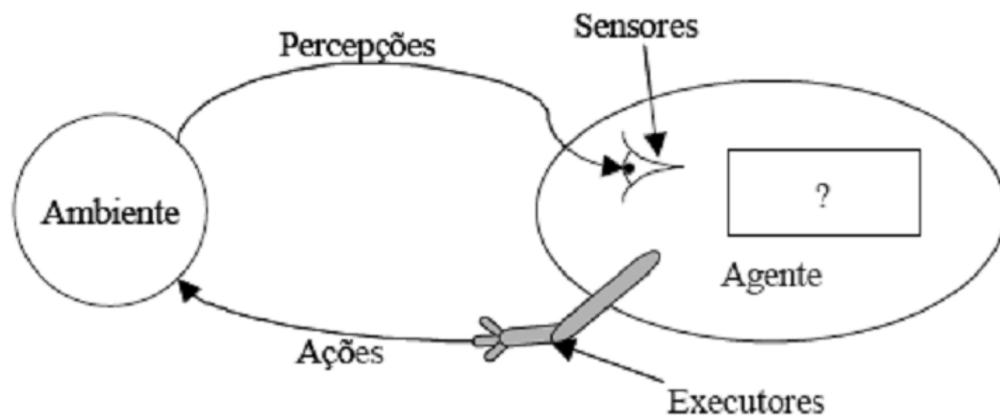


Figura 6. Agente de Software. Fonte: Russel e Norvig, 2004

4.2 Principais Características

Um agente possui algumas características próprias que os diferenciam do software tradicional. Entre as principais podemos citar as seguintes:

- **Autonomia**

Uma das características principais dos agentes e que é encontrada na maioria das definições da literatura, é a sua autonomia. Isto é, a capacidade que o agente tem de decidir sobre seu próprio comportamento a partir de um conjunto de percepções do ambiente em que se encontra.

- **Capacidade Social**

Os agentes de software podem ter a capacidade de interagir com outros agentes a fim de atingirem seus objetivos. A interação pode ser para *cooperação* a fim de obter/transmitir informações que levem ao alcance de um objetivo comum ou *competição*, nos casos onde a interação leva um agente ou grupo de agentes a conseguir atingir um objetivo tendo como conseqüência a falha dos agentes concorrentes, como ocorre nos casos dos jogos.

- **Reatividade**

Os agentes podem reagir rapidamente a alterações no seu ambiente através de regras de condição, ação. Onde a condição geralmente se trata de uma percepção do ambiente externo.

- **Pro-atividade**

Segundo (JENNINGS e WOOLDRIDGE,1998) um agente proativo é aquele que exhibe comportamento dirigido por objetivos. Isto é, o agente age de acordo com um objetivo definido e não somente reage as percepções do ambiente.

4.3 Comunicação entre agentes

Os agentes de software normalmente são especializados em determinadas tarefas. Em sistemas multiagentes muitas vezes é necessária a realização de diversas tarefas de forma colaborativa, onde o resultado obtido em uma determinada tarefa é pré-requisito para realização de outras. Com isso, nesses sistemas, os agentes necessitam se comunicar para realizar suas próprias tarefas e a fim de alcançar o objetivo geral do sistema multiagentes.

Linguagens para Comunicação entre Agentes

As linguagens KQML (FININ e FRITZSON, 1994) e FIPA-ACL (FIPA, 2010) estão entre as mais utilizadas para comunicação entre agentes.

A linguagem KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) é utilizada para comunicação entre agentes de softwares distribuídos. Assim, como a FIPA-ACL, a sua representação da comunicação dos agentes é baseada nos atos da fala (ex. perguntar, informar, responder), as chamadas performativas.

Uma mensagem KQML é formada pela performativa que representa a intenção da mensagem como, por exemplo, *ask-if* que significa que a intenção da mensagem é saber se o conteúdo da mensagem enviada é verdadeiro para o receptor e *advertise* que informa ao receptor que o emissor da mensagem está

pronto para processar suas mensagens. Além da performativa, temos o parâmetro: *content*, onde é informado o conteúdo da mensagem, o: *receiver* onde é informado o agente receptor da mensagem, o: *sender*, informando o agente emissor da mensagem, entre outros. No exemplo abaixo, extraído de (FININ e FRITZSON, 1994) temos um exemplo da sintaxe utilizada em uma mensagem KQML. Nesse exemplo, a mensagem utiliza a *performativa* ask-one, que obtém uma instância que represente a expressão do conteúdo da mensagem.

```
(ask-one
  :content (PRICE IBM ?price)
  :receiver stock-server
  :language LPROLCIG
  :ontology NYSE-TICKS
)
```

A FIPA-ACL é uma linguagem de comunicação entre agentes definida pela FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). A FIPA é uma organização sem fins lucrativos localizada em Genebra, na Suíça, cujo objetivo é a padronização de especificações de software para interconexão de sistemas multiagentes.

Uma mensagem ACL é muito parecida com uma mensagem KQML. Ela também é formada por uma performativa e um conjunto de parâmetros com valores associados. Algumas das performativas utilizadas pela linguagem FIPA-ACL são “agree” que indica que o agente emissor concorda em realizar uma determinada ação; “cancel”, utilizada nos casos onde o agente emissor deseja informar o agente receptor de sua desistência em realizar alguma ação; “failure” que informa que o agente emissor tentou realizar uma determinada ação, mas não conseguiu obter êxito; “inform” que indica que o conteúdo da mensagem é uma informação ao “receptor”; “*inform-if*” utilizada nos casos em que o agente deseja saber a veracidade de uma informação; “request” informa a solicitação do agente emissor da realização de uma ação pelo agente receptor; “*request-when*”, solicita a realização de uma ação somente se determinada condição for verdadeira;

Abaixo é mostrada uma mensagem utilizando a sintaxe da linguagem FIPA-ACL. Além da performativa “*inform*”, podem ser utilizados diversos parâmetros

definidos na especificação da FIPA. No exemplo, o parâmetro “:sender” deve ser preenchido com o nome do agente emissor da mensagem ACL, o parâmetro “:receiver” deve conter o agente receptor da mensagem, o parâmetro “:content” deverá ser preenchido com o conteúdo da mensagem, o parâmetro “:reply-to” define o agente que deverá receber a resposta a mensagem enviada, “:language” indica a linguagem em que a mensagem enviada pelo agente (conteúdo) está representada, “:ontology” é o parâmetro onde deve ser especificada a ontologia utilizada pelos agentes, isto é, o vocabulário utilizado nas mensagens trocadas.

(inform

:sender AgentePing

:receiver AgentePong

:content (mensagem)

:reply-to AgentX

:language prolog

:ontology OntoDominio)

Na próxima seção são apresentados conceitos de Engenharia de Software Multiagentes, incluindo metodologias que guiam o seu desenvolvimento.

4.4 Engenharia de Software Multiagentes

Acompanhando a evolução dos sistemas multiagentes tem surgido diversas notações, ferramentas, metodologias e processos para auxiliar o desenvolvimento de software nesse paradigma, como a PASSI (COSSENTINO e POTTS, 2002), TROPOS (BRESCIANI et al., 2004), GAIA (ZAMBONELLI et al., 2003), entre outros. Neste trabalho utiliza-se a metodologia TROPOS. A TROPOS (BRESCIANI et al., 2004) foi escolhida por ser atualmente uma das metodologias para sistemas multiagentes mais estáveis e utilizadas, pela quantidade e qualidade da sua documentação e da disponibilidade de ferramentas de modelagem eficientes.

A metodologia TROPOS

A TROPOS é uma metodologia para desenvolvimento de sistemas multiagentes inspirada em conceitos organizacionais. Essa metodologia dá grande

ênfase aos requisitos do sistema. A TROPOS utiliza a notação gráfica fornecida pelo Framework i* (BRESCIANI et al., 2004) para representar conceitos de modelagem como atores, objetivos, dependências entre eles, tarefas, etc. Na Figura 7 estão ilustrados alguns dos conceitos e relacionamentos utilizados pela metodologia TROPOS nos seus modelos.

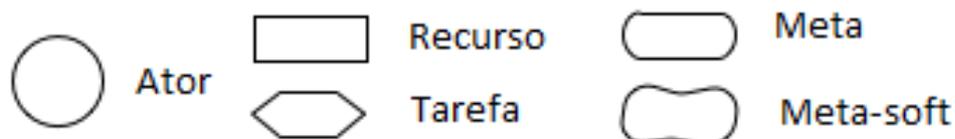


Figura 7. Conceitos do Framework i*. Fonte: (BRESCIANI et al., 2004)

A TROPOS possui as fases de Análise de Requisitos Iniciais, Análise de Requisitos Finais, Projeto Arquitetural, Projeto Detalhado e implementação.

Na fase dos requisitos iniciais o problema para o qual o sistema se propõe a resolver é modelado em termo de atores, objetivos e suas dependências. Essa fase inclui o diagrama de atores e o diagrama de objetivos, no diagrama de atores são mostrados todos os atores presentes no sistema, ao passo que no diagrama de objetivos é representado apenas um ator com seus objetivos. O segundo diagrama é um refinamento do primeiro. Na fase dos requisitos finais o sistema é definido como um ator que tem como dependências outros atores. A partir das dependências entre os atores são definidos os requisitos funcionais e não-funcionais do sistema.

Na fase Projeto Arquitetural é definida a estrutura global do sistema multiagentes em termo de subsistemas interconectados. Nessa fase são identificadas as capacidades que os atores necessitam para realizar seus objetivos e planos. Na fase de Projeto Detalhado cada componente da arquitetura é detalhado. Nessa fase são definidos em maiores detalhes os objetivos, crenças e capacidades de cada agente. São definidas também as interações dos agentes.

A implementação do sistema multiagentes ocorre do mapeamento dos conceitos do projeto detalhado para uma plataforma de implementação. É possível gerar o esqueleto do código-fonte dos agentes a partir dos modelos da fase de projeto detalhado.

A TROPOS possui algumas ferramentas para realizar a modelagem segundo suas especificações. Uma delas é a TAOM4E (Tool for Agent Oriented Modeling) (TAOM4E, 2010), ilustrada na Figura 8.

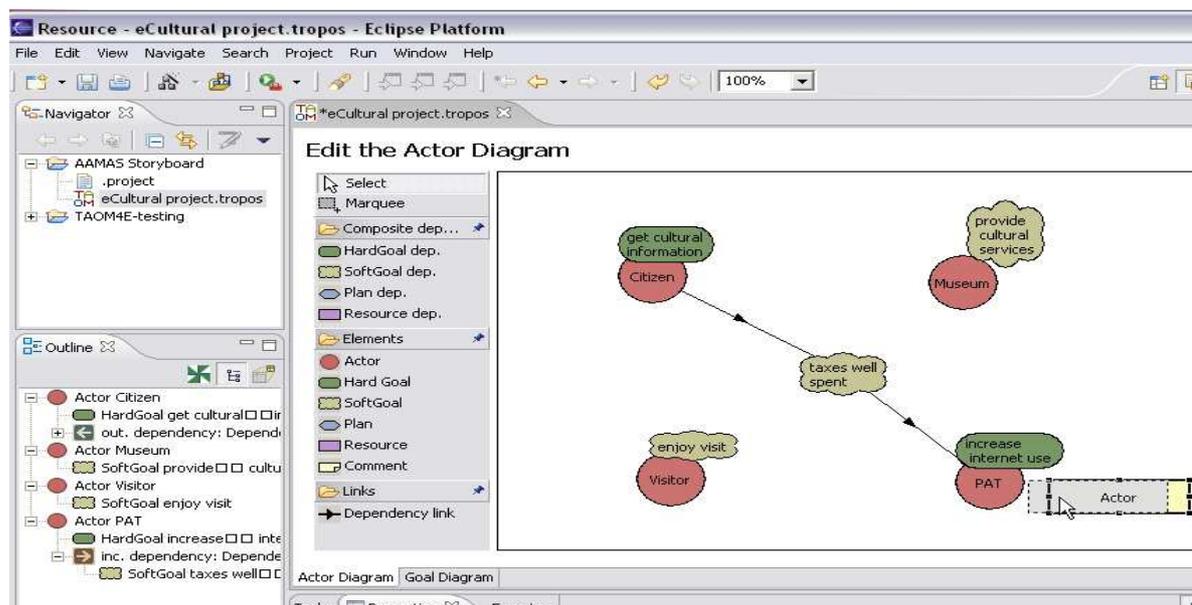


Figura 8. TAOM4E

Essa ferramenta é integrada ao projeto Eclipse através do sistema de plugins, ela também leva em conta a especificação de transformação de modelos do OMG, a MDA (Model Driven Architecture) (MELLOR et al., 2004).

4.5 Desenvolvimento de Agentes

Agentes de software podem ser desenvolvidos em diversas linguagens e executados em diversas plataformas. Muitas ferramentas, ambientes de desenvolvimento de agentes e bibliotecas foram desenvolvidas para auxiliar o desenvolvimento de agentes e a sua execução. Alguns exemplos são o JACK (HOWDEN et al., 1999), e o ZEUS (ZEUS, 2010).

Na próxima seção serão dados maiores detalhes do Framework JADE, utilizado neste trabalho. O JADE tem sido muito utilizado devido a sua flexibilidade, isto é, possibilidade de integração com outras ferramentas/linguagens como é o caso do Protégé (PROTÉGÉ, 2010), um ambiente para criação/edição de ontologias.

Além disso, o JADE é independente de plataforma, podendo ser executado, por exemplo, em ambiente Windows e Linux e utiliza a licença LGPL que permite o acesso ao código-fonte do software. Outro fator decisivo para sua escolha foi a integração com demais trabalhos desenvolvidos no LSI (Laboratório de Sistemas Inteligentes) que utilizam o JADE.

O Framework JADE

No Sistema Operacional Windows a interface Gráfica do JADE (Figura 9) é inicializada através do comando no console: `java jade.Boot -gui`.

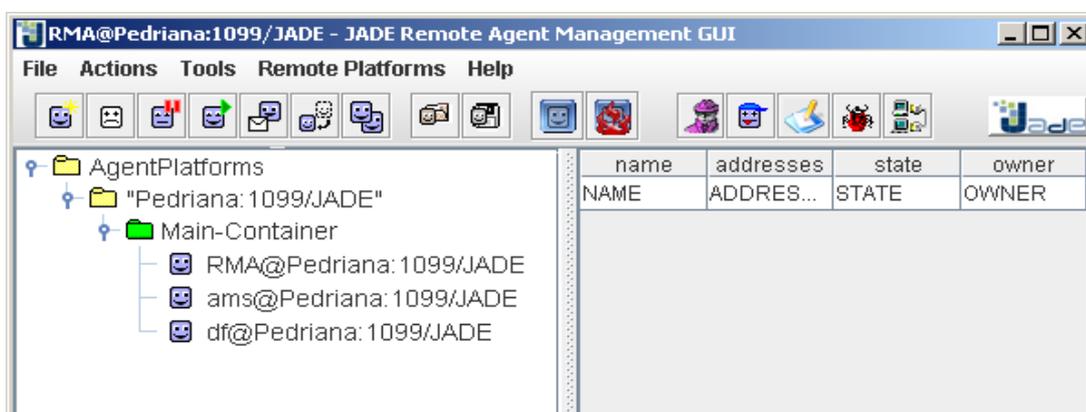


Figura 9. RMA Agent Gui

Na figura acima pode-se observar três agentes que são carregados por padrão: RMA (Remote Monitoring Agent), AMS (Agent Management System) e DF (Directory Facilitator). O RMA possui uma interface gráfica onde é possível realizar diversas tarefas na plataforma, como inicialização de agentes e chamar outras ferramentas JADE. O AMS é responsável por gerenciar a plataforma JADE. Ele realiza o serviço de páginas brancas. Por esse serviço, todo agente na plataforma precisa registrar-se no AMS para obter uma AID válida e assim poder ser localizado por outros agentes da plataforma e poder comunicar-se. O DF é o responsável por prover o serviço de páginas amarelas para a plataforma de agentes. Através do serviço de páginas amarelas são registrados todos os serviços disponíveis na plataforma. Assim, os agentes registram os serviços que eles podem oferecer a sociedade no DF e nele também buscam os serviços disponíveis.

A Figura 10 mostra o “Dummy Agent”, um utilitário que permite enviar, receber e visualizar mensagens de acordo com a especificação FIPA-ACL. Através dele também é possível visualizar as performativas utilizadas em cada mensagem.

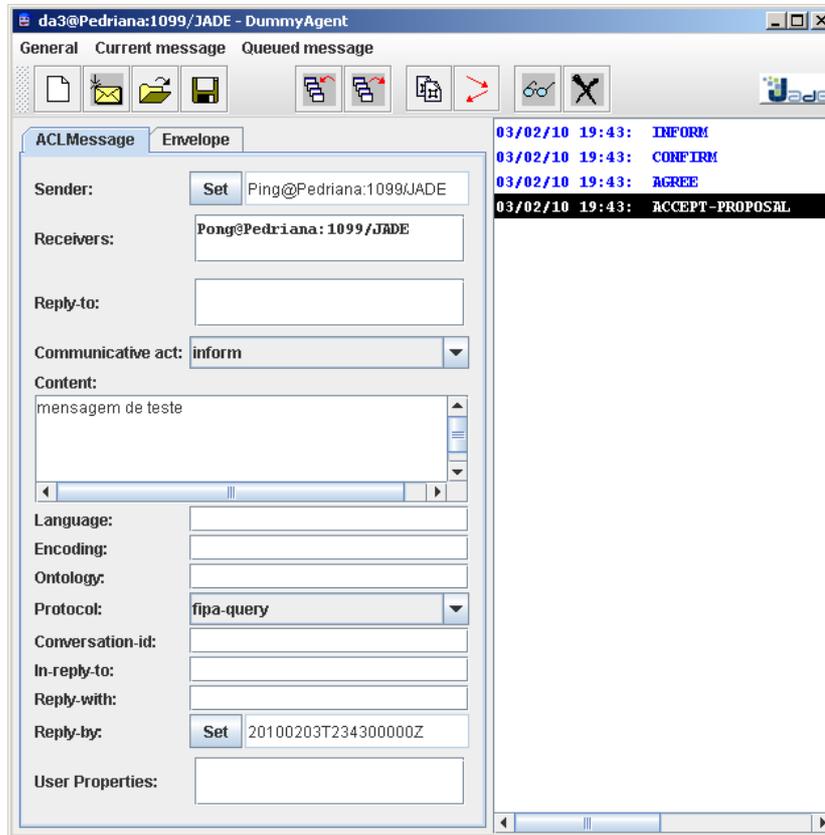


Figura 10. Dummy Agent

O SnifferAgent, ilustrado na Figura 11, é uma ferramenta utilizada para monitorar as mensagens enviadas e recebidas pelos agentes da plataforma JADE.



Figura 11. Sniffer Agent

A troca de mensagens é representada graficamente de modo parecido com um diagrama de sequência da UML. Cada retângulo representa um agente e cada seta representa uma mensagem. A performativa aparece em cima da seta. Para visualizar o conteúdo da mensagem da mensagem FIPA-ACL, basta clicar sobre a seta.

4.6 Considerações Finais

Neste capítulo discutiram-se as principais características dos agentes de software e dos sistemas multiagentes, como a comunicação entre agentes, metodologias para o seu desenvolvimento, plataformas de agentes e a aplicação de sistemas multiagentes a sistemas educacionais. Esses conceitos fundamentaram o desenvolvimento do software Virtual-TANEB a ser apresentado no próximo capítulo.

5 AMBIENTE DE AVALIAÇÃO DO VIRTUAL-TANEB

Neste capítulo apresenta-se o módulo Ambiente Virtual de Avaliação do software Virtual-TANEB, mostrando sua arquitetura e os elementos que o compõe. Por fim, o ambiente gráfico para realização da prova é mostrado.

5.1 Introdução

O Virtual-TANEB é um software pertencente à Dimensão Gestora Escolar (MACHADO et al., 2009) de Resultados Educacionais como mostra a figura 12.



Figura 12. Dimensão gestora Escolar

Segundo Carlos Eduardo (PESTANA, 1998) destacam-se nesta dimensão, indicadores de gestão de resultados:

- Avaliação e melhoria contínua do projeto pedagógico da escola;
- Análise, divulgação e utilização dos resultados alcançados;
- Identificação dos níveis de satisfação da comunidade escolar, com o trabalho da sua gestão e transparência de resultados.

De acordo com a figura 13, essa ferramenta corresponderá ao indicador denominado "Uso dos resultados de desempenho escolar", que verifica se a unidade

de ensino em questão realiza uma análise do seu desempenho nos exames padronizados realizados pelo governo federal como o SAEB, entre outros.



Figura 13. Composição da dimensão Gestão de Resultados Educacionais

A figura 14 ilustra a arquitetura do Virtual-TANEB. Ele está dividido em três módulos:

- Módulo I, correspondente ao cadastramento básico das informações dos alunos, escolas, profissionais da educação, dos itens das provas e seleção destes para compor a prova;
- Módulo II, ambiente de realização da prova, é responsável por aplicá-la aos alunos e realizar o processamento dos resultados da prova (perfil do aluno, histórico de dicas, total questões certas e erradas);
- Módulo III analisa os itens da prova e desempenho dos alunos.

Como mostra a figura 14, na primeira etapa o professor/pedagogo faz o cadastramento dos itens da prova no Virtual-TANEB. Estas informações serão utilizadas pelo módulo II, Ambiente Virtual de Avaliação, onde o aluno irá com o software realizando a prova, como resultado deste módulo obtém-se o perfil do

aluno, que corresponde ao quantitativo das questões certas e erradas, quantitativo de dicas por questões e tempo de resposta para cada item da prova. A partir das informações geradas pelo módulo II, o rendimento do aluno será dado através do módulo III utilizando a Teoria da Resposta ao Item e disponibilizada aos profissionais da educação.

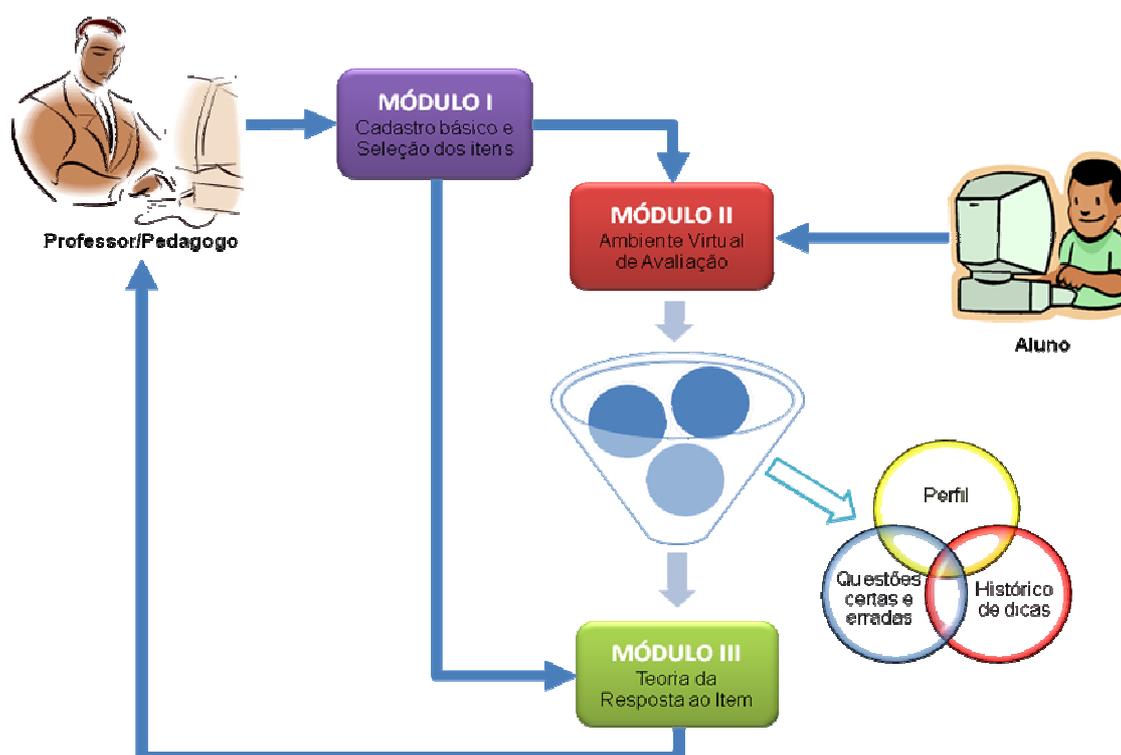


Figura 14. Módulos do Virtual-TANEB

Neste trabalho daremos enfoque ao módulo II do Virtual-TANEB, que será detalhado nas próximas seções deste capítulo.

5.2 Arquitetura do módulo de avaliação

O aluno terá acesso ao módulo de avaliação do Virtual-TANEB, após estar devidamente cadastrado no sistema. Uma vez autorizado a realizar a prova, o aluno inicializará o teste através da sua conta de usuário.

Será aplicada aos discentes a mesma prova, levando-se em consideração que os alunos têm o mesmo nível de conhecimento, habilidades e competências desenvolvidos no quinto ano do ensino fundamental.

A figura 15 descreve o processo de realização do exame no Virtual-TANEB, onde são apresentados os elementos que o compõem. Este processo inicia-se quando o aluno ativa o módulo II por meio de uma interface gráfica. Em seguida, o agente de software “Monitor” é iniciado. Este agente de software é responsável pelo monitoramento das ações do aluno, tais como:

- A hora que iniciou a prova de matemática;
- Tempo que o estudante levou para responder cada item;
- Se acertou a questão, se não respondeu o item, e outras.

As informações quanto ao comportamento do aluno serão tratadas para prover um diagnóstico do perfil e do desempenho do aluno, que utiliza um módulo que compõe o Virtual-TANEB, módulo III (módulo e assunto de outra dissertação do projeto Virtual-TANEB), para analisar o desempenho do aluno, em uma escala única sobre o conteúdo da geometria, considerando os níveis de dificuldade, de discriminação e de acerto ao acaso dos itens, e posteriormente disponibilizá-las aos interessados.

A prova aplicada pelo SAEB é a mesma para todos os alunos, já no software Virtual-Taneb ela é adaptável ao nível cognitivo do aluno. Assim, o agente de software monitor ao perceber um aluno com rendimento diferente da média do conjunto de alunos avaliados envia uma solicitação ao agente de software seletor para que o mesmo forneça questões de acordo com o nível de conhecimento do referido aluno.

A partir das informações coletadas pelo agente de software monitor, este poderá ainda solicitar ao agente dica, uma informação (dica) sobre um item e disponibilizá-la ao aluno com o propósito de auxiliá-lo na resolução da questão. O agente dica, por sua vez, consultará uma ontologia desenvolvida para este trabalho denominada OntoGeometria, que serve de base de conhecimento para fornecer informações (dicas) sobre o item abordado.

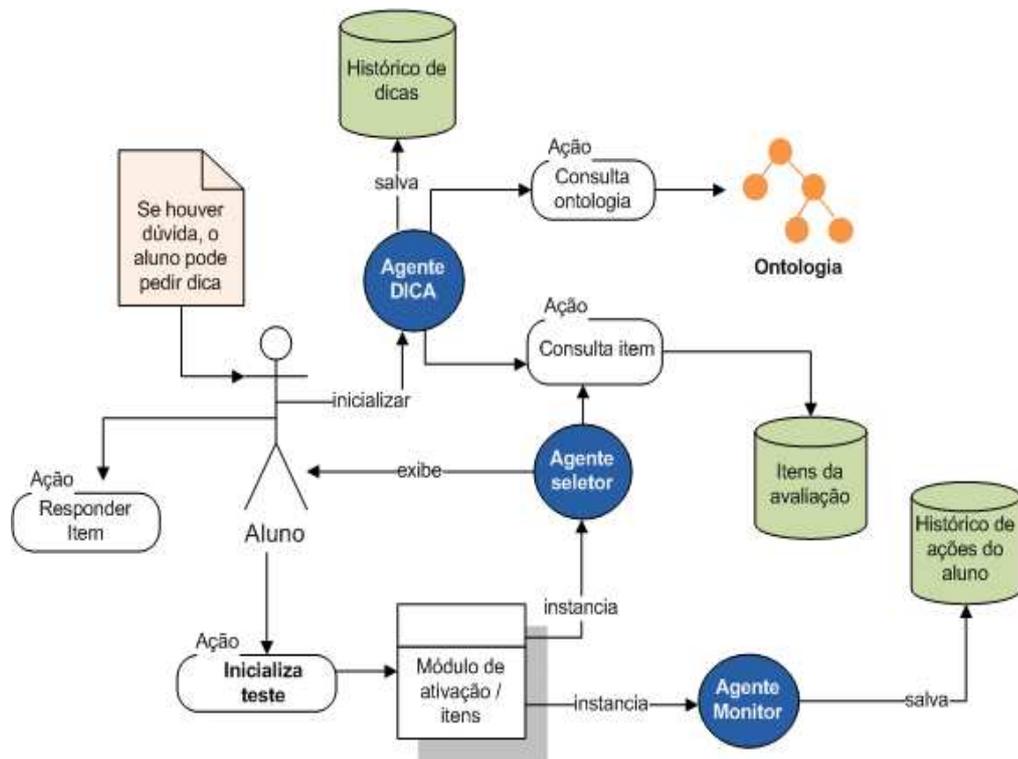


Figura 15. Arquitetura do módulo II

Todos os elementos que fazem parte da arquitetura do módulo II utilizam banco de dados para armazenar os dados referentes à prova. Nas próximas seções serão discutidos os componentes que fazem parte da arquitetura do módulo II.

5.3 OntoGeometria

Nesta seção será apresentado os principais conceitos que compõem a ontologia de domínio chamada de OntoGeometria. Para o desenvolvimento da ontologia levou-se em consideração a Matriz de Referência do SAEB com os seus descritores referentes ao TEMA I – Espaço e Forma (especificados no capítulo 2).

A seleção dos conceitos da OntoGeometria faz parte de uma pesquisa aos materiais didáticos e consultas a especialistas (professores e pedagogos) do quinto ano do ensino fundamental. Os referidos conceitos foram selecionados com intuito de preservar o nível de linguagem utilizada nesta fase.

5.3.1 Elementos básicos da geometria

A geometria é um ramo da Matemática, que segundo (LORENZATO, 1995) é descrita como um corpo de conhecimento fundamental para a compreensão do mundo e participação ativa do homem na sociedade, pois permite à percepção e a visualização do espaço, o reconhecimento e a abstração de formas e a capacidade de representá-las através do desenho ou da construção do que foi idealizado, habilidades também importantes para outras áreas de conhecimento como a geografia, as ciências, as artes.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e o MEC propõem que o trabalho com Geometria deve ser feito a partir da exploração dos objetos do mundo físico, de obras de arte, pinturas, desenhos, esculturas e artesanato, pois, assim, permitirá aos alunos estabelecer conexões entre a Matemática e outras áreas do conhecimento.

A figura 16 mostra elementos relevantes nos conteúdos da geometria que são trabalhados em sala de aula pelos professores.

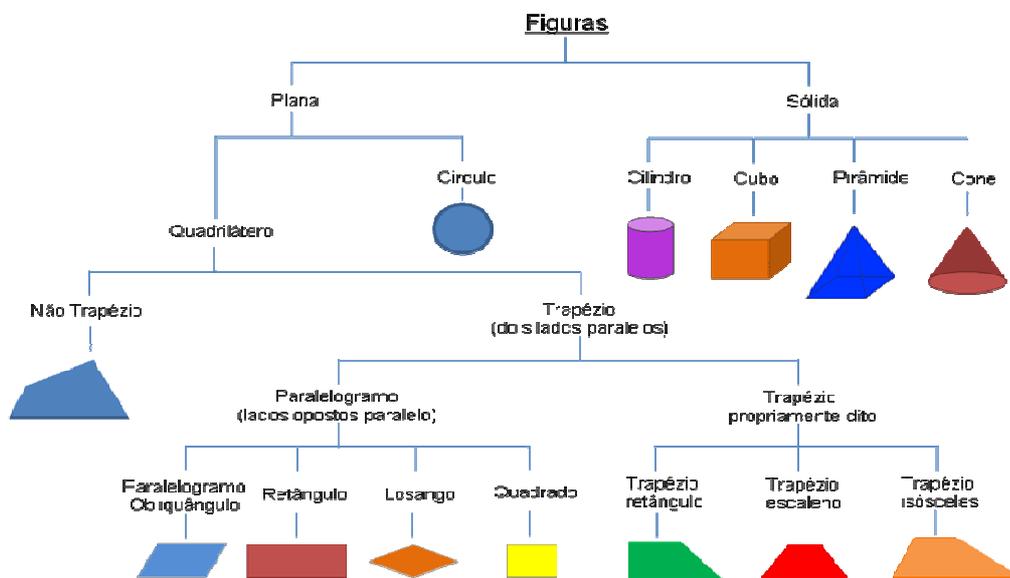


Figura 16. Elementos da geometria

Um aluno do quinto ano é capaz de reconhecer figuras geométricas, fazer relações entre elas e associá-las ao seu dia-a-dia, como por exemplo, na arquitetura das casas e edifícios, nos campos de futebol e quadras de esporte.

5.3.2 Rede semântica da OntoGeometria

Na figura 17 é ilustrada parte de uma rede semântica com os principais conceitos da OntoGeometria, construída baseada nas diretrizes do guia de desenvolvimento de ontologia discutido no capítulo 3. O conceito geometria é parte da matemática e é composta de três conceitos primitivos, isto é, são aceitos na matemática sem definição: reta, ponto e plano. A partir destes conceitos são derivados os axiomas, relações entre os conceitos primitivos admitidos como verdadeiros, que são usados pelo conceito proposição, são expressões que podem ser verdadeiras ou falsas. Esse conceito é parte do conceito sistema axiomático, um conjunto de axiomas. Esse sistema é dividido em: congruência, associação, ordenação, continuidade, paralelismo.

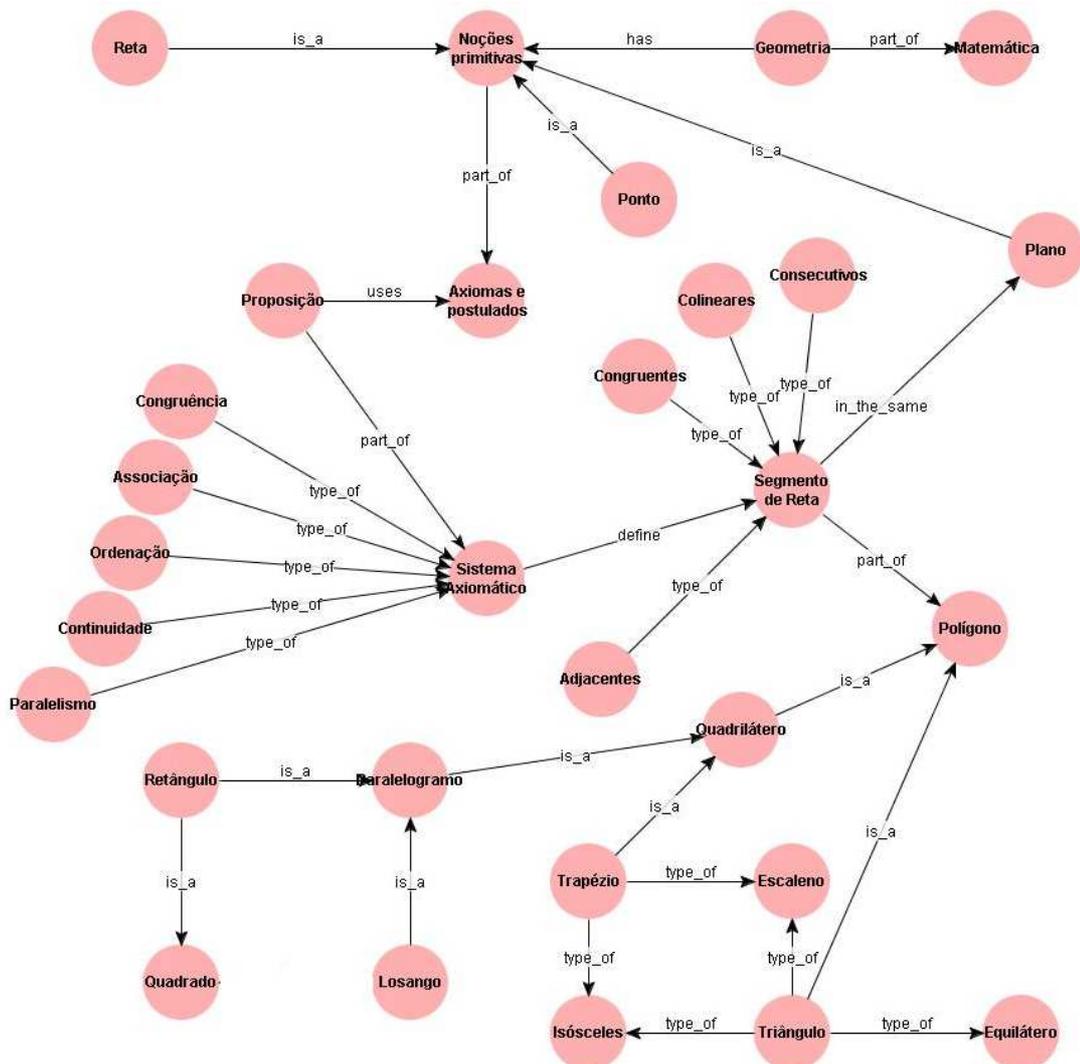


Figura 17. Rede Semântica com os principais conceitos da OntoGeometria

O sistema axiomático define um segmento de reta, que pode ser do tipo, congruentes, colineares, consecutivos e adjacentes. A combinação desses segmentos de reta vai originar um polígono - figura plana limitada por segmentos de reta - classificado como, triângulo, quadriláteros e outros.

O paralelogramo é um tipo de um quadrilátero que se divide em losango e retângulo, que por sua vez, tem o quadrado como um tipo especial de retângulo.

E por fim, o trapézio que compartilha os mesmos conceitos com o triângulo para definir os seus tipos: escaleno (todos os lados diferentes), equilátero (todos os lados iguais) e isósceles (dois lados iguais).

A rede semântica apresentada na figura 17 é a base para a construção da OntoGeometria abordada na próxima seção.

5.3.3 Criação da OntoGeometria no Protégé

Seguindo o guia de desenvolvimento de ontologias (NOY e MCGUINNESS, 2001) foram realizadas consultas com especialistas da área de geometria e acervos bibliográficos. A partir das consultas foram identificados os elementos essenciais dessa matéria abordados no quinto ano do ensino fundamental.

A partir do conhecimento geométrico identificado através da utilização da metodologia 101 foi possível criar as classes no Protégé. Essas classes são mostradas em uma hierarquia, apresentadas no "Navegador de Classes", do lado esquerdo do menu "Classes" (Classes Tab), conforme mostra a figura 18.

Para cada conceito presente na ontologia foram identificados slots que representam as suas propriedades. Por exemplo, para a classe "Ponto" foram identificados os *slots nome* e *coordenadas*. A figura 18 mostra os conceitos relevantes da OntoGeometria que serão utilizados pelo agente dica para auxiliar os alunos ao responder um item.

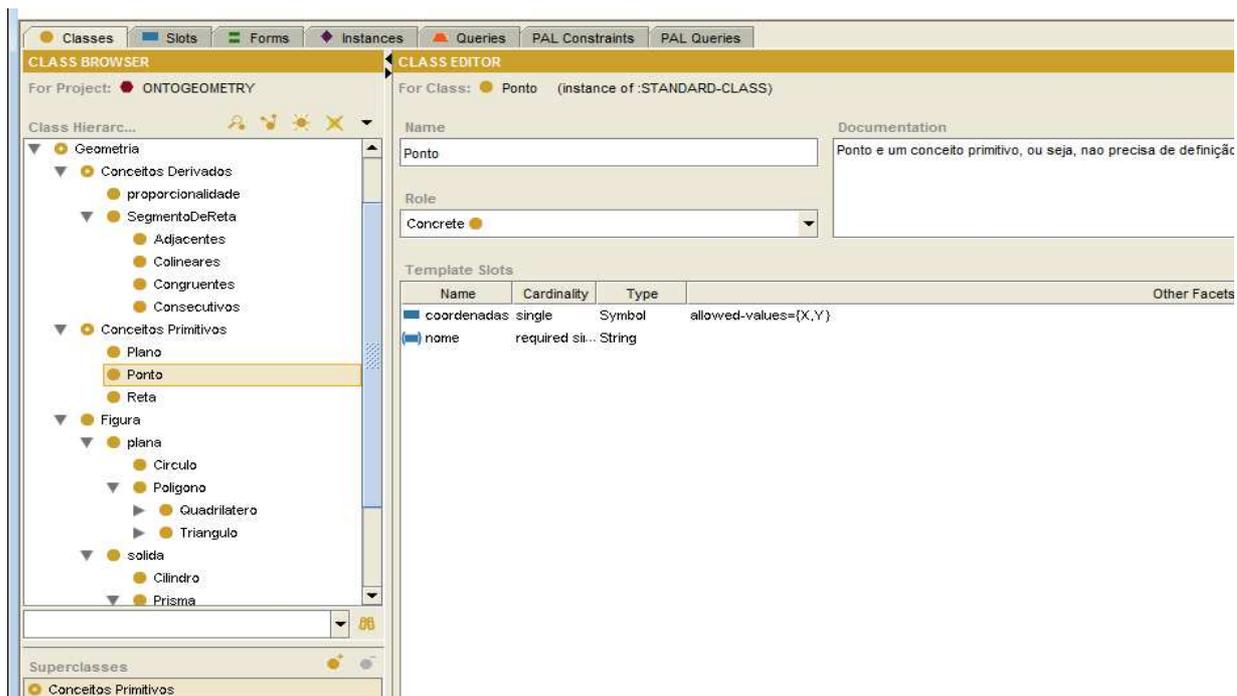


Figura 18. Classes da OntoGeometria no Protégé

Para cada conceito presente na ontologia foram identificados slots que representam as suas propriedades. Por exemplo, a classe Ponto foi identificado os slots nome e coordenadas.

5.3.4 Restrições da ontologia

Alguns conceitos matemáticos, para serem considerados verdadeiros, precisam atender algumas proposições. Na ontologia essas proposições são representadas como restrições sobre as classes dos conceitos da OntoGeometria. A linguagem utilizada para representar essas restrições neste trabalho é o PAL (Protégé Axiom Language), anteriormente discutido no capítulo 3 sobre ontologia.

Na Figura 19, temos um exemplo de uma restrição na OntoGeometria para o conceito de triângulo Isósceles. Esse conceito possui algumas propriedades (slots) tais como, lado “A”, lado “B” e lado “C”. Para um triângulo ser considerado isósceles tem que atender a seguinte proposição: dois de seus lados devem possuir a mesma medida e um medida diferente.

A restrição mostrada na figura 19 aplica a proposição do triângulo isósceles, assim ela valida todas as instâncias desse conceito verificando se os dois

lados são iguais e um é diferente. Na regra são testadas todas as possibilidades de um triângulo possuir dois lados iguais e um diferente.

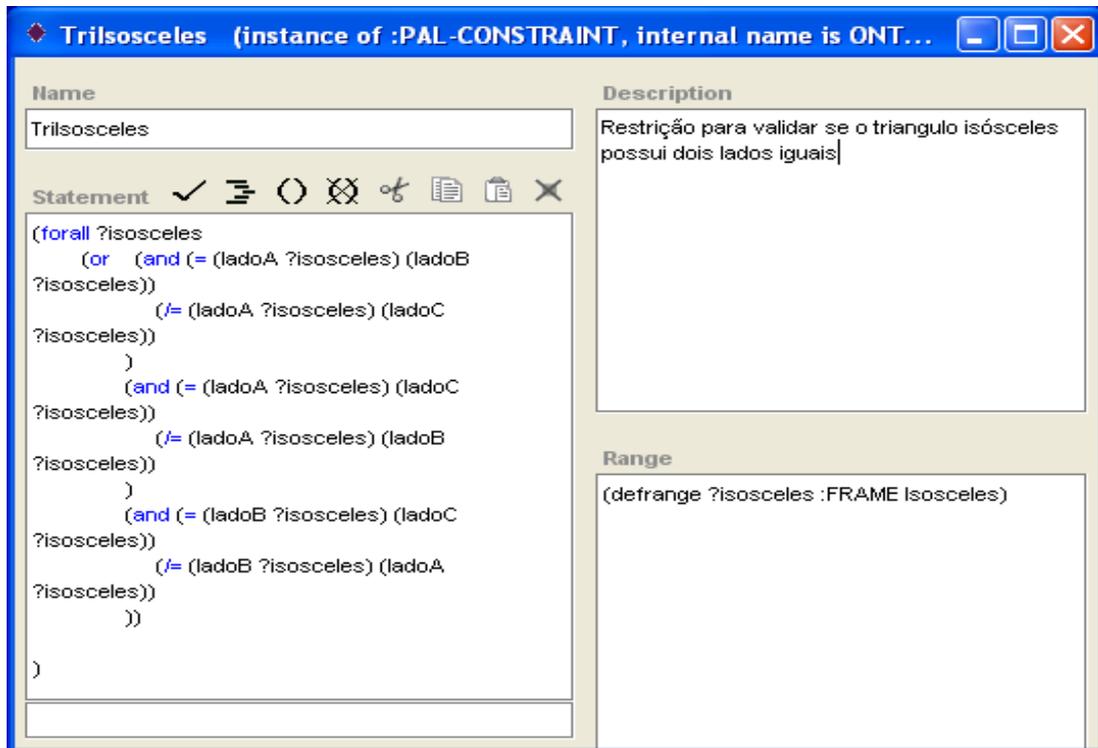


Figura 19. Restrição para Classe Triângulo Isósceles

As restrições apresentadas nesta seção e definidas na OntoGeometria tiveram por objetivo evitar e identificar inconsistências na mesma.

5.3.5 Instâncias de triângulo

Na figura 20 são ilustrados os triângulos X, Y e Z que são instâncias, respectivamente, do triângulo isósceles, escaleno e equilátero. Cada instância de triângulo recebeu um nome e os valores dos seus lados. As instanciações devem obedecer às restrições definidas durante a criação das classes, sendo assim, um triângulo equilátero, por exemplo, deverá ter os valores de lados iguais, caso contrário será exibido uma mensagem de erro informando que a instancia possui uma inconsistência.

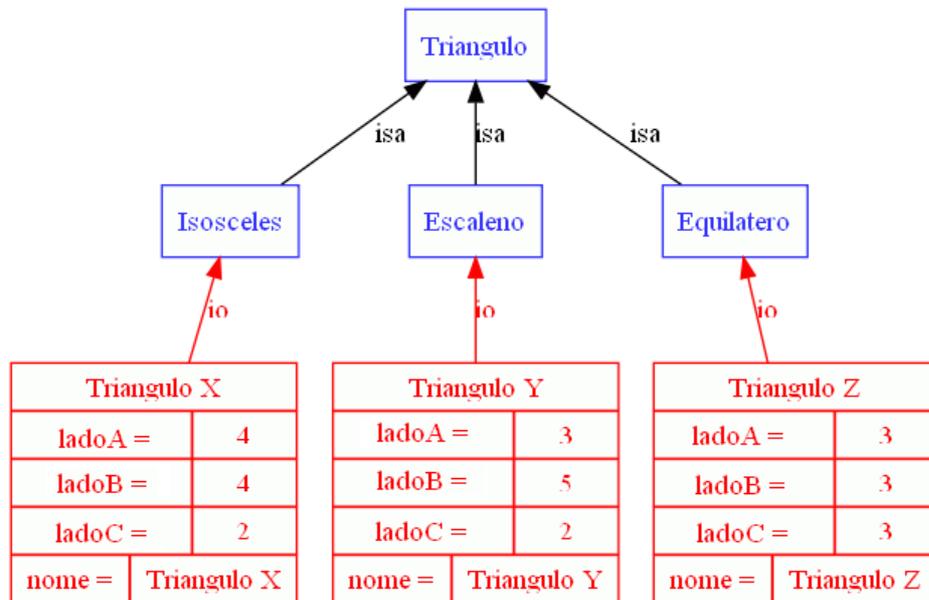


Figura 20. Instâncias dos Triângulos Isósceles, Escaleno e Equilátero

No exemplo da figura 20, o triângulo Z só foi instanciado corretamente ao preencher os lados com valores iguais (3,3,3).

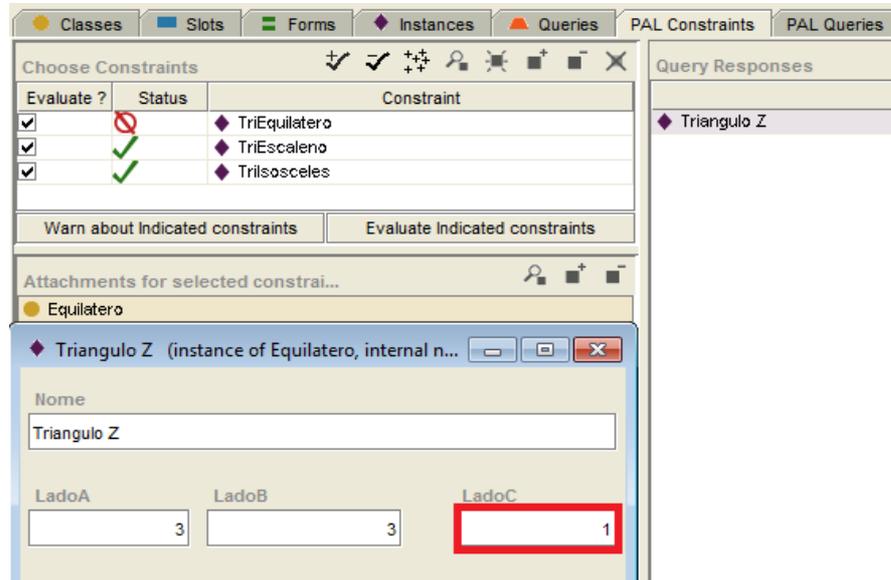


Figura 21. Exemplo de validação de instancias de triângulos

Se valores que violam as restrições forem preenchidos durante a instanciação como, por exemplo, os valores 3, 3, 1, será exibido um erro de quebra de restrição, conforme mostrado na figura 21.

5.4 Sociedade de agentes

O Ambiente Virtual de Avaliação do software Virtual-Taneb é baseado em uma arquitetura multiagentes que realizará o processo de acompanhamento do aluno e a realização da prova. Este ambiente é composto por 03 agentes de software do tipo reativo: agente monitor, agente dica e agente seletor.

Esses agentes de software realizam suas tarefas de forma colaborativa para alcançar o objetivo geral do sistema que é avaliar o rendimento do aluno. Esse objetivo é alcançado através da efetivação dos comportamentos dos agentes.

Utiliza-se o Framework JADE para o desenvolvimento dos agentes de software monitor e dica porque a plataforma fornece bibliotecas prontas, o ambiente de execução e ferramentas gráficas para gerenciamento da plataforma e conformidade com o padrão FIPA (FIPA 2006), facilitando, assim, o desenvolvimento desses agentes. O agente seletor, cuja função é fornecer questões de acordo com o nível do conhecimento do aluno não foi implementado nesta versão do Virtual-TANEB, sendo objeto de trabalho futuro.

Modelagem da sociedade de agentes

Para a especificação da sociedade multiagentes foi utilizado a metodologia TROPOS [16]. Esta nos permite definir os agentes da sociedade, suas metas, tarefas e recursos.

A Figura 22 exemplifica um modelo de dependência estratégica (SD) para o sistema Virtual-TANEB na fase requisitos Iniciais. Esta figura mostra quatro atores (agentes): "Gateway", "Monitor", "Seletor" e "Dica" que dependem uns dos outros para obter seus objetivos, executar suas tarefas e prover os recursos. Cada ator tem dependências entre si, representados pelas conexões entre eles.

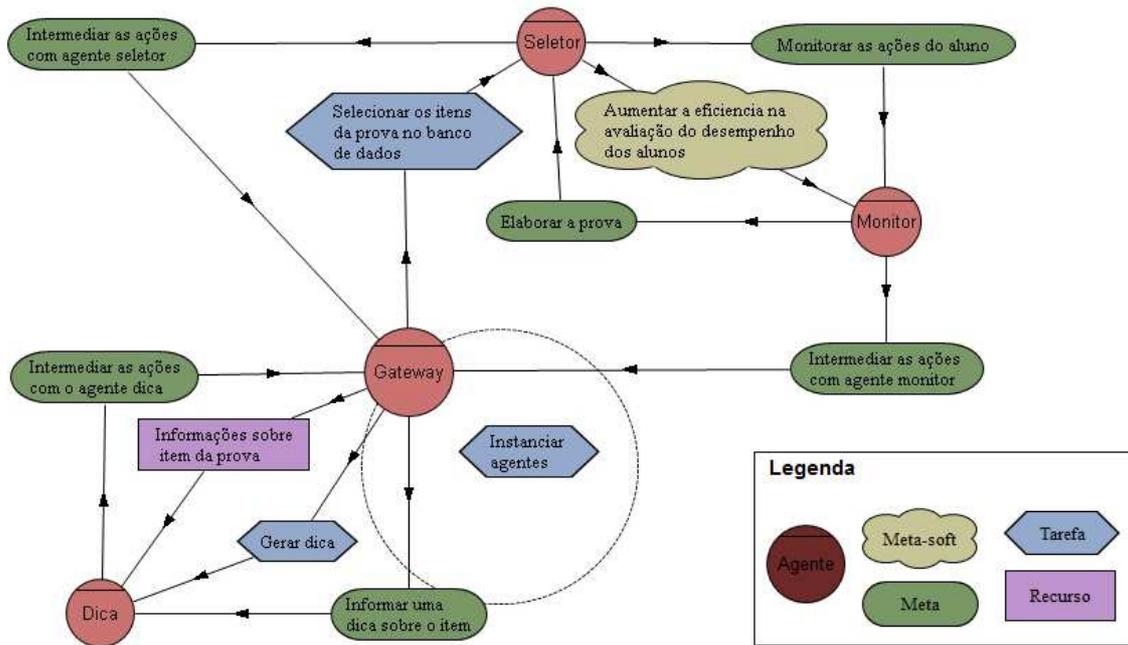


Figura 22. Modelo de Dependência Estratégica

A Figura 23 mostra um fragmento de um modelo de raciocínio estratégico para o ator monitor. O agente “Monitor” tem como meta “Monitorar as ações do aluno” e também deve satisfazer uma meta-soft de “Aumentar a eficiência na avaliação do desempenho do aluno”. Para fazer isto ele realiza a tarefa “Capturar as interações do aluno com o sistema” que se divide em duas subtarefas que são “Gerar informações sobre o aluno para a base de dados” e “Informar ao agente seletor o aluno que está se saindo melhor”, contribuem para o gerenciamento eficiente. Para realização dessas tarefas é necessário a utilização do recurso “informações sobre o aluno”.

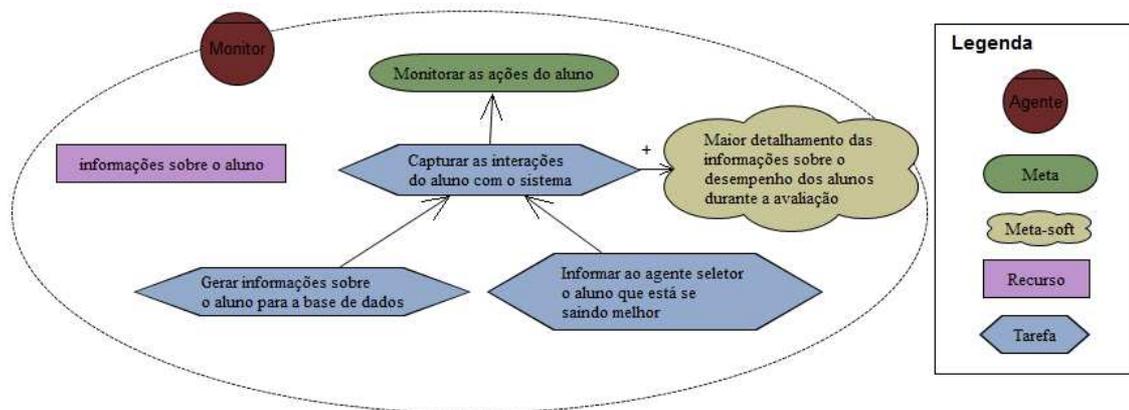


Figura 23. Modelo de Raciocínio Estratégico do agente monitor

Na Figura 24 mostra um fragmento de um modelo de raciocínio estratégico para o agente dica. O agente dica tem como meta “Informar uma dica sobre um item” e também deve satisfazer uma meta-soft de “Auxiliar o aluno na resolução da prova”. Para fazer isto ele pode realizar a tarefa “gerar dica” que precisará realizar uma subtarefa “Consultar a OntoGeometria”. Para realização dessas tarefas é necessário fazer uso do recurso “informações sobre o item da prova”.

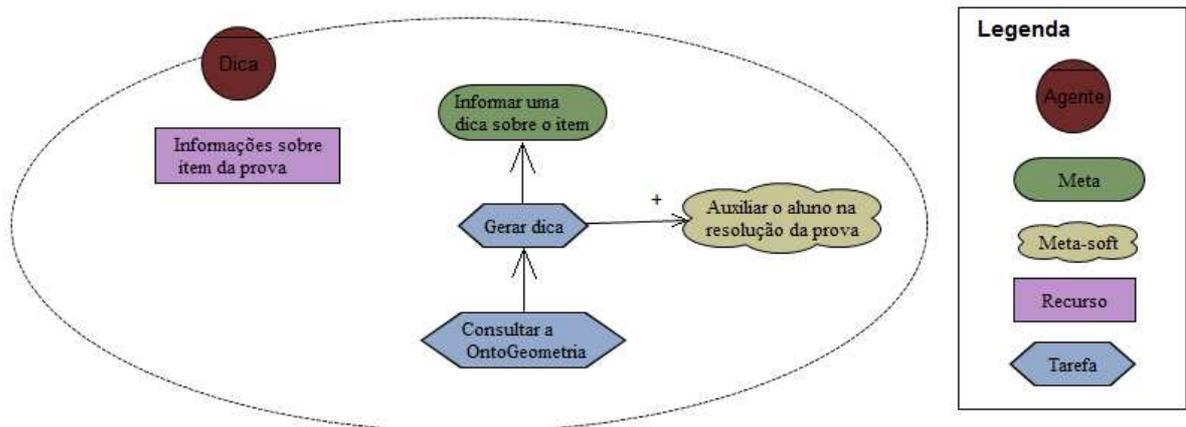


Figura 24. Modelo de Raciocínio Estratégico do agente dica

5.5 Representação Gráfica do Ambiente Virtual de Avaliação

Nesta seção, propõem-se a utilização de um ambiente gráfico para a realização das provas de forma amigável, cujo foco se concentra na interatividade do aluno com a ferramenta, tendo em consideração diversos elementos humanísticos tais como suas emoções, interesses e curiosidades para a execução dos testes.

A figura 25 mostra a tela de acesso ao ambiente da prova do Virtual-TANEB, que o aluno acessará através da Internet. Este ambiente possibilitará ao aluno escolher um tema personalizado, entre eles a interação com os personagens “Joaninha” ou o “Pedrinho” para resolver questões de geometria de uma forma mais amigável.



Figura 25. Tela de acesso a prova do Virtual-TANEB

Durante a realização do teste o aluno poderá pedir ajuda ao agente Dica por meio da interação com o personagem (Joaninha ou Pedrinho) animado do software. O agente de software funcionará como se fosse um assistente em sala de aula e irá auxiliar o aluno a responder o item (questão) do teste quanto à explicação dos elementos que pertencem à pergunta sem induzi-lo a resposta correta.

O aluno terá um tempo previsto e calculado para fazer o Teste. O aluno, ao responder todas as questões finalizará a prova através do botão “Finalizar” ou o próprio sistema encerrará automaticamente a prova (caso o aluno exceda o tempo previsto para fazer a prova), tendo um aviso prévio dessas ações na tela do software.

Após a realização do teste é gerado o resultado do rendimento do aluno, contendo a quantidade de questões certas, erradas e não respondidas, bem como o tempo gasto em cada questão, a quantidade de dicas utilizadas pelo aluno,

habilidades desenvolvidas e não desenvolvidas. As habilidades desenvolvidas e não desenvolvidas são os descritores definidos pela matriz de referência do SAEB. Quando todos os alunos finalizarem o teste, o conjunto de resultados individuais são disponibilizados ao módulo III para serem tratados.

5.6 Considerações Finais

Este trabalho apresentou o módulo de avaliação do Virtual-TANEB, mostrando sua arquitetura, a OntoGeometria, a modelagem da sociedade de agentes e a representação gráfica deste módulo.

6 TESTES E RESULTADOS DA PROVA VIRTUAL-TANEB

Neste capítulo apresentam-se resultados alcançados com a avaliação in loco do módulo Ambiente Virtual de Avaliação aos alunos do quinto ano do Ensino Fundamental da escola municipal São José de Itapera, localizada em São Luis - MA.

Nesta escola foram selecionados dois grupos de 16 alunos. O primeiro grupo realizou uma prova tradicional com 05 questões sobre conhecimento de geometria extraídas do SAEB. O segundo grupo respondeu as mesmas questões no software Virtual-TANEB.

6.1. Questões da Prova

A compreensão do espaço com suas dimensões e formas de constituição é um elemento necessário para formação do aluno na fase inicial de estudos de geometria. Os conceitos geométricos constituem parte importante do currículo de Matemática e, por meio deles, o aluno desenvolve um tipo especial de pensamento que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada e concisa, o mundo em que vive (BRASIL, 2009).

O aluno do 5º ano do Ensino Fundamental deve ser capaz de perceber as dimensões de comprimento, largura e altura do espaço em que está inserido. O discente deverá ainda observar as relações existentes entre os objetos, localização e deslocamento destes objetos no espaço.

Os itens abaixo apresentam as questões utilizadas no SAEB e na Prova Brasil. Cada questão está associada a um descritor, que por sua vez indica uma habilidade. Neste trabalho utilizam-se apenas itens referentes ao Tema I – Espaço e Forma.

A figura 26 mostra uma questão que está associada ao **descritor 1** - *Identificar a localização/movimentação de objeto, em mapas, croquis e outras representações gráficas.*

As habilidades que podem ser avaliadas por este descritor referem-se ao reconhecimento, pelo aluno, da localização e movimentação de uma pessoa ou objeto no espaço, sob diferentes pontos de vista (BRASIL, 2009).

A figura abaixo mostra um teatro onde as cadeiras da plateia são numeradas de 1 a 25.

plateia

21	22	23	24	25
16	17	18	19	20
11	12	13	14	15
6	7	8	9	10
1	2	3	4	5

Palco

Mara recebeu um ingresso de presente que dizia o seguinte:

Sua cadeira está localizada exatamente no centro da plateia.

Qual é a cadeira de Mara?

(A) 12
(B) 13
(C) 22
(D) 23

Figura 26. Representação do item ao descritor 1

A figura 27 mostra uma questão que está associada ao **descritor 2** - *Identificar propriedades comuns e diferenças entre poliedros e corpos redondos, relacionando figuras tridimensionais com suas planificações.*

Por meio deste descritor, pode-se avaliar a habilidade de o aluno diferenciar um sólido com faces, arestas e vértices (poliedro) de corpos redondos (cilindro, cone e esfera) pelas suas características. Essa distinção é feita a partir da visualização dos objetos que os representam, com base no reconhecimento de cada componente (faces, arestas, vértices, ângulos) tanto de poliedros quanto dos corpos redondos, considerando-se também a forma planificada dos respectivos sólidos (BRASIL, 2009).

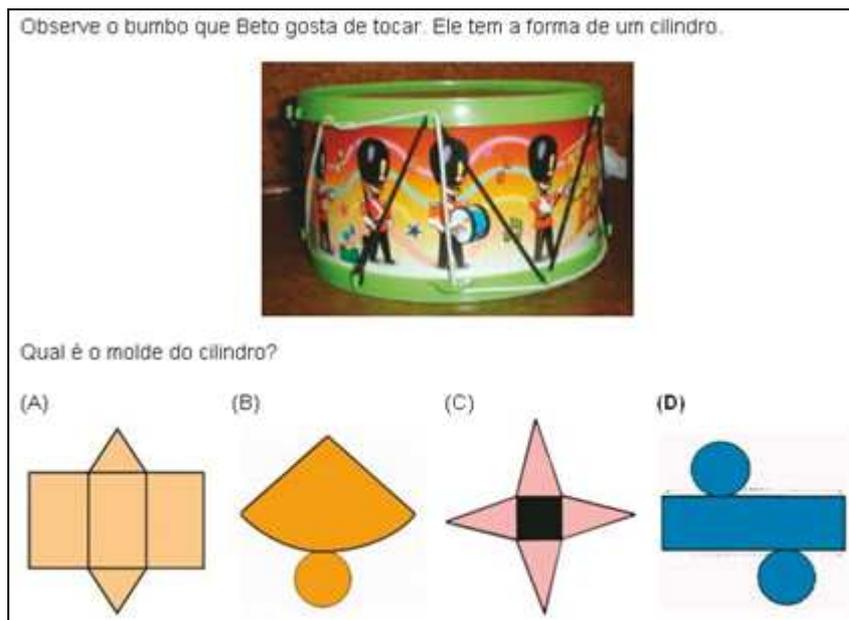


Figura 27. Representação do item ao descritor 2

A figura 28 mostra uma questão que está associada ao **descritor 3** - *Identificar propriedades comuns e diferenças entre figuras bidimensionais pelo número de lados e pelos tipos de ângulos.*

A habilidade de o aluno reconhecer polígonos, classificando-os pelo número de lados. Além disso, o aluno deve identificar polígonos regulares pelas suas propriedades e classificar triângulos quanto aos lados e aos ângulos (BRASIL, 2009).

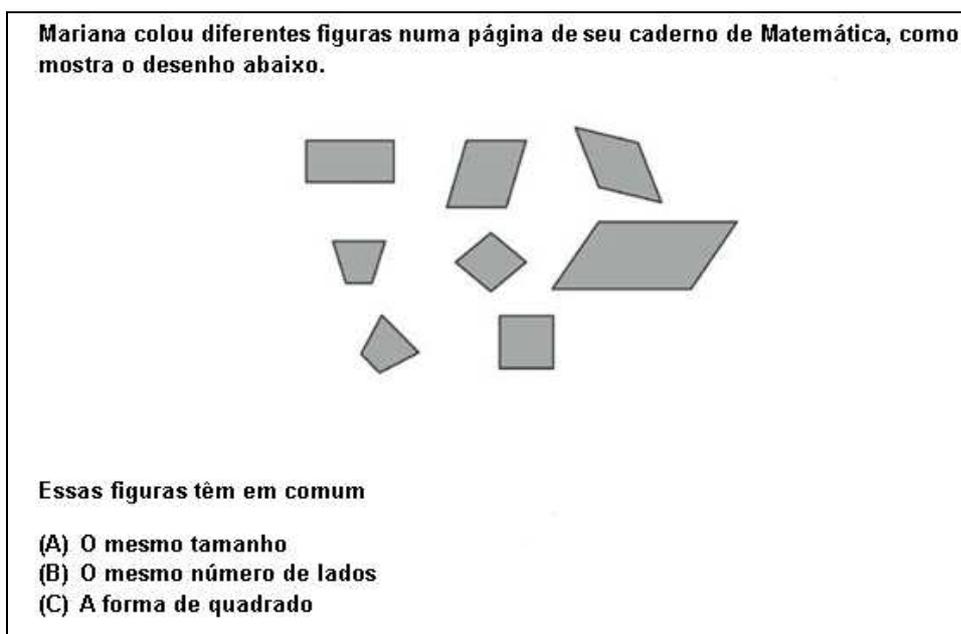


Figura 28. Representação do item ao descritor 3

A figura 29 mostra uma questão que está associada ao **descritor 4** - *Identificar quadriláteros observando as posições relativas entre seus lados (paralelos, concorrentes, perpendiculares).*

Por meio deste descritor, pode-se avaliar a habilidade de o aluno perceber conceitualmente as diferenças entre os quadriláteros. Por meio de figuras, ele deve ser capaz de reconhecer as características próprias dos quadriláteros principais: trapézios, paralelogramos, losangos, retângulos e quadrados (BRASIL, 2009).

Chegando a uma cidade, Fabiano visitou a igreja local. De lá, ele se dirigiu à pracinha, visitando em seguida o museu e o teatro, retornando finalmente para a igreja. Ao fazer o mapa do seu percurso, Fabiano descobriu que formava um quadrilátero com dois lados paralelos e quatro ângulos diferentes.

O quadrilátero que representa o percurso de Fabiano é um

- (A) quadrado.
- (B) losango.
- (C) trapézio.
- (D) retângulo.

Figura 29. Representação do item ao descritor 4

A figura 30 mostra uma questão que está associada ao **descritor 5** - *Reconhecer a conservação ou modificação de medidas dos lados, do perímetro, da área em ampliação e/ou redução de figuras poligonais usando malhas quadriculadas.*

Por meio desse descritor, pode-se avaliar a habilidade de o aluno reconhecer a manutenção ou a alteração do perímetro e da área de um polígono em

ampliações ou reduções da figura, com o apoio de malhas quadriculadas (BRASIL, 2009).

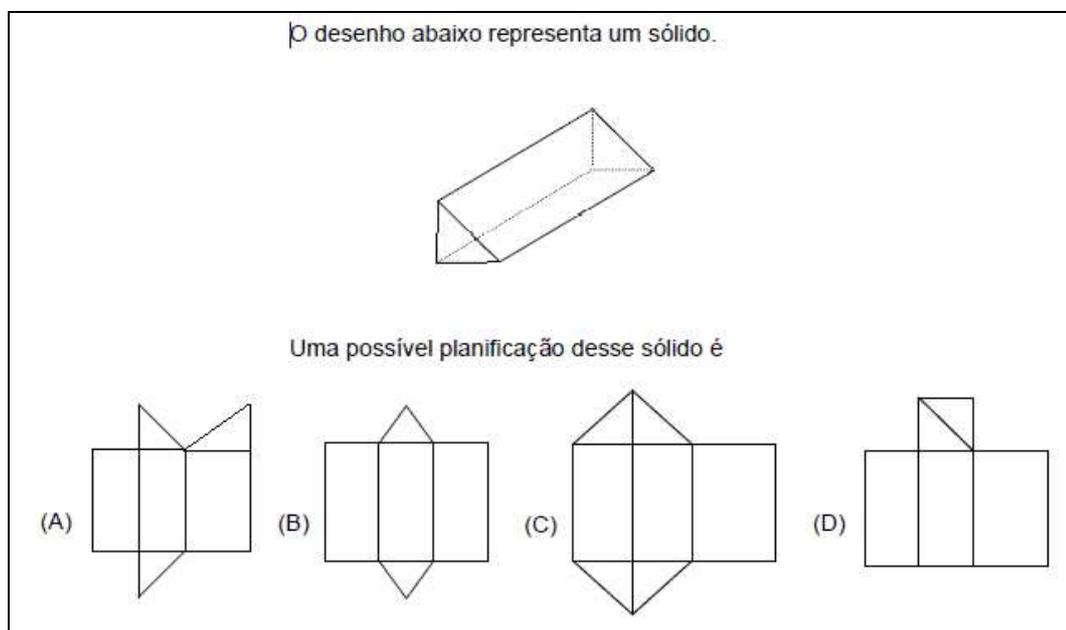


Figura 30. Representação do item ao descritor 5

Nas seções seguintes são apresentados detalhes da prova tradicional e da realizada no Virtual-TANEB. Ao final do capítulo apresentaremos uma análise dos testes realizados, suas principais diferenças.

6.2. Realização da Prova Tradicional

Na prova tradicional o professor entregou o teste impresso contendo as questões apresentadas na seção anterior, tendo feito a leitura deste e explicando as questões para facilitar a interpretação das mesmas pelos alunos. A explicação foi necessária, por se tratar de alunos do quinto ano, que ainda possuem algumas dificuldades em interpretar alguns termos matemáticos e lingüísticos. Todos os alunos começaram a prova no mesmo horário e tiveram o mesmo tempo para concluí-la.

6.3. Realização da Prova no Virtual-TANEB

Na realização da prova utilizando o software Virtual-TANEB o primeiro passo foi fornecer explicações do uso do software, como acessar o sistema, responder questões, como solicitar ajuda através do personagem dica, entre outros. Não foram dadas explicações sobre a prova em si, uma vez que o agente de software dica tem esse objetivo.

O tempo de realização da prova foi contado de forma individual com tempo máximo de 30 minutos, sendo registrado o tempo gasto com cada questão e dicas utilizadas pelo aluno.

A prova é finalizada pelo aluno ou quando termina o prazo estabelecido para sua conclusão, no nosso caso, 30 minutos.

A seguir são apresentadas as dicas das questões aplicadas pelo software aos alunos. Note que as dicas não induzem a resposta correta ao aluno, mas apenas esclarece os conceitos para o entendimento de cada questão (item).

Para a figura 31 o agente de software dica apresentou como dica o conceito de centro de uma figura geométrica, conforme ilustrado na figura 32.

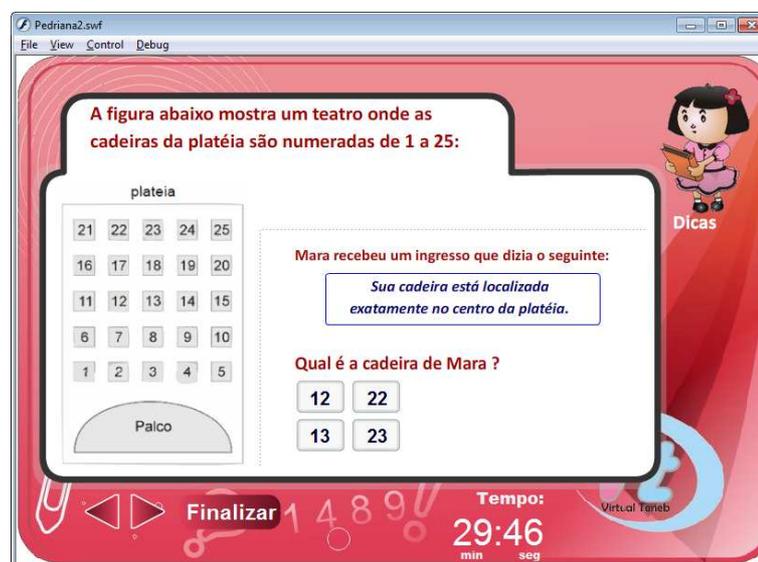


Figura 31. Item 01 da Prova do Virtual-TANEB

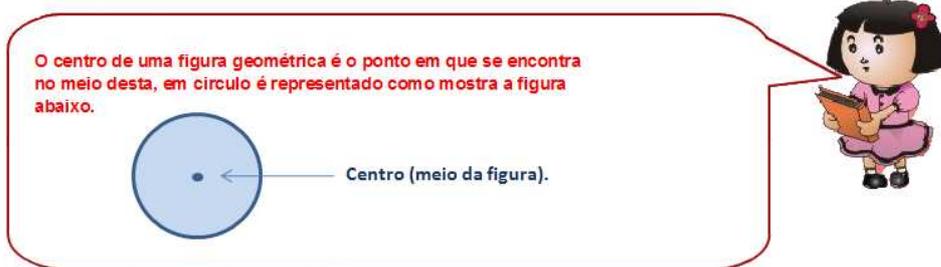


Figura 32. Dica do item 01

Já na figura 33, o agente dica apresentou como dica o conceito de um cilindro mostrado na figura 34.

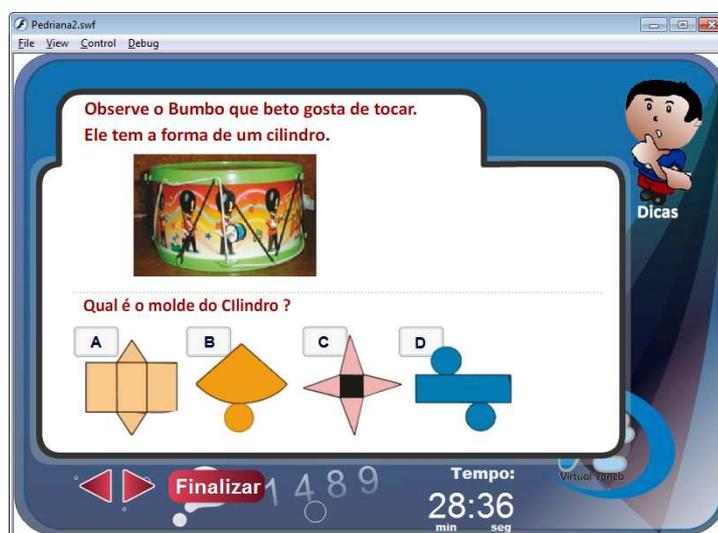


Figura 33. Item 02 da Prova do Virtual-TANEB

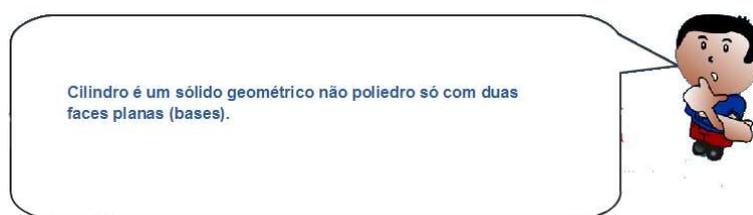


Figura 34. Dica do item 02

Para o item das figuras 35 e 36 o agente dica apresentou como dica o conceito de quadrilátero, conforme ilustrado na figura 37.

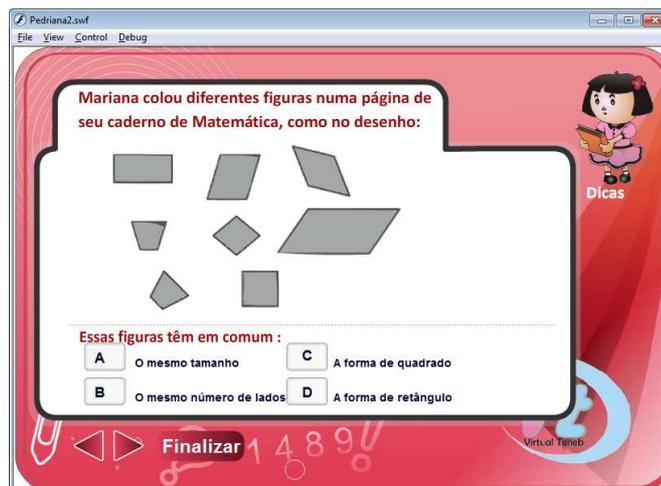


Figura 35. Item 03 da Prova do Virtual-TANEB

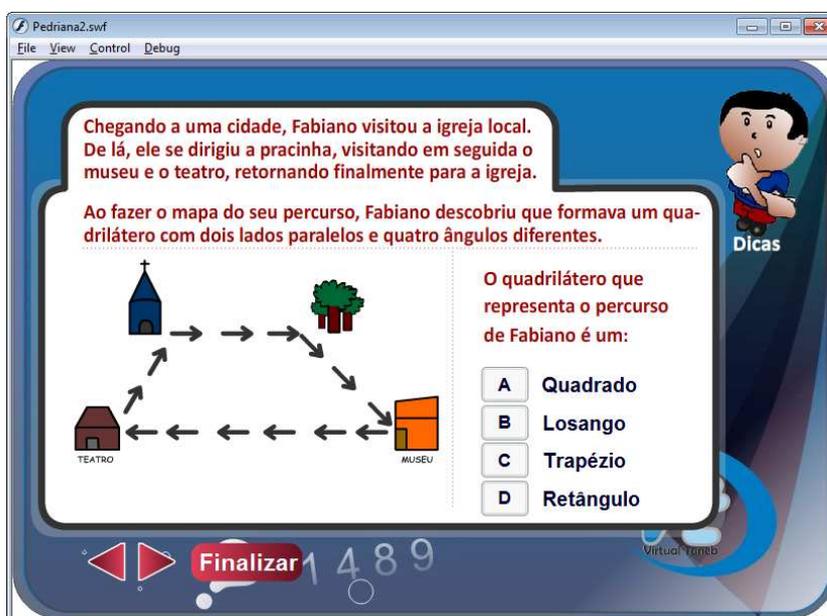


Figura 36. Item 04 da Prova do Virtual-TANEB

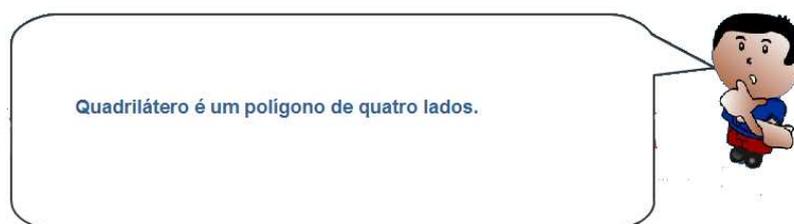


Figura 37. Dica do item 03 e 04

Já na figura 38 o agente dica apresentou como dica o conceito de planificação, conforme ilustra a figura 39.

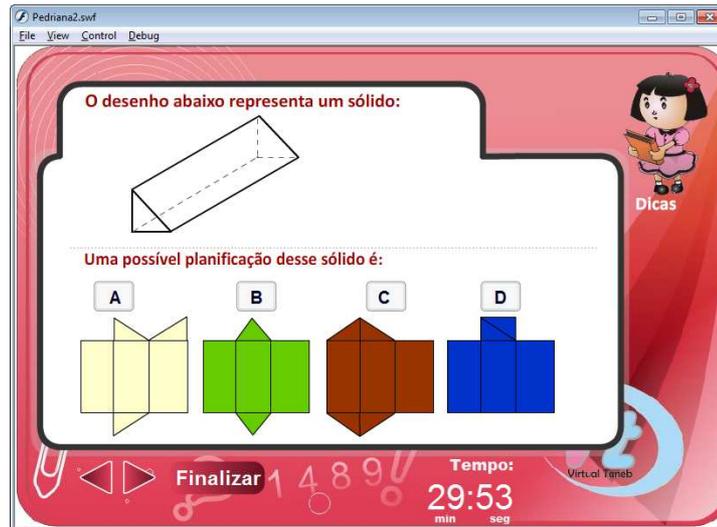


Figura 38. Item 05 da Prova do Virtual-TANEB

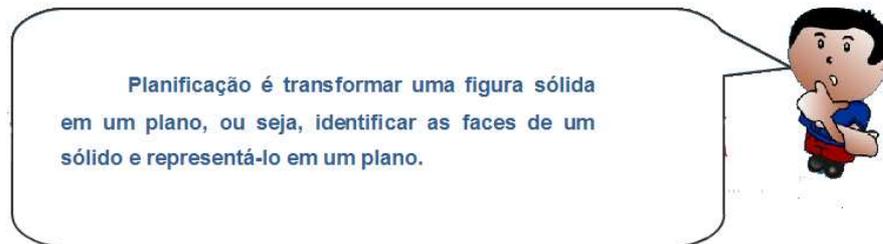


Figura 39. Dica do item 05

Após a realização do teste, o software gera automaticamente o resultado de desempenho individual de forma detalhada, como mostra um exemplo na figura 40. Para visualizar as habilidades desenvolvidas e não desenvolvidas basta passar o mouse sobre o termo.

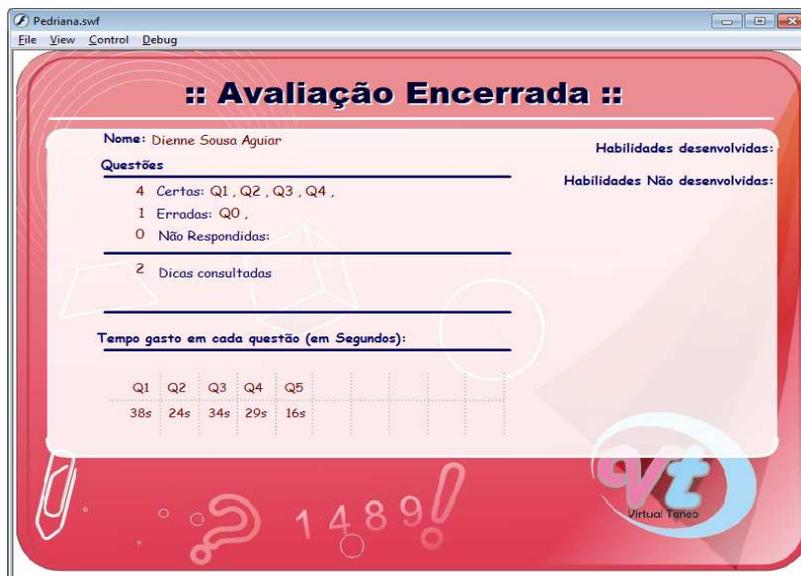


Figura 40. Resultado do Teste aplicado a um aluno

Além da forma gráfica, mostrada na figura 40, o resultado de desempenho do aluno também é gerado em um arquivo XML (DUARTE e JUNIOR, 2010). Este arquivo permite a importação dos dados em aplicativos como o Excel.

Na próxima seção apresenta-se um comparativo entre a prova tradicional e a prova do Virtual-TANEB, mostrando suas principais diferenças.

6.4. Comparativo entre a prova tradicional e no Software Virtual-TANEB

A seguir são apresentados o quantitativo de questões certas e erradas do grupo de alunos avaliados tanto na prova tradicional como no Virtual-TANEB em cada questão.

Na figura 41 é apresentado o rendimento dos alunos no item 01. A partir do gráfico abaixo pode-se perceber que 56% dos alunos que utilizaram o software e 31% dos alunos que fizeram a prova tradicional conseguem Identificar a localização/movimentação de objeto, em mapas, croquis e outras representações. Os demais alunos não desenvolveram ou estão em processo de construção dessas habilidades.

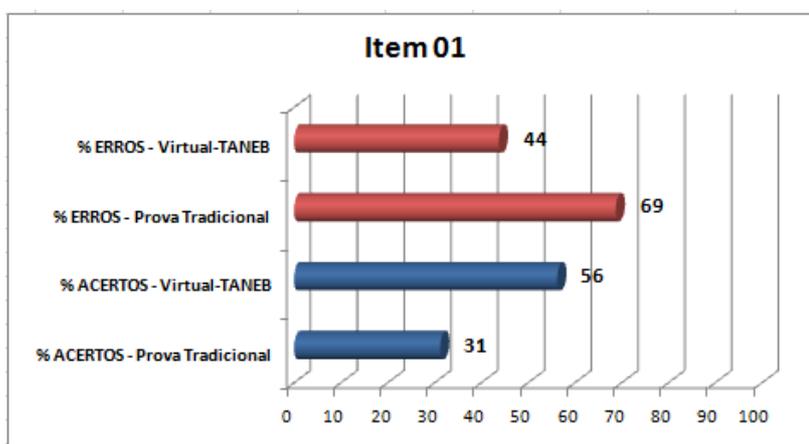


Figura 41. Rendimento dos alunos na questão 01

Na figura 42 é apresentado o rendimento dos alunos no item 02. A partir do gráfico pode-se perceber que 69% dos alunos que utilizaram o software e 56% dos alunos que fizeram a prova tradicional conseguem Identificar propriedades comuns e diferenças entre poliedros e corpos redondos, relacionando figuras tridimensionais com suas planificações. Os demais alunos não desenvolveram ou

estão em processo de construção dessas habilidades. Vale ressaltar que neste gráfico não é apresentada a porcentagem de alunos que não responderam o item 02 na prova tradicional.

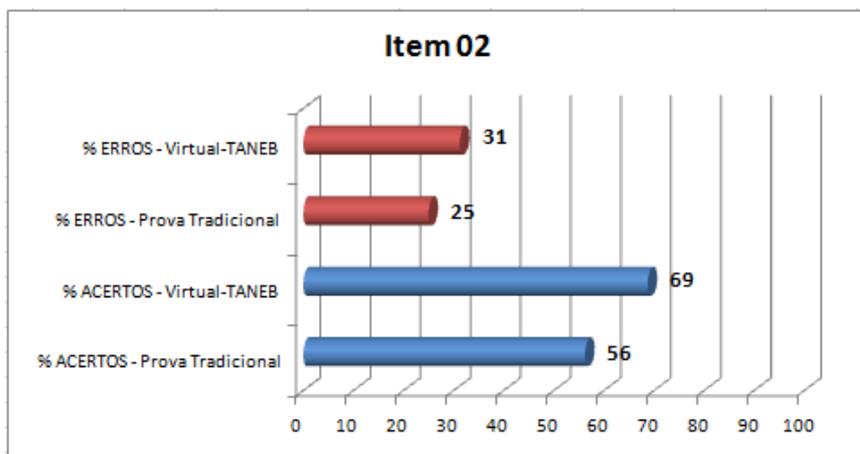


Figura 42. Rendimento dos alunos na item 02

Na figura 43 é apresentado o rendimento dos alunos do item 03. A partir do gráfico pode-se perceber que 88% dos alunos que utilizaram o software e 50% dos alunos que fizeram a prova tradicional conseguem Identificar quadriláteros observando as posições relativas entre seus lados (paralelos, concorrentes, perpendiculares). Os demais alunos não desenvolveram ou estão em processo de construção dessas habilidades. Vale ressaltar que neste gráfico não é apresentada a porcentagem de alunos que não responderam o item 03 na prova tradicional.

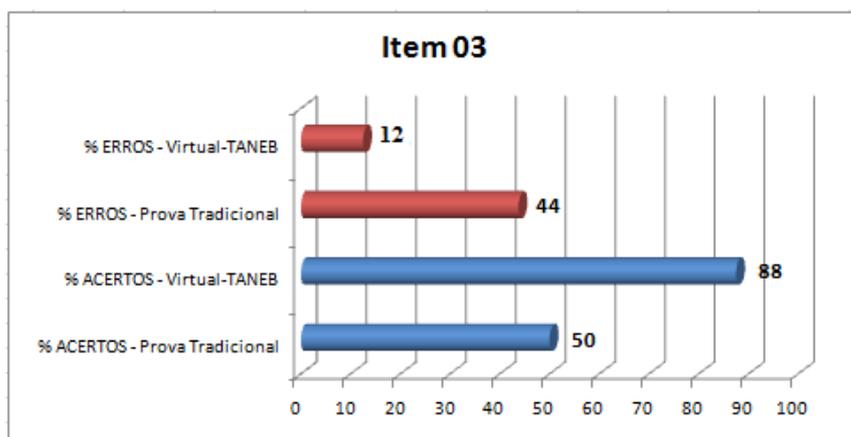


Figura 43. Rendimento dos alunos na questão 03

Na figura 44 é apresentado o rendimento dos alunos do item 04. A partir do gráfico pode-se perceber que 44% dos alunos que utilizaram o software e 25% dos alunos que fizeram a prova tradicional conseguem Identificar quadriláteros

observando as posições relativas entre seus lados (paralelos, concorrentes, perpendiculares). Os demais alunos não desenvolveram ou estão em processo de construção dessas habilidades. Vale ressaltar que neste gráfico não é apresentada a porcentagem de alunos que não responderam o item 02 na prova tradicional.

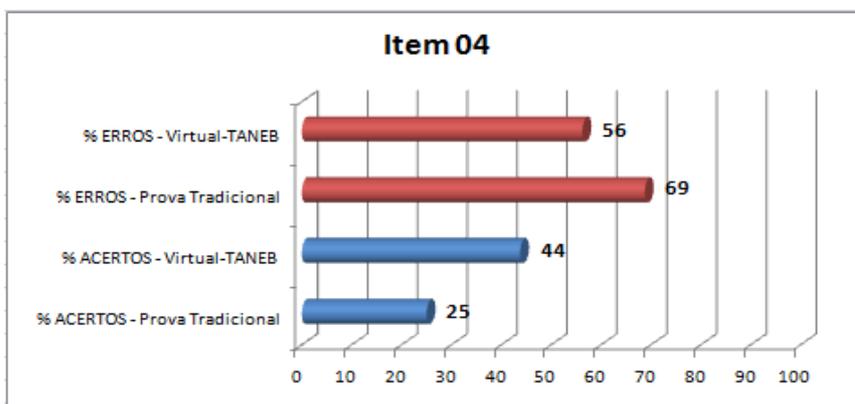


Figura 44. Rendimento dos alunos na questão 04

Na figura 45 é apresentado o rendimento dos alunos do item 05. A partir do gráfico pode-se perceber que 75% dos alunos que utilizaram o software e 56% dos alunos que fizeram a prova tradicional conseguem reconhecer a conservação ou modificação de medidas dos lados, do perímetro, da área em ampliação e/ou redução de figuras poligonais usando malhas quadriculadas. Os demais alunos não desenvolveram ou estão em processo de construção dessas habilidades. Vale ressaltar que neste gráfico não é apresentada a porcentagem de alunos que não responderam o item 02 na prova tradicional.

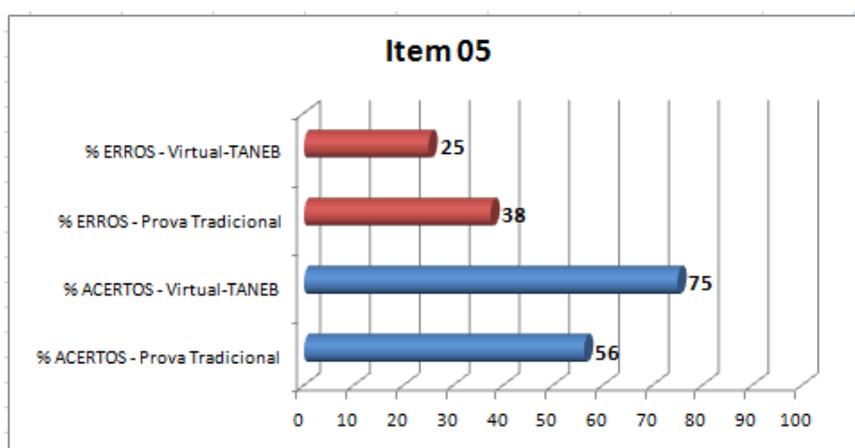


Figura 45. Rendimento dos alunos na questão 05

Com a realização das provas de forma manual e eletrônica do Virtual-TANEB, pode-se perceber algumas diferenças entre as mesmas, tais como:

- Na prova tradicional requer um tempo adicional para os professores corrigirem a mesma;
- Percebeu-se que houve um interesse maior por parte dos alunos em resolver a prova utilizando o software. Além disso, o nível de concentração também se mostrou maior;
- Na prova tradicional, o professor explicou todos os itens ao grupo de alunos. Sendo que no software, somente os que sentiram necessidade de explicação recorreram à dica;
- Na prova tradicional, observaram-se detalhes excessivos durante a explicação dada pelo professor, em alguns itens induzindo o aluno a resposta correta;
- O software permite aferir o tempo gasto em cada questão e o tempo total de realização da prova de cada aluno, enquanto que na tradicional o tempo é contabilizado para todos os alunos, com início e término pré-determinado.

6.5. Considerações Finais

Este capítulo apresentou a aplicação do módulo virtual de avaliação do software Virtual-TANEB. Foram extraídas questões da prova SAEB e aplicadas a alunos do 5º ano do ensino fundamental. As questões foram aplicadas de forma tradicional e eletrônica utilizando o Virtual-TANEB. A partir da aplicação das questões, percebeu-se vantagens da utilização do software em relação a aplicação da prova de forma tradicional.

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o Ambiente Virtual de Avaliação do software Virtual-TANEB que permite a aplicação do processo de avaliação do SAEB relativo ao conteúdo de geometria da quarta série do ensino fundamental. Foi discutida a função e a importância do processo SAEB para a avaliação da educação básica brasileira. Conceitos essenciais de ontologias e de sistemas multiagentes, base para o desenvolvimento do módulo de avaliação, também foram discutidos. Por fim, foi apresentado o resultado da realização de uma prova com questões do SAEB, utilizando o módulo de avaliação do Virtual-TANEB. Essa prova foi aplicada a alunos do 5º ano do ensino fundamental, concomitantemente com sua realização na forma tradicional, possibilitando a identificação das principais diferenças entre as duas formas de avaliação.

7.1 Principais Contribuições

O software aqui apresentado traz diversas contribuições para a aplicação das provas do SAEB. As principais contribuições são listadas abaixo:

- Automatização do processo de realização da prova do SAEB;
- Interatividade e atratividade aos alunos através da utilização de personagens animados e sons;
- Redução de custos, uma vez que não são utilizados materiais impressos;
- Agilidade na correção, uma vez que no software a correção é automática ao final do teste, evitando assim custos com avaliadores;
- Geração de gráficos e planilhas de forma facilitadas através dos resultados gerados pelo software.
- Fornecimento de dicas aos alunos para esclarecer os conceitos que os mesmos possuem dificuldades. As dicas são representadas obedecendo uma especificação de ontologia;

- Registro do tempo gasto em cada questão e da quantidade de dicas utilizadas pelos alunos, possibilitando uma melhor análise do rendimento do aluno;
- Desenvolvimento do agente monitor para monitoramento das ações dos alunos durante a aplicação do teste;
- Desenvolvimento do agente dica para auxiliar o aluno no entendimento das questões;
- Criação da ontologia OntoGeometria contendo os principais conceitos geométricos;
- Elaboração de dicas para os itens da prova utilizando como base a OntoGeometria e disponibilização das mesmas no ambiente virtual.

7.2 Trabalhos Futuros

A partir do desenvolvimento do módulo virtual de avaliação do software Virtual-TANEB e da aplicação dos testes com alunos do 5º ano do ensino fundamental, percebeu-se a necessidade da realização dos seguintes trabalhos:

- Realização de novos testes com uma amostragem maior de alunos e com maior número de questões, o que permitirá uma análise mais aprofundada do módulo de avaliação virtual do Virtual-TANEB e fornecerá subsídios para sua melhoria;
- Geração automática de gráficos e planilhas que permitam a análise do resultado dos testes;
- Integração do módulo de avaliação virtual aos demais módulos do software Virtual-TANEB;
- Extensão da OntoGeometria para abranger o conteúdo de outras séries da disciplina de matemática;
- Criação de ontologias com o conteúdo de outras disciplinas;
- Desenvolvimento do agente seletor para adaptar as questões da prova do SAEB ao nível de conhecimento do aluno;

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. F., TAVARES, H. R. e VALLE, R. C. (2000) “Teoria da Resposta ao Item: Conceitos e Aplicações”. In SINAPE, São Paulo – SP
- ARAÚJO e Luzio, Carlos Henrique, Nildo. (2005) “Avaliação da Educação Básica em busca da qualidade e equidade no Brasil”. Acessado em 24/11/2009, link <http://www.inep.gov.br/basica/saeb/default.asp>.
- BAKER, Frank (2001). Os Fundamentos da Teoria de Resposta ao Item. ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, University of Maryland, College Park, MD.
- BELLIFEMINE, F., CAIRE, G., GREENWOOD, D. Developing Multi-Agent Systems with JADE, Wiley Series in Agent Technology, 2007.
- BERNON, C., GLEIZES, M-P., PEYRUQUEOU, S., & PICARD, G. ADELFE, a methodology for adaptive multi-agent systems engineering. In P. Petta, R. Tolksdorf, & F. Zambonelli (Eds.), Third International Workshop “Engineering Societies in the Agents World” (ESAW), LNAI 2577 pp. 156-169. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
- BERTOLINI, D., NOVIKAU A., SUSI, A., PERINI A.: Taom4e: an Eclipse ready tool for Agent-Oriented Modeling. Issue on the development process, Trento-Povo, Italy
- BRASIL, Ministério da Educação. (2009) “PDE: Plano de Desenvolvimento da Educação: SAEB: ensino médio: matrizes de referência, tópicos e descritores”. Brasília: MEC, SEB; Inep, http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/saeb_matriz.pdf.
- BRASIL, Ministério da Educação. (2007) “Primeiros Resultados: Médias de Desempenho do SAEB/2005 em Perspectiva Comparada”, http://www.inep.gov.br/download/saeb/2005/SAEB1995_2005.pdf, Fevereiro.
- BRASIL, Ministério da Educação. (2004) “Resultados do Saeb 2003”, <http://www.inep.gov.br/download/saeb/2004/resultados/Brasil.pdf>, Junho.
- BRASIL, Ministério da Educação. (2003) “Guia para Elaboração de Itens de Matemática”, http://ensino.univates.br/~chaet/Materiais/guia_matematica.pdf, Novembro.
- BRASIL, Ministério da Educação. (2002) “Saeb 2001 Novas Perspectivas”, http://www.inep.gov.br/download/saeb/2001/miolo_novas_perspectivas2001.pdf, Abril.
- BRASIL, Ministério da Educação. (1996) “Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional”, <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>, Dezembro.

BRESCIANI, P. GIORGINI, P. Giunchiglia, F., Mylopoulos, J., Perini, A. TROPOS: An Agent-Oriented Software Development Methodology. In Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems. May 2004. Kluwer Academic Publishers.

CASTRO, P. J. P.; LABIDI, S.; COSTA, N. S., NETO, P. B.. Aplicação da Teoria da Resposta ao Item e dos critérios de avaliação do SAEB para avaliação do desempenho dos alunos da 4ª série do Ensino Fundamental na disciplina matemática no conteúdo da geometria no Software Proposto Virtual-TANEB, XI Conferência Internacional de Educação em Engenharia e Tecnologia - INTERTECH'2010, a ser publicado, Bahia, de 07 a 10 de março de 2010.

CONSTITUIÇÃO. CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 01/02/2010.

COSENTINO, M., POTTS, C. PASSI: a process for specifying and implementing multi-agent systems using UML, 2002.

DUARTE, O. C. M. B.; JUNIOR, M. B. F. Universidade Federal do Rio de Janeiro. XML - Extensible Markup Language. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/grad/00_1/miguel. Acessado em: 01/02/2010.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. et al. Building a chemical ontology using methodology and the ontology design environment. [S. l.] : IEEE Intelligent Systems & their Applications, p. 37-46, Jan./Feb. 1999.

FININ, T., FRITZSON, R. KQML as an Agent Communication Language. In N. Adam and et. al., editors, Proc. of CIKM'94, pp. 456-463, USA, 1994.

FIPA - Foundation for Intelligent Physical Agents. Fipa agent specification. Disponível em: <http://www.fipa.org>. Acessado em: 02 de jan. de 2010.

GASSER, L. Boundaries, Identity and aggregation: Plurality issues in multiagent systems. In Eric Werner e Yves Demazeau, editors, Decentralized Artificial Intelligence, páginas 199-212. Elsevier Science, Amsterdam, NL, 1992.

GIORGINI, P., KOLP, M., MYLOPOULOS, J., & PISTORE, M. The Tropos methodology: An overview. In F. Bergenti, M. P. Gleizes, & F. Zambonelli (Eds.), Methodologies and software engineering for agent systems. Boston: Kluwer Academic Publishing, 2004.]

GOMES, E. R., SILVEIRA, R. A.; VICARI, R. M. Utilização de agentes FIPA em ambientes para Ensino a Distância. In: XXIX CONFERÊNCIA LATINO AMERICANO DE INFORMATICA, 2003.

GRUBER, T. R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. 1993.

GRUBER, T. (1996). What is an ontology? [S. l. : s. n.], 1996. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: 01 fev de 2010.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. (1995). Ontologies and KBs, towards a terminological clarification. Disponível em: <<http://www.ladseb.pd.cnr.it/infor/Ontology/Papers/KBKS95.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2002.

HOWDEN, N., RÖNNQUIST, R., HODGSON, A., LUCAS, A. JACK intelligent agents - Summary of an agent infrastructure. Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents, 2001.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/>. Acessado em: 01/02/2010.

JENNINGS, N., SYCARA, K., WOOLDRIDGE M. A Roadmap of Agent Research and Development, 1998.

JENNINGS, N. R. "Cooperation in Industrial Multi-agent Systems. World Scientific". In: World Scientific - Connecting Great Minds.

LORENZATO, S. Por que não ensinar Geometria? In: Educação Matemática em Revista – SBEM 4, 1995, p. 3-13

LUCAS, J., WILGES, B., SILVEIRA, R. Making Use of Fipa Multiagent Architecture to Develop Animated Pedagogical Agents Inside Intelligent Learning Environments. In: Multi-Agent Information Retrieval And Recommender Systems - IJCAI Workshop, 2005, Edinburgh, Scotland. Proceedings. 2005.

MACHADO, C. E. A.; LABIDI, S.; COSTA, N. S., NETO, P. B.. Automatização Computacional do Processo de Avaliação da "Gestão Escolar" Baseado nas Diretrizes da Secretaria Executiva do CONSED. XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Florianópolis - SC – 2009.

MELLOR, S., SCOTT, K., UHL, A. WEISE, D. MDA distilled: principles of Model-Driven Architecture. Addison-Wesley, 2004.

NOY, N.; MCGUINNESS, D.: „Ontology Development 101: A guide to creating your first ontology", 2001.

PCN - Parâmetros curriculares nacionais : introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1997.

PASQUALI, L. e PRIMI, R. (2003) "Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item: TRI", http://pepsic.bvspsi.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16770471200300020002&lng=es&nrm=iso, Dezembro.

PESTANA, M. I. O sistema de avaliação brasileiro. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, Brasília, DF., v. 79, n. 191, 1998.

PROTÉGÉ. Disponível em: <<http://protege.stanford.edu>>, Acessado em: 19 jan. 2010.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Inteligência Artificial. Tradução 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

SANDERS, W. L. & HORN, S. P. (1995). Educational assessment reassessed: the usefulness of standardized and alternative measures of student achievement as indicators for the assessment of educational outcomes. Education Policy Analysis Archives, 3, 1-16.

SAVIANI, D..Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro, Revista Brasileira de Educação v. 14 n. 40 jan./abr. 2009.

SOARES, J. F., CÉSAR, C. C. & MAMBRINI, J. (2001). Determinantes de desempenho dos alunos do ensino básico brasileiro: evidências do SAEB de 1997. Em C. Franco (Org.) Avaliação, ciclos e promoção na educação (pp. 121-153). Porto Alegre: Artes médicas.

SOUZA, Renato Rocha and ALVARENGA, Lídia. A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação. Ci. Inf. [online]. 2004, vol.33, n.1, pp. 132-141. ISSN 0100-1965.

Tool for Agent Oriented Modeling (TAOME4E). Disponível em: <http://sra.itc.it/tools/taom4e/>. Acessado em: 12 jan. 2010.

ZAMBONELLI, F., JENNINGS, N., WOOLDRIDGE, M. Developing multiagent systems: The Gaia methodology. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, PP. 317-370, 2003.

ZEUS - Zeus Agent System. Disponível em: <http://www.cs.iastate.edu/~baojie/acad/current/zeus/zeus.htm>. Acessado em: 03 de janeiro de 2010.

WOOLDRIDGE, Michael, JENNINGS, Nicholas. Intelligent Agents: Theory and Practice, Knowledge Engineering Review, October 1994, Rev. January 1995.