

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**APRIMORAMENTO DAS HABILIDADES
COGNITIVAS DE RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS COM O APOIO DE UM AGENTE
CONVERSACIONAL**

Eliane Vigneron Barreto Aguiar

Porto Alegre

2011

Eliane Vigneron Barreto Aguiar

**APRIMORAMENTO DAS HABILIDADES COGNITIVAS DE RESOLUÇÃO
DE PROBLEMAS COM O APOIO DE UM AGENTE CONVERSACIONAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientadora: Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Coorientador: Dr. Eliseo Berni Reategui

Linha de Pesquisa: Ambientes Informatizados e Ensino à Distância

Porto Alegre

2011

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

B273a Aguiar, Eliane Vigneron Barreto

Aprimoramento das habilidades cognitivas de resolução de problemas com o apoio de um agente conversacional / Eliane Vigneron Barreto Aguiar. – 2011.

200 f.

Orientadora: Liane Margarida Rockenbach Tarouco.

Coorientador: Eliseo Berni Reategui.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. Resolução de problemas 2. Processos cognitivos 3. Agente conversacional 4. Raciocínio baseado em casos 5. Aprendizagem autorregulada I. Tarouco, Liane Margarida Rockenbach, orient. II. Reategui, Eliseo Berni, coorient III. Título.

CDU: 371.68

Bibliotecária: Ana Gabriela Clipes Ferreira CRB-10/1808



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
ELIANE VIGNERON BARRETO AGUIAR**

Às quatorze horas do dia quinze de dezembro de dois mil e onze, no Auditório do PPGIE/CINTED, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Patrícia Alejandra Behar, Luís de França Gonçalves Ferreira e Maria Alice D'Avila Becker para a análise da defesa de Tese intitulada "*Aprimoramento das Habilidades Cognitivas de Resolução de Problemas com o Apoio de um Agente Conversacional*", da doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Eliane Vigneron Barreto Aguiar, sob a orientação da Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco e coorientação do Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese aprovada

sem alterações;

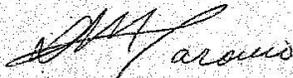
e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

Considera a Tese reprovada.

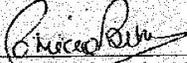
Considerações adicionais (a critério da Banca):

A banca considera o tema de suma relevância com contribuições e resultados significativos na área interdisciplinar de Informática na Educação.

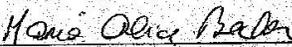
Porto Alegre, 15 de dezembro de 2011



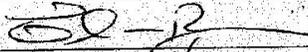
Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach
Tarouco
Presidente e Orientadora



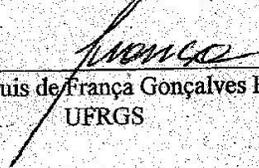
Profa. Dra. Patrícia Alejandra Behar
PGIE/UFRGS



Profa. Dra. Maria Alice D'Avila Becker
UFAM



Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui
Coorientador



Prof. Dr. Luís de França Gonçalves Ferreira
UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, admitindo Sua presença em todos os momentos da minha vida, inclusive durante este Doutorado.

Minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, me apoiaram, me compreenderam, me estimularam, me fortaleceram e me auxiliaram na superação das imensas dificuldades que surgiram nesta trajetória.

Aos orientadores Liane Margarida Rockenbach Tarouco e Eliseo Berni Reategui que pacientemente, esperaram o fruto amadurecer, meu respeito.

Queridas filhas Juliana Vigneron e Gabriela Vigneron, seus valores e atitudes sempre presentes renovaram-me a confiança para superação dos problemas, pedras de tropeço comuns ao novo.

A todos os professores do curso de Informática na Educação: Dante Augusto Couto Barone, José Valdeni de Lima, Léa da Cruz Fagundes, Liane Margarida Rockenbach Tarouco, Liliana Maria Passerino, Lucila Maria Costi Santarosa, Magda Bercht, Margarete Axt, Maria Cristina Villanova Biazus, Patrícia Alejandra Behar, Rosa Maria Viccari, Sergio Roberto Kieling Franco e Valter Roesler, grata pela convivência enriquecedora.

Serão sempre lembrados os colegas do Doutorado que brindaram comigo a conclusão de uma fase relevante da minha vida como um profissional da educação comprometido com a melhoria da aprendizagem da Matemática.

Aos colegas de trabalho do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Fluminense do campus Campos-Centro pelo apoio bem como meus alunos e estudantes que permitiram a realização da pesquisa, uma terna lembrança do incentivo.

Em especial, agradeço à professora Sandra Duncan, à Michelle Leonhardt, ao Alan Gularte e à Andréa Capra que me ajudaram a enfrentar os desafios durante o desenvolvimento e implementação da pesquisa.

Enfim, deixo a todos um abraço sincero, por terem encorajado o meu voo.

RESUMO

Uma questão que se apresenta relevante, nesta tese, é que na maioria das vezes, o estudante, principalmente, o novato, demonstra grande dificuldade na aprendizagem baseada na resolução de problemas. Portanto, este precisa de monitoração, isto exige um apoio de entidades ou pessoas mais experientes. Percebe-se que, muitas vezes, por falta de domínio na área do conhecimento tratada, o estudante não analisa minuciosamente os dados do problema para poder conduzir objetivamente cada etapa de solução. Várias habilidades cognitivas são exigidas durante o processo de resolução de problemas, como por exemplo, codificação, comparação e combinação, componentes cognitivos significativos detectados em *estudantes talentosos*. A aprendizagem por meio do processo de resolução de problemas num ambiente online pode ampliar o pensamento crítico e aprimorar a tomada de decisão. Nesta pesquisa, foi criado um agente conversacional chamado Blaze, com o intuito de apoiar o estudante durante a aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas. O agente foi desenvolvido com a linguagem de marcação AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*), tendo sua base de conhecimento construída por meio da elicitación e representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*, alunos medalhistas da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas. Utilizou-se a técnica de Raciocínio Baseado em Casos para permitir a recuperação e reutilização de experiências passadas dos *estudantes talentosos*. Foram realizados tantos experimentos com outros estudantes de graus de escolaridades distintos (2ª série do ensino médio, Licenciatura em Ciências e Licenciatura em Matemática) com o objetivo de investigar o engajamento e o aprimoramento das habilidades cognitivas destes durante a resolução dos problemas com a assistência do agente conversacional Blaze. Nestes experimentos, alguns estudantes interagiram com o agente Blaze durante o processo de resolução de problemas matemáticos, enquanto outros trabalharam sozinhos na resolução dos mesmos problemas. Os resultados obtidos nos experimentos permitiram verificar que o apoio do agente conversacional Blaze, no contexto de uma aprendizagem autorregulada durante a resolução de problemas, contribuiu qualitativamente para o aprimoramento de diversas habilidades cognitivas, como por exemplo, pensamento crítico, pensamento criativo, raciocínio lógico, bem como, permitiu o uso da metacognição.

Palavras-chave: Resolução de Problemas. Processos Cognitivos. Agente Conversacional. Raciocínio Baseado em Casos. Aprendizagem Autorregulada.

ABSTRACT

A relevant issue raised in this paper is that most times students, especially inexperienced ones, show great difficulty for learning based on problem solving. Therefore, such students need to be monitored, which requires support from entities or more experienced people. Many times we see that due to students' lack of mastery of the field of knowledge addressed, they fail to thoroughly analyze the problem data so as to objectively handle each stage of the solution. Several cognitive skills are required during the problem-solving process, such as coding, and comparison and combination, significant cognitive components detected in *talented students*. Learning by means of a problem-solving process in an online environment is capable of expanding critical thinking and improving students' decision-making skills. In this research, a conversational agent we call Blaze was created in an effort to help students during their self-regulated, problem solving-based learning. The agent was developed via the AIML (Artificial Intelligence Markup Language), and its knowledge base was put together by means of eliciting and representing the cognitive processes of *talented students*, students who had won medals at the Brazilian Public School Mathematics Olympic Games. We used the Case-Based Reasoning technique to enable us to recover and reuse the *talented students'* past experiences. Some other experiments were carried out with other students from various schooling levels (high school sophomores, and Science and Math undergrads) in order to look into those students' engagement and improvement of their cognitive skills as they solved problems assisted by the Blaze conversational agent. In those experiments, some students interacted with the Blaze agent during the math problem-solving process, while other students worked alone on solving the same problems. The results obtained from the experiments allowed us to find that the support from the Blaze conversational agent, in the context of self-regulated learning during problem-solving, qualitatively helped the students improve their several cognitive skills, such as critical thinking, creative thinking, and logic reasoning, besides enabling the use of meta-cognition.

Key words: Problem Solving. Cognitive Processes. Conversational Agent. Case-Based Reasoning. Self-Regulated Learning.

A todos que acreditam que a esperança permite ao indivíduo executar seus dons e talentos em direção à realização de seus sonhos e ideais.

“Quem teve a ideia de cortar o tempo em fatias, a que se deu o nome de ano, foi um indivíduo genial.

Industrializou a esperança, fazendo-a funcionar no limite da exaustão. Doze meses dão para qualquer ser humano se cansar e entregar os pontos. Aí entra o milagre da renovação e tudo começa outra vez, com outro número e outra vontade de acreditar que daqui para diante vai ser diferente”.

Carlos Drummond de Andrade

“Só aprende quem tem fome e por isso é preciso despertar a fome do saber. Ensinar o voo não é tarefa que se possa fazer, porque o voo já nasce dentro dos pássaros. O voo não pode ser ensinado. Só pode ser encorajado”.

Rubem Alves

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.3.1 Modelo Diferenciado de Talentosidade e Talento.....	33
FIGURA 4.1.1 Modelo Cíclico de Aprendizagem Autorregulatória.....	70
FIGURA 4.1.2 Diagrama de Transição do Estado do Sistema.....	70
FIGURA 4.1.3 Funções do sistema ligadas ao modelo cíclico autorregulatório.....	72
FIGURA 4.1.4 Arquitetura do sistema de aprendizagem autorregulada.....	73
FIGURA 4.4.1 Aprendizagem significativa.....	81
FIGURA 5.2.1 O ciclo do raciocínio baseado em casos.....	86
FIGURA 5.2.2 Visão da memória de longo prazo unificada.....	87
FIGURA 5.3.1 Os seis passos do modelo do processo de RBC.....	89
FIGURA 7.3.1 Resposta do aluno F para o problema 2	117
FIGURA 7.3.2 Representação geométrica do triângulo do problema 4.....	123
FIGURA 7.4.1 Modelo de resolução de problemas.....	127
FIGURA 7.5.1 O modelo de RBC desta pesquisa.....	129
FIGURA 7.5.2 Processo de engenharia do conhecimento.....	130
FIGURA 7.6.1 Arquitetura do Protótipo de Blaze.....	132
FIGURA 7.6.2 Tela inicial do agente conversacional Blaze.....	133
FIGURA 7.6.3 Tela de informação "sobre o Blaze".....	134
FIGURA 7.6.4 Tela de conversação dos estudantes com o agente Blaze.....	135
FIGURA 7.6.5 Exemplo da resposta do Blaze – vídeo sobre Quadrado Mágico.....	136
FIGURA 7.6.6 Exemplo da resposta do Blaze - vídeo circunferência circunscrita.....	136
FIGURA 7.6.7 Interação entre o Blaze e os estudantes.....	137
FIGURA 7.6.8 Metáfora da construção do conhecimento com Blaze.....	138
FIGURA 7.7.1 Entrevista com a professora – engajamento do G1(turma 204).....	146
FIGURA 7.8.1 Resposta do estudante para o problema (a).....	149
FIGURA 7.8.2 A construção geométrica e algébrica para a questão (d).....	150
FIGURA 7.9.1 Gráfico comparativo do engajamento dos estudantes.....	158
FIGURA 7.9.2 Gráfico comparativo do desempenho dos estudantes.....	161
FIGURA 7.9.3 Contribuição do Blaze.....	162

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.6.1 As seis dimensões do pensamento crítico.....	63
TABELA 3.6.2 Características dos comportamentos na resolução de problemas.....	66
TABELA 7.3.1 Níveis e multiplicidades dos alunos do PIC 2009.....	107
TABELA 7.3.2 Classificação dos problemas conforme conteúdo abordado.....	111
TABELA 7.3.3 Classificação dos problemas da pesquisa com os <i>talentosos</i>	112
TABELA 7.7.1 Faixa etária da turma 204.....	141
TABELA 7.7.2 Frequência de uso do computador e da internet (turma 204).....	141
TABELA 7.7.3 Engajamento dos grupos (G1 e G2)	142
TABELA 7.7.4 Média Total de engajamento dos grupos.....	143
TABELA 7.7.5 Teste t de Student – engajamento.....	143
TABELA 7.7.6 Teste de Hipóteses – engajamento.....	143
TABELA 7.7.7 Teste t de Student – desempenho	145
TABELA 7.7.8 Teste de Hipóteses – desempenho	145
TABELA 7.7.9 Contribuição do Blaze – G2.....	147
TABELA 7.8.1 Resultados obtidos nas questões (b), (c), (d).....	151
TABELA 7.8.2 Frequência de uso do computador e da internet.....	152
TABELA 7.8.3 Engajamento dos estudantes.....	153
TABELA 7.8.4 Contribuição do Blaze.....	154
TABELA 7.9.1 Frequência de uso do computador e da internet.....	156
TABELA 7.9.2 Engajamento - sem e com o Blaze.....	157
TABELA 7.9.3 Média Total de engajamento sem e com o Blaze	158
TABELA 7.9.4 Teste t Student – Engajamento	158
TABELA 7.9.5 Teste de Hipóteses – t Student.....	159
TABELA 7.9.6 Teste t Student – Desempenho	161
TABELA 7.9.7 Teste de Hipóteses – t Student – Desempenho	161
TABELA 7.9.8 Contribuição do Blaze.....	162

LISTA DE QUADROS

QUADRO 6.1.1 Exemplo de uso do marcador <random>.....	96
QUADRO 7.3.1 Resposta dada pelo aluno K para o problema 3.....	121
QUADRO 7.3.2 Resposta dada pelo aluno K para o problema 4.....	123

LISTA DE SIGLAS

AIML	Artificial Intelligence Markup Language
ALICE	Artificial Linguistic Internet Computer Entity
CBR	Case based reasoning
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTY	Center for Talented Youth
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
GPS	General problem solver
IB	International Baccalaureate
IFF	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense
IMPA	Instituto de Matemática Pura e Aplicada
INAF	Indicador de Alfabetismo Funcional
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
LBD	Learning by Design
MEC	Ministério da Educação e Cultura
OBMEP	Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PDE	Plano de Desenvolvimento Econômico
PIC	Projeto de Iniciação Científica
PISA	Programme for International Student Assessment
SAEB	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica
SAT	Scholastic Assessment Test

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA.....	22
1.2 OBJETIVOS	27
1.3 ESTRUTURA DA TESE.....	29
2 O ESTUDANTE TALENTOSO.....	30
2.1 EXEMPLOS DE ESTUDANTES TALENTOSOS	30
2.2 DEFINIÇÃO DE ESTUDANTE TALENTOSO E HABILIDOSO	31
2.3 MODELOS	32
2.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDANTES TALENTOSOS	34
2.4.1 HABILIDADE INTELLECTUAL GERAL.....	35
2.4.2 CAMPO ACADÊMICO ESPECÍFICO	36
2.4.3 ÁREA CRIATIVA	38
2.4.4. ÁREA ARTÍSTICA	39
2.4.5 LIDERANÇA.....	41
2.4.6 AFETIVO.....	41
2.5 DIFICULDADES.....	42
2.6 PESQUISAS SOBRE OS ESTUDANTES TALENTOSOS	43
2.7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	45
3 O PROCESSO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	47
3.1 O QUE É UM PROBLEMA?	47
3.2 COMO VARIAM OS PROBLEMAS?.....	49
3.2.1 ESTRUTURALIDADE	49
3.2.2 COMPLEXIDADE	50
3.2.3 DINAMICIDADE.....	51
3.2.4 DOMÍNIO ESPECÍFICO.....	51
3.3 RESOLVER PROBLEMAS	52
3.3.1 TIPOS DE PROCESSOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	54

3.4 PROCESSOS COGNITIVOS DE ESTUDANTES TALENTOS	56
3.4.1 SELETIVIDADE	56
3.4.2 CODIFICAÇÃO.....	57
3.4.3 COMPARAÇÃO.....	57
3.4.4 COMBINAÇÃO.....	59
3.4.5 RECUPERAÇÃO.....	60
3.4.6 DIRECIONAMENTO DE OBJETIVOS	60
3.5 SIMILARIDADES NOS PROCESSOS COGNITIVOS	61
3.6 PENSAMENTO CRÍTICO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	62
4 APRENDIZAGEM POR MEIO DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	68
4.1 APRENDIZAGEM AUTORREGULADA.....	69
4.2 METACOGNIÇÃO	74
4.3 HEURÍSTICA	77
4.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	79
5 RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS.....	83
5.1 TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	83
5.2 RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS: TERMOS E PROCESSOS.....	84
5.2.1 O QUE É UM CASO?	87
5.2.2 REPRESENTAÇÃO DE CASOS	88
5.2.3 RECUPERAÇÃO DE CASOS	88
5.3 APLICABILIDADE DO RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS.....	88
5.4 O RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS NA EDUCAÇÃO	90
6 UM AGENTE CONVERSACIONAL NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	94
6.1 AGENTES PEDAGÓGICOS	94
7 A PESQUISA E A METODOLOGIA ADOTADA	104
7.1 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA.....	104
7.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA	105
7.3 A ELICITAÇÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS	107
7.4 O MODELO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA PESQUISA.....	125

7.5 O MODELO DE RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS DA PESQUISA.....	129
7.6 O AGENTE CONVERSACIONAL BLAZE.....	131
7.7 EXPERIMENTO I	140
7.8 EXPERIMENTO II.....	148
7.9 EXPERIMENTO III.....	156
8 CONCLUSÃO	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	170
APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO DOS ESTUDANTES TALENTOSOS....	184
APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO DOS ESTUDANTES PESQUISADOS ..	185
APÊNDICE C: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 5.....	186
APÊNDICE D: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 6	189
APÊNDICE E: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 7.....	191
APÊNDICE F: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 8.....	192
APÊNDICE G: QUESTIONÁRIO – ESTUDANTES (COM USO DO BLAZE)	193
APÊNDICE H: QUESTIONÁRIO – ESTUDANTES (SEM USO DO BLAZE)	195
APÊNDICE I: RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM O AUXÍLIO DO BLAZE.....	197
APÊNDICE J: ENTREVISTA COM O PROFESSOR	199

1 INTRODUÇÃO

A resolução de problemas pode ser um importante mecanismo para o desenvolvimento de diversas habilidades cognitivas (WILSON et al., 2005; VILA; CALEJO, 2006; WUTTKE; WOLF, 2007; MUIR et al., 2008; SENDAG; ODABASI, 2009). Uma das mais importantes habilidades que o estudante pode adquirir, em algum momento, é aprender a resolver problemas, visto que isto implica a capacidade de “aprender a aprender” que requer encontrar por si mesmo respostas às perguntas que precisam responder (JONASSEN, 2003; ECHEVERRÍA et al., 1998). “O termo problema pode fazer referência a situações muito diferentes, em função do contexto no qual ocorrem e das características e expectativas das pessoas que nelas se encontram envolvidas” (ECHEVERRÍA et al., 1998).

Estudantes novatos, na tentativa de resolver um problema, devem, inicialmente, observar e imitar o que fazem as outras pessoas mais experientes durante o processo de resolução dos problemas e, por fim, poderão aprender a solucionar problemas, resolvendo-os. Considerando que “a resolução de problemas é uma habilitação prática” (POLYA, 2006) ela precisa ser exercitada, mas deve contar com o apoio e a orientação de uma pessoa ou entidade mais experiente. Alguns pesquisadores evidenciam essa necessidade de orientação ao afirmarem que “estudantes – especialmente novatos – podem não ser capazes para avaliar precisamente seu próprio desempenho, assim como de selecionar questões adequadas para as necessidades de sua aprendizagem” (KOSTON et al., 2010; CLAREBOUT; ELEN, 2008).

Inerentes ao processo de resolução de problemas existem desafios que se configuram como aspectos estimulantes e motivadores: organizar os dados, determinar a estratégia e experimentar um caminho. Se não for o caminho adequado, voltar atrás e procurar outro. Além disso, encontrar uma solução, verificar a validade da solução, analisar o processo de resolução e fazer uma generalização para novos dados são etapas que deverão ser desenvolvidas e são fundamentais para o crescimento individual (SILVA et al., 1990).

O *estudante talentoso* suplanta este desafio com maior facilidade considerando que mostra evidências de capacidade de desempenho alto em diversos aspectos, tais

como intelectual, criativo, artístico, capacidade de liderança. E, em campos acadêmicos específicos que requerem serviços ou atividades não providas normalmente pela escola para desenvolver completamente tais capacidades (JOHNSEN, 2004). Os *estudantes talentosos* que constituem o foco investigado neste estudo são alunos medalhistas da OBMEP – Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas. Alguns pesquisadores afirmaram que “a incidência de altas habilidades/superdotação ocorre de modo aleatório, numa estimativa de 3 a 5% da população mundial, em grupos privilegiados ou marginalizados socialmente” (FERNANDES; VIANA, 2009; GUENTHER, 2007).

Capturar as estratégias usadas pelos *estudantes talentosos* no processo de resolução de problemas, para armazenamento, pode contribuir para aprimorar a habilidade de resolução de problemas pelos demais estudantes. “A observação de crianças e adultos envolvidos em resolver problemas é a maneira mais valiosa de descobrir suas potencialidades variadas e a expressão de suas capacidades” (MAKER; SAROUPHIN, 2010).

Codificação, comparação e combinação são os três maiores componentes cognitivos, utilizados pelos *estudantes talentosos*, responsáveis pelas soluções corretas dos problemas que envolvem discernimento. Dois componentes adicionais também têm sido frequentemente considerados como inerentes ao processo de resolução de problemas: recuperação e direcionamento de objetivos (STERNBERG; DAVIDSON, 1983; GORODETSKY; KLAVIR, 2003).

O IMPA – Instituto de Matemática Pura e Aplicada, situado no Rio de Janeiro, por meio de suas olimpíadas em Matemática, consegue recrutar estudantes que são colecionadores de medalhas, ou seja, possuem apurada capacidade e habilidade para resolver problemas. “Esses estudantes compõem um caso emblemático de como rastrear e lapidar talentos bem cedo pode trazer resultados excepcionais”. São estudantes que saíram do ensino médio direto para a pós-graduação em Matemática, eles tiveram a oportunidade de potencializar suas aptidões e desenvolver seus talentos, que é ponto fundamental para influenciar na escolha de uma profissão.

Hoje, um exemplo de estudante oriundo deste recrutamento do IMPA está cursando o doutorado na área de sistemas dinâmicos, cujas aplicações vão da previsão do tempo às cotações da bolsa de valores. O doutor em Matemática Seme Gebara afirma que “cultivar o talento dos jovens é crucial para o desenvolvimento de qualquer país – mas trata-se de uma exceção no Brasil” (LIMA, 2010).

Existem evidências científicas de que é desde cedo que os estímulos devem ser fornecidos aos estudantes com talento especial para a Matemática, porque “em nenhuma outra etapa da vida eles estão tão propensos a ser criativos com os números”. Martin Grötschel, especialista alemão da Universidade Técnica de Berlim, afirma que “estudos mostram que, até cerca dos 20 anos, os jovens ainda não mecanizaram os caminhos para solucionar os problemas, o que deixa o cérebro mais livre para o exercício da criatividade – fundamental para avançar nesse campo” (LIMA, 2010).

Alguns exemplos que comprovam esta teoria e que ajudam a entender por que tantos gênios da matemática surgiram ainda na adolescência: o francês Blaise Pascal (1623 – 1662), com apenas 16 anos, criou seus primeiros teoremas na área da geometria e, o americano John Nash, aos 21 anos, escreveu sua tese sobre a teoria dos jogos, o que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Economia em 1994 (LIMA, 2010).

O pensamento dos *aprendizes talentosos* é dito idiossincrático, ou seja, é uma característica comportamental ou estrutural peculiar aos *alunos talentosos*. Isto significa que um único *aprendiz talentoso*, não necessariamente, exigirá uma reconceitualização de estudos já realizados em pesquisas, a partir de como, apropriadamente e completamente, funciona o pensar deste único aprendiz (ROGERS, 2007). Portanto, existem diferenças na abordagem dos *estudantes talentosos* e os demais no processo de resolução de problemas. Essas diferenças envolvem recuperar substancial quantidade de informações. Ao resolver, por exemplo, um problema histórico, é necessário que o estudante faça a identificação de palavras-chave na história, a seleção de um algoritmo apropriado, a sequência de aplicação do algoritmo, além do reconhecimento da estrutura semântica do problema e a capacidade para sequenciar suas corretas etapas de solução.

Os problemas lógicos envolvem uma atividade de aprendizagem de controle lógico e manipulação de limitadas variáveis, dentro de um contexto abstrato, em uma estrutura de descoberta, em que o critério de sucesso está numa eficiente manipulação das variáveis. Surgem, portanto, as seguintes perguntas: O que diferencia os *estudantes talentosos* dos demais no processo de resolução de problema? Como uma tecnologia de informação e comunicação pode ajudar os estudantes de *inteligência normal*¹ a alcançarem o desempenho dos *estudantes talentosos*?

¹ Termo retirado do livro de Ausubel; Novak e Hanesian, 1978, Psicologia Educacional, p.5, onde “inteligência é o constructo de medida que designa um nível geral de aptidão cognitiva ou acadêmica”.

Um aspecto que deve ser levado em consideração, no contexto das estratégias de resolução de problemas, é o conhecimento prévio do aluno (VILA; CALLEJO, 2006; POLYA, 2006). O uso de analogia remete a questionamentos que auxiliam a busca da resolução do problema: “Já viu o problema antes? Ou já viu o mesmo problema apresentado sob uma forma ligeiramente diferente? Se existe um problema correlato e já antes resolvido, é possível utilizá-lo? É possível utilizar o seu resultado? É possível utilizar o seu método?” (POLYA, 2006).

Além disso, deve-se “dar importância também a um grande conjunto de aspectos cognitivos” (VILA; CALLEJO, 2006). As operações cognitivas requeridas para resolver problemas com um domínio de conhecimento ou contexto são aprendidas através do desenvolvimento do raciocínio pragmático. “O raciocínio pragmático envolve o uso do conhecimento do mundo real para interpretar e processar as premissas usadas como base para o raciocínio” (GOUVEIA et al., 2002). Como o estudante consegue internalizar este raciocínio pragmático, que é de natureza bastante heurística, sem ter uma experiência prévia com um determinado tipo de problema?

Com o intuito de compensar a falta de conhecimento prévio dos estudantes novatos, além de promover um ambiente de aprendizagem que favoreça o aprimoramento da habilidade de resolução de problemas possibilitando que o aluno desenvolva o pensamento crítico, esta pesquisa desenvolveu um agente conversacional Blaze.

Um agente conversacional é um agente de interface que simula uma conversação (escrita ou falada) com o usuário, em linguagem natural, tornando esta comunicação o mais próxima possível da conversação com um ser humano (WALLACE, 1995). Existem outras denominações para agente conversacional que são, por exemplo, *chatterbot*, ou *chatbot*, ou *bot*, ou *robot* (robô). Nesta pesquisa, foi adotado o termo agente conversacional.

Conforme Castanho e Wazlawick (2002), um agente conversacional apoia o processo de cognição oferecendo respostas a dúvidas do aluno e apontando fontes adicionais em que o aluno pode encontrar respostas às questões que emergem quando ele se envolve no processo de solução de problemas. Uma característica de seu funcionamento é a capacidade de atendimento concorrente, pois os agentes conversacionais podem estar disponíveis a todo instante e atender vários alunos ao mesmo tempo. O agente pode ser usado como ferramenta de apoio em sala de aula, durante o processo de resolução de problemas, bem como para tarefas de resolução de

dúvidas sobre conteúdos específicos ou ainda em aulas de reforço.

No presente trabalho foi utilizado um agente conversacional cuja estratégia de conversação usa uma técnica de escolha das respostas calcada em raciocínio baseado em casos que é um modelo cognitivo de raciocínio e também, um método de construção de sistemas inteligentes (KOLODNER, 1993). Na implementação deste trabalho (detalhada no capítulo 5) os casos são exemplos de problemas solucionados anteriormente com explicações e justificativas. Estes casos progressos são recuperados mediante um processo de busca de similaridade usando palavras-chave presentes na consulta do aluno e no corpo dos casos armazenados. Os casos considerados, neste estudo, são um conjunto de problemas de Matemática resolvidos por *estudantes talentosos* que contêm também estratégias cognitivas usadas por estes estudantes (explicações das etapas de solução dos problemas).

O uso deste tipo de suporte para apoiar o processo de ensino e aprendizagem já tem sido descrito em alguns trabalhos. Um exemplo é o *Learning By Design* (LBD) que utiliza uma abordagem construtivista para promover o aprendizado (KOLODNER; GUZDIAL, 2000). No LBD os alunos são expostos a um desafio e precisam encontrar uma solução através da pesquisa em casos relacionados e em outros recursos. Outros pesquisadores também empregam sistemas baseados no paradigma do raciocínio baseado em casos objetivando o uso do conhecimento armazenado, com posterior recuperação, para propor soluções para novos problemas (MELCHIORS; TAROUCO, 1999; LAWTON et al., 1999). Segundo Kolodner (1993),

a efetividade do processo de raciocínio humano depende das experiências vividas, da associação adequada das experiências passadas com as novas situações, da adequação das adaptações nas soluções adotadas, da proficiência das avaliações e da habilidade de integrar novas experiências na memória para uso futuro.

A utilização de um agente conversacional com estratégia de conversação, usando raciocínio baseado em casos, constitui elemento motivador para a aprendizagem por meio da resolução de problemas, porque oferece uma simulação de um tutor dedicado a apoiar a atividade de aprendizagem individual do aluno. Embora um agente conversacional não seja capaz de oferecer toda a potencialidade usualmente pressuposta no comportamento de tutores inteligentes, ele oferece respostas imediatas às dúvidas de um particular aluno e assim tem potencial para aumentar a motivação do aluno a aprimorar a aprendizagem. As respostas são derivadas de soluções para resolução de problemas usados por *estudantes talentosos*. O agente pode servir como uma fonte de

consulta apontando soluções e caminhos trilhados por alunos talentosos para obter tais soluções. Desta maneira tem uma solução de apoio para os alunos que se assemelha a uma tutoria por *estudantes talentosos*.

Este agente conversacional é capaz de interagir mostrando estratégias cabíveis (já usadas por *estudantes talentosos*) e que podem ser experimentadas pelos demais estudantes no processo de resolução de novos problemas, contribuindo para desenvolver as suas habilidades cognitivas em um processo de aprendizagem autorregulatório.

A aprendizagem autorregulada utiliza o suporte de andaimes que “guiam os estudantes para fazer previsões, experimentar, refletir, escrever explicações, colaborar, contribuir para discussões online, e participar de debates em sala de aula” (LEE et al., 2010). O uso da aprendizagem autorregulada com suporte de andaimes visa levar o estudante a alcançar uma aprendizagem significativa.

A ocorrência de aprendizagem significativa não implica apenas que um novo conhecimento seja integrado com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva, mas, conforme ressalta Ausubel, neste processo, ocorre mudança na estrutura cognitiva pré-existente e na informação adquirida. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

É preciso uma intervenção adequada durante o processo de resolução, considerando que para resolver um problema o estudante necessita de conhecimentos conceituais e procedimentais, bem como, encontrar formas de combinar todos esses conhecimentos com o conteúdo do problema e então, neste momento a interação do estudante com o agente conversacional adquire uma dimensão essencial (ECHEVERRÍA et al., 1998).

1.1 JUSTIFICATIVA

O interesse em conhecer e reutilizar o processo de cognição de *estudantes talentosos* emergiu a partir de minha participação como Professora Orientadora no Projeto de Iniciação Científica (PIC) da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP). Neste evento são trabalhados problemas matemáticos com os estudantes medalhistas das escolas públicas na OBMEP. Os estudantes medalhistas podem ser considerados *estudantes talentosos*, uma vez que apresentam habilidade de resolver com eficácia, os problemas matemáticos.

Diversos pesquisadores (FLAVEL, 1976; RIBEIRO, 2003; HONG et al., 2003; BORUCHOVITCH; BZUNECK, 2004; BADIA; MONEREO, 2010) destacam que a

maioria dos estudantes demonstra dificuldades no processo de resolução de problemas como, por exemplo, a dificuldade de automonitoração cognitiva que exige a capacidade de utilizar os próprios conhecimentos matemáticos, além de exigir também a capacidade de controlar e avaliar os próprios pensamentos. Esses estudantes falham ao detectar se estão ou não compreendendo o enunciado do problema, não observam seus erros e, se o fazem, não são capazes de corrigi-los. Além disso, a Matemática é considerada um componente curricular difícil nas escolas brasileiras e esta dificuldade de aprendizagem relacionada à Matemática não fica restrita às salas de aula já que são evidenciadas por diversas avaliações educacionais de âmbito nacional e internacional.

O Indicador de Alfabetismo Funcional (INAF) que investiga os níveis de numeramento² evidencia que a proporção dos brasileiros de 15 a 64 anos, classificados pelo INAF como “analfabetos absolutos”,³ totalizou 7%, e a parcela de indivíduos classificados no nível rudimentar de alfabetismo⁴ corresponde a 25% da população na faixa etária considerada no levantamento feito em 2007, de acordo com relatório do Instituto Paulo Montenegro e a Ação Educativa, que apresentam as análises e interpretações dos resultados das mensurações dos níveis de alfabetismo da população adulta brasileira, realizada no segundo semestre de 2007.

O Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB) é realizado a cada dois anos no Brasil e avalia o desempenho dos alunos brasileiros em Matemática com foco em resolução de problemas. A opção de focar esse recorte da Matemática traz “implícita a convicção de que o conhecimento matemático torna-se mais significativo quando os alunos têm situações desafiadoras para resolver e trabalham para desenvolver estratégias de resolução” (PDE/SAEB, 2009). A população de referência é composta pelos alunos brasileiros do ensino regular que frequentam a 4ª e 8ª séries do Ensino Fundamental e a 3ª série do Ensino Médio, de todas as Unidades da Federação, localizadas em área urbana ou rural.

Em 2005, o SAEB relatou que, nos últimos dez anos, a educação no Brasil piorou. Em dados comparativos, o desempenho dos alunos na avaliação de 2005 é

² Numeramento é a capacidade de compreender e operar com noções e representações matemáticas envolvidas em situações cotidianas.

³ Analfabeto Absoluto - Corresponde à condição dos que não conseguem realizar tarefas simples que envolvem a leitura de palavras e frases ainda que uma parcela destes consiga ler números familiares (números de telefone, preços etc.).

⁴ Alfabetismo contraposto ao de Analfabetismo – considerando os dois domínios: letramento (processamento de informação verbal em diversos formatos; compreensão e expressão escrita) e numeramento (capacidade de compreender e operar com noções e representações matemáticas envolvidas em situações cotidianas).

inferior a de 1995, conforme divulgação do Ministério da Educação e Cultura (MEC) e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

O SAEB de 2007 mostra que estudantes brasileiros da 8.^a série do ensino fundamental, que deveriam ser capazes, por exemplo, de calcular o valor de uma expressão algébrica, incluindo potenciação, conseguem realizar apenas operações como multiplicação e divisão com dois algarismos, conteúdo que deveriam ter dominado na 4.^a série do ensino fundamental. Isto mostra que a dificuldade com a disciplina se arrasta desde as séries iniciais. Na 4.^a série, de acordo com dados do SAEB, os alunos dominam habilidades que deveriam ter vencido na 2.^a série (DUARTE, 2010).

A situação do Ensino Médio é ainda mais crítica. A média do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), de 2006, que avalia competências e habilidades matemáticas, divulgada pelo MEC, também indica queda no rendimento dos alunos em relação ao ano anterior. Os dados do desempenho por escola no ENEM, de 2008, revelam que 74,3% das instituições de ensino tiraram notas inferiores à média obtida pelos estudantes no país.

Em 2009, o MEC apresentou uma reformulação do ENEM e sua utilização como forma de seleção unificada nos processos seletivos das universidades públicas federais. Na Matriz de Referência da área de Matemática e suas Tecnologias, uma das competências consideradas é modelar e resolver problemas que envolvem variáveis sócioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas. Metade dos alunos, que realizaram o ENEM 2009, não conseguiu atingir a média de 500 pontos (estabelecido pelo INEP, órgão responsável pela prova do ENEM). Em Matemática, 57,7% dos alunos ficaram com notas abaixo da média e apenas 0,3% passaram dos 800 pontos.

O Programa Internacional de Avaliação de Alunos (*Programme for International Student Assessment - PISA*) é um programa de avaliação internacional padronizada, desenvolvido conjuntamente pelos países participantes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), aplicado a alunos de 15 anos. Além dos países da OCDE, alguns outros são convidados a participar da avaliação, como é o caso do Brasil.

O PISA, cujas avaliações são realizadas a cada três anos, abrange as áreas de Linguagem, Matemática e Ciências e, além de avaliar o domínio de conhecimentos científicos básicos, examina a capacidade dos alunos de analisar, raciocinar e refletir ativamente sobre seus conhecimentos e experiências, enfocando competências

relevantes para sua vida futura. Em 2003, a área principal focada pelo PISA foi a Matemática e o Brasil obteve o 42º lugar no *ranking* das aptidões para as ciências, ficando à frente apenas do Peru, uma vez que estavam envolvidos 43 países, conforme dados do relatório do INEP.

O resultado, divulgado em 2007, de uma pesquisa baseada em um teste realizado em 2006, pela OCDE, que é o principal instrumento de comparação internacional do desempenho entre estudantes do ensino médio, mostra que, em uma comparação com alunos de 57 países, o Brasil ficou na 54ª posição, à frente apenas da Turquia, Catar e Quirguistão. Uma das razões para esta situação refere-se ao baixo nível dos professores, em que apenas 4% dos docentes do ensino fundamental são especialistas na área. Esse teste mediu basicamente o conhecimento de Ciências, mas também mediu a capacidade de leitura e incluiu noções de Matemática, além de como os estudantes aplicavam esse conhecimento para resolver problemas do dia a dia. Em exame aplicado pelo MEC aos professores graduados, ou seja, recém-formados, menos de um terço das questões foram corretamente respondidas.

Portanto, estamos a anos-luz daquilo que o matemático americano John Allen Paulos, autor do livro *Innumeracy* (em português, *analfamatismo*), verificou ser mais eficaz para o ensino da matéria: o desafio é apresentá-la como uma fantástica ferramenta para enxergar o mundo em que vivemos (LIMA, 2010). Para Vergnaud, professor da Universidade de Paris, é possível, mas difícil, tornar o ensino da matemática mais atraente devido à seriedade que permeia a disciplina. Em palestra proferida para professores de Curitiba, PR, ele afirmou que ao mesmo tempo em que há situações que se aproximam das vividas pelos jovens e crianças, a matemática é uma matéria muito séria. E por isso, a maior parte das crianças apresenta-se desmotivada nas aulas de Matemática. O uso de atividades lúdicas com a seriedade da matemática é um equilíbrio difícil de achar (DUARTE, 2010).

Constatou-se, assim, a partir desta realidade nacional e internacional, que o aluno traz consigo uma série de deficiências nos conteúdos de Matemática do ensino fundamental e médio, acarretando problemas como evasão escolar e reprovação, uma vez que estas dificuldades do aluno provocam desmotivação para avançar nos estudos, sendo consideradas pelo próprio aluno como obstáculos intransponíveis.

O pesquisador Gunther Kress, da Universidade de Londres, chama a atenção para o fato de que as crianças, os adolescentes de hoje e as futuras gerações, que utilizam o computador desde pequenos, desenvolvem uma inteligência formada pela

lógica da imagem e não conseguem acompanhar o raciocínio do professor escrevendo no quadro-negro, ditando e explicando aos alunos (ZEPEDA, 2010). “Cada geração deve ser educada em ambientes cognitivos e sociais diferentes” (GARDNER, 2004). Portanto, novas habilidades são necessárias no ambiente digital dos dias atuais. Como contribuir para um fazer educativo que produza resultados capazes de auxiliar na transformação desta realidade?

As condições de trabalho, nos dias de hoje, têm exigido mudanças fundamentais no perfil dos trabalhadores, as quais basicamente surgiram da rápida mudança e transformação na natureza da informação. Para a sobrevivência da sociedade neste mundo competitivo, é preciso equipar os indivíduos com habilidades para conduzir pesquisa, usar e transformar a informação, pensar criticamente e reflexivamente, e tomar grandes decisões. Além disso, mudanças tecnológicas juntamente com mudanças no ambiente de trabalho têm mostrado que as habilidades de pensamento crítico são atualmente mais importantes que no passado. Sendag e Odabasi (2009) mostraram, em suas pesquisas, que a aprendizagem baseada em problemas (*problem based learning – PBL*) em um ambiente de aprendizagem online apresenta um notável efeito em aumentar as habilidades do pensamento crítico. Outros pesquisadores, como Wuttke e Wolf (2007) identificaram em suas pesquisas a capacidade de resolver problemas como uma capacidade decisiva para uma atividade profissional bem sucedida. Um alerta foi feito pela Comissão Nacional sobre Excelência em Educação, A Nação em Risco (1983), a respeito das tentativas insuficientes e ineficazes para fomentar habilidades de pensamento de ordem alta em escolas, incluindo pensamento crítico e resolução de problema. A Comissão da Secretaria sobre Obter Habilidades Necessárias (1991) relacionou as competências do pensamento de ordem alta como complementares para um ambiente de trabalho produtivo, incluindo pensamento crítico, tomada de decisão, resolução de problemas e raciocínio (SENDAG; ODABASI, 2009).

Para Wilson et al. (2005) um bom ensino, com enfoque em vários processos, está centralizado no raciocínio e em resolver problema. Além disso, um bom ensino é desenvolvido a partir da experiência, educação, leitura pessoal com reflexão e interação com colegas. O estudo destes autores tratou sobre aprimoramentos da confiabilidade e validade de um instrumento, designado com a sigla MPAS (*Measurement and Assessment of Problem Solving*), para a medição da capacidade de resolver problemas. Os professores participantes, deste estudo, afirmaram que um bom ensino requer um sólido conhecimento de Matemática, promove compreensão matemática, engaja e

motiva os estudantes, bem como, requer efetivas habilidades de gerenciamento. Vila e Callejo (2006) ressaltaram que os problemas são um meio para focar nos processos de pensamento do aluno e nos seus métodos inquisitivos, uma ferramenta para formar sujeitos com capacidade autônoma de resolver problemas, críticos e reflexivos, capazes de se perguntar pelos fatos, suas interpretações e explicações, de ter seus próprios critérios, modificando-os (quando necessário) e de propor soluções.

Na opinião de Tirosh (2009) os dois principais desafios para os próximos cinco anos, em seu domínio, são “desenvolver e implementar confiáveis propostas de pesquisa e ferramentas de pesquisa, bem como estudar o impacto das questões organizacionais sobre a relação entre ensino de Matemática e aprendizagem de Matemática”. Para este autor muito mais atenção deve ser dada ao impacto das questões organizacionais (natureza da avaliação, se o currículo é obrigatório ou não, o papel do contexto cultural e as escolas) sobre vários aspectos da prática de sala de aula, como a escolha dos livros-texto, o uso da tecnologia e as normas sócio-matemáticas, além do processo de aprendizagem.

Portanto, resolver problemas está ao alcance de qualquer pessoa que queira fazê-lo e disponha dos conhecimentos necessários. Quando um problema apresenta um obstáculo que não se sabe superar ou exige uma estratégia ainda não conhecida, é necessário dispor de ferramentas que permitam superar bloqueios e saber o que fazer quando a mente ou a folha de papel está em branco (VILA; CALLEJO, 2006). Assim, a pesquisa, desta tese, utilizou um agente conversacional Blaze para apoiar os estudantes em um processo de aprendizagem autorregulada durante a resolução de problemas de Matemática. O agente Blaze funcionou como uma ferramenta tecnológica que pode possibilitar o aprimoramento das diversas habilidades cognitivas do estudante, neste processo, como por exemplo, pensamento criativo, pensamento crítico, raciocínio por analogia.

1.2 OBJETIVOS

Uma das habilidades características dos *estudantes talentosos*, em Matemática, é o raciocínio efetivo e eficiente. Capturar e disponibilizar esta estratégia cognitiva pode funcionar como andaime na construção de estratégias cognitivas pelos demais estudantes. A elicitación, representação e armazenamento das estratégias cognitivas utilizadas pelo *estudante talentoso* ao resolver um problema de Matemática permite a

posterior recuperação desta informação. Uma vez que o armazenamento desta informação seja realizado na base de conhecimento de um agente conversacional emerge a possibilidade de que, através do diálogo com o estudante, este conhecimento seja apresentado e, através da atividade de interação entre o agente e o estudante, este último seja levado a avaliar e considerar as estratégias sugeridas para uso na resolução de novos problemas.

A avaliação do próprio conhecimento pelo estudante, tendo em vista as informações adicionais fornecidas pelo agente durante o processo de resolver problema, constitui uma prática metacognitiva desejável. Isto porque a aprendizagem autorregulada demanda metacognição. Pensar sobre a própria estratégia cognitiva durante a resolução de problemas de Matemática pode proporcionar o aprimoramento de habilidades, como por exemplo, o raciocínio lógico, o raciocínio criativo, a conscientização e a tomada de decisão. Nesse contexto, esta tese pretende contribuir para o aprimoramento das habilidades cognitivas dos estudantes, durante a resolução de problemas em um processo de aprendizagem autorregulada com o apoio de um agente conversacional.

Em um sentido amplo, a partir da participação ativa dos estudantes em um ambiente de aprendizagem autorregulada, apoiado pelo agente conversacional Blaze, o objetivo geral desta tese é:

- Investigar como a assistência de um agente conversacional, dotado de uma base de conhecimento criada a partir da representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*, pode contribuir para o aprimoramento das habilidades cognitivas de outros estudantes durante a resolução de problemas de Matemática.

Para alcançar o objetivo geral, surgem alguns objetivos específicos, que são:

- Categorizar os problemas matemáticos, desta pesquisa, considerando os conhecimentos prévios necessários para sua resolução e os conteúdos abordados;
- Elicitar os processos cognitivos dos *estudantes talentosos* na resolução dos problemas de Matemática;
- Avaliar a utilização da técnica de raciocínio baseado em casos para representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*;

- Desenvolver um agente conversacional com uma base de conhecimento em que estão representados os processos cognitivos elicitados dos *estudantes talentosos* durante a resolução de problemas de Matemática;
- Avaliar a contribuição do agente conversacional no aprimoramento das habilidades cognitivas e engajamento dos estudantes na aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas de Matemática.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

O texto desta tese estrutura-se da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta um relato sobre *estudantes talentosos*, com definição, modelos e características; no capítulo 3 são apresentados conceitos importantes associados ao processo de resolução de problemas como a definição de problema e suas variações, exemplos da tipologia dos problemas com heurísticas de resolução, além de expor os processos cognitivos usados pelos *estudantes talentosos*, comparados com os processos dos demais estudantes; o capítulo 4 explicita o processo de aprendizagem autorregulada, com suporte de andaimes, necessário para aprimorar as habilidades cognitivas dos estudantes durante a resolução dos problemas; o capítulo 5 apresenta a técnica de raciocínio baseado em casos para a representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*; no capítulo 6 são abordadas as potencialidades de um agente conversacional para apoiar a aprendizagem por meio da resolução de problemas; na metodologia adotada nesta pesquisa e apresentada no capítulo 7 é utilizada uma combinação de métodos quantitativos e qualitativos, como por exemplo, entrevistas, análise de informações, questionários; já o capítulo 8 ressalta as conclusões obtidas, bem como, as limitações diagnosticadas nesta pesquisa.

2 O ESTUDANTE TALENTOSO

Para elicitare, analisar e categorizar os processos cognitivos detectados nos *estudantes talentosos*, quando envolvidos na resolução de problemas matemáticos, é relevante compreender as características deste grupo de estudantes. Assim, este capítulo apresenta exemplos de estudantes considerados *talentosos e habilidosos*, com uma análise de seus comportamentos, além de abordar a definição, os modelos e as suas características em diversas áreas.

2.1 EXEMPLOS DE ESTUDANTES TALENTOSOS

Johnsen (2004), apresenta em seu estudo três vinhetas, baseadas em histórias reais, que descrevem crianças que são *talentosas e habilidosas*:

- Andrea é uma criança do jardim de infância, cheia de energia e excitação como a maioria das crianças de sua idade, exceto pelo fato de que ela já está lendo no nível de quarto grau e entendendo conceitos matemáticos no nível de quinto grau. Ela gosta de jogar *games* com as outras crianças em sua sala de aula, mas está interessada em buracos negros (*black holes*), um tópico em Física avançada que a maioria das crianças de sua idade não entende. Visto que ela é social, estabeleceu um centro de aprendizagem sobre buracos negros (*black holes*) para outras crianças em sua sala de aula do jardim de infância que virou reportagem. Andrea é bastante humilde sobre suas habilidades prodigiosas e demonstra divertir-se diariamente com seus colegas de sala de aula, mesmo sendo muito *talentosa* para crianças de 6 anos de idade.
- Burton tem 13 anos de idade e, após falhar dois graus em sua escola elementar, finalmente fez o sexto grau. Seu professor de sexto grau relatou que Burton parece ter uma mente matemática e compreende novos conceitos facilmente. De fato, ele obteve uma nota elevada em um teste de analogias modeladas nacionalmente e divertiu-se, falando sobre como cada um dos itens foram modelados. Seus amigos sabem que ele construiu uma montanha russa (*roller coaster*), em seu quintal de casa, feita de pedaços de madeira e equipamento eletrônico. Entretanto, por causa de sua falta de interesse em

graus e trabalho escolar, o professor não menciona Burton para o programa de *talentoso e habilidoso* porque ele não faz o trabalho que o prepararia para o teste de estado obrigatório.

- Ryan, um estudante de escola do ensino médio (*high school*), é um desafio igual tanto para os seus pais como para professores. Não é fora do comum para ele vestir-se com luzes de natal na escola para atrair a atenção de sua amiga favorita, tingir seus cabelos de várias cores ou usar luvas vermelhas para um concerto de banda. Embora, ele pontue bem sobre testes nacionais, recentemente fazendo 1350 sobre seu SAT (*Scholastic Aptitude Test* ou *Scholastic Assessment Test*), ele apresenta um desempenho de nível mínimo em sua classe e não está até mesmo nos 10% melhores de sua classe. Ele ama música, toca três diferentes instrumentos proficientemente: a tuba, o violoncelo, e o baixo (*bass guitar*). Fora da escola, ele organizou e liderou duas bandas de jazz. Tendo produzido seu primeiro CD. No verão seguinte, ao término do seu ano sênior (último ano do equivalente ao ensino médio), ele foi aceito para o *Drum Corps International* antes de iniciar o nível universitário (*college*).

Para Johnsen (2004), os exemplos mostram que nem sempre alunos “*talentosos*” e “*habilidosos*” exibem suas habilidades na escola, cada um deles tem habilidades particulares que são manifestadas em uma variedade de maneiras – “um, através de sua música e liderança, um outro, através de seu raciocínio e construções, e o outro através de desempenho acadêmico”. Como Burton e Ryan falham em seu interesse na escola podem não ser identificados como “*talentosos*” e “*habilidosos*”, o que não acontece com Andrea, em que seus professores claramente notificaram seu talento.

2.2 DEFINIÇÃO DE ESTUDANTE TALENTOSO E HABILIDOSO

Na verdade, os exemplos anteriores evidenciam alunos diferentes um do outro, mas que mostram alto desempenho nas áreas incluídas na definição federal dos Estados Unidos para *estudantes talentosos e habilidosos* (JOHNSEN, 2004):

O termo “*talentoso e habilidoso*” quando usado em relação aos estudantes, crianças, ou jovens significa estudantes, crianças ou jovens que mostram evidências de capacidade de desempenho alto em áreas tais como intelectual, criativa, artística, ou capacidade de liderança, ou em específicos campos acadêmicos, e que requerem serviços ou atividades não providas ordinariamente em ordem pela escola para desenvolver completamente tais capacidades.

Johnsen (2004) ressalta que as principais características desta definição são:

(a) a diversidade de áreas nas quais o desempenho pode ser exibido

- (exemplos, intelectual, criativa, artística, liderança, acadêmica),
- (b) a comparação com outros grupos (exemplos, aqueles em salas de aula da educação geral ou de mesma idade, experiência, ou ambiente), e
- (c) o uso de termos que implicam uma necessidade para desenvolvimento do talento (exemplos, capacidade e potencial).

Gardner (1995) define talento “por um arranjo complexo de aptidões ou inteligências, habilidades instruídas e conhecimento, disposições de atitudes de motivações que predis põem um indivíduo a sucessos em uma ocupação, vocação, profissão, arte, ou negócio”. A Secretaria de Educação Especial do Ministério de Educação e Cultura no Brasil (2008) esclarece que pessoas com altas habilidades/superdotação apresentam elevada criatividade, grande envolvimento na aprendizagem e na realização de tarefas em áreas de seu interesse e, além disso, demonstram elevado potencial (isolado ou combinado) intelectual, acadêmico, em liderança, psicomotricidade e artes.

2.3 MODELOS

Conforme visto em Johnsen (2004), este conceito de capacidade ou potencial está evidenciado em Gagné (1995, 1999) em seu Modelo Diferenciado de Talentosidade e Talento que pode ser visto na figura 2.3.1. Gagné propôs que “dons”, que são habilidades naturais, devem ser desenvolvidos para virem a ser “talentos”, que emergem através de aprendizagem sistemática, treinamento e prática “de habilidades características de um particular campo da atividade humana ou desempenho”.

A figura 2.3.1 mostra que segundo Gagné, o desenvolvimento de dons em talentos pode ser facilitado ou dificultado por dois tipos de catalisadores: intrapessoal e ambiental. Catalisadores intrapessoais são físicos (saúde, aparência física) e psicológicos (motivação, personalidade e volição), todos que são influenciados pela formação genética. Catalisadores ambientais envolvem o contexto ou vizinhança (geográfico, demográfico, sociológico); pessoais (pais, professores, pares, parentes); compromissos (programas para estudantes talentosos e habilidosos) e eventos (morte de um parente, doença, ganhar um prêmio).

Tannenbaum (1983) visualizou os *talentosos* como uma interação de cinco fatores diferentes: habilidade geral (exemplo, inteligência geral); habilidade especial (exemplo, atitude em uma área específica); facilitadores não intelectivos (exemplos, meta-aprendizagem, dedicação para um campo escolhido, forte auto-conceito, disposição para sacrifício, saúde mental); influências ambientais (exemplos, pais, sala

de aula, pares, cultura, classe social) e chance (exemplos, acidental, exploratória geral, sagacidade, e ação personalizada).

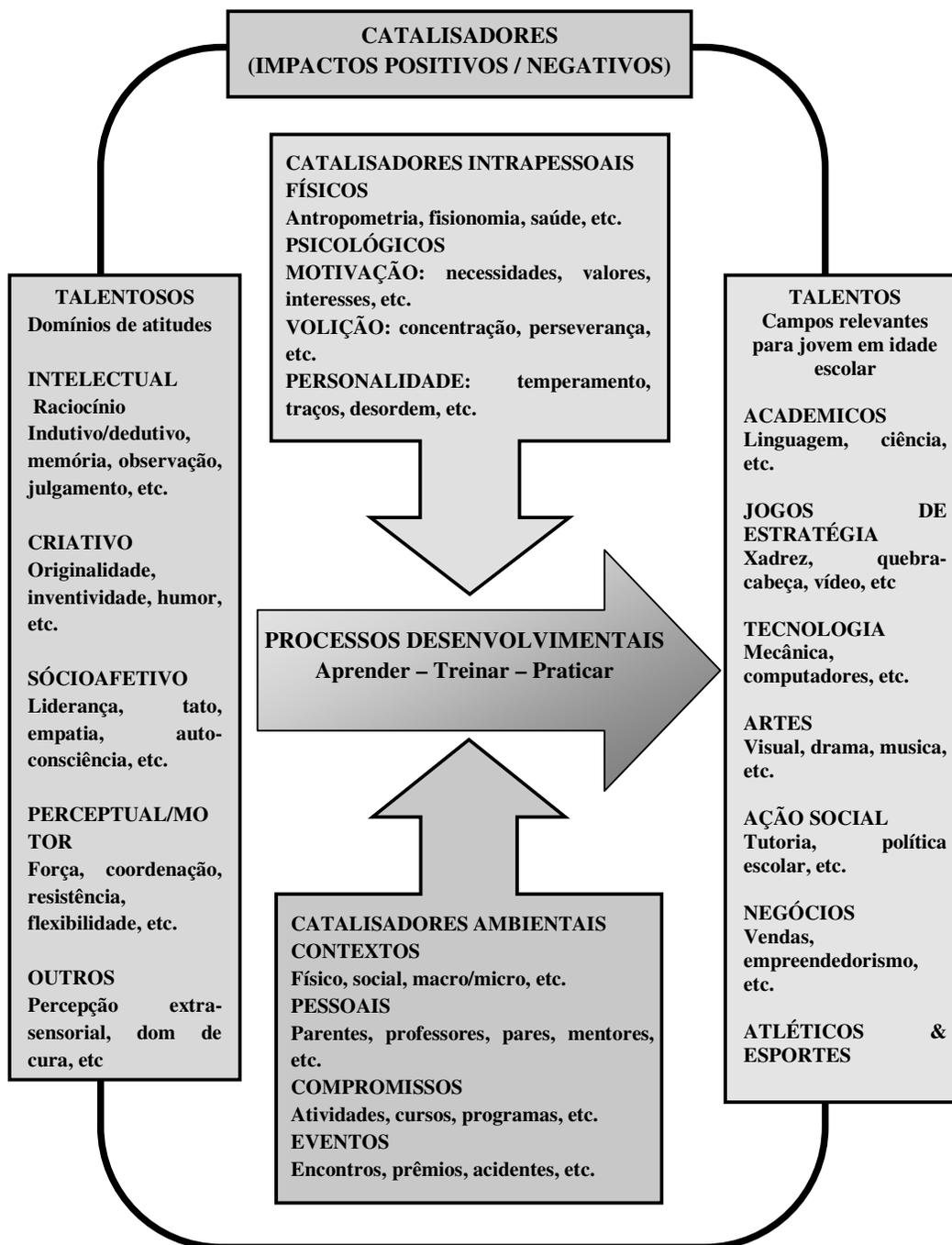


FIGURA 2.3.1 Modelo Diferenciado de Talentosidade e Talento

FONTE: Baseado em Gagné (1995, 1999)

Devido à importância de desenvolver dons em talentos, a escola e a comunidade devem ser envolvidas em identificar os estudantes em uma idade jovem que apresentem características em áreas específicas e planejar seus programas em torno destas características. Os profissionais e parentes envolvidos com crianças talentosas podem assistir ao processo de nomeação dos talentos quando os *talentosos* estão sendo observados e aprender sobre as variedades de características que estes podem exibir dentro e fora da escola. Por exemplo, “profissionais na escola podem ser conscientizados da liderança de Ryan em duas bandas de jazz ou a montanha russa operacional de Burton em seu quintal” (JOHNSON, 2004). Pais, pares e *estudantes talentosos* precisam defender a necessidade de serviços que desenvolvam o potencial que está aparente nestas áreas de interesse dos jovens.

Guenther (2007) afirma que reconhecer capacidade e talento em ambiente escolar pode ser uma situação problemática porque, na maioria das vezes, neste ambiente, esta criança que apresenta um “dom” é invisível. A escola está voltada para a maioria da população, propensa a resgatar ou recuperar alunos que estão abaixo da média e levada a ignorar, outros alunos, que estão acima da produção exigida pela escola ou que sejam superiores ao padrão adotado.

O Centro para Jovens Talentosos (*Center for Talented Youth – CTY*) em 1999 comentou que, por mais de 40 anos, pesquisadores estudam os traços de personalidade e estilos de aprendizagem cognitivos dos *talentosos (gifted)* intelectualmente e *habilidosos (talented)* academicamente, que se distinguem da população em geral. A importância desta linha de pesquisa deve-se ao fato de que “um número destes traços mostra relação com alto nível de realização, diferenças de gênero em matemática, habilidade e realização científica e até mesmo ajustamento emocional-social de longo prazo”. Estilos de aprendizagem cognitiva definidos como “consistências na única maneira que um aprendiz adquire e processa a informação” têm sido amplamente discutidos e pesquisados em uma tentativa de compreender se *estudantes talentosos* e *habilidosos* aprendem diferentemente de outros estudantes ou respondem diferentemente a estilos de ensino particulares.

2.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDANTES TALENTOSOS

Algumas características dos *estudantes talentosos* e *habilidosos* têm sido descritas, em termos gerais, através de vários domínios, enquanto outras têm sido

descritas para áreas específicas citadas nas definições de âmbito estadual e federal. Profissionais responsáveis pelo processo de identificação das características dos *estudantes talentosos* e *habilidosos* precisam ter em mente que estes estudantes “devem ter uma oportunidade para desenvolvê-las”. Além disso, *estudantes talentosos* e *habilidosos* podem exibir seu potencial ou desempenho em somente uma área. Assim, “é importante que profissionais, parentes e outros envolvidos no processo de identificação vejam estas características durante um período de tempo e em uma variedade de situações” (JOHNSEN, 2004).

2.4.1 HABILIDADE INTELECTUAL GERAL

Estudantes talentosos e habilidosos com habilidade intelectual geral tendem a mostrar seu potencial em vários campos de estudo. As características dos *estudantes talentosos e habilidosos* descritas por diversos pesquisadores, para esta habilidade, de acordo com Johnsen (2004) são:

- Têm uma extensiva e detalhada memória, particularmente em uma área de interesse.
- Têm vocabulário avançado para a idade – linguagem precoce.
- Têm habilidades de comunicação avançada para a idade e são capazes de expressar ideias e sentimentos.
- Formulam questões com perguntas inteligentes.
- São capazes de identificar as características importantes de novos conceitos, problemas.
- Aprendem a informação rapidamente.
- Usam lógica para chegar a respostas de senso comum.
- Têm uma ampla base de conhecimento – uma grande quantidade de informação.
- Compreendem ideias abstratas e conceitos complexos.
- Usam analogia para pensar, resolver problema, ou raciocínio,
- Observam relações e veem conexões.
- Encontram e resolvem problemas difíceis e não usuais.
- Compreendem princípios, formas de generalizações e usam em novas situações.
- Querem aprender e são curiosos.

- Trabalham conscientemente e têm um alto grau de concentração em áreas de interesse.
- Compreendem e usam vários sistemas de símbolos.
- São reflexivos sobre aprendizagem.

2.4.2 CAMPO ACADÊMICO ESPECÍFICO

Nesta área, *estudantes talentosos e habilidosos* exibem potencial em um campo específico de estudo, tais como linguagem, artes, matemática, estudos sociais, ou ciências. De acordo com Johnsen (2004), pesquisadores têm identificado características gerais e específicas para estes campos acadêmicos, que são:

GERAL (demonstrado com o campo de interesse)

- Têm um intenso, sustentado interesse.
- Têm hobbies/coleções relacionadas para o campo.
- Têm atração pela complexidade cognitiva, divertem-se resolvendo problemas complexos.
- Preferem classes/carreira no campo acadêmico.
- São altamente auto-motivados, persistentes.
- Têm uma ampla base de conhecimento.
- Leem amplamente em um campo acadêmico.
- Aprendem informação rapidamente.
- Têm uma natureza inquisitiva, questões com boas perguntas.
- Examinam e recordam detalhes.
- Reconhecem elementos críticos e detalhes em conceitos de aprendizagem.
- Analisam problemas e consideram alternativas.
- Compreendem ideias abstratas e conceitos.
- Usam vocabulários além do nível do grau.
- Verbalizam conceitos complexos e processos.
- Visualizam imagens e traduzem em outras formas - escrita, fala, simbólica – notação musical, números, cartas.
- Veem conexões e relações em um campo e generalizam para outras situações, aplicações.

MATEMÁTICA/CIÊNCIA

- São interessados em análise numérica.
- Têm uma boa memória para guardar características principais de problemas e soluções.
- Apreciam parcimônia, simplicidade, ou economia em soluções.
- Raciocinam efetivamente e eficientemente.
- Resolvem problemas intuitivamente usando insight.
- Podem inverter etapas no processo mental.
- Organizam dados e experimentos para descobrirem padrões ou relações.
- Improvisam com equipamentos de ciência e métodos matemáticos.
- São flexíveis ao resolver problemas.

ESTUDOS SOCIAIS/LINGUAGEM ARTES

- Desfrutam de comunicação linguagem/verbal, habilidades de comunicação.
- Engajam-se em jogo intelectual, bom senso de humor.
- Organizam ideias e sequências em preparação para falar e escrever.
- Suspendem julgamentos, pontos de vista alternativos.
- São originais e criativos – têm únicas ideias em escrever ou falar.
- São sensitivos para questões sociais, éticas e morais.
- São interessados em teorias de causação.
- Gostam de estudo independente e pesquisa em áreas de interesse.
- Usam estas qualidades em escrever: paradoxo, estrutura paralela, ritmo, imagem visual, combinações melódicas, estrutura inversa, adjetivos/advérbios não usuais, senso de humor, inclinação filosófica.

2.4.3 ÁREA CRIATIVA

A principal característica que está frequentemente associada com criatividade é pensamento divergente. Como oposição para pensamento convergente (chegando em uma simples conclusão), pensamento divergente requer que o *estudante talentoso e habilidoso* produza muitas ideias ou ideias que eram diferentes da norma (JOHNSEN, 2004).

Algumas características dos *estudantes talentosos e habilidosos* desta área são:

- Têm um profundo conhecimento fundacional.
- Contribuem com novos conceitos, métodos, produtos ou desempenhos.
- Têm uma extrema fluência de pensamentos e um largo número de idéias.
- São intuitivos.
- São conscientes da própria criatividade.
- Estão constantemente questionando.
- Preferem complexidade e limite definido.
- São observadores e atentos aos detalhes.
- Usam soluções únicas para os problemas, improvisam.
- Desafiam as ideias e produtos.
- Conectam idéias.
- Criticam construtivamente.
- São atraídos para o novo, complexo e misterioso.
- São inconformistas, desinibidos em expressão, aventureiros, capazes para resistir pressão de grupo.
- Aceitam desordem.
- Toleram ambigüidade, adiam conclusão.
- São persistentes e se engajam com questões em área de interesse.
- Possuem senso de humor.
- São descontraídos (ou brincalhões) intelectualmente.
- São conscientes da própria criatividade.
- São sensíveis emocionalmente; sensíveis para o belo.
- Desfrutam sozinhos de tempo livre.

- Refletem sobre processos criativos pessoais.

2.4.4. ÁREA ARTÍSTICA

Nesta área, *estudantes talentosos e habilidosos* exibem potencial ou demonstrado talento em um ou mais campos artísticos, tais como artes, drama ou música. Pesquisadores têm identificado características gerais e específicas para este campo artístico, segundo Johnsen (2004):

GERAL

- Escolhem projetos de atividade artística ou em tempo livre.
- Esforçam-se para aumentar habilidades artísticas.
- Demonstram talento por um estendido período de tempo.
- Concentram-se por longos períodos de tempo em projetos artísticos.
- Observam e mostram interesse em outros que são proficientes em habilidades artísticas.
- Possuem alta sensibilidade sensorial.
- Usam a área artística para comunicação.
- Experimentam no meio artístico.
- Demonstram confiança na área artística.

ARTES

- Rabiscam mais fácil que a maioria.
- Incorporam grande número de elementos em artwork.
- Elaboram sobre ideias de outras pessoas como um ponto de início.
- Observam detalhes em ambiente da área artística.
- Possuem soluções não usuais e únicas para problemas artísticos.
- Usam imagem visual interessante e não usual.
- São inovadores em selecionar e usar materiais de artes.
- Possuem um alto senso desenvolvido de movimento e ritmo em desenhos.
- Possuem uma ampla sensibilidade para cor.
- Apresentam várias organizações de elementos para situações

diferentes.

- Usam conteúdo que é interessante, contam histórias, ou expressam sentimentos.
- Produzem muitos desenhos.

DRAMA

- São inovadores e criativos em desempenhar (atuar).
- Facilmente contam uma história ou dão uma descrição de alguma experiência.
- Usam gestos ou expressões faciais para comunicar sentimentos.
- Identificam-se com humores e caracteres motivacionais.
- São hábeis em *role-playing*, improvisação, atuação (teatro).
- Manuseiam o corpo com facilidade e desembaraço.
- Criam jogos originais ou constituição das histórias por meio de jogos.
- Comandam e atraem a atenção de um grupo quando falam.
- Evocam respostas emocionais de ouvintes.
- Comunicam sentimentos por meio de significados não verbais.
- Imitam outros, usam a voz para refletir mudança de ideia e humor.

MÚSICA

- Discriminam finas diferenças em tom, relativo ou absoluto.
- Recordam melodias e podem produzir precisamente.
- Identificam uma variedade de sons (instrumentos da orquestra, cantores, ruído de origem).
- Variam altamente (*loudness*) e suavemente (*softness*).
- Tocam um instrumento ou demonstram um forte desejo.
- São sensíveis ao ritmo, movimentam o corpo conforme o ritmo.
- Dançam em harmonia com ritmos diferentes.
- Podem completar uma melodia.
- Criam melodias próprias.

- Gostam de ouvir música.
- Gostam de produzir música com os outros.

2.4.5 LIDERANÇA

“Liderança é o resultado de uma interação entre um número de variáveis: a personalidade, status, realização e inteligência de líder; as características de seguidor; e a situação” (STOGDILL, 1974). Profissionais podem encontrar dificuldade para identificar potenciais líderes, visto que liderança pode emergir em vários tipos de situações e é dependente de um número de variáveis presentes.

Algumas características pessoais gerais identificadas pelos pesquisadores em talentos para liderança sabendo que a situação influenciará são (JOHNSEN, 2004):

- São bem-organizados.
- São visionários, têm uma visão holística.
- São capazes de ver problemas de múltiplas perspectivas.
- São adaptáveis às novas situações.
- Podem manipular sistemas.
- São altamente responsáveis (são credíveis).
- Mantêm o foco da questão.
- São autoconfiáveis.
- São comunicadores persuasivos.
- Possuem atitude cooperativa, trabalham bem em grupos.
- Participam em muitas atividades sociais, divertem-se ao redor de outras pessoas.
- Influenciam o comportamento de outros, são reconhecidos como um líder pelos pares.
- São respeitados ou admirados pelos outros.
- São conscientes de sinais verbais e não verbais, habilidades interpessoais sofisticadas.
- São emocionalmente estáveis.
- São dispostos a assumir riscos.

2.4.6 AFETIVO

Junto com características cognitivas, *estudantes talentosos* frequentemente,

exibem características afetivas particulares (JOHNSEN, 2004):

- São motivados em trabalho que excita.
- Persistem em completar questões em áreas de interesse.
- São autodirecionados, independentes.
- Avaliam e julgam criticamente.
- Têm alto grau de concentração.
- São preocupados sobre certo e errado (ética).
- São altamente sensitivos.
- São perfeccionistas.
- São interessados em problemas de “adultos”.
- Academicamente, possuem conceitos altos.
- Possuem altas expectativas de si mesmo e dos outros.
- Possuem senso de humor.
- São altamente sensíveis.
- Aceitam outras perspectivas, são empáticos.

2.5 DIFICULDADES

A interação entre estas “características citadas, frequentemente associadas a *estudantes talentosos e habilidosos*, e outros fatores, tais como as questões da escola, a situação social, a base familiar, e os traços genéticos individuais, podem produzir ambos comportamentos desejáveis e indesejáveis” (CLARK, 1997; WHITMORE, 1980). Como professores e educadores podem ter particulares expectativas estereotípicas (exemplos: todos são leitores ainda muito jovens, são bem sucedidos academicamente, falam e escrevem fluentemente e bem-comportados) da atuação de *estudantes talentosos*, os comportamentos indesejáveis de estudantes limitam o reconhecimento de “dons” e “talentos”.

A busca do talento não contempla escores em testes, respostas em questionários ou outro resultado mensurável porque testes demonstram o que foi aprendido e não a capacidade talentosa do estudante. Assim, a busca do talento visualiza um processo desenvolvido ao longo de um tempo; sequência de acontecimentos naturais; observação contínua, direta e sistemática; e dados de diversas situações de ação, produção, posição e desempenho (GUENTHER, 2007).

2.6 PESQUISAS SOBRE OS ESTUDANTES TALENTOSOS

Muitos pesquisadores desenvolvem seus estudos sobre a educação dos *estudantes talentosos e habilidosos* por já ter sido detectado que estes estudantes necessitam de estímulos para transformarem “dons” em “talentos”, e é a escola a maior responsável pelo crescimento destes estudantes.

Pesquisadores afirmam que “a incidência de altas habilidades/superdotação ocorre de modo aleatório, em uma estimativa de 3 a 5% da população mundial, em grupos privilegiados ou marginalizados socialmente” (FERNANDES; VIANA, 2009; GUENTHER, 2007). Na escola, são identificados os mais dotados nas classes abastadas que nas classes pobres, portanto, origem sócioeconômica interfere na identificação de capacidade, conforme Guenther (2007).

Rogers (2007) discute cinco considerações sobre a educação dos *talentosos (gifted)* e *habilidosos (talented)*. Embora várias considerações derivam da prática tradicional de sala de aula, alguma consideração é garantida pelas pesquisas atuais sobre as diferenças nas funções intelectuais dos *estudantes talentosos*. O pensamento dos *aprendizes talentosos* é dito idiossincrático, ou seja, é uma característica comportamental ou estrutural peculiar aos *alunos talentosos*. Isto significa que um único *aprendiz talentoso*, não necessariamente exigirá uma reconceitualização de estudos já realizados em pesquisas, a partir de como, apropriada e completamente, funciona o pensar deste único aprendiz. Rogers apresenta, em seu estudo, opções de trabalhar a aprendizagem dos *estudantes talentosos e habilidosos* de forma a aumentar suas habilidades, uma vez que estes precisam de algumas oportunidades para trabalhar independentemente e desenvolver completamente os talentos demonstrados.

1. Aprendizes necessitam diariamente de desafios em suas áreas específicas de talento;
2. Oportunidades seriam fornecidas sobre uma única base regular para *aprendizes talentosos* de forma a trabalharem independentemente em suas áreas de paixão e talento;
3. Várias formas de aceleração, baseadas na série (grau da escola) e no sujeito seriam oferecidas para *aprendizes talentosos*, como exigem suas necessidades educacionais;
4. Oportunidades seriam oferecidas para *aprendizes talentosos* com o objetivo de socializarem-se e aprenderem com seus pares como habilitar (Like-Ability);

5. Para áreas específicas do currículo, o modelo instrucional deve ser diferenciado em passos, resultado de revisão e prática, e organização de apresentação de conteúdo.

As implicações destas lições estão longe de serem atingidas. Educadores que querem implementar pesquisa baseada em “melhores práticas” devem reconsiderar muitas de suas perspectivas de ajudar previamente e devem praticar mais que palavras para desenvolver o “potencial total” de todos os aprendizes, incluindo os *talentosos* e *habilidosos*. Para prover os diferentes caminhos que os *aprendizes talentosos* aprendem (desafios consistentes, desenvolvimento de talento diariamente, trabalho independente, do todo para parte, ritmo rápido, profundidade e complexidade, instrução limitada e revisão), educadores devem reconsiderar se (e como) eles podem melhorar a gerência dos heterogêneos e das salas de aula diversas (ROGERS, 2007).

“Necessidades intelectuais únicas dos *estudantes talentosos* merecem currículo, estratégias e recursos que desafiam, apropriadamente, além do que é fornecido no currículo da educação geral” conforme Shaunessy (2007). Muitos *estudantes talentosos* serão líderes em tecnologia futuramente e em outras disciplinas que utilizam tecnologia, por isso é imperativo que pesquisadores considerem como os professores dos *talentosos* estão utilizando as novas tecnologias para estes estudantes. Assim como currículo e instrução, a implementação da tecnologia com *estudantes talentosos* seria destinada apropriadamente para encontrar suas necessidades; professores de *talentosos* podem ser capazes de desenvolver diferenciadas oportunidades para aprendizagem com tecnologia.

Os educadores mais efetivos são aqueles que reconhecem as necessidades avançadas dos *aprendizes talentosos* e apresentam oportunidades apropriadas em complexidade, etapa, profundidade e nível para estimular ou desafiar a aprendizagem. Além disso, professores dos *talentosos*, que são bem preparados, são mais adeptos de fornecer apropriadas experiências de aprendizagem através de atividades de pensamento de nível alto. Corroborando esta ideia, Shaunessy (2007) afirma que,

as melhores práticas em ensino para os *talentosos* suportam o design de atividades centradas no estudante e oportunidades para pensamento abstrato, criatividade, e habilidades do pensamento crítico. O uso da tecnologia da informação como uma ferramenta na sala de aula do *talentoso* tem sido defendida como um veículo para o desenvolvimento destas habilidades.

Shaunessy e Suldo (2010) consideram, em seu estudo atual, respostas para pesquisas de stress e enfrentamento de stress, assim como foca em entrevistas de grupos de *talentosos* e estudantes de *nível alto* (*high-achieving*) envolvidos em um intenso

currículo acadêmico, o Programa de Diploma Internacional Baccalaureate (IB). *Estudantes talentosos* do IB diferem dos colegas de classe do IB com relação à irritação ao enfrentar desafios, humor, e enfoque de resolver problemas. Com o uso desta pesquisa e crescente interesse dos Programas Internacionais Baccalaureate pelos Estados Unidos, educadores, pesquisadores e administradores estão considerando as necessidades emocionais e sociais dos *talentosos* e estudantes de habilidades altas, servidos nestes desafiantes programas acadêmicos.

O Programa Internacional Baccalaureate é um “classic liberal-arts” (CONNER, 2008), colégio preparatório de currículo, destinado ao desenvolvimento de: conhecimento de conteúdo avançado, consciência global, sensibilidade intercultural, competência social, questionamentos e resolução de problemas em estudantes de escola de nível alto (IBO, 2005).

Os três maiores componentes cognitivos apresentados pelos *estudantes talentosos* ao resolver problemas são: codificação, comparação e combinação (STERNBERG; DAVIDSON, 1983; GORODETSKY; KLAVIR, 2003). Estes componentes são responsáveis pelas soluções corretas dos problemas de *insight* pelos *estudantes talentosos*. Além destes, para os *estudantes talentosos*, caracterizados pela habilidade na solução de problemas de domínios específicos, foram detectados outros dois componentes: recuperação e direcionamento de objetivos. Os processos cognitivos dos *estudantes talentosos* ao resolver problema estão detalhados no capítulo 3.

2.7 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Para capturar os processos cognitivos de um *estudante talentoso* ao resolver um problema de Matemática, sente-se necessidade de compreender seu pensamento e raciocínio e, conseqüentemente, sua *talentosa*. Para isso, este capítulo apresentou as características dos *estudantes talentosos* em diversas áreas, bem como os processos catalisadores que influenciam positivamente no desenvolvimento dos talentos de um estudante. Estes catalisadores podem, também, não favorecer o desenvolvimento do talento do estudante.

Nesta tese, os *estudantes talentosos* pesquisados resolveram problemas matemáticos e relataram sobre os processos cognitivos envolvidos na construção de uma solução. Além de compreender os processos cognitivos dos *estudantes talentosos*, é necessário também, compreender a resolução de problemas como uma ferramenta para

“aprender a pensar”. Esta ferramenta permite, entre outras habilidades, o aprimoramento do pensamento crítico e tomada de decisão. A fundamentação teórica e o método heurístico de resolução de problemas encontram-se detalhados no capítulo 3.

3 O PROCESSO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Os tópicos tratados, neste capítulo, são devidos a dois temas centrais que permeiam esta pesquisa: a importância do estudo sobre a resolução de problemas na educação, e especialmente na Matemática, bem como as dificuldades apresentadas pela maioria dos estudantes ao resolver problemas. Portanto, este capítulo trata da definição de problema, faz comentários sobre os processos de resolução dos problemas em Matemática, como por exemplo, o problema histórico, o *troubleshooting*, o problema lógico e o problema de algoritmo. Expõe os processos cognitivos dos *estudantes talentosos* ao resolver um problema, além de fazer uma comparação com os processos utilizados por *estudantes de inteligência normal*.

Este capítulo trata ainda, da importância de desenvolver habilidades de pensamento crítico, uma vez que “habilidades de pensamento de ordem alta como pensamento crítico, pensamento criativo e resolver problema são consideradas habilidades individuais necessárias para o século 21” (SENDAG; ODABASI, 2009) e a melhor maneira para capacitar indivíduos com habilidades para resolver problemas é integrar com pensamento criativo e tomada de decisão (KALAYCI, 2001).

“O desenvolvimento da capacidade de resolver problemas complexos é visto cada vez mais como parte integrante da formação profissional” (WUTTKE; WOLF, 2007). “Um problema não é simplesmente uma tarefa matemática, mas uma ferramenta para pensar matematicamente” (VILA; CALLEJO, 2006).

Resolver um problema, na verdade, é o processo de aplicar um método – não conhecido e avançado – para um problema que está sujeito a um conjunto específico de condições e que o resolvidor do problema não tenha visto ainda, a obtenção de uma solução satisfatória, em ordem (CENTER for TEACHING EXCELLENCE, 2003).

3.1 O QUE É UM PROBLEMA?

Segundo Jonassen (2003)

existem pelo menos dois atributos críticos na definição de um problema. Primeiro, um problema é uma entidade desconhecida em algum contexto. Segundo, encontrar a solução ou resolver o problema desconhecido deve ter algum valor social, cultural ou intelectual.

Para Vila e Callejo (2006), o termo problema “designa uma situação com fins

educativos, cujo método de solução não é imediatamente acessível ao resolvidor, visto que não dispõe de um processo que relacione automaticamente os dados com a conclusão”. Portanto, o resolvidor deverá buscar, investigar, estabelecer relações e envolver suas emoções para enfrentar uma situação nova.

Os problemas existem em todas as áreas do conhecimento. Em diferentes áreas de conhecimento, o objetivo principal é desenvolver métodos e técnicas para resolver problemas próprios de cada área. Percebe-se que é notória a importância de preparar o aprendiz para desenvolver sua capacidade de resolver problemas, qualquer que seja a sua especialidade. Por exemplo, a Antropologia é a ciência preocupada em estudar o homem e a humanidade na sua totalidade e abrangendo todas as suas dimensões; a Psicologia estuda as atividades mentais e do comportamento de um indivíduo ou grupo; a Medicina é a ciência cujo objetivo é manter a saúde e curar doenças, e a Matemática é uma ciência que estuda objetos abstratos como números, figuras e funções e suas relações.

Jonassen (2003) afirma que a presença dos problemas em nossas vidas e o limitado tempo que sempre parece ser alocado para educação e aprendizagem, conduz à discussão de dois pontos. O primeiro ponto é a necessidade de falar aos estudantes o que sabemos sobre o mundo, uma vez que experienciamos mais que eles; da mesma forma é imperativo prepará-los para que desenvolvam suas próprias habilidades na busca do conhecimento. O segundo ponto a ser discutido diz respeito aos objetivos da educação e o treinamento dos estudantes para resolver problemas, considerando que pessoas precisam aprender como resolver problemas, em suas vidas, no âmbito profissional e pessoal, diariamente.

É comum afirmar-se que a base da educação é o conteúdo desenvolvido em sala de aula que, na maioria das vezes, está relativamente sem sentido ou fora do contexto de um problema real. Se os alunos estudassem conteúdo para o explícito propósito de resolver problemas, o conteúdo teria mais significado. O que é aprendido no contexto de resolução de problemas é melhor compreendido e melhor fixado.

A educação focada em resolver problemas reais exigiria uma maior disponibilidade de tempo, em sala de aula; por outro lado, os estudantes teriam uma melhor compreensão dos conceitos e, conseqüentemente, uma aprendizagem mais eficaz, (JONASSEN, 2003).

3.2 COMO VARIAM OS PROBLEMAS?

Existe um número de atributos variáveis dos problemas. Problemas variam em conhecimento necessário para resolvê-los, na forma em que aparecem e nos processos necessários para resolvê-los. Os problemas em si também variam, consideravelmente, de problemas de adição simples, na escola elementar, para complexos problemas político e sócio culturais, como encontrados na escola de nível médio. Intelectualmente, problemas variam em pelo menos quatro maneiras: estruturalidade, complexidade, dinamicidade, e domínio específico (JONASSEN, 2003).

3.2.1 ESTRUTURALIDADE

Problemas dentro de domínios e entre domínios variam em termos de como estão estruturados. Os problemas podem ser, de forma contínua, classificados de bem estruturados para mal estruturados. “Os problemas mais comuns que os estudantes resolvem nas escolas, universidades e encontros de treinamentos são problemas bem-estruturados” (JONASSEN, 2003).

Como os problemas armazenados encontrados no fim dos capítulos do livro-texto ou em avaliações são problemas bem-estruturados, requerem a aplicação de um limitado e conhecido número de conceitos, regras e principais temas estudados dentro de um restrito domínio. Eles têm apresentação inicial bem-definida, um conhecido objetivo ou solução, e um conjunto de operadores lógicos (um conhecido procedimento para resolver). Problemas bem-estruturados apresentam também todos os elementos para os aprendizes, e têm soluções compreensíveis, (JONASSEN, 2003).

Problemas mal-estruturados são os tipos de problemas mais frequentemente encontrados no dia a dia e na prática profissional. Também conhecidos como problemas perigosos, estes não se resolvem necessariamente conforme o domínio do conteúdo estudado. Suas soluções não são previsíveis nem convergentes. Problemas mal-estruturados são também interdisciplinares, isto é, eles não podem ser resolvidos pela aplicação de conceitos e princípios de um simples domínio.

Por exemplo, soluções para problemas, tais como poluição local, podem requerer a aplicação de conceitos e princípios de matemática, ciência, ciência política, sociologia, economia e psicologia. “Problemas mal-estruturados frequentemente possuem aspectos que são desconhecidos” (WOOD, 1983), e “eles possuem múltiplas soluções ou métodos de solução ou frequente não soluções no todo” (KITCHNER,

1983). Problemas mal-estruturados, frequentemente, exigem que os aprendizes façam julgamentos e expressem opiniões pessoais ou crenças sobre o problema.

Por um longo tempo, psicólogos acreditavam que, “em geral, os processos usados para resolver problemas mal-estruturados são os mesmos que são usados para resolver problemas bem-estruturados” (SIMON, 1978). Contudo, pesquisa mais recente sobre resolver problemas do dia a dia em diferentes contextos faz claras distinções entre o pensamento requerido para resolver problemas bem-estruturados e problemas do dia a dia.

Dunkle et al. (1995) concluíram que o desempenho em resolver problemas bem-definidos é independente do desempenho sobre questões mal-definidas. Problemas mal-definidos exigem um diferente conjunto de crenças epistêmicas. “Resolver problemas mal-estruturados em uma simulação requerem diferentes habilidades, incluindo o uso de metacognição e argumentação” (HONG et al., 2003).

3.2.2 COMPLEXIDADE

Problemas variam em termos de sua complexidade. A complexidade do problema é determinada pelo número de questões, funções ou variáveis envolvidas no problema; o grau de conectividade entre estas variáveis; o tipo de relacionamentos funcionais entre estas propriedades e a estabilidade entre as propriedades do problema durante o tempo (FUNKE, 1991). “Problemas simples, como problemas do livro texto, são compostos de poucas variáveis, enquanto problemas mal-estruturados podem incluir muitos fatores ou variáveis que podem interagir em caminhos imprevisíveis” (JONASSEN, 2003).

Complexidade também se refere a quantos, que clareza, e que confiabilidade os componentes são representados no problema. A ideia da complexidade do problema parece ser intuitivamente reconhecível até mesmo pelos estudantes não treinados. A primeira razão é que problemas complexos envolvem mais operações cognitivas que problemas simples. Acertar as múltiplas variáveis durante a estrutura do problema e gerar a solução impõe uma intensa carga cognitiva sobre os resolvedores de problemas.

Complexidade e estruturalidade coincidem em parte. Problemas mal-estruturados tendem a ser mais complexos, especialmente aqueles oriundos da prática do dia a dia. Problemas mais bem-estruturados tendem a ser menos complexos; entretanto, alguns problemas bem-estruturados podem ser extremamente complexos e problemas mal-estruturados podem ser bastante simples. Por exemplo, vídeo games

pode ser um problema bem-estruturado muito complexo, enquanto selecionar o que usar do nosso guarda-roupa para diferentes ocasiões é um simples problema mal-estruturado (JONASSEN, 2003).

3.2.3 DINAMICIDADE

Problemas variam em sua estabilidade ou dinamicidade. Problemas mais complexos tendem a ser dinâmicos; isto é, a questão e fatores mudam durante o tempo. Quando as condições de um problema mudam, o resolvidor deve continuamente adaptar o seu entendimento do problema enquanto procura por novas soluções, porque as velhas soluções podem não mais ser viáveis. Por exemplo, investir no *stock market* é frequentemente difícil por causa das condições de *market* (por exemplo, demanda, taxas de interesse, ou confiança) que tendem a mudar de forma dramática durante pequenos períodos de tempo. Problemas estáticos são aqueles em que os fatores são estáveis durante o tempo. Problemas mal-estruturados tendem a ser mais dinâmicos, e problemas bem-estruturados tendem a ser estáveis (JONASSEN, 2003).

3.2.4 DOMÍNIO ESPECÍFICO

Jonassen (2003) afirma que teorias e pesquisas mais contemporâneas em resolver problemas sustentam que estas habilidades são de domínio e contexto específicos. Isto é, estão situadas, embutidas na natureza do contexto, e, então, dependentes dela ou do domínio do conhecimento. Matemáticos resolvem problemas diferentemente dos engenheiros, que resolvem problemas diferentemente dos cientistas políticos, e assim por diante.

Entende-se que problemas, em um contexto organizacional, que são resolvidos diferentemente estão em contextos diferentes. Problemas da IBM são resolvidos diferentemente daqueles da *Hewlett-Packard*. Eles têm estruturas organizacionais diferentes, culturas diferentes e diferentes combinações sociológicas, que afetam os tipos de problemas que chegam e como eles são resolvidos.

Problemas com um domínio contam com operações cognitivas que são específicas para este domínio. Por exemplo, estudantes nas ciências probabilísticas de psicologia e medicina desempenham melhor sobre estatística, metodologia e problemas de raciocínio condicional que os estudantes em direito e química, que não aprendem tais formas de raciocínio. As operações cognitivas requeridas para resolver problemas com um domínio ou contexto são aprendidas por meio do desenvolvimento do raciocínio

pragmático, ao invés de resultados de resolver este tipo de problema. Indivíduos em diferentes domínios ou contextos desenvolvem habilidades de raciocínio resolvendo problemas mal-estruturados que estão situados nestes diferentes domínios ou contextos e requerem formas de lógica que são específicas para este domínio ou contexto.

Enfim, problemas com um domínio ou contexto variam em termos de suas estruturas, complexidade e dinamicidade, mas todos os problemas variam também ao longo de uma outra dimensão entre domínios ou contextos. O que afeta mais problemas, contexto ou tipo de problema não é conhecido.

3.3 RESOLVER PROBLEMAS

Resolver um problema desconhecido é “alguma sequência de objetivo-direcionado de operações cognitivas” (ANDERSON, 1980) com a finalidade de encontrar este desconhecido. Estas operações têm dois atributos críticos.

Em primeiro lugar, resolver um problema requer a representação mental do problema e seu contexto. Isto é, quem resolve problemas constrói uma representação mental ou modelo mental do problema, conhecido como o espaço do problema. “Modelos mentais internos dos problemas são representações multimodais, consistindo de conhecimento estrutural, conhecimento procedimental, conhecimento reflexivo, imagens e metáforas do sistema, e conhecimento estratégico ou executivo” (JONASSEN; HENNING, 1999).

Modelos mentais consistem em conhecimento sobre a estrutura do problema, conhecimento de como desenvolver testes e outras atividades de resolver problema, o ambiente visual do problema e suas partes constituintes e conhecimento de quando e como usar procedimentos. Os modelos mentais experienciados pelos resolvidores de problemas integram estes diferentes tipos de conhecimentos. É a construção mental do espaço do problema que é o mais crítico para resolvê-lo.

Em segundo lugar, a eficácia em resolver problemas requer que aprendizes manipulem ativamente e testem seus modelos. “Pensamento é uma atividade internalizada” (JONASSEN, 2002), especialmente quando resolvem problemas, assim como conhecimento e atividade são recíprocos, ou seja, são processos interdependentes. Nós conhecemos o que nós fazemos, e nós fazemos o que nós conhecemos. O sucesso de resolver problemas requer que aprendizes generalizem e tentem soluções em suas mentes antes de tentá-las no mundo físico.

Kapur (2009), em seu estudo que fala sobre o fracasso na aprendizagem da resolução de problemas matemáticos, apresenta um exemplo sobre a aprendizagem impulsionada por impasse (*impasse-driven learning*) aplicada ao treinamento de situações para resolver problemas que fornece forte evidência para o fracasso na aprendizagem. A eficácia na aprendizagem de um princípio (ou conceito, por exemplo, uma lei da física) era associada aos eventos quando estudantes alcançavam um impasse durante resolução do problema. Quando estudantes não atingiam um impasse, a aprendizagem era rara, apesar de explícita explicação do professor do objetivo do princípio.

Duas abordagens diferentes do significado do raciocínio dedutivo foram identificadas na pesquisa desenvolvida por Ayalon e Even (2008). Uma primeira abordagem refere-se ao raciocínio dedutivo como uma forma de passo a passo sistemática para resolver problemas tanto em matemática como em outros domínios. A outra abordagem enfatiza a lógica como essência da inferência dedutiva, distinguindo matemática de outros domínios na usabilidade do raciocínio dedutivo.

Schwering et al. (2009) afirmam que “fazer-analogia é uma habilidade para ver dois domínios diferentes como similar baseado em suas estruturas relacionais comuns, e também que esta habilidade é fundamental e onipresente para a cognição humana”. Além disso, concluíram que percepção, aprendizagem, memória, linguagem e pensamento estão baseadas em combinar relações e, então, fazer analogia é um movimento da periferia para o centro da cognição humana. Sobre um outro ponto de vista, “fazer analogia em si mesmo é um processo muito complicado que requer a percepção do objetivo do domínio, a memória para experiências passadas, que podem ser a base potencial para analogia, raciocínio abstrato e generalização, linguagem sofisticada”. Assim, fazer analogia é tentar integrar várias habilidades cognitivas juntas.

É preciso levar em consideração, no processo de resolução de problemas, “além dos aspectos cognitivos, o papel dos afetos e do contexto” (VILA; CALLEJO, 2006) visto que o processo de resolução de problemas apresenta um componente de subjetividade, onde cada indivíduo busca a solução de uma situação-problema a partir de atitudes, crenças e certos sentimentos, com influência do contexto em que se apresenta. A relevância do papel da resolução de problemas na educação, não está no fato de ensinar a resolver problemas, mas sim em ensinar a “pensar matematicamente”. Ou seja, “modelar, simbolizar, abstrair e aplicar ideias matemáticas a um amplo espectro de situações” (SCHOENFELD, 1992).

3.3.1 TIPOS DE PROCESSOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Visto que problemas diferem em termos de estrutura, complexidade e contexto devem existir diferentes tipos de processos para resolver problemas. Como existem muitos tipos de problemas, existem similaridades no processo cognitivo requerido nessas classes de problemas. Dentro das classes, existem diferenças em resolver problemas, dependendo do domínio ou contexto no qual o problema ocorre, assim como a estruturalidade e complexidade (JONASSEN, 2003).

Por isso, é praticamente impossível desenhar e desenvolver modelos, métodos e ferramentas para resolver problemas em todo domínio. Métodos para representar problemas, avaliar soluções e projetar ambientes de aprendizagem variam de acordo com o tipo de problema. “Isto porque um dos princípios fundamentais de projeto instrucional é que diferentes aprendizagens resultam em diferentes processos de aprendizagem e, por conseguinte, requerem diferentes condições de aprendizagem” (GAGNÉ, 1960).

Problemas lógicos ou jogos, por exemplo, envolvem uma atividade de aprendizagem de controle lógico e manipulação de limitadas variáveis, dentro de um contexto abstrato, em uma estrutura de descoberta, em que o critério de sucesso está em uma eficiente manipulação das variáveis. Em problemas de algoritmos, as atividades de aprendizagem apresentam uma sequência procedimental de manipulações, em que o resolvidor deverá utilizar fórmulas ou procedimentos em uma estrutura procedimental previsível, dentro de um contexto abstrato, e o critério para se obter sucesso está em encontrar uma resposta ou produto, usando combinação de valores e formas (JONASSEN, 2003).

“*Troubleshooting* é o termo comum usado para resolver problema” (JONASSEN; HUNG, 2006). *Troubleshooting* surge em atividades de aprendizagem em que se examinam sistemas, se organizam testes, se avaliam resultados, se formulam hipóteses e se confirmam estados de falhas, usando estratégias dentro de um contexto do mundo real e fechado em uma estrutura que apresenta finitas falhas e resultados, e o critério de sucesso é a identificação das falhas e eficiente isolamento delas. (JONASSEN, 2003).

Troubleshooting é frequentemente pensado como uma série linear de decisões que leva para o isolamento da falha. O processo cognitivo, que será apresentado, tende a ajudar novatos a resolver simples problemas de *troubleshooting*, uma vez que,

troubleshooting não é meramente uma série de decisões. Para resolver um problema de *troubleshooting*, o aprendiz deve:

- Identificar o estado da falha e relatar sintomas, que é definir o estado atual do sistema a ser reparado.
- Construir um modelo mental do problema pela descrição do objetivo (como você conhece quando o sistema está funcionando apropriadamente), identificando a falha do subsistema (conhecido como partindo o espaço).
- Diagnóstico do problema por:
 - Examinar a falha dos subsistemas;
 - Relembrar previamente problemas resolvidos;
 - Reusar ou adaptar os problemas resolvidos previamente;
 - Dominar ao menos hipóteses prováveis, se o problema resolvido previamente não está disponível;
 - Gerar uma hipótese inicial e suposições sobre o problema;
 - Testar suas hipóteses baseado no conhecimento de domínio;
 - Interpretar os resultados do teste;
 - Confirmar ou rejeitar a validade das hipóteses e, se esta é rejeitada, gerar uma nova hipótese;
 - Repetir o processo de gerar e testar hipóteses até a falha ser identificada.
- Implementar a solução para reparar a parte defeituosa ou subsistema: testar a solução para determinar se o objetivo foi alcançado.
- Registrar os resultados na falha no banco de dados (isto é, relembrar o caso para futuro reuso).

Problemas históricos exigem dos resolvedores, “a identificação de palavras chaves na história, seleção de algoritmo apropriado e sequência para resolver o problema aplicando o algoritmo e checando suas respostas que consideram corretas” (SHERRILL, 1983). Resolver problema histórico requer não somente cálculos com precisão, mas também

a compreensão da informação textual, a capacidade para visualizar os dados, a capacidade para reconhecer a estrutura semântica do problema, a capacidade para sequenciar suas corretas etapas de solução, e a capacidade e a disposição para avaliar o procedimento usado para resolver o problema (LUCANGELLI et al., 1998).

Após extensiva análise de resolver problema histórico, Jonassen (2003) conclui que “resolver algum tipo de problema histórico requer que aprendizes construam um modelo mental do tipo do problema que inclui um modelo da situação descrita na superfície do conteúdo, bem como um modelo semântico da estrutura do problema”. Um problema simples de movimento em matemática, tipicamente, usa trens, carros, ou aviões trafegando em uma direção ou outra como a superfície do conteúdo. E, para ser capaz de resolver o problema, o aprendiz relaciona trens, carros e aviões para um modelo semântico de relações entre as diferentes entidades no problema.

Cognitivamente, para resolver um problema histórico, o aprendiz deve (JONASSEN, 2003):

- Analisar o problema: ler e analisar minuciosamente a descrição do problema.

- Tentar classificar o tipo de problema, comparando a face do conteúdo para problemas previamente resolvidos ou para descrições de classes de problemas, e comparando a relação estrutural descrita no problema para modelos de problemas ou para problemas resolvidos previamente.
- Construir uma representação mental do problema a ser resolvido, identificando os conjuntos de entidades da superfície do seu conteúdo, mapeando estes conjuntos sobre o modelo estrutural do problema, acessando a fórmula e processando operações requeridas para resolvê-lo.
- Mapear os valores em cada conjunto sobre a fórmula.
- Estimar o tamanho da solução e as unidades apropriadas (distância, comprimento, e assim por diante).
- Resolver a fórmula.
- Reconciliar o valor com o estimado em termos de tamanho e unidades. (Foi o resultado similar para o estimado?)
- Recordar o conteúdo e a estrutura das entidades do problema e arquivo para o tipo de problema.

3.4 PROCESSOS COGNITIVOS DE ESTUDANTES TALENTOSOS

No processo cognitivo usado pelos resolvedores de problemas, (STERNBERG; DAVIDSON, 1983; GORODETSKY; KLAVIR, 2003) identificaram-se três maiores componentes cognitivos, a saber: codificação, comparação e combinação como responsáveis pelas soluções corretas dos problemas de *insight* pelos *estudantes talentosos*. Para os *estudantes talentosos*, caracterizados pela habilidade na solução de problemas de domínios específicos, dois adicionais processos têm sido, frequentemente, atribuídos para seus processos de solução: recuperação e direcionamento de objetivos.

Gorodetsky e Klavir (2003) incorporaram os processos de codificação, comparação e combinação, acrescentando também recuperação e direcionamento de objetivos, via um mapa, dentro de um modelo para as análises das reflexões dos *estudantes talentosos* e *estudantes de inteligência normal* em seus processos de solução. Essa análise concentra-se sobre declarações qualitativas com relação ao processo de solução, ao invés de realizações quantitativas (certo/errado). Cada processo incluído no modelo é medido ao longo da dimensão comum de seletividade, que é indicativo da eficiência e sofisticação do processo. Assim, um perfil da solução pode ser obtido para cada resolvidor em termos do nível de seletividade empregado para cada processo.

A natureza dos vários processos cognitivos incluídos pode ser encontrada abaixo, assim como a natureza da dimensão de seletividade que atravessa todos os processos.

3.4.1 SELETIVIDADE

A seletividade é uma dimensão que distingue o *estudante talentoso* e o *estudante de inteligência normal*, em termos de eficácia dos processos cognitivos de resolver

problema (STERNBERG; DAVIDSON, 1983; DAVIDSON, 1986). A seletividade é usada como uma dimensão que pode ser aplicada para cada processo detectado nas soluções dos estudantes, independentemente de sucesso ou fracasso.

3.4.2 CODIFICAÇÃO

A codificação refere-se ao processo pelo qual o estudante resolvidor extrai informação de um dado problema. Os *estudantes talentosos* exibiram na resolução de problemas, mais codificação seletiva que os *estudantes de inteligência normal*, e essa codificação seletiva era atribuída à inteligência e ao conhecimento geral desses *estudantes talentosos* (GORODETSKY; KLA VIR, 2003).

Davidson (1986) detectou que os *estudantes talentosos* usam analogias espontaneamente (estrutura profunda) para codificar informação relevante, enquanto os *estudantes de inteligência normal* dependem de explicitar no momento certo (estrutura de superfície) para encontrar informação essencial para a solução. O *talentoso* linka a codificação da informação de estrutura profunda a um processo de solução mais eficiente e sofisticado. Schwering (2009), em seu estudo, afirma que

fazer analogia, hoje em dia, é tentar integrar várias habilidades cognitivas juntas: as relações e interações entre analogia e vários processos cognitivos como percepção visual, raciocínio lógico, similaridade de julgamento, aprendizagem e transferência, pensamento criativo em artes e ciências, etc.

Similarmente, *experts* codificam informação detalhada, bem como as relações de estrutura profunda implícitas do problema e ignoram aspectos irrelevantes embutidos no problema. Novatos, em contraste, tendem a concentrar sobre a estrutura de superfície, isto é, sobre partes literais de informação que podem ser irrelevantes para a solução. Esse modo de codificação pelos *experts* tem sido atribuído as suas estruturas de conhecimento, que os guiam para concentração sobre relevante e importante informação.

3.4.3 COMPARAÇÃO

A comparação seletiva refere-se à procura dos alunos *talentosos* ao resolver problemas por um padrão que pode levar para uma solução, e simultânea comparação deste padrão com possíveis estruturas de solução alcançadas em aprendizagem passada. A comparação ou raciocínio analógico é um processo cognitivo fundamental na mais comum situação de solução de problemas, como, por exemplo, a escola e a vida diária, onde a solução de novos problemas, frequentemente, deriva de aprendizagem e

experiências prévias de problemas análogos. “Uma analogia é um mapear entre duas situações representadas na qual a estrutura relacional comum está alinhada” (GENTNER; KURTZ, 2006).

“Há sempre alguma coisa que o “ignorante” (termo utilizado por Rancière, 2007, em seu livro *O Mestre Ignorante*) sabe e que pode servir de termo de comparação, ao qual é possível relacionar uma coisa nova a ser conhecida” (RANCIÈRE, 2007). Segundo Polya (2006), “analogia é uma espécie de semelhança. Objetos semelhantes coincidem uns com os outros em algum aspecto; objetos análogos coincidem em certas relações das suas respectivas partes”. A opinião de Alves (2008), é que “analogia é um dos mais importantes artifícios do pensamento”. Paz (1995), afirma que “a analogia torna o mundo habitável”. Ela “é o reino da palavra “como”, essa ponte verbal que, sem suprimi-las, reconcilia as diferenças e oposições”. A analogia nos permite caminhar do conhecido para o desconhecido.

O raciocínio, através da reutilização de experiências passadas, é um poderoso e frequente meio para resolução de problemas por seres humanos. Além disso, inteligência alta e talentosidade estão associadas à comparação seletiva (eficácia) ou raciocínio analógico. O raciocínio baseado em casos está fundamentalmente relacionado com pesquisas sobre raciocínio analógico que é uma área ativa de pesquisa em ciência cognitiva. Estas pesquisas focam mecanismos básicos tais como combinar e recuperar e focam, também, como estes mecanismos são usados em outros processos cognitivos incluindo raciocínio e aprendizagem (MANTARAS et al., 2006).

Teorias psicológicas de processos analógicos conduzem a modelos computacionais que podem ser usados para construir sistemas de raciocínio baseado em casos. Em seu estudo, Mantaras et al. (2006) relatam que generalidade é uma das maiores diferenças entre raciocínio baseado em casos e pesquisa sobre analogia. “Em pesquisa sobre analogia, processos, tais como combinar e recuperar, são tipicamente assumidos como processos cognitivos gerais, operando universalmente (ou quase assim) sobre representações mentais das pessoas”. Em contraste, raciocínio baseado em casos, frequentemente, foca em criar um sistema para desempenhar bem uma tarefa específica no hardware do computador, e generalidade é frequentemente tratada para eficiência ou para medir outro desempenho, com uma ênfase sobre teorias de conteúdo que refletem o conhecimento requerido para particular questão de domínio.

Pessoas podem aprender novos conceitos e estratégias de resolver problema através de exemplos e casos específicos.

Exemplos são importantes em todos os níveis de instrução, da educação elementar para educação avançada. Por exemplo, em instrução baseada em caso, um método amplamente usado em negócios, leis, e medicina, os princípios de um domínio são ensinados através de discussões de exemplos concretos ricos que incorporam pontos cruciais (GENTNER et al., 2003).

A ideia é que pessoas podem facilmente aprender exemplos específicos, que então podem servir como modelos ou analogias para futuras situações. O aprendizado adquirido, através destes casos específicos, pode então ser transferido para novas situações.

3.4.4 COMBINAÇÃO

Combinação é um processo cognitivo em que o estudante resolvidor de problemas combina informação codificada, interpretação semântica e conhecimento procedural da solução recuperada dentro de uma estrutura de solução (GORODESTKY; KLAVIR, 2003).

Em um estudo de *insight* – problemas de domínio livre que comparam sujeitos *talentosos* e *estudantes de inteligência normal*, Sternberg & Davidson (1983) distinguiram entre combinações seletivas e não seletivas (uma combinação era considerada seletiva se combinava partes da informação dentro de um processo de solução integrativo). Eles deduziram que o processo de combinação dos *talentosos* é mais seletivo do que dos *estudantes de inteligência normal*. Similarmente, Coleman e Shore (1991) afirmam que os *talentosos* (baseado em realizações em física) usavam uma alta abundância de estados que indicavam integração com conhecimento prévio, enquanto os *estudantes de inteligência normal* focavam principalmente sobre a repetição da informação apresentada no problema, faltando integrar com relevante conhecimento prévio.

Este processo de combinação é similar ao processo de integração analisado por Berger e Wilde (1988) em seus estudos sobre *experts* e novatos em Matemática. Estes pesquisadores sugerem três níveis hierárquicos de integração do conhecimento, em que “combinação” é o mais alto nível (denotando a integração dentro de uma unificada estrutura de solução de conceitos recuperados e codificados, as relações e procedimentos associados com a estrutura profunda do problema).

Peled e Wittrock (1990) proveem ainda uma outra hierarquia para combinação do conhecimento. Na pesquisa destes autores, que trata de problemas de matemática, integração é considerada o mais alto nível de combinação do conhecimento (isto é, o mais seletivo). Existem duas combinações menos eficientes: uma replicativa, que reflete

uma translação direta do texto dentro de uma equação, sem introduzir alguma mudança; e uma combinação distorsiva, que é desempenhada sobre conhecimento limitado ou errado, usando estratégias não específicas. Gorodetsky e Klavir (2003) adotam as três categorias usadas por Peled e Wittrock (1990): combinações integrativa, replicativa e distorsiva.

3.4.5 RECUPERAÇÃO

Recuperação refere-se à ativação de conceitos e termos que capacitam a interpretação de um dado problema nos termos do resolvidor. Durante algum tempo, Coleman e Shore (1991) usaram o termo para significar todos os tipos de conhecimento recuperados para a interpretação do problema.

Fan et al. (1994) distinguiram entre recuperação de termos que capacita a interpretação do texto, e recuperação do conhecimento procedimental para a solução. Estes autores entendem que é importante diferenciar entre os dois tipos de conhecimento recuperado. Então, atribuíram recuperação somente para casos de conhecimento semântico, incluindo aspectos semânticos do texto (isto é, termos que referem-se à estrutura de superfície ou estrutura profunda), e incluíram recuperação de conhecimento para a estrutura da solução no processo de comparação.

Experts e altos realizadores parecem reorganizar automaticamente novos problemas dentro de termos familiares. Esse processo é principalmente associado à estrutura profunda que é necessária para a solução. Novatos, em contraste, tendem a aderir aos novos conceitos e proposições, exatamente como aparece no novo problema, ou recuperar informação extra que é desnecessária para a solução.

“Uma importante etapa no ciclo do sistema de raciocínio baseado em casos é a recuperação de casos prévios que podem ser usados para resolver o problema”. Várias técnicas, para aprimorar a velocidade do desempenho da recuperação de um sistema de raciocínio baseado em casos, estão associadas à avaliação de similaridade dos casos armazenados. Um outro aspecto importante do desempenho da recuperação é o impacto sobre a qualidade da solução (MANTARAS et al., 2006).

3.4.6 DIRECIONAMENTO DE OBJETIVOS

“Experts são mais rápidos que novatos em alcançar soluções e seus processos de soluções tendem para direcionamento de objetivos” (GORODETSKY; KLAVIR, 2003).

Gilhooly (1996) afirma que “a procura pela solução do problema é feita dirigindo a informação para dentro de um grande esquema e evitando desviar a atenção pela informação detalhada”. Em problemas complexos, a procura pela solução é sistemática, uma vez que há a necessidade de um esquema de solução adequado. Esta procura é influenciada pelas habilidades de “autodirecionamento”, “executivas” ou “metacognitivas” que dirigem os processos. “O processo é direcionamento de objetivos e é acompanhado pela “reflexão em ação”, isto é, autorregulação contínua e ajuste” (GORODETSKY; KLAVIR, 2003).

Em contraste, os processos de solução dos novatos parecem precisar de monitoração, os novatos sentem a necessidade de um apoio para desenvolver seus processos de solução de problemas. “É impulsivo e menos controlado e, até mesmo quando usam objetivos direcionados precisam de processos autocorretivos” (LAWSON; CHINNAPPAN, 1994), o que significa que os novatos não analisam minuciosamente os dados do problema, muitas vezes, por falta de domínio do conhecimento, para poder direcionar objetivamente as etapas de solução do problema.

“Os *talentosos* são também capazes de monitorar seus passos para a solução e mover de um caminho para outro” (COLEMAN; SHORE, 1991). No estudo feito por Gorodetsky e Klavir (2003), foram trabalhados três níveis de seletividade de objetivos direcionados: “resolver problema que é dirigido para o objetivo final, um que vincula uma procura sistemática e um que envolve uma procura aleatória”.

3.5 SIMILARIDADES NOS PROCESSOS COGNITIVOS

Gorodetsky e Klavir (2003), em sua pesquisa, estabeleceram um modelo sobre as bases dos processos de solução para distinguir entre *estudantes talentosos* e *estudantes de inteligência normal*. Eles analisaram quais destes processos contribuem mais para as corretas soluções em cada população. Os resultados indicam que a natureza da contribuição dos processos difere para as duas populações e para as duas situações de aprendizagem: resolver problemas antes da aprendizagem e resolver problemas após aprendizagem de exemplos análogos.

Para os *talentosos*, os processos de combinação e codificação seletivas são essenciais em ambas as situações, isto é, os *talentosos* relatam que eles empregam processos similares, embora em diferentes intensidades. Antes da aprendizagem, combinação seletiva é o processo forte e codificação seletiva é o segundo, enquanto

após a aprendizagem, codificação seletiva tem prioridade e combinação seletiva está em segundo. Um quadro diferente surge com respeito aos estudantes normais: antes da aprendizagem, o forte processo de contribuição é a recuperação seletiva, seguida de comparação seletiva; depois da aprendizagem, é a codificação seletiva, seguida de recuperação seletiva, e então comparação seletiva.

O padrão dos processos entre os *estudantes de inteligência normal* é completamente diferente dos *talentosos*, e muda após aprendizagem. Os *talentosos* concentram seus esforços sobre os processos que estão ancorados no problema para ser resolvido, isto é, combinação seletiva e codificação seletiva. Em contraste, estudantes de inteligência normal parecem focar sobre os processos que estão mais relacionados para suas aprendizagens passadas, tal como recuperação seletiva e comparação seletiva. Após a aprendizagem, ainda que as soluções bem-sucedidas pelos *talentosos* e *estudantes de inteligência normal* sejam explicadas pela codificação seletiva, o *estudante de inteligência normal* usa os processos suplementares de recuperação seletiva e comparação seletiva, enquanto os *talentosos* continuam a usar combinação seletiva (GORODETSKY; KLAVIR, 2003).

O estudo de Gorodetsky e Klavir (2003) refina os resultados encontrados por Davidson e Sternberg (1984) sobre os sucessos dos talentosos quando comparados com os estudantes de inteligência normal, e estão explicados nos usos dos processos de codificação, combinação e comparação seletivos.

3.6 PENSAMENTO CRÍTICO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

“A aprendizagem baseada em problemas em um ambiente online apresenta um notável efeito em aumentar as habilidades do pensamento crítico” (SENDAG; ODABASI, 2009). Os sistemas educacionais têm focado na importância de implementação de recursos para aprimoramento das habilidades do pensamento crítico. O pensamento, baseado em relatar e descrever conclusões sobre noções e eventos, envolve uma variedade de diferentes processos cognitivos, tais como implicar, resolver problema, examinar, refletir e criticar. “Habilidades de pensamento de ordem alta como pensamento crítico, pensamento criativo e resolver problema são consideradas habilidades individuais necessárias para o século 21” (SENDAG; ODABASI, 2009). Então, é necessário examinar estas noções objetivamente, examinar minuciosamente sobre os conteúdos destas habilidades e elaborar os caminhos para equipar indivíduos com tais habilidades.

Resolver problemas envolve domínios cognitivo, sensório e psicomotor que ajudam instrutores a recorrer para uma larga variedade de contextos e materiais. Entretanto, sustenta-se que a melhor maneira válida e confiável para equipar indivíduos com habilidades para resolver problemas é integrar

com pensamento criativo e fazer decisão (KALAYCI, 2001).

Rubricas são descritores das ações, pensamentos e operações consideradas como bom desempenho. Estes descritores servem para avaliar desempenho de cada procedimento, ação, ou habilidade que os estudantes cumprem enquanto resolvem o problema, ou, pelo menos, uma amostra representativa destas ações, se o problema é muito complexo. Rubricas descrevem desempenho (bom desempenho e mau desempenho) (JONASSEN, 2003).

A nova rubrica do pensamento crítico e integrativo, segundo Fall (2006), objetiva aumentar a importância de integrar ideias e perspectivas por meio de limites de pontos de vista, prática e disciplina. O programa de Estudos Gerais, corpo docente da Educação Geral, História, Inglês, Estudos Gerais, Estudos Étnicos Comparativos e serviços de carreira, bem como avaliações especialistas do Centro para Ensino, Aprendizagem e Tecnologia, trabalharam juntos para adaptar a rubrica do pensamento crítico da Universidade do Estado de Washington (*Washington State University - WSU*).

A nova rubrica do pensamento crítico e integrativo faz algumas mudanças significantes para as versões anteriores da rubrica do pensamento da WSU. Cada dimensão identifica e descreve critérios para três estágios: emergente (*emerging*), em desenvolvimento (*developing*) e *master (mastering)*. Esta mudança ajuda a tornar visíveis diferentes estágios e habilidades em cada dimensão, revelando um contínuo em vez de um divisor, fornecendo uma abordagem mais educativa e matizada que um sistema dualístico pode oferecer. A tabela 3.6.1 mostra as seis dimensões do pensamento crítico em uma adaptação da rubrica do pensamento crítico para a Matemática da Universidade do Estado de Washington.

TABELA 3.6.1 As seis dimensões do pensamento crítico

	Adaptação da rubrica do pensamento crítico para a Matemática da Universidade do Estado de Washington					
	Emergente		Em desenvolvimento		Master	
1	1	2	3	4	5	6
IDENTIFICA A SITUAÇÃO ESPECÍFICA, PROBLEMA OU QUESTÃO. <i>Para realizar isto, você precisa classificar o problema, criar um plano para a solução, estar consciente de suposições e interpretar corretamente a informação dada. Se o problema é um problema real, você também precisa definir todas as variáveis e suas relações.</i>	Não classifica ou classifica incorretamente. Fornece um plano incorreto ou não planeja, não mostra evidência de conhecimento onde começa ou termina. Reconhece pouco ou nada da necessidade de processos múltiplos.		Classifica o problema usando algumas adequadas características e outras que não são. Fornece um plano que conduz para "um beco sem saída" ou requer desfazer do trabalho anterior. Reconhece somente algumas das necessidades de processos múltiplos. Identifica algumas mas não todas as suposições que são		Classifica o problema e identifica apropriadas características. Fornece um plano claro para a solução. Reconhece a necessidade para processos múltiplos ou a necessidade para aplicação de alguns processos múltiplos em certos momentos. Identifica todas as suposições que são	

	Não identifica as suposições que são usadas na solução do problema. É incapaz para interpretar a informação dada. Não compreende ou deturpa as palavras da questão.	usadas na solução do problema. Interpreta informação gráfica, algébrica, ou declaração verbal precisamente em geral.	usadas na solução do problema. Interpreta precisamente informação gráfica, algébrica, ou declarações verbais. Traduz corretamente todas as notações.
Itens em negrito referem-se a determinados problemas em contexto.	Define pouco do conhecimento e desconhece variáveis necessárias para resolver o problema. Define insuficientes ou inapropriadas relações entre variáveis ou não faz definições relacionadas.	Define algum conhecimento e desconhece variáveis e/ou seus domínios necessários para resolver o problema. Faz uso de informação irrelevante. Define parcialmente suficientes e apropriadas relações entre variáveis.	Define todo conhecimento e desconhece as variáveis necessárias para resolver o problema e considera seus domínios. Reconhece informação irrelevante ou a necessidade de mais informação. Define suficiente e relações apropriadas entre variáveis.
2	Emergente 1 2	Em desenvolvimento 3 4	Master 5 6
IDENTIFICA AS PROPRIEDADES MATEMÁTICAS APLICÁVEIS PARA A SITUAÇÃO ESPECÍFICA, PROBLEMA OU QUESTÃO. <i>Para realizar isto, você precisa estar apto para identificar todas as propriedades que permitem a você manipular a equação ou expressão conduzindo para planejada solução. Você também precisa ter certeza de que as propriedades escolhidas são verificadas e apropriadas para a circunstância.</i>	Não identifica as propriedades que apoiam a solução do problema. Constitui as propriedades. A maioria das propriedades verificadas não são apropriadas para as condições.	Identifica algumas das propriedades que suportam a solução do problema. Distorce as propriedades ocasionalmente. Identifica algumas propriedades que não eram apropriadas para as condições.	Identifica todas as propriedades que suportam a solução do problema. Identifica somente propriedades que podem ser verificadas. Identifica somente as propriedades que são apropriadas para as condições.
 <p>As etapas 2 e 3 juntas, se completam como um ciclo de “identificar e aplicar”.</p>			
3	Emergente 1 2	Em desenvolvimento 3 4	Master 5 6
DEMONSTRA COMO AS PROPRIEDADES MATEMÁTICAS SE APLICAM PARA A SITUAÇÃO ESPECÍFICA, PROBLEMA OU QUESTÃO. <i>Para realizar isto, você precisa aplicar cada propriedade que você identificou acima para o problema corretamente.</i>	Não aplica precisamente as propriedades identificadas.	Intermitentemente aplica as propriedades identificadas precisamente.	Aplica as propriedades identificadas precisamente.
4	Emergente 1 2	Em desenvolvimento 3 4	Master 5 6
IDENTIFICA AS DEFINIÇÕES E NOTAÇÕES MATEMÁTICAS APLICÁVEIS PARA A SITUAÇÃO ESPECÍFICA, PROBLEMA OU QUESTÃO. <i>Para realizar isto, você precisa estar apto para identificar todas as definições e notações que permitem a você manipular a equação ou expressão conduzindo para sua planejada solução. Você também precisa ter certeza de que as propriedades escolhidas são verificáveis e apropriadas para a circunstância.</i>	Não identifica as definições e notações que suportam a solução do problema. Constitui definições e notações. A maioria das definições e notações identificadas não são apropriadas para as condições.	Identifica algumas das definições e notações que suportam a solução do problema. Distorce as definições e notações ocasionalmente. Identifica algumas definições e notações que não eram apropriadas para as condições.	Identifica todas as definições e notações que suportam a solução do problema. Identifica somente definições e notações que podem ser verificadas. Identifica somente as definições e notações que são apropriadas para as condições.

As etapas 4 e 5, juntas, se completam como um ciclo de “identificar e aplicar”.

5	Emergente 1 2	Em desenvolvimento 3 4	Master 5 6
<p>DEMONSTRA COMO ESTAS DEFINIÇÕES E NOTAÇÕES MATEMÁTICAS SE APLICAM PARA A SITUAÇÃO ESPECÍFICA, PROBLEMA OU QUESTÃO. <i>Para realizar isto, você precisa aplicar cada definição ou notação que você identificou acima para o problema corretamente.</i></p>	<p>Não aplica as definições e notações identificadas corretamente.</p>	<p>Intermitentemente aplica definições e notações identificadas precisamente.</p>	<p>Aplica definições e notações identificadas precisamente.</p>
6	Emergente 1 2	Em desenvolvimento 3 4	Master 5 6
<p>SINETIZA A INFORMAÇÃO ACIMA ENTRE UMA SOLUÇÃO CONSISTENTE MATEMATICAMENTE PARA A SITUAÇÃO ESPECÍFICA, PROBLEMA OU QUESTÃO. <i>Para realizar isto, você precisa combinar todas as partes acima para chegar em uma solução consistente, checar razoavelmente e apropriadamente sua solução, checar seus cálculos, checar suas unidades, e ter certeza que você encontrou sua solução adequadamente.</i></p>	<p>Não combina processos e propriedades para chegar à solução consistente. Não chega à solução para o problema. Exibe uma solução que é irrelevante, não é razoável, ou não relacionado com o problema. Faz cálculos matemáticos que são frequentemente incorretos ou que não têm relação com o problema. Usa unidades incorretamente, ou não, no todo. É incapaz para encontrar a solução apropriadamente.</p>	<p>Combina os processos e propriedades incompletamente ou inconsistentemente. Chega a uma solução para o problema que é inconsistente com as escolhas acima. Exibe uma solução que é parcialmente irrelevante, não razoável, ou não relacionada para o problema. Faz alguns cálculos incorretos ou inconsistentes. Exibe erros em unidades. Exibe a solução inapropriadamente em gráfico, algébrica, ou representação verbal, usando pobres possibilidades de escala verbal ou fragmentos de sentença algébrica.</p>	<p>Apropriadamente combina os processos e propriedades para chegar a uma solução consistente. Chega a uma solução para o problema que é consistente com as possibilidades acima. Exibe uma solução que é razoável e apropriada para o problema. Faz corretos e apropriados cálculos matemáticos. Usa unidades corretamente e apropriadamente para o problema. Exibe a solução apropriadamente em gráfico, algébrico, ou representação verbal.</p>

Muir et al. (2008) em estudo sobre o comportamento dos estudantes do 6º ano ao resolver problemas de Matemática utilizam para classificar os estudantes três características associadas aos comportamentos que são “ingênuo”, “rotineiro” ou “sofisticado”. A tabela 3.6.2 mostra os aspectos comportamentais dos estudantes em cada uma das três classificações consideradas por Muir et al. (2008).

A seta no topo da tabela 3.6.2 não significa que os estudantes se movem através de cada estágio, mas que o comportamento é mais sofisticado ao longo do contínuo. Aspectos importantes observados nos estudantes ao resolver problemas foram etiquetados (rotulados) como “ingênuo”, “rotina” e “sofisticado”. Os comportamentos previamente identificados com os novatos estão presentes em ambos aspectos dos ingênuos e de rotinas, enquanto o sofisticado está alinhado perfeitamente com aqueles em que a literatura descreve como talentosos (*experts*) (MUIR et. al., 2008).

TABELA 3.6.2 Características dos comportamentos na resolução de problemas

Ingênuo	Rotineiro	Sofisticado
Emprega etapas de estratégias tal como manipular números	Implementa estratégias de uma maneira sistemática	Gera estratégias próprias
Conta com uma ou duas estratégias	Não adapta ou muda estratégias se uma não está funcionando	Disposto para o uso de uma variedade e combinação de estratégias
Pensamento metacognitivo não exibido em comunicação verbal ou escrita	Pensamento metacognitivo exibido verbalmente	Pensamento metacognitivo evidente em respostas verbais e escritas
Ocorrência de erros em algum e/ou todos os 4 estágios de resolução de problemas	Usualmente, não tenta fazer a verificação da solução	Sucesso em cada um dos 4 estágios do planejamento heurístico de resolução de problemas de Polya e verificação da solução
Não consegue articular mesmo tendo resolvido um problema similar antes	Pode identificar um problema similar, mas não necessariamente sobre as bases da estrutura matemática	Identifica problemas similares conforme a estrutura matemática do problema
A comunicação escrita é usualmente inadequada	Comunicação verbal e escrita é usualmente clara	Excelente comunicação verbal e escrita
Frequentemente usa o mesmo método para resolver todos os problemas	Foca sobre um método (caminho) para resolver o problema	Identifica métodos alternativos para resolver problemas
Confiança ao atingir a resposta rapidamente	Frequentemente expressa uma falha de confiança na habilidade em resolver problema	Exibe confiança na habilidade em resolver problema

Considera-se que é um desafio capacitar um estudante ingênuo (ou novato) tornando-o sofisticado em um processo de aprendizagem baseado em resolução de problemas. Conforme Coll e Monereo (2010) a aprendizagem no século XXI apresenta um cenário da educação na sociedade da informação com atividades e relações entre os indivíduos em que presidem características como a complexidade, a interdependência e a imprevisibilidade. A facilidade de acesso ao excesso de informação disponível não garante que os estudantes estejam mais e melhor informados. Os estudantes não possuem critérios para selecionar as informações nem para confirmar a veracidade destas. A rapidez com que ocorrem as mudanças e transformações aumentam o impacto e a imprevisibilidade de seus efeitos e conseqüências. Esta rapidez conduz a escassez de espaços e de tempo para a abstração e reflexão o que impede a dúvida e dificulta o aprendizado.

Resolver os problemas é uma necessidade de todos os dias e em todo contexto profissional. Aqueles aprendizes que são mais capazes para resolução de problemas são mais bem-sucedidos profissionalmente. Os estudantes devem estar preparados para enfrentar os desafios e devem ser capazes de procurar, selecionar e interpretar informação para construir conhecimento. O sistema de aprendizagem autorregulada permite que o aluno construa seu conhecimento, atribuindo significado e sentido ao conteúdo de aprendizagem (capítulo 4). Na aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas são exigidas muitas habilidades cognitivas, como por exemplo,

a metacognição. Para Morin (2000) “conhecer e pensar não é chegar à verdade absolutamente verdadeira, mas dialogar com a incerteza”. Deve-se dotar os alunos de competências cognitivas e metacognitivas para que este diálogo com a incerteza ocorra (MONEREO; POZO, 2010).

4 APRENDIZAGEM POR MEIO DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Este capítulo trata da aprendizagem autorregulada (seção 4.1) com suporte de andaimes que guiam os estudantes durante uma aprendizagem “independente” para experimentar, refletir e fazer previsões. Nesta aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas, o estudante tem uma participação ativa, ou seja, o estudante emerge como produtor de seu próprio conhecimento. O estudante como protagonista do seu conhecimento requer a utilização de habilidades cognitivas que possibilitam que no processo de aquisição de conhecimentos ocorra uma mudança, tanto da nova informação adquirida como no aspecto da estrutura cognitiva que está relacionada, havendo, portanto, aprendizagem significativa (seção 4.5).

Diversas habilidades metacognitivas, como por exemplo, tomada de decisões, avaliação da aprendizagem e autoavaliação da própria compreensão, são exigidas neste processo de aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas. Assim, a seção 4.3 deste capítulo, apresenta o conceito de metacognição e as habilidades metacognitivas exigidas durante a resolução de problemas. Além disso, para resolver um problema é importante utilizar um método heurístico de resolução, conforme detalhado na seção 4.4. “No centro da proeza matemática encontra-se a capacidade de reconhecer problemas significativos e então resolvê-los. Os matemáticos delinearam várias heurísticas que ajudam indivíduos a resolver problemas” (GARDNER, 1994).

Para introduzir o conceito de aprendizagem autorregulada (seção 4.1), com seus atributos, é importante entender que aprendizagem é o resultado de experiências que relacionam o conhecimento semântico de conceitos e princípios relativos à situação apresentada (prévios e apresentados na própria situação), o conhecimento episódico que se constrói com base nas experiências socioemocionais que ocorrem e, finalmente, a partir dos conhecimentos procedimentais relativos às ações que o aprendiz pode desenvolver (COLL; MONEREO, 2010). E quando a aprendizagem ocorre por meio da resolução de problemas de Matemática torna possível o desenvolvimento de várias

habilidades cognitivas, como por exemplo, o pensamento autônomo e crítico.

4.1 APRENDIZAGEM AUTORREGULADA

A aprendizagem autorregulada pode ser descrita como um processo de aprendizagem com quatro atributos (SCHUNK; ZIMMERMAN, 1994), que são:

- Automotivação: Aprendizes autorregulados possuem a tendência de manter um comportamento de aprendizagem com uma motivação muito forte. Aprendizes podem elevar esta motivação através de algumas práticas, como, por exemplo, estabelecendo objetivos de aprendizagem.
- Planificação ou Automatização: Aprendizes autorregulados são capazes de usar algumas estratégias junto com seus processos de aprendizagem, incluindo a utilização de ambas as estratégias autorreguladas e cognitivas. Geralmente, aprendizes aumentam seus processos de aprendizagem quando usam estratégias autorreguladas em vez de estratégias cognitivas. Estratégias autorreguladas contêm estabelecimento de objetivos, planejamento de objetivos, organização, transição e exercício, etc. Um aprendiz autorregulado necessita, efetivamente, usar estratégias autorreguladas para sua aprendizagem.
- Autoconsciência dos resultados do desempenho: durante todo o processo de aprendizagem, aprendizes autorregulados afiam suas autoconscientizações através do seu comportamento de aprendizagem. Para aproximar-se de um resultado ideal, aprendizes autorregulados devem estar conscientes de sua própria qualidade de aprendizagem e mudar o comportamento ou estratégia correspondente.
- Habilidade e sensibilidade ambiental/social: o ambiente e recursos de aprendizagem podem afetar o padrão de aprendizagem dos aprendizes. Aprendizes autorregulados têm melhor habilidade em procurar recursos ou suporte de aprendizagem. Com tal habilidade, eles procuram combinar as condições ambientais e buscar outros recursos efetivamente.

A figura 4.1.1 apresenta um modelo cíclico da aprendizagem autorregulatória (ZIMMERMAN et al., 1996) que mostra como os aprendizes podem apoderar-se dos atributos da aprendizagem autorregulada em um sistema adequado. Uma vez que tais atributos são adquiridos, aprendizes podem, então, habilidosamente, autorregular sua aprendizagem. O ciclo envolve quatro processos inter-relacionados que ajudam os

aprendizes a avaliar seu desempenho. Assim, tal modelo capacita estudantes a organizar sua própria aprendizagem.

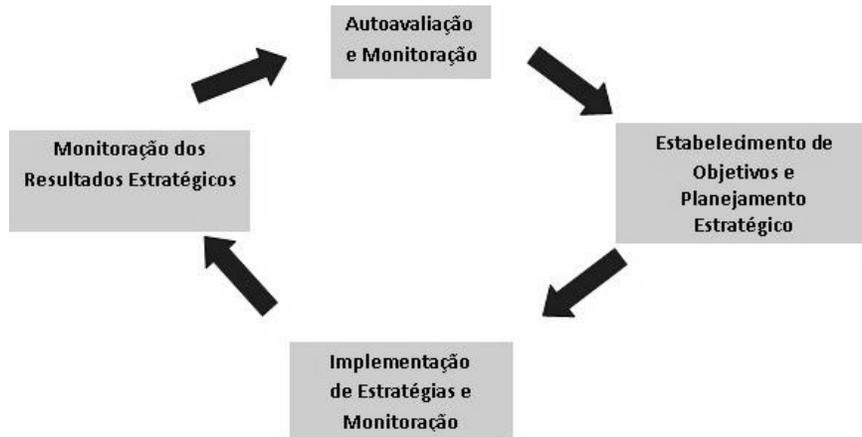


FIGURA 4.1.1 Modelo Cíclico de Aprendizagem Autorregulatória

FONTE: Zimmerman et al., 1996

“Com a ajuda de modernas tecnologias, estudantes podem aprender eficientemente e atingir extraordinário desempenho” (SHIH et al., 2010). Muitos sistemas baseados no computador têm sido propostos para aumentar o desempenho das pessoas quando aprendem individualmente. Surgem, portanto, propostas de ferramentas de aprendizagem autorregulada assistida pelo computador para auxiliar o estudante durante a aprendizagem.

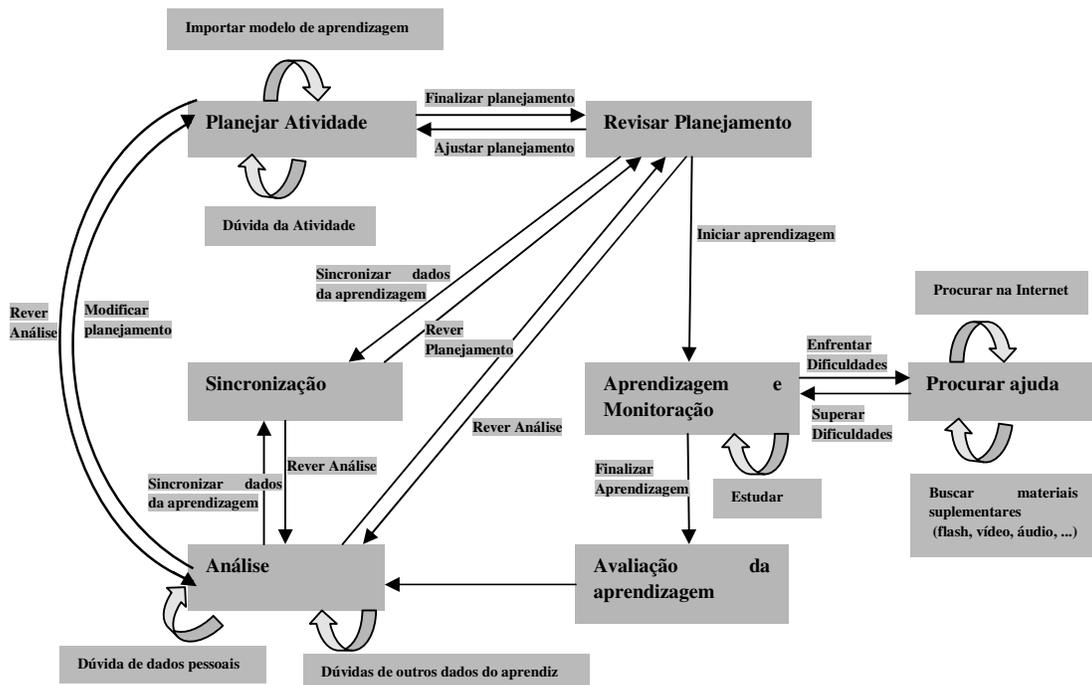


FIGURA 4.1.2 Diagrama de Transição do Estado do Sistema

FONTE: Shih et al., 2005

Dabbagh e Kitsantas (2004) classificaram as ferramentas pedagógicas baseadas na web (*Web-based pedagogical tools – WBPT*) em quatro classes: (1) ferramentas de comunicação e colaborativas; (2) ferramentas de ajuda e de criação de conteúdo; (3) ferramentas administrativas; e (4) ferramentas de avaliação. Estas ferramentas podem ser utilizadas como suporte dos atributos autorregulatórios. Uma integração destas ferramentas deve ser estimulada para, gradualmente, fazer aprendizes tornarem-se habilitados em aprendizagem autorregulada.

Shih et al., (2005) propuseram o protótipo de um sistema com ferramentas que podem suportar os atributos autorregulatórios com apoio da teoria de andaimes, podendo ser utilizada para aprendizagem com auxílio da tecnologia (*e-learning*), assim como para aprendizagem móvel (*m-learning*). Conforme *feedback* dos aprendizes e opiniões de teóricos educacionais, este sistema aumenta eficientemente o desempenho dos aprendizes na aprendizagem autorregulada.

A figura 4.1.2 apresenta um diagrama de transição do estado que indica o comportamento de um aprendiz ao usar o modelo cíclico de aprendizagem autorregulada para tornar-se autorregulatório (SHIH et al., 2005). O diagrama consiste de sete estados, indicando as ações de um aprendiz na aprendizagem autorregulada. Entre estes sete, Planejar Atividade, Aprendizagem e Monitoração, Avaliação da Aprendizagem e Análise são os maiores estados que mapeiam os quatro processos no modelo cíclico de Zimmerman et al. (1996), que foi apresentado na figura 4.1.1.

No mapa conceitual da figura 4.1.3 pode ser visualizada a ligação existente entre os estados dos aprendizes no sistema: Planejar Atividade, Aprendizagem e Monitoração, Avaliação da Aprendizagem e Análise e os quatro processos do modelo cíclico autorregulatório, que são: Estabelecimento de Objetivos e Planejamento Estratégico, Implementação Estratégica e Monitoração, Monitoração dos Resultados Estratégicos, e Autoavaliação e Monitoração. Este mapa conceitual mostra que, por meio do sistema proposto, aprendizes no estado de Planejar Atividade podem obter informação sobre o que aprender e podem organizar devidamente o tempo necessário para aprendizagem, segundo a informação fornecida, o que conduz aos processos de Estabelecimento de Objetivos e Planejamento de Estratégias. Após estabelecer seus objetivos, aprendizes entram no estado de Aprendizagem e Monitoração. Como aprendizes podem comprometer-se em planejar atividades usando várias estratégias enquanto estão sendo observados, entram no estado do processo de Implementação

Estratégica e Monitoração. No estado de Avaliação da Aprendizagem, aprendizes podem avaliar seus progressos através de testes (SHIH et al., 2010). De acordo com o mapa, o aprendiz segue para o processo de Monitoração dos Resultados Estratégicos.

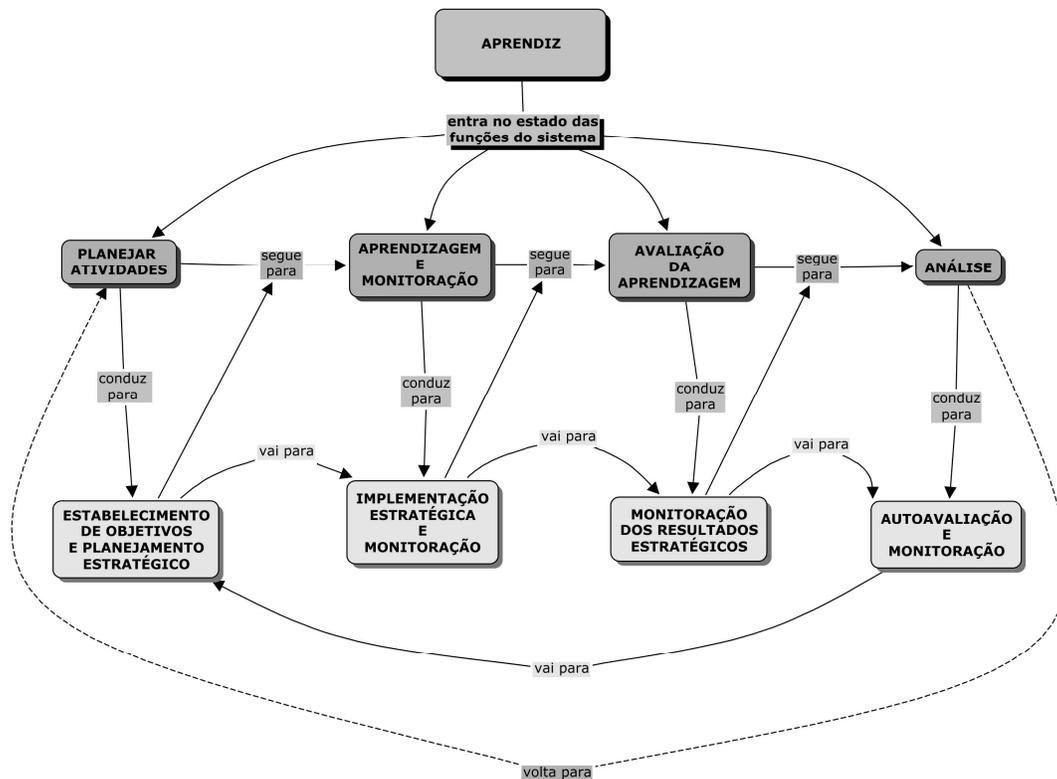


FIGURA 4.1.3 Funções do Sistema ligadas ao Modelo Cíclico Autorregulatório

Além disso, aprendizes podem avaliar seus desenvolvimentos pelos significados dos vários gráficos estatísticos e podem distinguir seus padrões de aprendizagem autorregulada no estado de Análise antes de seguir para o processo de Autoavaliação e Monitoração. Para obter um detalhado entendimento de suas características da aprendizagem, estudantes podem, então, ir ao estado de Planejar Atividades novamente e organizar objetivos mais rígidos para uma futura aprendizagem.

“A autoavaliação é um processo de metacognição, entendido como um processo mental interno, através do qual o próprio aprendiz toma consciência dos diferentes momentos e aspectos da sua atividade cognitiva” (SANTOS, 2001). A autoavaliação corresponde às ações e comportamentos do sujeito que aprende, realizadas com autocontrole; o que se faz, enquanto se faz com consciência. A metacognição é consciente e refletida, enquanto que o autocontrole é um componente natural espontâneo da ação e parte constituinte das ações do ser humano.

Os estados não mencionados: a Sincronização, Procurar Ajuda e Revisar Planejamentos também estão envolvidos no sistema para ajudar os aprendizes a desenvolverem gradualmente suas habilidades de aprendizagem autorregulada.

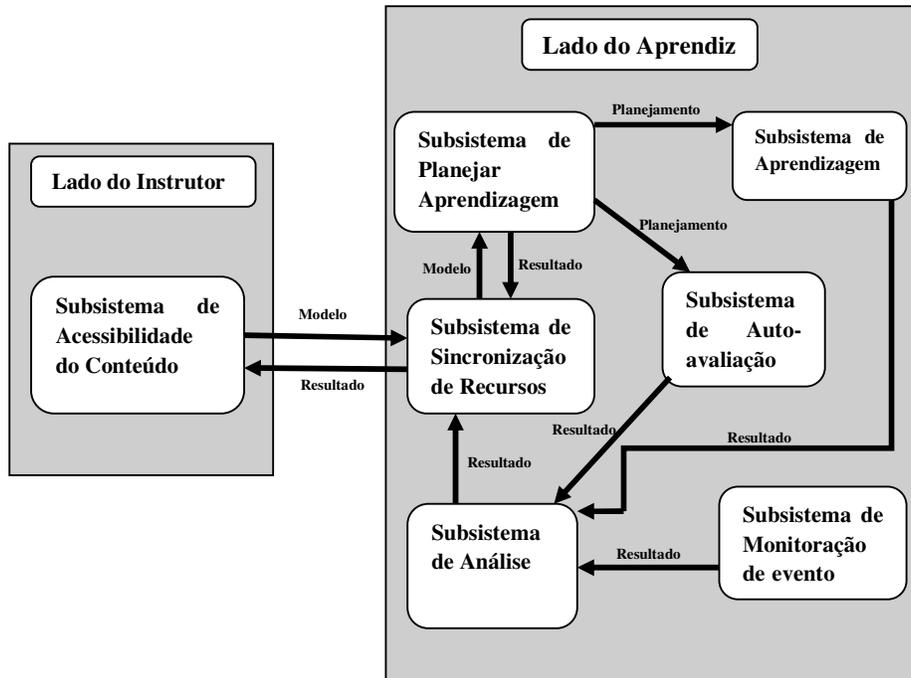


FIGURA 4.1.4 Arquitetura do Sistema de Aprendizagem Autorregulada.

FONTE: Shih et al., 2010.

A figura 4.1.4, mostra a arquitetura do sistema proposto de aprendizagem autorregulada, apresentada por Shih et al. (2010), que suporta o diagrama de transição do estado da figura 4.1.2. De acordo com o planejamento de aprendizagem, o sistema proposto pode conhecer quando os aprendizes planejam aprender e observar seu comportamento. O resultado representa a informação gerada quando os aprendizes usam o sistema.

Aprendiz iniciante ou pouco habilidoso não consegue organizar sua aprendizagem pela falta de experiência na autorregulação. Assim, instrutores podem usar o lado do instrutor no sistema para ajudar esse aprendiz e fornecer direções e oportunidade, ou convenientes andaimes. O lado do aprendiz, no sistema, procura formar um agradável ambiente de aprendizagem autorregulada em que o aprendiz deve ser capaz de praticar suas habilidades de aprendizagem autorregulada.

No sistema da figura 4.1.4, o fluxo dos dados está sendo indicado pela seta preta. Para ajudar aprendizes eficientemente a organizar suas atividades de aprendizagem, a informação é controlada pelo Módulo de Suporte de Andaimes baseado no desempenho

do próprio aprendiz. O propósito dos andaimes é fornecer aos aprendizes novatos limitadas complexidades do contexto de aprendizagem e remover limites, gradualmente, até eles tornarem-se mais habilidosos (YOUNG, 1993). De acordo com Lee et al. (2010), “andaimes guiam os estudantes para fazer previsões, experimentar, refletir, escrever explicações, colaborar, contribuir para discussões online, e participar de debates em sala de aula”.

O mais importante processo de controle de desempenho que distingue aprendizes autorregulados ingênuos de habilidosos é a automonitoração. No Subsistema de Monitoração de Eventos é necessário observar os comportamentos desses aprendizes. “Se aprendizes podem controlar seus próprios progressos, seus desempenhos acadêmicos, realizações, tempo sobre questões e comportamento em sala de aula, então, habilidades de resolver problema podem ser aperfeiçoadas” (LAN, 1998).

O processo de aprendizagem autorregulada é um processo de metacognição, porque o aprendiz necessita controlar sua própria aprendizagem, usando estratégias próprias para aperfeiçoar seu conhecimento. Aprendizes precisam tornar-se habilidosos na aprendizagem autorregulada com atividades de resolução de problemas de Matemática e, assim, precisam utilizar a metacognição para aumentar seus atributos autorregulatórios. Na seção 4.2, a seguir, define-se metacognição e ilustra-se sua importância na aprendizagem autorregulada e no aperfeiçoamento das habilidades de resolver problemas pelos aprendizes.

4.2 METACOGNIÇÃO

Etimologicamente, a palavra metacognição significa para além da cognição, isto é, a faculdade de conhecer o próprio ato de conhecer, ou, por outras palavras, conscientizar-se, analisar e avaliar como se conhece. De acordo com Ribeiro (2003), apesar do termo metacognição ser relativamente recente na literatura — entrou em *voga* por volta dos anos 1970, sendo introduzido na Psicologia por Flavell — já desde o início do século que pedagogos e psicólogos demonstraram estar conscientes de que o estudo e a leitura envolvem um tipo de atividades agora denominadas de metacognitivas.

Para Flavell (1976) metacognição está relacionada a duas palavras-chave: conhecimento metacognitivo e experiência metacognitiva. Conhecimentos metacognitivos dizem respeito ao produto cognitivo, ou seja, ao conhecimento de que

determinados conceitos, práticas e habilidades já são dominados, enquanto outros ainda não o foram, reconhecendo o que se é (ou não) capaz de alcançar a compreensão dos processos cognitivos, ou seja, da maneira pela qual o pensamento e as funções superiores – atenção, memória, raciocínio, compreensão – atuam na resolução de um problema. Experiências metacognitivas designam: os processos pelos quais se é capaz de exercer controle e autorregulação durante a tarefa de resolução de um problema, permitindo ao sujeito tomar consciência do desenrolar da sua própria atividade.

A administração e controle dos processos cognitivos ocorrem através das interações de quatro classes de fenômenos: conhecimento metacognitivo, experiências metacognitivas, objetivos ou tarefas, influenciados por essas experiências, e as ações ou estratégias utilizadas. São os comportamentos dos sujeitos para atingir os objetivos desejados. Por meio da metacognição, resolvedores de problemas matemáticos, obtêm informações acerca de seu próprio processo de resolução, possibilitando supervisionar o resultado encontrado. “Para compreender esse mecanismo utilizado pelos resolvedores, é preciso, em primeiro lugar, observar e acompanhar suas tendências cognitivas, de maneira a reconhecer seus próprios julgamentos e os elementos sobre os quais ele se apóia para justificar sua metacognição” (VIEIRA, 2001).

Metacognição é uma função cognitiva, especificamente humana e, possivelmente, de natureza congênita, que permite tomar consciência tanto das próprias características como sujeito cognitivo quanto de parte de alguns processos mentais executados para resolver algum tipo de demanda ou problema. Os *estudantes talentosos* usam metacognição? Como? Que artifícios de metacognição utilizam na resolução de problemas? Que processos metacognitivos coordenam as aptidões cognitivas envolvidas na memória do aluno ao resolver um problema de Matemática? O funcionamento cognitivo, ao resolver um problema de matemática, está envolvido na efetivação da mudança representacional, que pode ser definida como a reconstrução do ambiente externo e interno do problema. São quatro os níveis de atividades mentais que compõem a representação mental: percepção, imagem, simbolização e conceitualização, (FONSECA, 1995).

Através da percepção, o resolvedor, inicialmente, decodifica a informação. Para continuar o processamento, o sujeito precisa utilizar a atenção seletiva como uma resposta à informação recebida. Muitas vezes, o processo de mudança representacional não ocorre porque o resolvedor não consegue alocar a atenção seletiva, gerando uma incapacidade para a realização do processamento de imagens, crucial para qualquer

função cognitiva. A segunda classe de atividades mentais, a elaboração de imagens, é um auxílio que os resolvidores eficazes utilizam para dar significado à situação descrita no enunciado e às informações estocadas na memória de longo prazo.

Fonseca (1995) enfatiza que a imagem está presente “nos processos de reativação internos (memória) que permitem a representação de experiências, sem as quais o terceiro nível informativo (simbolização), não pode ser atingido”. Através da simbolização, uma função cognitiva superior, o cérebro humano representa a realidade e as experiências. Essa representação possibilita o surgimento do quarto nível, denominado conceitualização. É nesse último nível que o ser humano, por meio da classificação de experiências, tem condições de realizar uma aprendizagem abstrata, tal como exige a resolução de problemas.

Hong et al. (2003) mostraram que resolver problemas mal estruturados na simulação exigiam diferentes habilidades, incluindo o uso de metacognição e argumentação. Para estudar resolução de problemas, faz-se necessário acrescentar a análise das habilidades metacognitivas, em especial a categoria denominada monitoramento cognitivo. As capacidades metacognitivas relacionam-se aos conhecimentos que o estudante possui acerca dos seus processos de pensamentos, como descreve e toma consciência dos seus próprios pensamentos, como autorregula e autocontrola aquilo que está por fazer e como conduz as ações durante a resolução de problemas de Matemática (ALVES; LUZ, 2004).

De acordo com Boruchovitch e Bzuneck (2004), um aprendiz se torna autorregulado quando aprende a buscar seus objetivos, age com inerente motivação, valoriza a meta a ser alcançada e apresenta comprometimento motivacional e afetivo com a tarefa, elabora, determina, demonstra independência quando age, sabe utilizar as estratégias cognitivas e metacognitivas, avalia cada situação, antecipa situações e implicações.

A garantia do êxito do sujeito na aprendizagem está nos processos cognitivos, afetivos e de autorregulação. “A aprendizagem autorregulada permite que o sujeito tenha um comportamento proativo, que seja regulador dos seus próprios processos de aprendizagem, que sejam participantes ativos desse processo e sejam promotores do próprio desempenho” (BORUCHOVITCH; BZUNECK, 2004).

“Uma das dificuldades frequentes diante da resolução de problemas de Matemática é que os resolvidores de problemas estabelecem erroneamente pré-representações, fazendo analogias com uma vivência anterior não pertinente” (NOEL,

1991). Neste caso, cabe ao experimentador, ao professor ou ao psicopedagogo, proporcionar o uso da “metacompreensão, ou seja, orientar o resolvedor a conscientizar-se de suas dificuldades, através da perspectiva da remediação. Nessa ocasião, o sujeito estará aprendendo a aprender, tal como fazem os especialistas” (VIEIRA, 2001).

Tanto a metacognição, que é um processo utilizado durante a aprendizagem autorregulada, como as heurísticas são necessárias durante a aprendizagem autorregulada. O aprendiz, na aprendizagem autorregulada, precisa estabelecer um planejamento, enfrentar dificuldades, superá-las, assim como precisa se autoavaliar, para descobrir sua própria maneira de controlar a sua aprendizagem, e todos esses procedimentos são relevantes para aprimoramento das habilidades de resolver problemas de matemática. Na seção 4.3, a seguir, apresenta-se a definição de heurística e também aplicações do método heurístico em atividades de ensino e aprendizagem da Matemática.

4.3 HEURÍSTICA

Na Pedagogia, heurística significa o método educacional que consiste em descobrir, por meio do aluno, o que se lhe quer ensinar. O termo heurístico é um adjetivo relativo ou próprio da heurística, significa “que serve para descobrir”. Heurística é conceituada ainda como a arte de inventar, de fazer descobertas ou a ciência que tem por objeto a descoberta dos fatos. Ao utilizar o método heurístico, que tem como ponto de partida a intuição do aluno, a atividade conduzida pelo professor deverá permitir que o aluno consiga, quando possível, descobrir sozinho as verdades matemáticas, para que o mesmo não se torne um receptor passivo de conhecimentos. “Essa descoberta deverá dar-se por intermédio da resolução de problemas” (ALVAREZ; PIRES, 2000).

“O estudo da heurística tem objetivos práticos: um melhor conhecimento das típicas operações mentais, que se aplicam à resolução de problemas, pode exercer uma influência benéfica sobre o ensino, particularmente sobre o ensino de Matemática” (POLYA, 2006). O raciocínio heurístico é provisório e plausível e tem por objetivo descobrir a solução do problema que se apresenta. Para chegar a uma demonstração rigorosa, é necessário o raciocínio heurístico, assim como andaimes são necessários à construção de um edifício. O ensino de Cálculo para engenheiros e físicos, por exemplo, seria melhor se a natureza do raciocínio heurístico fosse mais bem compreendida, se

tanto as suas vantagens como as suas limitações fossem abertamente reconhecidas e se os livros mostrassem claramente os argumentos heurísticos.

Um modelo heurístico na resolução de problemas de Matemática pode ser encontrado em Polya (2006), que propõe os seguintes passos:

- Compreender o problema (conhecimento da incógnita, conhecimento dos dados, conhecimento das condições impostas) – essas heurísticas permitem que o(a) estudante certifique-se que considerou os aspectos relevantes do problema;
- Representar o problema - traçar um gráfico, fazer um diagrama, introduzir uma notação adequada – o sujeito tenta ver o problema por meio de notação simbólica, estabelecendo relações entre os elementos do problema;
- Estabelecer um plano (recordar um problema conhecido de estrutura idêntica) – essa heurística supõe que o estudante possua capacidade para fazer semelhanças, utilizar o pensamento analógico que permitirá chegar à solução do problema atual fazendo analogia com o já conhecido;
- Execução do plano (verificar passo a passo) – essa heurística permite dar segurança acerca da elaboração correta do plano de resolução do problema;
- Avaliação do plano (resolver o problema de maneira diferente) – essa heurística permite comprovar a solução obtida.

Diversos pesquisadores apresentam heurísticas de resolver problema, como Schoenfeld (1985) que, “com uma visão de quem pretende observar e analisar o processo de resolução de problemas para compreendê-lo”, apresenta “esquemas de análise do comportamento do resolvidor: análise e compreensão, projeto e planejamento, exploração, execução e verificação”.

Para Vila e Callejo (2006), é importante identificar “três fases ou grupos de ações na resolução de um problema: a abordagem ou preparação, o desenvolvimento e a revisão global, com as correspondentes transições entre elas”. Bransford e Stein (1984), apresentam o programa IDEAL, um modelo para resolução de problemas em que são utilizadas diferentes técnicas que podem ajudar na superação das diferentes fases de resolução, representadas pelas letras da palavra IDEAL: I=Identificação do problema; D=Definição e apresentação; E=Exploração de diferentes estratégias; A=Ação fundamental na estratégia e L=Logros (resultados).

O estudante na aprendizagem autorregulada utiliza metacognição e o raciocínio heurístico para fazer com que novos conceitos sejam incorporados a um conceito já

existente na estrutura cognitiva do aluno (subsunçor), alcançando uma aprendizagem significativa, definida e descrita na seção 4.4, a seguir.

4.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1978), “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Aquilo que o aprendiz já sabe se refere à “estrutura cognitiva” que “no contexto da aprendizagem de determinado assunto, representa o conteúdo e a organização de suas ideias nessa área particular de conhecimentos” (MOREIRA, 2006). Averiguar o que o aprendiz já sabe, para ensinar de acordo, exige identificar, no que vai ser ensinado, os conceitos organizadores básicos e utilizar recursos e princípios para facilitar a aprendizagem de maneira significativa, já que aprendizagem significativa é “um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA, 2006).

A aprendizagem significativa acontece quando novas ideias e novos conceitos, são “ancorados”, por um processo de interação, a um conceito, uma ideia e uma proposição já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, que é o “subsunçor”. A aprendizagem significativa caracteriza-se, portanto, “por uma interação entre aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, pelas quais estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2006).

Para que a aprendizagem seja significativa, o material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo, isto é, o material deve ter significado lógico e o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar, de forma substantiva e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa envolve a integração e transformação dos esquemas mentais existentes, tendo em vista a nova informação. Se o estudante regular não tem esquemas mentais suficientemente amplos e complexos para acomodar a nova informação, ocorre aprendizagem mecânica, que é mais susceptível ao esquecimento. Se o estudante puder ampliar a base de conhecimento, potencialmente utilizável, para funcionar como âncora, revendo casos similares existentes em um sistema de raciocínio baseado em casos, ele pode conseguir incorporar tais informações de forma mais

significativa, pois terá uma meta ao estudá-las, que é avaliar seu possível uso como elemento em um processo de solução de problemas (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

Quando há aprendizagem significativa não implica que um novo conhecimento forme, simplesmente, uma ligação com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva. O que ocorre é que o processo de aquisição de conhecimentos implica mudança, tanto da nova informação adquirida como no aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva que está relacionada.

Quando os alunos, em sua estrutura cognitiva, não apresentam os conceitos, ideias, proposições relevantes e inclusivas que sirvam de “âncoradouro”, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1978), devem-se utilizar organizadores prévios que possam ser um “âncoradouro provisório” para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes que facilitem a aprendizagem subsequente. “O uso dos organizadores prévios é a principal estratégia advogada por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa.” O organizador prévio tem como principal função servir de “ponte cognitiva” entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, com a finalidade de que o novo material possa ser aprendido de forma significativa, facilitando, portanto, a aprendizagem.

Moreira (2006) destaca que “organizadores prévios não são simples comparações introdutórias, pois, diferentemente destas, organizadores devem: identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material; dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes; prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração, mais eficientemente, e ponham em melhor destaque, o conteúdo específico do novo material”.

Para Moreira (2006) existem três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional. A aprendizagem representacional é básica e dela dependem as demais aprendizagens; é a identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). A aprendizagem de conceitos é, de certo modo, uma aprendizagem representacional, pois conceitos também são representados por símbolos particulares. “Conceitos são objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem atributos criteriosais comuns e são designados, em uma dada cultura, por algum signo ou símbolo aceito” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN,

1978). Na aprendizagem proposicional, contrariamente à aprendizagem representacional, a tarefa é aprender o significado das ideias em forma de proposição, isto é, aprender o significado das ideias expressas na proposição, que está além da soma do significado das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

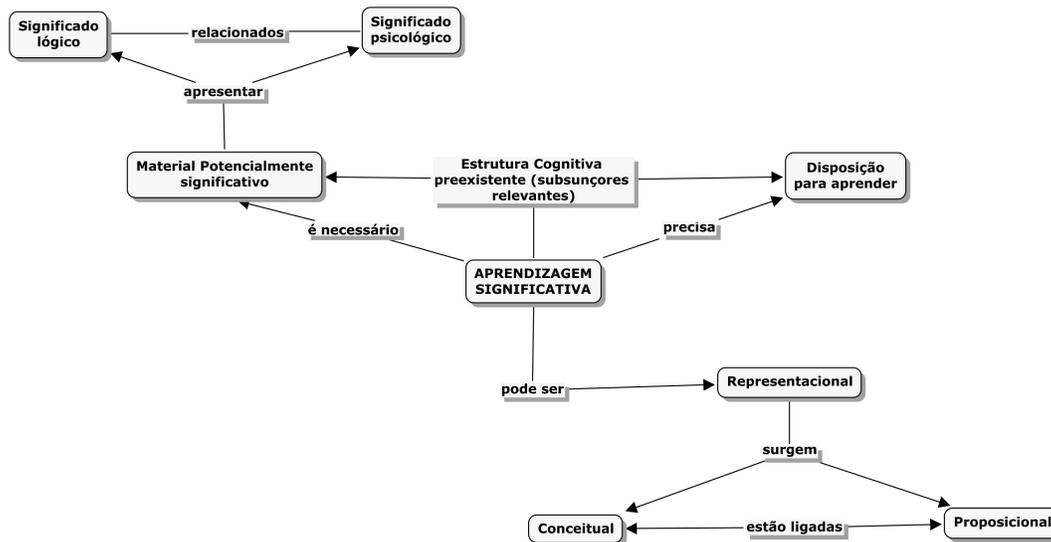


FIGURA 4.4.1 Aprendizagem Significativa
FONTE: Ausubel; Novak e Hanesian, (1978)

O mapa conceitual da figura 4.4.1 procura mostrar a aprendizagem significativa com suas implicações para que haja uma efetiva ocorrência da mesma. Além disso, apresenta também os tipos de aprendizagem significativa de forma hierárquica. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1978), para se ter evidências da ocorrência de uma aprendizagem significativa, “deve-se elaborar testes de compreensão de conceitos escritos de maneira diferente, e apresentados em um contexto, de certa forma, diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional”. Um método prático e válido de se procurar evidência de aprendizagem significativa é solução de problemas. Em determinadas situações, talvez seja a única forma de avaliar se os alunos compreenderam significativamente as ideias que são capazes de verbalizar.

O aprendiz iniciante ou pouco habilidoso não consegue organizar sua aprendizagem por falta de experiência na autorregulação. “As dificuldades encontradas durante o processo de resolução de problemas criam nos alunos sentimentos de fracasso. Contudo, quando têm a oportunidade de compará-las com alguém, de conhecer as dificuldades que experimentam outras pessoas, integram-nas com normalidade” (VILA; CALLEJO, 2006).

Portanto, buscando minimizar as dificuldades da aprendizagem por meio de resolução de problemas surge um agente conversacional que possibilita aos estudantes a aquisição de convenientes andaimes. Andaimes cognitivos são orientações que conduzem os estudantes para fazer predições, experimentar, refletir, colaborar, contribuir para discussões, entre outras (LEE et al., 2010).

Assim, esta pesquisa desenvolveu um agente conversacional, com estratégia de conversação utilizando raciocínio baseado em casos, que interagiu com os estudantes durante o processo de resolução de problemas. “Considera-se que as habilidades de resolução de problemas e, em geral, a perícia, são um efeito da prática” (ECHEVERRÍA et al., 1998). O agente conversacional Blaze atuou, dando dicas e sugestões ao estudante, buscando promover uma prática reflexiva dos conceitos e fundamentos matemáticos necessários ao processo de aprendizagem. Por meio de perguntas e respostas, o agente apoiou o estudante no seu processo de “aprender a pensar” e, em um ambiente de aprendizagem autorregulada, possibilitou a oportunidade de aprimoramento de habilidades, como por exemplo, raciocínio por analogia, pensamento crítico, criativo e tomada de decisão.

A técnica (detalhada no capítulo 5) de raciocínio baseado em casos utilizada para representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* na base de conhecimento do agente conversacional Blaze permite a recuperação de experiências prévias, permite também a verificação da similaridade (ou analogia) dos novos problemas com problemas armazenados previamente na base de casos, bem como, o reuso de soluções recuperadas.

5 RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS

O raciocínio baseado em casos é a técnica, apresentada neste capítulo, baseada no raciocínio humano aplicada à aprendizagem na resolução de problemas fundamentada em experiências passadas. Na pesquisa, desenvolvida nesta tese, a utilização do raciocínio baseado em casos permitiu representar as estratégias de resolução de problemas dos *estudantes talentosos* e guiar o mecanismo de conversação do agente conversacional.

5.1 TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Diversas técnicas destinam-se a apoiar a resolução de problemas, como, por exemplo, sistemas baseados em regras, redes neurais artificiais (RNA) e raciocínio baseado em casos (*Case Based Reasoning - CBR*).

Os sistemas baseados em regras representam o método combinado de pesquisa e raciocínio (SIMON; NEWELL, 1961). Um sistema baseado em regras utiliza regras explícitas para expressar o conhecimento do domínio de um problema e permite, por meio da confrontação do conhecimento existente com fatos conhecidos sobre um determinado problema, inferir regras relativas a esses fatos (CARDOSO; MARQUES, 2007). Simon e Newell criaram, em 1961, o Solucionador Geral de Problemas (*General Problem Solver - GPS*) que foi um sistema empregado para resolver problemas, fazendo uso do sistema baseado em regras. O GPS resolveu, por exemplo, o problema das Torres de Hanói em que foi possível se expressar de maneira formalizada, mas não resolvia problemas do mundo real.

Redes neurais artificiais são sistemas computacionais baseados na forma de funcionamento dos neurônios do sistema nervoso humano, que permitem interação com o ambiente. As redes neurais artificiais, desta forma, utilizam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes que adquirem conhecimento por meio da experiência. A propriedade mais importante das redes neurais é a habilidade de aprender e melhorar seu desempenho, o que é feito lançando mão do treinamento, um processo iterativo de ajustes aplicado a seus pesos. O aprendizado

ocorre quando a rede neural atinge uma solução generalizada para uma classe de problemas (CARVALHO, 2009).

Já o raciocínio baseado em casos é uma abordagem da inteligência artificial baseada no raciocínio humano, e é aplicado à aprendizagem na resolução de problemas com base em experiências passadas. Esta é a técnica empregada nesta pesquisa, para representar as estratégias de resolução de problemas dos *estudantes talentosos* e guiar o mecanismo de conversação do agente conversacional. Isto porque a resolução de problemas por raciocínio baseado em casos é bastante contextualizada, tendo em vista que trabalha com descrições completas dos casos, com todas as suas particularidades – o que não ocorre em sistemas de redes neurais artificiais ou em sistemas baseados em regras. Nos sistemas de redes neurais artificiais, assim como em sistemas baseados em regras, trabalha-se apenas com generalizações obtidas a partir dos exemplos. Em termos de educação, portanto, julga-se mais apropriado o acesso aos casos completos. Assim, uma descrição detalhada do sistema de raciocínio baseado em casos está apresentada a seguir na seção 5.2.

5.2 RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS: TERMOS E PROCESSOS

O raciocínio baseado em casos é um modelo cognitivo de raciocínio, bem como um método de construção de sistemas inteligentes (KOLODNER, 1993). A recuperação, comparação e direcionamento de objetivos são componentes cognitivos que podem ser encontrados num sistema de raciocínio baseado em casos. Cunha (2002) afirma que “o mecanismo lógico que atua nas ferramentas de raciocínio baseado em casos tem como princípio básico uma teoria de análise do raciocínio humano”. Segundo Kojima e Miwa (2006), o ensino de Matemática por meio de raciocínio baseado em casos pode promover diversidade na geração de ideias, assim como pensamento flexível e melhoria da confiança e atitude em relação à Matemática.

Desdobramentos desta investigação consideram a possibilidade de usar o sistema de raciocínio baseado em casos para cadastramento dos problemas recuperados, com suas respectivas soluções, demandando um sistema formal de metacognição na elicitação das propriedades mais relevantes de cada problema ou classe de problemas. O raciocínio baseado em casos passa a ser o mote para levar ao aluno a necessidade de pensar metacognitivamente sobre os problemas matemáticos.

“Um sistema de raciocínio baseado em casos resolve problemas por adaptar

soluções que foram utilizadas para resolver problemas anteriores” (RIESBECK; SCHANK, 1989). Sistemas com esse paradigma de resolução de problemas propõem soluções para novos problemas pela recuperação de um caso similar ocorrido no passado, que é reutilizado na nova situação. Além disso, esses sistemas possuem a capacidade de aprendizado, uma vez que um novo problema pode ser armazenado após ter sido solucionado, tornando-se disponível para futuros problemas, aumentando com isso o conhecimento presente no sistema (MANTARAS et al., 2006).

O estudo de raciocínio baseado em casos foi fortemente influenciado pela pesquisa em ciência cognitiva. Uma maior corrente fundamental sobre raciocínio baseado em casos era o estudo da inteligência do homem, especialmente como investigação do papel da memória na inteligência. Mantaras et al. (2006), afirma que o sistema de raciocínio baseado em casos se apoia na memória, que reflete o uso do homem em problemas lembrados, e suas soluções como um ponto inicial para novas resoluções de problemas. Solucionar problemas com apoio em raciocínio baseado em casos significa especificamente que problemas similares têm soluções similares e é empiricamente validado em muitos domínios do mundo real.

Conforme demonstram os resultados de pesquisas da psicologia cognitiva, o raciocínio através da reutilização de experiências passadas é um meio poderoso e frequente para resolução de problemas por seres humanos. Resolver um problema por raciocínio baseado em casos envolve obter uma descrição do problema, medir a similaridade do atual problema com problemas armazenados previamente na base de casos ou memória, com suas conhecidas soluções, recuperando um ou mais casos similares e tentando reusar a solução de um dos casos recuperados, fazendo adaptações para considerar diferenças em problemas descritos. A solução proposta pelo sistema é então avaliada para ser aplicada para o problema inicial ou acessado por um domínio. Seguindo revisão da solução proposta, requerida à luz da avaliação, a descrição do problema e da solução pode então ser retida como um novo caso, e o sistema aprendeu a resolver um novo problema.

A figura 5.2.1 mostra o clássico modelo de resolver um problema em raciocínio baseado em casos e apresenta um ciclo com os "4 res" que são “recupera, reusa, revisa e retém” (AAMODT; PLAZA, 1994). No ciclo do raciocínio baseado em casos, mostrado na figura 5.2.1, uma importante etapa para o desenvolvimento da pesquisa é o resgate ou recuperação de casos prévios que podem ser usados para resolver os problemas propostos. O processo de reuso no ciclo do raciocínio baseado em casos é responsável

por propor uma solução diversa para um novo problema nos casos recuperados. No clássico modelo de resolver um problema no ciclo do raciocínio baseado em casos, reuso aparece após recupera e é seguido por revisa e retém.

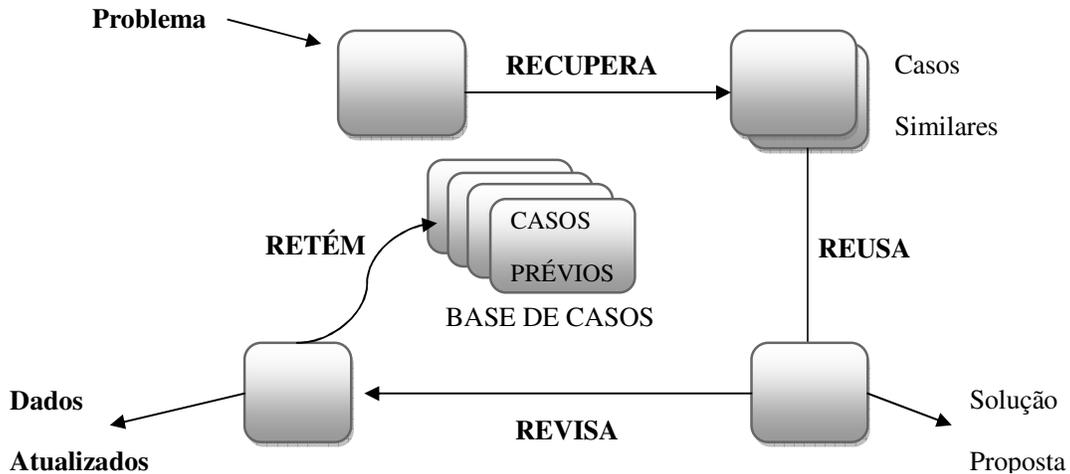


FIGURA 5.2.1 O ciclo do raciocínio baseado em casos

FONTE: Aamodt e Plaza, 1994

Pode-se utilizar o sistema de raciocínio baseado em casos como suporte à memória de longo prazo, que atua como uma base de conhecimento de experiências passadas. Esta base de conhecimento pode ser representada por eventos específicos (isto é, casos), planos, *scripts*, e outros.

As principais funções de uma memória de longo prazo são o armazenamento e recuperação de tais estruturas representacionais. “Um sistema de memória de longo prazo unificada é uma memória conceitual dinâmica que foi designada para uma memória de longo prazo geral capaz de suportar, simultaneamente, sistemas de raciocínio intencional múltiplo” (LAWTON et al., 1999).

Na memória de longo prazo unificada, tanto os sistemas de raciocínio e as pessoas que os desenvolvem, ou seja, os usuários acessam a base de conhecimento através das funções de interface, como mostra a figura 5.2.2. A base de conhecimento é dividida em duas partes: o conhecimento de domínio específico, que a memória de longo prazo unificada usa para controlar o comportamento e interação com o(s) sistema(s) de raciocínio, e os itens da memória deles mesmos. Os itens de memória armazenados na base de conhecimento da memória de longo prazo unificada representam as várias experiências.

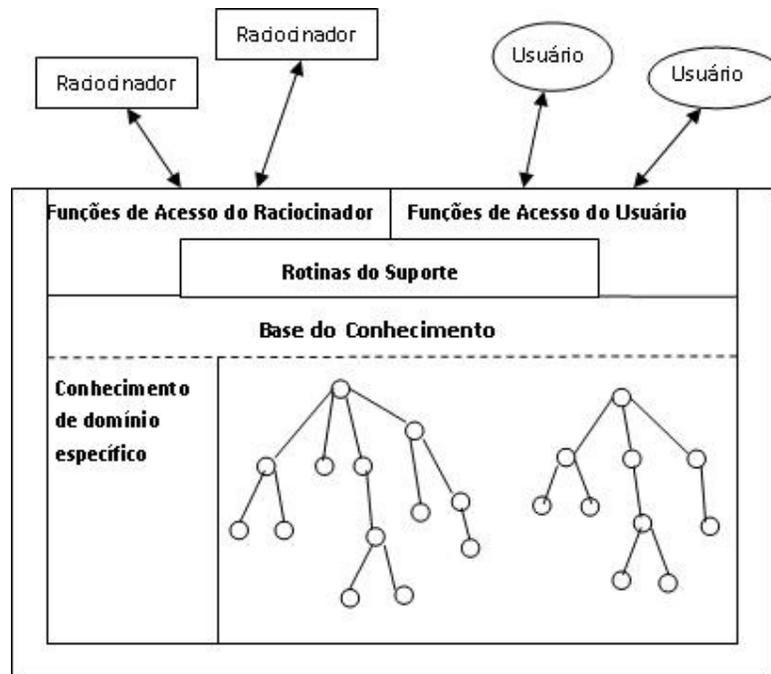


FIGURA 5.2.2 Visão da memória de longo prazo unificada.

FONTE: Lawton et al., 1999.

A memória de longo prazo, unificada por meio de uma única mistura de conteúdo independente e mecanismos de domínio específico, apresenta a capacidade de fornecer armazenamento preciso e oportuno, além de recuperação das estruturas da memória episódica. Além disso, a memória unificada de longo prazo provê suporte para reconhecer oportunidades para satisfazer a suspensão de objetivos, permitindo aos sistemas de raciocínio enfrentar melhor a imprevisibilidade dos domínios do mundo real dinâmico por ajudar a tirar vantagem de eventos inesperados.

5.2.1 O QUE É UM CASO?

De acordo com Kolodner (1993), “um caso é uma peça contextualizada de conhecimento, representando uma experiência que ensina uma lição fundamental para atingir as metas do raciocinador”. Isto implica afirmar que um caso é composto por: uma descrição dos aspectos relevantes do problema que caracterizam aquela situação particular a ser resolvida, que é a representação do caso; o contexto no qual o caso se insere, representado através dos índices do caso; a descrição da solução associada ao problema, na forma de um diagnóstico, uma classificação, uma sequência de ações, ... e uma avaliação da solução empregada ao problema particular. “Um caso é a descrição de um problema, seus rótulos utilizados como índices, a solução associada e uma

avaliação da eficácia dessa solução” (ABEL, 1996).

Os casos podem se apresentar de diferentes formas e tamanhos. Um caso pode ser representado por um instante, como, por exemplo, armazenamento de uma solução de um determinado problema, apresentado dentro de um contexto de ensino e aprendizagem de matemática, ou pode associar a descrição de uma situação com um resultado, como, por exemplo, verificação da eficácia na aprendizagem em alunos que apresentavam dificuldades de compreensão de conceitos de matemática, determinadas através de avaliação.

5.2.2 REPRESENTAÇÃO DE CASOS

“A representação do conhecimento é o modo de codificar o conhecimento do especialista sobre o domínio, possibilitando armazenar, processar e utilizar o conhecimento codificado” (MELCHIORS; TAROUCO, 1999). Um caso, individualmente, compõe-se de três partes, independente da forma como será estruturado: o problema, a solução e a avaliação da solução. Casos podem ser representados de diversas formas, por exemplo: vídeos, objetos, fotografias, frames, gráficos, desenhos e descrições. A maioria dos sistemas utiliza, para a representação, as regras de produção ou frames.

5.2.3 RECUPERAÇÃO DE CASOS

“Dada uma descrição de um problema, um algoritmo de recuperação deveria encontrar os casos mais similares à situação atual, utilizando-se dos índices da memória de casos” (ABEL, 1996). Os algoritmos estão baseados nos índices e na organização de memória para direcionar a busca para casos potencialmente úteis.

5.3 APLICABILIDADE DO RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS

O raciocínio baseado em casos pode ser utilizado tanto por pessoas que têm um conhecimento aprofundado de um domínio ou tarefa, facilitando a recuperação de casos complexos, como por pessoas que pouco conhecem o domínio ou tarefa, proporcionando o acesso dos novatos a experiências passadas já armazenadas (CUNHA, 2002). Existem muitas aplicações do raciocínio baseado em casos, como, por exemplo, em Medicina, Direito, Arquitetura, Máquinas e Equipamentos, Mecânica e Educação.

Vantagens e desvantagens são apontadas pelos autores que estudaram o raciocínio baseado em casos. Dentre as vantagens, Cunha (2002) destaca que a

utilização do raciocínio baseado em casos possibilita ao usuário:

- Minimizar tempo na busca da solução de um problema, uma vez que já está armazenada.
- Apresentar solução para um problema dentro de um domínio ainda não experienciado ou completamente entendido.
- Avaliar a solução quando nenhum outro método algorítmico estiver disponível.
- Utilizar casos na interpretação de conceitos definidos erroneamente ou em aberto.
- Alertar para que erros passados não sejam cometidos novamente através da recuperação de experiências prévias.
- Mostrar as características importantes de um problema, uma vez que casos auxiliam a focar as partes que são relevantes em um problema.

Este mesmo autor apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Confiabilidade em casos prévios inválidos.
- Influência excessiva dos casos na solução de um novo.
- Novatos não relembram dos casos apropriados enquanto raciocinam.

Avramento e Kraslawski, 2008, utilizaram o modelo estendido do processo de raciocínio baseado em casos que é composto de seis etapas: coletar, constituir, compilar, comparar, corrigir e checar (figura 5.3.1).

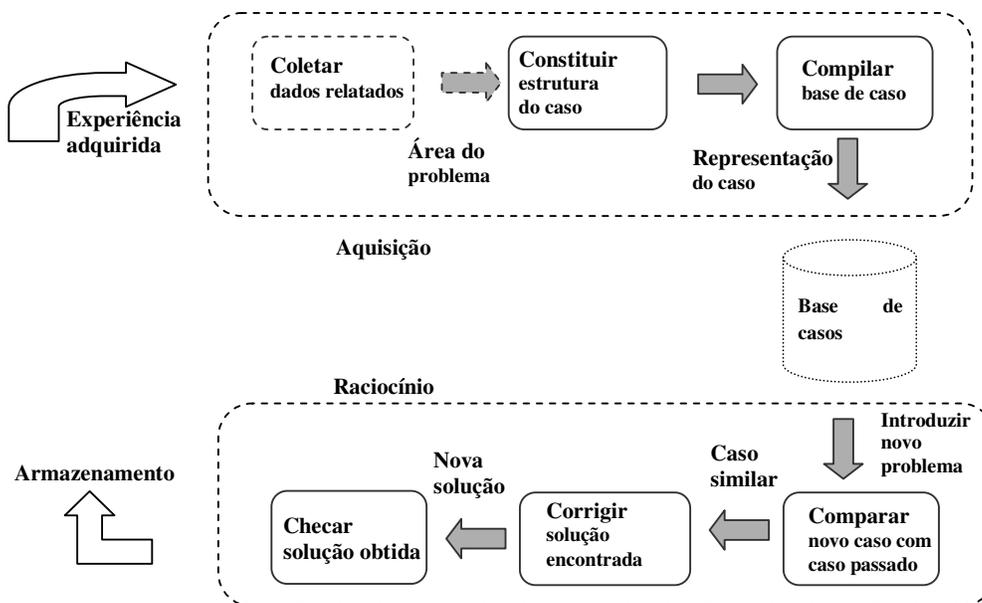


FIGURA 5.3.1 Os seis passos do modelo do processo de raciocínio baseado em casos

FONTE: Avramento e Kraslawski, 2008

De acordo, com a figura 5.3.1, este modelo de processo de raciocínio baseado em casos é decomposto em dois grupos de atividades: aquisição da informação dos problemas existentes para compilar a base de casos e raciocínio para encontrar a solução para um problema específico.

As ações da assistência do modelo são:

AQUISIÇÃO

1. Representar casos estruturados.
2. Acrescentar casos com conhecimento geral do problema.
3. Formalizar um conjunto informal tipicamente de conhecimento.
4. Transformar a representação do conhecimento formalizado em organização da memória.

Em situações em que somente um conjunto informal de conhecimento é disponível, a assistência pode focar em questões que podem ser formalizadas.

RACIOCÍNIO

1. Introdução de problema atual representado segundo formalização do caso.
2. Determinação da similaridade.
3. Classificação dos casos e recuperação de um conjunto de casos mais similares.
4. Solução proposta para dar alternativas de soluções candidatas entre os casos selecionados e classificados.
5. Modificação da solução para adequar ao novo problema, avaliação para verificar a viabilidade da solução proposta e também para verificar se as restrições lógicas e numéricas são satisfeitas.

5.4 O RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS NA EDUCAÇÃO

Raciocínio baseado em casos, como um modelo cognitivo, valoriza o concreto sobre o abstrato e integra, explicitamente, memória, aprendizagem e raciocínio (KOLODNER, 1993). “Enquanto as teorias mais tradicionais de cognição enfatizam como operadores abstratos específicos e gerais são formados e aplicados, raciocínio baseado em casos trabalha com casos concretos, representando uma experiência, primariamente” (KOLODNER; GUZDIAL, 2000).

Diversos pesquisadores utilizaram o raciocínio baseado em casos na educação

(SCHANK, 1992; DUTRA, 2002; KARAMOUZIS, 2004; JONASSEN; HUNG, 2006). Isto justifica a pertinência desta pesquisa proposta, em que a interação do agente conversacional com o estudante, com uma técnica de conversação apoiada no raciocínio baseado em casos, durante o processo de resolução de problemas, busca aprimoramento de diversas habilidades cognitivas, como, por exemplo, o pensamento crítico, o auto-aprendizado e a tomada de decisões.

Para Dutra (2002), a tomada de decisões é uma habilidade requerida do estudante no aprendizado baseado em problemas, além de habilidades para investigação e para a obtenção de novos conhecimentos. “No aprendizado baseado em problemas (*Problem-Based Learning - PBL*), o aluno é exposto a problemas e, para resolvê-los, são necessárias pesquisas e a análise de informações adicionais, com vistas à sua aplicabilidade na solução dos mesmos” (DUTRA, 2002).

Os estudantes, através do PBL, desenvolvem, simultaneamente, estratégias e conhecimentos para resolução de problemas. O sistema de aprendizado baseado em problemas em uma abordagem construtivista, utilizado por Dutra, usa um sistema de raciocínio baseado em casos para armazenamento e recuperação dos problemas para o ensino de redes de computadores através do sistema DUMBO (Descobrimo solUções Manipulando uma Base de Ocorrências). Riesbeck e Schank (1989) sugerem a utilização de analogia e recuperação de conhecimentos anteriores na resolução de problemas para alcançar novas soluções. Os princípios da analogia e recuperação de conceitos são a base para o aprendizado baseado em problemas e, também, para o raciocínio baseado em casos.

Karamouzis (2004), em seu estudo, avaliou o resultado de um sistema inteligente que usa raciocínio baseado em casos em ordem para prognóstico do desempenho do estudante em classe. O sistema fez conclusões sobre a base de similaridades entre o desempenho de uma categoria de estudantes e o desempenho de outros estudantes que participavam da mesma classe. Uma comparação *Turing-like*, em que o desempenho do sistema é comparado e contrastado com a previsão de habilidades dos instrutores humanos.

A avaliação indicava que, em comparação com o homem, o sistema desempenhava instrutores não-espertos. Educadores podem desenvolver sistemas similares que são customizados para a estrutura de suas próprias classes e são capazes de aconselhar os estudantes nas formas de progresso em suas classes. De maneira semelhante, esta pesquisa, pretende analisar o desempenho do estudante durante o

processo de resolução de problemas, através do seu registro individual durante o diálogo com o agente conversacional.

“*Goal-Based Scenarios* (GBS) ou aprendizado baseado em metas é uma aprendizagem baseada no modelo descrito no raciocínio baseado em casos, que permite aos alunos perseguir metas bem definidas estimulando o aprendizado de casos e habilidades” (SCHANK, 1992). Em Schank (1992), bem como nesta pesquisa, a utilização de metas a serem alcançadas em uma heurística de resolução de problemas tornam o processo motivador, estimulante e enriquecedor. Estas metas devem ser de interesse inerente aos estudantes e as habilidades necessárias para alcançá-las devem ser usadas por eles na busca das metas em questão.

O princípio é embutir instrução em uma situação de necessidade de conhecimento para desenvolvimento do estudante. O objetivo do aprendizado baseado em metas é prover motivação, um sentido de realização, um sistema suporte e focar mais em habilidades do que em fatos, visto que fatos são enganosos porque dão o senso de conhecer sem o significado de conhecer. Entender por que você está fazendo alguma coisa, ter um objetivo claro que é mais que a citação de fatos, verdadeiramente conhecer “por que” e querer conhecer mais, vir a ser um curioso sobre mais “porquês” é o que a educação deveria proporcionar a todos (SCHANK, 1992).

Uma etapa importante do processo autorregulatório de aprendizagem, proposto nesta pesquisa, é a tomada de decisões, que será vivenciada pelo estudante durante a resolução de problemas. A tomada de decisões está presente em problemas de *troubleshooting* classificados como intermediários “entre os problemas bem estruturados (por exemplo, problemas históricos e algoritmos) e problemas mal-estruturados (por exemplo, análise de sistemas e design)” (JONASSEN, 2000) e, usualmente, exigem uma série linear de tomada de decisões direcionadas ao isolamento da falha (JONASSEN; HUNG, 2006).

Uma arquitetura para desenvolver ambientes para apoio de como aprender a transição do conhecimento conceitual de um sistema para conhecimento experimental, descrito e desenvolvido por Jonassen e Hung, em 2006, formaliza o essencial papel da experiência em aprendizagem para *troubleshoot*, usando um caso de biblioteca de armazenamento de *troubleshooting* em um sistema de raciocínio baseado em casos para acessar descrições de relevantes experiências de *troubleshooting*.

O estudante novato ou inexperiente que precisa desenvolver suas habilidades de resolução de problemas, ou até mesmo autorregular sua aprendizagem pode encontrar

no agente conversacional Blaze que utiliza o raciocínio baseado em casos, um apoio para este aprimoramento (detalhado no capítulo 6).

6 UM AGENTE CONVERSACIONAL NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Este capítulo trata de um agente conversacional como uma ferramenta tecnológica capaz de dialogar em linguagem natural promovendo uma interação na qual o usuário é ativo no processo de aprendizagem. O apoio de um agente conversacional com uma base de conhecimento na linguagem de marcação AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*) possibilita aos estudantes a recuperação de informações prévias necessárias dentro do domínio dos problemas matemáticos. Além disso, possibilita ao estudante a utilização das funções cognitivas como o pensamento criativo, o pensamento metacognitivo e a tomada de decisão que são habilidades necessárias e importantes na resolução de problemas de Matemática dentro de uma aprendizagem autorregulada.

6.1 AGENTES PEDAGÓGICOS

Discussões surgiram entre pesquisadores (WOOLDRIDGE, 2002; PRIMO, 1998; SOLIMAN; GUETL, 2010) a respeito do entendimento do que é um agente. Wooldridge (2002) define agente como uma entidade capaz de resolver problemas possuindo as propriedades de relatividade (observar e realizar ações), pró-atividade (capacidade de tomar iniciativa), habilidades sociais (capacidade de comunicação e cooperação) e autonomia (controle sobre as ações). Primo (1998) define os agentes conversacionais como sistemas que buscam simular uma conversa através da troca de mensagens de texto, ou voz, semelhantemente aos bate-papos virtuais. Nesta tese os estudantes interagiram com o agente conversacional Blaze, em linguagem natural, por meio de um diálogo (ou bate-papo) de perguntas e respostas, portanto, considera-se adequado adotar a definição de Primo (1998).

Para Soliman e Guetl (2010) a explicação do conceito de um agente pedagógico inteligente vem dos significados dos nomes agente, agente inteligente e pedagógico. O agente é um componente do software que pode atuar por si mesmo em um ambiente baseado em um objetivo. Um agente inteligente utiliza métodos de inteligência artificial

para alcançar os objetivos. Inteligência pode ser caracterizada como as habilidades dos agentes para aprender em um ambiente e mudar o comportamento de acordo com os objetivos. No contexto educacional, o agente inteligente possui habilidades pedagógicas para alcançar objetivos educacionais. Portanto, o agente pedagógico inteligente fornece instrução personalizada aumentando a motivação do aprendiz e atuando pedagogicamente ao lado ou com o aprendiz. A ideia do agente pedagógico inteligente pode ser analisada de duas origens. Primeiramente, vem da inteligência artificial distribuída onde a inteligência é distribuída para um grupo de entidades (agentes) inteligentes. Cada agente atua e interage com o ambiente baseado nos objetivos individuais para alcançar. Segundo, o uso de personagens virtuais em um sistema tutor inteligente foi sugerido como um método efetivo para compensar a falta da interação face-a-face.

A.L.I.C.E (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*) foi um projeto bastante original e inovador no campo da inteligência artificial, na década de 90 (WALLACE, 1995). Tratava-se de um exemplo de agente conversacional, com sistema de código aberto mantido por uma comunidade ativa. O sistema opera até hoje e é composto de duas partes: a máquina conversacional e a base de conhecimento construída usando a linguagem de marcação AIML. Uma linguagem de marcação é uma forma de codificar um documento que, junto com o texto, incorpora palavras-chave ou marcações (*tags*), as quais contêm informação adicional sobre a estrutura do texto ou sua apresentação. A linguagem AIML possui estrutura específica constituída de “*categorias*”, as quais consistem de ao menos dois elementos: o “*pattern*” e o “*template*”, como no exemplo a seguir.

```
<category>
<pattern>possível entrada do usuário</pattern>
<template>resposta do agente conversacional</template>
</category>
```

O funcionamento de um agente usando AIML é baseado em um modelo de estímulo-resposta, em que o estímulo (a entrada dos usuários) é comparado com padrões (“*pattern*”) e quando ocorre um ou mais casamentos de padrões é determinada uma resposta associada, contida no “*template*” que o agente conversacional mostrará para o usuário (WALLACE, 1995). Todas estas ações sobre ver o adequado *pattern* e mostrar o relacionado *template*, são carregadas pela máquina de tratamento de dados.

Diversos agentes conversacionais foram construídos usando a linguagem AIML. Cybelle é um agente que interage em português e, é capaz de interagir, também, em

inglês e francês (AGENTLAND, 2002). Ela dá informações sobre outros agentes, como por exemplo, o ALICE. A Prof^a. Elektra é um agente educacional que tem como principal objetivo ser um instrumento de complementação no aprendizado de estudantes de cursos à distância (LEONHARDT, 2005). CHARLIE é um agente responsável por interagir com os estudantes e o sistema educacional inteligente, mostrando conteúdos dos cursos e perguntando sobre o material de aprendizagem (MIKIC et al., 2009). A ampla gama de agentes conversacionais desenvolvidos com a máquina de inferência baseada no projeto ALICE levaram à escolha desta para a construção de um agente conversacional para aprimoramento das habilidades de resolução de problemas.

Existem diversos marcadores específicos da linguagem em AIML que podem ser encontrados em Ringate (2001). Um exemplo é o marcador⁵ <random> que busca uma expressão aleatória dentre as especificadas para responder ao usuário, conforme quadro 6.1.1. Assim, é possível escrever de formas distintas, dicas ou respostas para uma questão proposta. O estudante faz a pergunta QUAL O MAIOR FATOR PRIMO DE 2006? E o agente conversacional busca aleatoriamente uma das respostas que estão colocadas no interior do marcador <random>, isto permite tornar a conversa entre o estudante e o agente rica de informações sobre um determinado tema, em que várias dicas podem ser fornecidas de maneira distinta para a resolução de uma questão. É importante ressaltar que o agente não necessariamente apresenta uma resposta diferenciada se o assunto for persistido, visto que as respostas são escolhidas de forma aleatória, podendo assim a mesma resposta ser apresentada.

```

<category>
<pattern>QUAL O MAIOR FATOR PRIMO DE 2006?</pattern>
<template>
<random>
<li>Fatore 2006.</li>
<li>Decomponha 2006 em fatores primos.</li>
<li>2006=2 x 17 x 59</li>
<li>O maior fator primo de 2006 é 59.</li>
</random>
</template>
</category>

```

QUADRO 6.1.1 Exemplo de uso do marcador <random>

Conforme Castanho e Wazlawick (2002), um agente conversacional apoia o

⁵ O termo “marcador” que está sendo usado no texto refere-se à palavra “tag” em inglês.

processo de cognição oferecendo respostas a dúvidas do aluno e apontando fontes adicionais em que o aluno pode encontrar respostas às questões que emergem quando ele se envolve no processo de solução de problemas. Uma característica de seu funcionamento é a capacidade de atendimento concorrente, pois os agentes conversacionais podem estar disponíveis a todo instante e atender vários alunos ao mesmo tempo. O agente pode ser usado como ferramenta de apoio em sala de aula durante o processo de resolução de problemas, bem como para tarefas de resolução de dúvidas sobre conteúdos específicos ou ainda em aulas de reforço.

O objetivo principal de um agente é o de simular uma conversação, em linguagem natural, para tornar esta comunicação o mais próxima possível da conversação de um ser humano (WALLACE, 1995). No processo de manipulação do agente conversacional utiliza-se, principalmente, a codificação da representação dos dados de um problema e a recuperação através de uma conversa, sem necessidade de uso de uma linguagem específica em português ou inglês, usando linguagem natural.

A linguagem natural é foco de interesse da maioria das aplicações que envolvem uma relação com o ser humano. No entanto, não é simples lidar com a linguagem natural, visto que existem muitas maneiras distintas de expressar uma mesma ideia. A utilização do processamento da linguagem natural propriamente dita nos agentes conversacionais é extremamente difícil. É um desafio “desenvolver um programa de computador que saiba como ser relevante, como limitar a informação em um contexto, como usar metáforas, alusões e figuras de linguagem, como se comportar dependendo da situação e como cooperar em uma conversa” (SAYGIN; CICEKLIB, 2002).

Para Louwerse, Graesser, McNamara e Lu (2009) agentes conversacionais personalizados são personagens animados que emulam a comunicação e o comportamento humano. Os ambientes de computador destes agentes variam de sistemas de *web* convencionais para mundos virtuais avançados. Uma questão fundamental considerada por estes autores: os humanos interpretam estes agentes conversacionais personalizados como artefatos de distrair ou como parceiros conversacionais? Estes pesquisadores relataram que para responder a pergunta é necessária uma análise profunda das percepções dos humanos, atenção e interações com os agentes. Além disso, os resultados demonstraram que os agentes conversacionais personalizados foram capazes de guiar a atenção perceptiva dos participantes, da mesma forma como os participantes eram guiados pelos humanos em diálogo conversacional. Uma similaridade encontrada na pesquisa de Louwerse, Graesser, McNamara e Lu

(2009) e a atuação do agente conversacional Blaze está no fato de que durante a interação dos estudantes com o Blaze, estes foram guiados pelo agente através do diálogo para direcionamentos e oportunidades que conduziram à solução dos problemas Matemáticos propostos na atividade.

O Blaze é um agente conversacional aplicado na Educação e especificamente na Matemática, visto que o agente Blaze foi programado para dar uma assistência aos estudantes ajudando-os a resolver os problemas matemáticos. Já os pesquisadores Lester, Branting e Mott (2004) utilizaram os agentes conversacionais com aplicações em *software* empresarial devido ao excessivo aumento da demanda para soluções de custo-efetivo para o problema de serviço ao consumidor. Assim, para estes autores dispor soluções automatizadas podem significativamente reduzir a alta proporção de orçamentos de serviço ao consumidor voltado para treinar e trabalhar custos. Por utilizar a tecnologia da *web* e a linguagem natural, os agentes conversacionais ofereceram a habilidade para prover serviço ao consumidor muito mais economicamente que com os modelos tradicionais. Em *customer-facing*, os agentes conversacionais interagiram diretamente com os consumidores para ajudá-los a obter respostas para suas questões. Em *internal-facing*, eles conversaram com os representantes do serviço ao consumidor para treiná-los e ajudá-los a dar assistência aos consumidores.

Na atividade de interação dos estudantes com o agente conversacional Blaze, nesta tese, os estudantes assumiram uma participação ativa na construção de seu conhecimento na busca das informações ou recuperação de conhecimentos prévios, além da utilização de habilidades cognitivas como pensamento crítico e raciocínio por analogia, o que difere do estudo dos pesquisadores (SJÖDÉN et al., 2011; BISWAS et al, 2001; BLAIR et al., 2007) em que os estudantes ensinam o *Teachable Agent - TA* durante a atividade proposta podendo, portanto, a partir dos ensinamentos dados aos *TA* avaliarem seus próprios conhecimentos. Então, Blair et al. (2007) criaram um tipo especial de agente pedagógico chamado *Teachable Agent (TA)*. Os estudantes ensinam seus *TA* e então avaliam o conhecimento por perguntar as questões ou pelo conhecimento ao resolver problemas. Sjødén et al. (2011) definiram *Teachable Agents (TAs)* como uma forma de tecnologia educacional baseada na ideia de que uma boa maneira para aprender é ensinar a alguma outra pessoa. Um *TA* é um agente de computador que é ensinado por um estudante, em que as técnicas de inteligência artificial guiam o comportamento do agente baseado no que lhe é ensinado. Os estudantes podem rever o conhecimento dos *TAs* e o próprio conhecimento baseado no

comportamento dos agentes (BISWAS et al, 2001; BLAIR et al., 2007).

O estudo de Sjöden et al. (2011) examinou como a presença de um *TA* em um jogo de aprendizagem matemática afetou o desempenho dos estudantes sobre um teste matemático somativo regular. Para este pesquisador, os resultados mostraram que o efeito da presença do *TA* diferiu em relação ao desempenho dos estudantes sobre um pré-teste matemático. Para os estudantes de baixo desempenho ocorreu uma melhoria de 70% verificada em um pós-teste com o *TA* comparado a um padrão de pós-teste sem o *TA*. Para os estudantes de alto desempenho, a presença do *TA* pareceu fazer pouca diferença. Uma proposta que justifica os resultados encontrados é que para o estudante a presença do *TA* faz mudar a situação de “fazer o teste” para “ensinar o *TA*”, mesmo considerando que o teste na versão *TA* e na versão padrão são idênticos. Além disso, com a presença do *TA*, os estudantes eram claramente posicionados como “professores”.

Quirino et al. (2009) utilizaram um agente pedagógico inteligente que emprega técnicas de raciocínio baseado em casos para tutoria de estudantes de medicina. Este agente pedagógico inteligente leu os casos de uma base de dados e adaptou casos anteriores para reusá-los na tutoria (estratégias de ensino anteriores reusadas). O agente Blaze também empregou técnicas de raciocínio baseado em casos na atividade de interação com os estudantes na resolução de problemas matemáticos. No trabalho de Quirino et al. (2009) o agente pedagógico inteligente apresentou também as propriedades de conhecimento do domínio específico, autonomia, comunicabilidade, aprendizagem, reatividade e pró-atividade, habilidades sociais, customização e habilidades de aprendizagem.

Pesquisadores (QU; WANG; JOHNSON, 2004; HEIDIG; CLAREBOUT, 2011; CROWN et al., 2011) apresentaram um enfoque sobre a influência do agente pedagógico na motivação da aprendizagem do estudante e os pesquisadores (CROWN et al., 2011) além da motivação analisaram também o engajamento dos estudantes. No agente Blaze, foram verificados os efeitos de sua interação sobre o engajamento dos estudantes, bem como, no aprimoramento de habilidades cognitivas na atividade de resolução de problemas. Para Crown et al. (2011) motivação e engajamento do estudante são ingredientes essenciais para o sucesso acadêmico. O desafio é identificar métodos e contextos pedagógicos para motivar e engajar os estudantes para que eles sejam participantes ativos no processo de aprendizagem. O foco está nos valores, aspirações, objetivos e interesses dos estudantes. O autor desenvolveu um agente conversacional chamado Anne G. Neering (EnGiNeering) em um ambiente de

aprendizagem interativo para encorajar os estudantes a pensarem com reflexão sobre cursos fundamentais para construção da base de conhecimento do agente. A base de conhecimento foi construída por interações individuais e cooperativas dos estudantes. Estes pesquisadores fizeram uma avaliação sobre a motivação e engajamento dos estudantes assim como o sucesso acadêmico. Qu, Wang e Johnson (2004) usaram um agente pedagógico inteligente para detectar e interagir com o aprendiz no momento apropriado, tal como em um instante de confusão e indecisão, minimizando as dificuldades e aumentando a motivação. Heidig e Clarebout (2011) em suas pesquisas sobre a questão: “Os agentes pedagógicos fazem diferença para a aprendizagem e motivação do estudante?” Afirmaram que consideraram somente estudos que compararam um grupo experimental com um agente pedagógico e um grupo de controle sem um agente. Na visão destes pesquisadores, esta questão é muito ampla, os agentes pedagógicos nos estudos considerados executavam diferentes funções e eram diferentemente desenhados (projetados), estendendo-se de uma cabeça falando para um papagaio ou uma caricatura de um personagem humano. Além disso, eles eram usados em “diferentes ambientes de aprendizagem cobrindo diferentes tópicos, tal como nanotecnologia, o motor elétrico ou problemas ecológicos. Portanto, as condições de uso do agente pedagógico precisam ser levadas em conta”. Estes pesquisadores relataram que somente cinco em quinze estudos apresentaram vantagens dos grupos de agentes sobre a aprendizagem, logo a maioria dos estudos não indicava efeito dos agentes pedagógicos sobre a aprendizagem. Ao contrário, nesta tese, na pesquisa realizada com o agente conversacional Blaze foram encontrados resultados que comprovaram que o agente influenciou positivamente na construção do conhecimento do estudante.

Johnson (2001) afirma que os agentes pedagógicos animados, chamados *guidebots*, interagem com os aprendizes para ajudá-los, acompanhando-os durante o percurso das atividades de aprendizagem. Eles combinam as habilidades pedagógicas dos sistemas tutores inteligentes⁶ com as capacidades de interações interpessoais empregadas pelos personagens conversacionais. Para Woolf et al. (2010) agentes pedagógicos têm sido usados para fornecer *feedback* motivacional ou emocional aos estudantes. Usando sensores *wireless* que fornecem dados sobre postura, movimento,

⁶O sistema tutor inteligente projetado opera buscando auxiliar os alunos em um ambiente de aprendizagem ou até mesmo na resolução de problemas.

tensão, estado mental expressado facialmente e excitação, os agentes podem reconhecer emoção dos estudantes com precisão de mais de 80% comparada com as informações dadas pelos próprios estudantes sobre si mesmo. Após interagir com os agentes pedagógicos afetivos, os estudantes com baixo êxito aumentaram seus resultados afetivos e apresentaram reduzida frustração e ansiedade. O agente conversacional Blaze, desta tese, interagiu com os estudantes, contribuindo para torná-los mais engajados na resolução de problemas diferentemente de Woolf et al. (2010) em que o agente influenciou no estado emocional dos estudantes reduzindo ansiedade e frustração durante a atividade.

Outros pesquisadores (PEREDO et al., 2011; MONEREO; ROMERO, 2010; FRANKLIN; GREASSER, 1996) desenvolveram sistemas mais complexos apresentando mais potencialidades do que o agente conversacional Blaze. Peredo et al. (2011) descreveram em seu artigo um conjunto de ferramentas integradas para construir um sistema de educação baseado na *web* inteligente. O objetivo é criar um ambiente de aprendizagem *web* que possa ser feito sob medida para as necessidades dos aprendizes. O ambiente de aprendizagem *web* é composto de ferramenta de autoria, sistema de avaliação, sistema de voz interativo e um laboratório virtual para programar em Java. Todas as ferramentas usam serviços *web* e têm as características de forte adaptabilidade para a administração, autoria, entrega e monitoria de conteúdo de aprendizagem. A parte de tomada de decisão entra no sistema de educação baseado na *web* inteligente por meio de um sistema multi-agente. O termo sistema multi-agente é usado para descrever um sistema composto de múltiplos agentes inteligentes interagindo. O sistema multi-agente interage fortemente no âmbito dos comportamentos.

Monereo e Romero (2010) apresentaram um “emulador mais complexo, que consiste na ação de agentes artificiais criados para desenvolver uma missão específica a serviço do aprendiz”. Estes agentes podem realizar tarefas como: procurar informação na rede a partir das preferências detectadas nas transações que o usuário realiza diariamente; guiar a escrita de um texto, oferecendo recomendações, *links* temáticos, perguntas que ajudem na reflexão sobre aquilo que se escreve; oferecer auxílios ajustados para solucionar um problema graças à prévia identificação da estratégia de resolução (quando se trata de problemas que têm um número de estratégias de resolução finito) e para detectar os erros típicos que geralmente se comete nesse tipo de problema e favorecer a fluidez das interações e a adoção de consensos em uma atividade colaborativa em rede, atuando como um participante a mais (o fato de ser um agente

artificial pode ser conhecido ou não pelo resto dos participantes). O agente, neste caso, “forma uma representação de nós e do contexto da atividade e é capaz de interagir, embora sempre sobre parcelas de saber limitadas. É preciso treiná-lo previamente para que possa ajustar suas ações a um determinado contexto” (MONEREO; ROMERO, 2010).

Franklin e Greasser (1996) definiram o agente de suporte lógico (popularmente chamados de agentes inteligentes) como um sistema anexado e integrado em um ambiente informático “capaz de detectar, de maneira permanente, determinados dados desse ambiente e de produzir uma resposta ajustada a esses dados, sem que para isso tenha que intervir um ser humano”. Estes agentes podem desempenhar várias tarefas e apresentar um grau de autonomia, uma capacidade de aprendizagem e possibilidades de colaboração com outros agentes. Contudo, a diferença significativa é a sua natureza deliberativa e reativa. Os agentes deliberativos são os que tiveram um maior desenvolvimento e podem conter: um modelo do tipo de tarefa que deve realizar (procurar nova informação sobre um tema); conhecimento de base de dados associadas à sua tarefa e de como ter acesso a elas; conhecimento sobre como realizar a tarefa (registrar, comparar e armazenar ou descartar); conhecimento de outros agentes encarregados de temas afins (reconhecer um agente que filtra informação de um determinado tipo); protocolos para comunicar-se com outros agentes (para trocar informações); procedimentos para resolver conflitos e cruzar informação (para determinar se um dado é igual a outro já registrado, em que sentido ele é diferente e qual variação deve ser recompilada) e alguns mecanismos de aprendizagem (frequência no tipo de consultas, regularidade nos termos de busca que o usuário utiliza, etc).

Existe, portanto, uma constante preocupação em desenvolver sistemas que tentam emular e modelar diversos aspectos do funcionamento cognitivo com aplicações no âmbito educacional. Destacam-se “três temáticas emergentes: a incorporação do contexto, da metacognição e das emoções” (MONEREO; ROMERO, 2010). A incorporação de contextos autênticos da realidade em que se pretende formar os alunos (por exemplo, “por meio da visualização ao vivo de qualquer situação que estiver ocorrendo no mundo, através das câmeras”) destina-se a ter um grande impacto sobre os futuros profissionais.

A metacognição foi enfatizada durante a atividade de interação dos estudantes com o agente Blaze. O aprimoramento da capacidade metacognitiva é um aspecto característico encontrado no agente conversacional Blaze, uma vez que, o agente apoiou

o estudante na realização de suas tarefas e deu suporte ao seu processo cognitivo. Alguns dos aspectos metacognitivos considerados foram tomada de decisões, avaliação da aprendizagem e autoavaliação da própria compreensão.

Muitas pesquisas realizadas utilizaram as potencialidades dos agentes conversacionais bem como de sistemas mais complexos como os agentes pedagógicos inteligentes ou o sistema multi-agente. Portanto, pesquisadores mostraram a importância da presença de um personagem (agente) ou de um sistema de múltiplos agentes num ambiente de aprendizagem online para o aprimoramento do conhecimento do estudante (FRANKLIN; GREASSER, 1996; BISWAS et al, 2001; BLAIR et al., 2007; MONEREO; ROMERO, 2010; CROWN et al., 2011; SJÖDÉN et al., 2011) com aplicações em áreas além do âmbito da educação em sala de aula, como por exemplo, em software empresarial (LESTER, BRANTING E MOTT, 2004) e na melhoria da afetividade reduzindo a frustração e ansiedade (WOOLF et al., 2010). Assim, considerando esta relevante contribuição de um agente conversacional, a pesquisa desta tese, utilizou um agente conversacional, denominado Blaze, para aprimoramento das habilidades cognitivas dos estudantes durante a resolução de problemas matemáticos. A criação, o desenvolvimento, a implementação e o comportamento do agente conversacional Blaze estão detalhados no capítulo 7, bem como, toda a metodologia utilizada na pesquisa.

7 A PESQUISA E A METODOLOGIA ADOTADA

A pesquisa desta tese foi desenvolvida em duas etapas. Primeiramente, a elicitaco dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* durante a resoluo de problemas matemáticos e a representao destes processos para armazenamento. Na segunda etapa, foi criado, desenvolvido e implementado um agente conversacional denominado Blaze para interao com os outros estudantes em um sistema de aprendizagem autorregulada baseado na resoluo de problemas de Matemática.

Este capítulo apresenta a organizao da pesquisa (seo 7.1) baseada nos questionamentos e objetivos da tese, a descrio da pesquisa (seo 7.2) contendo os métodos de coleta de dados bem como os estudantes que contribuíram para os experimentos. A elicitaco dos processos cognitivos (seo 7.3) descreve sobre os *estudantes talentosos* assim como os problemas matemáticos com a categorizao e os processos cognitivos elicitados destes estudantes, o modelo de resoluo de problemas da pesquisa (seo 7.4)  baseado na aprendizagem autorregulada de Zimmerman (1996) e nas heurísticas de resoluo de problemas de Polya (2006). O modelo de raciocínio baseado em casos da pesquisa (seo 7.5)  a técnica de representao dos problemas matemáticos na base de conhecimento do agente em linguagem AIML, o agente conversacional Blaze (seo 7.6) apresenta o agente, seu funcionamento e suas potencialidades, o experimento I (seo 7.7), o experimento II (seo 7.8) e o experimento III (seo 7.9) com os resultados obtidos e comentários.

7.1 ORGANIZAO DA PESQUISA

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico com o objetivo de encontrar os subsídios necessários para responder perguntas como: (a) Que características apresentam os *estudantes talentosos*? (b) Quais so os processos cognitivos dos *estudantes talentosos* ao resolver problemas? As respostas aos questionamentos (a) e (b) esto nos capítulos 2 e 3 desta tese.

A importância da aprendizagem por meio da resoluo de problemas (detalhado

no capítulo 3), o pensamento metacognitivo requerido na aprendizagem autorregulada (comentado no capítulo 4) e a possibilidade de utilização de um agente conversacional na interação com os estudantes (fundamentado nos capítulos 5 e 6), fizeram surgir o objetivo geral desta tese:

- Investigar como a assistência de um agente conversacional, dotado de uma base de conhecimento criada a partir da representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*, pode contribuir para o aprimoramento das habilidades cognitivas de outros estudantes durante a resolução de problemas de Matemática.

Para alcançar o objetivo geral, surgem alguns objetivos específicos, que são:

- Categorizar os problemas matemáticos, desta pesquisa, considerando os conhecimentos prévios necessários para sua resolução e os conteúdos abordados;
- Elicitar os processos cognitivos dos *estudantes talentosos* na resolução dos problemas de Matemática;
- Avaliar a utilização da técnica de raciocínio baseado em casos para representação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*;
- Desenvolver um agente conversacional com uma base de conhecimento em que estão representados os processos cognitivos elicitados dos *estudantes talentosos* durante a resolução de problemas de Matemática;
- Avaliar a contribuição do agente conversacional no aprimoramento das habilidades cognitivas e engajamento dos estudantes na aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas de Matemática.

Na descrição da pesquisa (seção 7.2) encontram-se os procedimentos adotados na coleta de dados, bem como, os recursos e métodos usados no decorrer dos experimentos. Descreve também a atuação dos estudantes colaboradores da pesquisa.

7.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

A coleta dos dados desta pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF) campus Campos-Centro, em Campos dos Goytacazes, no Estado do Rio de Janeiro. Os estudantes que colaboraram para a eliciação dos processos cognitivos durante a resolução dos problemas matemáticos foram os *estudantes talentosos* (medalhistas da OBMEP participantes do PIC 2009).

Para elicitación dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* durante a resolução dos problemas matemáticos foi utilizado o método de “pensar em voz alta” (“*think aloud*”). Durante este método foram utilizados os recursos de observações diretas, entrevistas e registros em arquivos e/ou gravação por meio de um áudio ou vídeo.

Os estudantes que contribuíram para os experimentos I, II e III durante a interação com o agente conversacional Blaze eram da 2ª série do ensino médio (turmas 201 e 204), da turma do 3º período da Licenciatura em Ciências e de diversos períodos da Licenciatura em Matemática. Para tornar possível a realização dos experimentos I, II e III foi necessária a criação do agente conversacional Blaze e armazenamento na base de conhecimento do agente dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* em linguagem AIML. A interação entre o agente conversacional e os estudantes ocorreu em um laboratório de informática equipado com computadores (com acesso à internet).

O experimento piloto, que aconteceu na turma 201 do ensino médio, em 18 de abril de 2011, levou a uma reflexão acerca dos aspectos negativos e positivos ocorridos durante a pesquisa permitindo, portanto, alguns ajustes necessários para o funcionamento adequado da ferramenta tecnológica – o agente conversacional Blaze – assim como ajustes nos instrumentos de coleta de dados. Além disso, percebeu-se que para uma maior eficácia da interação entre o agente e os estudantes sentiu-se a necessidade de elaboração de um material instrucional de apoio aos estudantes, orientando-os como dialogar com o agente no contexto da aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas e também apresentando as heurísticas de resolução de problemas conforme Polya (2006).

No experimento I que ocorreu na turma 204 foi adotado o procedimento de dividir a turma em dois grupos de 18 alunos: o grupo de controle (G1) trabalhou sem o Blaze em sala de aula, ao mesmo tempo em que o grupo experimental (G2) trabalhou com o Blaze no laboratório de informática. No experimento II o 3º período da Licenciatura em Ciências, composto de 13 alunos, trabalhou diretamente com o Blaze no laboratório de informática. No experimento III os estudantes de diversos períodos da Licenciatura em Matemática (19 alunos) trabalharam inicialmente sem o apoio do Blaze e depois com o apoio do Blaze.

O questionário, preenchido pelos estudantes participantes desta pesquisa, busca tornar possível o registro das opiniões pessoais e percepções destes participantes com o objetivo de avaliar o engajamento destes e também, a contribuição do agente

conversacional Blaze. A entrevista com a professora das turmas do ensino médio objetivou a obtenção de informações acerca do desempenho dos alunos, bem como, o registro das observações desta professora sobre a interação dos alunos com o agente.

A avaliação da contribuição do agente Blaze foi elaborada, a partir, da interpretação da análise das transcrições, das observações diretas, das entrevistas e dos registros. A interpretação envolve extrair sentido dos dados obtidos por meio de justificativas e explicações coerentes e criteriosas. E, além disso, extrair conclusões, fazer inferências, considerar irregularidades, considerar interpretações alternativas ou rivais do que aconteceu nos dados e selecionar a “melhor” à luz do propósito e das questões de pesquisa deste estudo.

7.3 A ELICITAÇÃO DOS PROCESSOS COGNITIVOS

Os *estudantes talentosos*, que participaram desta pesquisa, foram os alunos (um total de 11 alunos) do PIC 2009 (Programa de Iniciação Científica) que se destacaram como medalhistas da OBMEP (Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas) em 2009. Os encontros para a realização do PIC aconteceram no pólo de Campos dos Goytacazes no IFF campus Campos-Centro.

A OBMEP é dirigida aos alunos de 5^a à 8^a série (6^o ao 9^o ano) do Ensino Fundamental e aos alunos do Ensino Médio das escolas públicas municipais, estaduais e federais, que concorrem a prêmios de acordo com a sua classificação nas provas. A Iniciação Científica é um programa criado em 1951 pelo CNPq para despertar nos jovens o gosto pela ciência e motivá-los, na escolha profissional, por carreiras científicas e tecnológicas. O Brasil ainda carece de recursos humanos nessas áreas para alcançar seu pleno desenvolvimento tecnológico e científico.

TABELA 7.3.1 Níveis e multiplicidades dos alunos do PIC 2009 e suas localidades de origem

Aluno	Cidade	Nível(N)	Multiplicidade(M)	Premiação (Medalha)
A	Rio das Ostras/RJ	2	1	Bronze
B	Itaocara/RJ	1	1	Bronze
C	Bom Jesus do Itabapoana/RJ	3	2	Bronze
D	Santo Antonio de Pádua/RJ	1	2	Prata
E	Bom Jesus do Itabapoana/RJ	1	1	Bronze
F	Itaperuna/RJ	1	1	Prata
G	Itaocara/RJ	2	1	Bronze

H	Bom Jesus do Itabapoana	1	1	Prata
I	Santo Antonio de Pádua	3	4	Prata
J	Laje do Muriaé	1	1	Bronze
K	Itaperuna	1	1	Bronze

A tabela 7.3.1 apresenta os níveis (nível 1: 6° e 7° anos; nível 2: 8° e 9° anos e nível 3: ensino médio), multiplicidades, localidades de origem e a premiação obtida pelos alunos na OBMEP. Multiplicidade (M) é o tempo, em anos, de participação do aluno no PIC. Observa-se que dos 64% dos alunos que estão no nível 1; 86% possuem multiplicidade 1. Isto significa que a maioria está cursando o 6° ou 7° ano da escola regular e participam pela primeira vez do PIC 2009. Observa-se também que 18% estão no nível 2 e 18% estão no nível 3. Destes 18% no nível 2, 100% possuem multiplicidade 1.

Estes *estudantes talentosos* possuem algumas habilidades que são requisitos para a caracterização desta denominação em Matemática, tais como a habilidade lógico-matemática e intelectual, pois eles se destacaram em resolver problemas de matemática. Ao possuírem esta habilidade, apresentam a capacidade para usar e avaliar relações abstratas, calcular, quantificar, considerar proposições e hipóteses e realizar operações matemáticas complexas. Além de possuírem também sensibilidade a padrões de relacionamento lógicos, funções, afirmações e proposições.

A pesquisa com os estudantes busca enfatizar a descoberta, o que na matemática, ocorre por combinação de ideias. As ideias e o pensamento são expressos por meio de palavras. O conhecimento bem concebido é enunciado com clareza e assim, as palavras surgem com facilidade. Para Hadamard (2009), o pensamento pode ser acompanhado de representações concretas que são diferentes das palavras. É importante o uso de imagens na elaboração das ideias. Segundo Aristóteles, não podemos pensar sem imagens.

O método de “pensar em voz alta” utilizado com os *estudantes talentosos* foi o método verbal escolhido para a eliciação dos processos cognitivos do raciocínio matemático do aluno na resolução dos problemas. Nesse método é sugerido ao aluno que verbalize, livremente e espontaneamente, em voz alta, todos os pensamentos ocorridos durante a execução da tarefa. Registra-se em áudio e, eventualmente, em vídeo e, posteriormente categorizam-se as respostas. Uma crítica a esse método advém do fato de que, os resultados destes registros podem ser incompletos, em qualidade, visto que a verbalização pode não refletir com rigor o que o sujeito conhece ou, em

quantidade, pois pode haver conhecimento que nunca é expresso (BONBOIR, 1987; FIGUEIRA, 2005).

Durante as oficinas de resolução de problemas realizadas na pesquisa com os *estudantes talentosos* foram usados os problemas propostos pelo banco de questões da OBMEP. Existem diversas classificações possíveis para os problemas matemáticos: conforme o conteúdo ao qual pertencem (como por exemplo, aritmética, álgebra, combinatória, etc), de acordo com o raciocínio a ser realizado pelo aprendiz que pode ser dedutivo (por exemplo, demonstrar uma fórmula matemática) ou indutivo (por exemplo, encontrar regularidades entre determinados fatos) (POZO; CRESPO, 1998), de acordo com a estrutura do problema que pode ser bem definido e mal definido (JONASSEN, 2003), de acordo com os requisitos necessários para a solução, como por exemplo, qualitativos (raciocínio teórico) e quantitativos (manipulação de dados numéricos) (POZO; CRESPO, 1998), entre outras.

Nesta pesquisa, considera-se que a recuperação de conhecimentos prévios para a resolução dos problemas é um fator importante para o alcance da solução. Portanto, a classificação adotada para os problemas trabalhados nas duas etapas considera dois aspectos: um refere-se aos pré-requisitos necessários para a resolução do problema e o outro refere-se ao conteúdo abordado. Com relação aos pré-requisitos necessários para a resolução dos problemas a classificação adotada baseada em Pozo e Crespo (1998) foi:

- Problemas qualitativos: a estratégia de resolução destes problemas envolve o raciocínio teórico e exige a recuperação de considerável conhecimento prévio do conteúdo;
- Problemas quantitativos: ao resolver este tipo de problema, será necessário manipular dados numéricos, com aplicação de fórmulas ou algoritmos.

Enquanto que, com relação ao conteúdo abordado no problema, podem ser classificados em problemas de: Aritmética, Geometria Plana e Espacial, Trigonometria, Estatística, Análise Combinatória e Probabilidade, Razão e Proporção, Progressão Aritmética e Progressão Geométrica, entre outras.

Os problemas trabalhados com os *alunos talentosos* estão listados a seguir e foram selecionados de acordo com a programação prevista para os encontros do PIC 2009. São problemas bem estruturados, uma vez que, requerem a aplicação de um limitado e conhecido número de conceitos, regras e principais temas dentro de um restrito domínio (JONASSEN, 2003).

Problema 1. **Aritmética - Operações no conjunto dos números naturais** – Considere dois números naturais, cada um deles com três algarismos diferentes. O maior só tem algarismos pares e o menor só tem algarismos ímpares. Se a diferença entre eles é a maior possível, qual é essa diferença?

(a) 997 (b) 777 (c) 507 (d) 531 (e) 729

Problema 2. **Aritmética – Operações no conjunto dos números naturais** - Seja n um número natural de cinco algarismos. O número p é constituído agregando-se o algarismo 1 à direita de n , e o número q é constituído agregando-se o algarismo 1 à esquerda de n . Sabendo-se que p é o triplo de q , encontre n .

Problema 3. **Geometria e trigonometria** - É dado um quadrado ABCD de lado a . Determine o raio da circunferência que contém os vértices A e B e é tangente ao lado CD.

Problema 4. **Trigonometria no triângulo retângulo** - O triângulo ABC tem lados $AB = \sqrt{12}$, $BC = 4$ e $CA = \sqrt{20}$. Calcule a área do triângulo ABC.

Problema 5. **Aritmética – Quadrado mágico** – Complete as casas em branco da tabela ao lado com frações, de tal modo que a soma dos três números de qualquer linha, qualquer coluna e das duas diagonais seja sempre a mesma.

		$\frac{3}{5}$
	$\frac{1}{2}$	
0,4	0,5	

Problema 6. **Trigonometria no triângulo retângulo e Progressão aritmética** - Determine todos os triângulos retângulos cujos lados são inteiros e estão em progressão aritmética.

Problema 7. **Razão e proporção** - Um litro de álcool custa R\$0,75. O carro de Maria percorre 25km com 3 litros de álcool. Quantos reais Maria gastará com o álcool necessário para percorrer 600km?

Problema 8. **Aritmética – Divisibilidade por 13** – Da igualdade $9174\ 532 \times 13 = 119\ 268\ 916$ pode-se concluir que um dos números a seguir é divisível por 13. Qual é esse

número?

(a) 119 268 903 (b) 119 268 907 (c) 119 268 911 (d) 119 268 913 (e) 119 268 923

Conforme a classificação, considerada nesta tese (p. 107), pode-se afirmar que os problemas quantitativos são 1, 5, 7 e 8, uma vez que a resolução destes exige, basicamente, a manipulação de dados numéricos, não sendo necessário, portanto, a recuperação de considerável conhecimento matemático prévio para alcançar a solução. Enquanto que, os problemas qualitativos são 2, 3, 4 e 6, nos quais são abordados os temas e conteúdos que tratam do valor posicional de um algarismo, os conceitos fundamentais de trigonometria no triângulo retângulo, a definição de progressão aritmética, o conceito de altura de um triângulo, além de, exigir o reconhecimento e a construção de figuras geométricas planas como círculo, quadrado, triângulo retângulo, altura de um triângulo e assim, todas estas ideias e representações possibilitam encontrar a solução da questão.

TABELA 7.3.2 Classificação dos problemas conforme o conteúdo abordado

Conteúdo	Definição	Problemas
Aritmética	É o ramo da matemática que lida com números e com as operações possíveis entre eles.	1, 2, 5, 8
Razão e Proporção	Razão é uma forma de se realizar a comparação de duas grandezas e, para isto é necessário que as duas grandezas estejam na mesma unidade de medida. Proporção é a igualdade entre as razões.	7
Geometria	É um ramo da matemática que estuda as formas, planas e espaciais, com as suas propriedades.	3
Trigonometria	É a parte da matemática que estuda os triângulos, particularmente triângulos onde um dos ângulos do triângulo mede 90° (triângulos retângulos). Também estuda especificamente as relações entre os lados e os ângulos dos triângulos, as funções trigonométricas e os cálculos baseados nelas.	3, 4, 6
Progressão Aritmética	É uma sequência numérica em que cada termo, a partir do segundo, é igual à soma do termo anterior com uma constante r . O número r é chamado de razão da progressão aritmética, e vem do “ r ”, de resto da subtração.	6

A tabela 7.3.2 classifica os problemas de acordo com o conteúdo que está sendo abordado e, pode-se afirmar que os problemas 1, 2, 5 e 8 são problemas de aritmética pois trabalham com as operações no conjunto dos números naturais. O 7 é um problema que trabalha com as grandezas: distância, consumo e custo e, para resolvê-lo utiliza-se os conceitos de razão e proporção. Os 3, 4 e 6 são problemas de trigonometria e, além da trigonometria, o problema 6 trata também de progressão aritmética e, o problema 7 trata também de geometria. Portanto, unindo os dois aspectos adotados na pesquisa para

categorizar os problemas de Matemática, a tabela 7.3.3 mostra como fica a classificação final dos problemas.

TABELA 7.3.3 Classificação adotada para os problemas da pesquisa com os *talentosos*

PROBLEMAS	CLASSIFICAÇÃO
1	Quantitativo/Aritmética
2	Qualitativo/Aritmética
3	Qualitativo /Trigonometria e Geometria
4	Qualitativo/Trigonometria
5	Quantitativo /Aritmética
6	Qualitativo /Trigonometria e Progressão Aritmética
7	Quantitativo/Razão e Proporção
8	Quantitativo /Aritmética

Em 26 de junho de 2010 aconteceu o 1º encontro do PIC 2009, em que os *estudantes talentosos* resolveram os problemas de Matemática propostos. O material didático utilizado foi o livro *Iniciação à Aritmética* de Abramo Hefez. O objeto de estudo neste livro é o conjunto dos números inteiros e algumas de suas propriedades. O professor orientador fez uma breve explicação, durante o encontro, de alguns conceitos do capítulo 1 deste livro, que trata sobre o conjunto dos números naturais com suas operações de adição, subtração e multiplicação e as noções de múltiplo, de divisor, de número primo, de mínimo múltiplo comum e de máximo divisor comum, e algumas de suas propriedades.

Os alunos, que estão nos níveis (N) 1 e 2, após uma leitura individual dos capítulos do livro, consideraram a linguagem do livro difícil de ser compreendida, sendo necessários, portanto, comentários e explicações que esclarecessem as dúvidas surgidas. A necessidade de fazer comentários sobre o conteúdo do livro é devido ao fato de que a maioria destes alunos está no nível 1(64%) e com multiplicidade 1(86%) (tabela 7.3.1, p.107).

A partir das explicações e comentários dos conceitos mais importantes do capítulo 1 do livro de Hefez, foram propostos aos alunos, alguns problemas do banco de questões da OBMEP, envolvendo aritmética. Utilizando o método de “pensar em voz alta” foi gravada a fala do aluno na qual ele relata o pensamento adotado no desenvolvimento da resolução da questão. O objetivo aqui é capturar os processos cognitivos destes *alunos talentosos*, para aprimorar nos alunos de *inteligência normal* estes mesmos processos que levam à eficácia de resolver problemas de Matemática.

O pensar em voz alta, também conhecido como o “método verbal de análise de protocolo” de acordo com Branch (2000), foi usado nesta pesquisa, porque enfoca explicitamente os processos cognitivos utilizados pelos *estudantes talentosos* durante a

resolução dos problemas matemáticos propostos. Este método gerou os dados verbais, envolvendo os *estudantes talentosos* na resolução dos problemas, visto que estes falaram enquanto pensavam e durante os processos de tomada de decisão que estavam conscientemente utilizando no problema. Uma dificuldade potencial associada ao método diz respeito à capacidade que as pessoas têm de articular seus processos de pensamento em relação à realização de uma tarefa. Os dados do pensar em voz alta não são completos, nem oferecem representações totalmente precisas dos processos de pensamento de uma pessoa, na realização de uma determinada tarefa. Os dados representam a articulação de um processo, em um dado momento do tempo, em um determinado contexto gerado pela pesquisa (LANKSHEAR; KNOBEL, 2008).

Nas pp. 110 e 111, desta tese, foram apresentados oito problemas trabalhados com os *estudantes talentosos*. Dentre estes, foram selecionados os problemas 1, 2, 3 e 4 para apresentação da transcrição e análise da resolução dos alunos. As resoluções apresentadas pelos alunos para os demais problemas (5,6,7,8) reforçam muitas das idéias trabalhadas nos problemas 1, 2, 3 e 4 e encontram-se nos apêndices C, D, E e F desta tese, respectivamente.

No problema 1, o estudante fez uma descrição verbal de sua resolução. O problema 2, foi resolvido pelo estudante em texto escrito com representação algébrica e os cálculos necessários. E os problemas 3 e 4, foram resolvidos pelos estudantes por meio de uma representação geométrica (ou gráfica) e algébrica dos dados dos problemas com os devidos cálculos necessários, além do diálogo entre o professor-orientador e os estudantes relatando verbalmente seu processo de resolução.

Problema 1. Aritmética - Operações no conjunto dos números naturais – *Considere dois números naturais, cada um deles com três algarismos diferentes. O maior só tem algarismos pares e o menor só tem algarismos ímpares. Se a diferença entre eles é a maior possível, qual é essa diferença?*

(a) 997 (b) 777 (c) 507 (d) 531 (e) 729

Solução:

Aluno E: *“Eu vi que era para fazer 2 números de 3 algarismos, o maior era par e o menor era ímpar. Aí eu peguei os números pares e coloquei em ordem crescente até chegar em 3 algarismos. E os números ímpares em ordem crescente até chegar em 3 algarismos. Eu fiz a diferença deles, aí deu 729”.*

Apesar da simplicidade deste problema de aritmética, ele envolve diversos

conceitos matemáticos importantes, no domínio considerado, como conjunto dos números naturais, paridade, o significado de número, o significado de algarismos (a compreensão de que número e algarismo não se referem a uma mesma coisa), a relação de ordem entre dois números (maior, menor ou igual) e a definição de diferença.

Um número par tem paridade par e um número ímpar tem paridade ímpar. Diferença é o resultado da operação de subtração entre dois números, que neste caso, são números naturais. Os dados condicionantes do problema são números de 3 algarismos, em que o maior número apresenta somente algarismos pares e o menor número apresenta somente algarismos ímpares. Como encontrar esses números? E qual a diferença entre eles? Para que a diferença seja a maior possível deve-se escolher o maior número de três algarismos pares diferentes e o menor número de três algarismos ímpares diferentes. O maior número de três algarismos pares diferentes é 864 e o menor número de três algarismos ímpares diferentes é 135. A diferença entre eles é $864 - 135 = 729$.

Na medida em que atividade matemática consiste intrinsecamente na transformação de representações, existem dois tipos de transformações de representações semióticas que são radicalmente diferentes: tratamentos e conversões. Os tratamentos são transformações de representações que aconteceram dentro do mesmo registro: por exemplo, efetuar os cálculos enquanto mantém estritamente no mesmo sistema de notação para representar os números, resolver uma equação ou sistema de equações, completar uma figura usando critério de conectividade ou simetria, etc. Conversões são transformações de representações que consistem de mudar os registros sem mudar os objetos que estão sendo denotados: por exemplo, passar da notação algébrica de uma equação para a representação gráfica dela, passar do estado de linguagem natural de uma relação para a notação dela usando letras, etc. Conversão é uma transformação de representação que é mais complexa que tratamento, porque a mudança de registro requer reconhecimento do mesmo objeto representado entre duas representações que não tem nada em comum (DUVAL, 2006).

O aluno **E** descreveu seu processo de pensamento em linguagem natural com o uso de símbolos matemáticos (números). Nesta descrição foram usados sistemas semióticos com as funções cognitivas de comunicação, conscientização e imaginação. Além disso, verifica-se inicialmente a codificação dos dados do problema pelo aluno **E**, a recuperação de conhecimentos prévios no momento em que denota os objetos matemáticos (por exemplo, números, algarismos) com as relações entre estes objetos

(por exemplo, par, ímpar, maior, menor) e a combinação destes dados durante a tomada de decisão na busca da solução para o problema. E usando objetivos direcionados o aluno encontrou a solução do problema. Todos estes processos cognitivos foram mencionados no capítulo 3, desta tese, pelas pesquisas sobre o funcionamento do pensamento cognitivo de *estudantes talentosos* (GORODETSKY; KLA VIR, 2003; COLEMAN; SHORE, 1991; DAVIDSON, STERNBERG, 1983-1984; DAVIDSON, 1986).

Conforme Duval (2006) o aluno **E** utilizou as transformações de representações de conversão ao passar da linguagem natural para representação codificada por meio dos símbolos numéricos e o tratamento foi usado no momento em que fez os cálculos necessários, mantendo o mesmo sistema de notação decimal, até alcançar a solução.

De acordo com a rubrica do pensamento crítico e integrativo (tabela 3.6.1, p.63 desta tese) que trata das seis dimensões do pensamento crítico, este aluno pode ser classificado na dimensão 6 no estágio *master* pois sintetizou os dados para a situação específica do problema, exibiu uma solução apropriada e consistente para o problema e fez corretos cálculos matemáticos. Empregar uma estratégia de manipular os números (ou seja, escrever os números em ordem crescente até encontrar o número pedido na questão) e também, apresentar uma comunicação verbal inadequada ou incompleta (visto que, faltam detalhes para esclarecer como ele achou o maior número de 3 algarismos no qual todos os algarismos são pares e um menor número, também de 3 algarismos, com todos os algarismos ímpares) são dois aspectos deste aluno que conforme Muir et al. (2008) (tabela 3.6.2, p.66 desta tese) pode-se classificá-lo em ingênuo ou simples. Como este foi o primeiro momento da pesquisa com os *alunos talentosos*, acredita-se que seja necessário interrogar um pouco mais o aluno para que ele explique melhor os detalhes empregados durante a solução, ou seja, fazer perguntas que o induzam a pensar e explicar melhor o processo cognitivo usado durante a solução do problema.

Por outro lado, o aluno **E** apresenta “dons” que são habilidades naturais embutidas na eficácia da resolução de problemas de Matemática, diagnosticadas pela OBMEP, que devem ser desenvolvidos para virem a ser “talentos”, que emergem através de aprendizagem sistemática e atividade prática envolvendo habilidades características no campo específico (Gagné, 1995-1999), que no presente caso, é Matemática. Neste sentido o PIC (Projeto de Iniciação Científica) enseja o desenvolvimento destes dons pela disponibilização do material didático contendo o

conteúdo do domínio dos problemas para aprimoramento do conhecimento do aluno, pelas oportunidades de trabalhar/desenvolver estratégias cognitivas por meio da resolução de novos problemas dentro do domínio. As atividades acontecem presencialmente nos encontros e virtualmente através do fórum (chamado de Hotel de Hilbert⁷) no site da OBMEP. Este espaço oferecido aos *alunos talentosos*, o comprometimento do aluno e seus familiares, as atividades realizadas nos encontros são catalisadores ambientais que facilitam o desenvolvimento dos talentos. A motivação demonstrada pelo interesse e pelos valores, a volição através da concentração e perseverança são catalisadores intrapessoais que também podem facilitar (ou dificultar) o desenvolvimento de talentos.

Rogers (2007) afirma que o pensamento dos *aprendizes talentosos* é idiossincrático e para aumentar as habilidades, estes aprendizes necessitam diariamente de desafios em suas áreas específicas de talento e de oportunidades para socializarem-se e aprenderem com seus colegas (*like-ability*). Para áreas específicas do currículo, o modelo de ensino-aprendizagem deve ser diferenciado em passos, resultado de revisão e prática, bem como na organização de apresentação de conteúdo.

Problema 2. Aritmética – Operações no conjunto dos números naturais - *Seja n um número natural de cinco algarismos. O número p é constituído agregando-se o algarismo 1 à direita de n , e o número q é constituído agregando-se o algarismo 1 à esquerda de n . Sabendo-se que p é o triplo de q , encontre n .*

A resolução desta questão foi feita, por escrito, pelo aluno **F** e, está apresentada na figura 7.3.1, mostrando que o raciocínio do aluno **F** apresenta clareza na representação algébrica dos dados e condições do problema utilizando o valor posicional do algarismo no número. A sua explicação escrita mostra falhas na composição textual. O problema 2 trata da representação dos números naturais que é a representação decimal posicional ou sistema decimal. O sistema é também dito posicional, pois cada algarismo, além de seu valor intrínseco, possui um peso que lhe é atribuído em função de sua posição dentro da sequência. Esse peso é uma potência de 10 e varia do seguinte modo: o algarismo da direita tem peso $10^0=1$; o seguinte, sempre

⁷ O nome do fórum foi sugerido por um aluno do PIC e Hotel de Hilbert (sempre há vagas – infinitos quartos) é um problema de Matemática criado por David Hilbert, que nasceu em 1862 na Alemanha, e foi um dos maiores matemáticos do século XX. Hilbert criou o paradoxo conhecido como Hotel de Hilbert em que vários conjuntos infinitos cabem dentro de um conjunto infinito.

da direita para a esquerda, tem peso $10^1=10$; o seguinte tem peso $10^2=100$; etc.

O aluno **F** compreendeu o problema e descreveu seu pensamento cognitivo embutido nesta compreensão do problema usando a linguagem natural, ou seja, compreendeu que agregar o algarismo 1 à direita de um número n é fazer $p=10n+1$ (recuperação de conhecimentos prévios e codificação dos dados). E agregar o algarismo 1 à esquerda de n , em que n possui cinco algarismos, é fazer $q=n+100.000$ (recuperação de conhecimentos prévios e codificação dos dados). Portanto, fez registros por meio da representação semiótica com os símbolos (números, letras representando números) e montagem das equações (mostrando a relação entre os números). Após esse entendimento com manipulação dos dados, considerando que $p=3q$ (codificação e combinação dos dados), elaborou um planejamento estratégico, montou a equação $10n+1=3(n+100.000)$ e a partir daí por meio da transformação de representação denominada tratamento (Duval, 2006) foi possível resolver esta equação efetuando os cálculos numéricos e encontrando a solução apropriada para o problema.

Eu percebi que se você adiciona o número 1 à direita de um número de 5 algarismos você está o multiplicando por dez e adicionando 1 ao resultado, e quando você adiciona o número 1 a sua esquerda você está o adicionando 100000, então:

$$p=3q$$

$$10n+1=3(n+100000)$$

$$10n+1=3n+300000$$

$$10n-3n=300000-1$$

$$7n=299999$$

$$n=\frac{299999}{7}$$

$$n=42854$$

então

$$\frac{428541}{3}=142854$$

FIGURA 7.3.1 Resposta do aluno **F** para o problema 2

Conforme previsto nas pesquisas sobre *estudantes talentosos*, este aluno apresentou a codificação dos dados, a recuperação de conhecimentos prévios e a combinação das informações dadas no problema com o uso de objetivos direcionados,

levando ao sucesso no alcance da solução (GORODETSKY; KLAVIR, 2003; COLEMAN; SHORE, 1991; DAVIDSON, STERNBERG, 1983-1984; DAVIDSON, 1986).

Neste problema 2 foram usadas as duas transformações de representações: as conversões e os tratamentos (DUVAL, 2006). A conversão aconteceu no momento em que o aluno **F** passa do estado de linguagem natural para a notação usando letras e números. Os tratamentos aconteceram no momento em que o aluno manipula as equações e efetua as operações numéricas sobre os sistemas de representação usados para os números, assim como sobre as propriedades matemáticas das operações. Estas transformações podem ser vistas na figura 7.3.1.

Conforme a rubrica do pensamento crítico e integrativo (tabela 3.6.1, p.63) que trata das seis dimensões do pensamento crítico e descreve critérios para os três estágios, o aluno **F** está na dimensão 6 no estágio *master*, visto que aplicou definições e notações identificadas precisamente, interpretou a informação verbal do enunciado do problema corretamente, apropriadamente combinou os processos e propriedades para chegar a uma solução consistente, fez corretos e apropriados cálculos matemáticos e exibiu a solução corretamente. Como este aluno obteve sucesso nas etapas do planejamento heurístico de Polya de resolução de problemas pode-se classificá-lo em sofisticado segundo Muir et al. (2008), embora a comunicação escrita deste aluno apresente algumas falhas.

Os problemas 3 e 4 foram trabalhados no 8º Encontro do PIC 2009, que ocorreu em 19 de fevereiro de 2011. Foi utilizado o livro 3 do Programa de Iniciação Científica da OBMEP, cujo autor é Eduardo Wagner, que aborda dois temas: o Teorema de Pitágoras e as Áreas. Estes dois assuntos estão interligados e normalmente são trabalhados, em geral, no 9ª ano do Ensino Fundamental, de forma bastante breve, e grande parte dos alunos não tem oportunidade de conhecer a enorme riqueza das aplicações, muitas por vezes, surpreendentes.

Estavam presentes 9 alunos, em que 5 desses alunos estão no N1M1 e cada um dos outros 4 alunos estão nos níveis e multiplicidades: N1M2, N2M1, N3M2 e N3M4 (tabela 7.3.1, p.107). A metodologia adotada durante o trabalho com os alunos envolveu 4 etapas:

- i) inicialmente, uma leitura silenciosa do material didático,
- ii) discussão do texto objetivando esclarecimento de dúvidas,
- iii) a resolução de exercícios,

iv) apresentação da resolução, oralmente e com representações semióticas no quadro.

No momento em que os alunos apresentam, oralmente, a resolução dos problemas em voz alta é feita uma captura da fala do aluno para a eliciação dos processos cognitivos deste, com análise do raciocínio matemático embutido na descrição verbal. A seguir estão os problemas (3 e 4) propostos e a respectiva solução apresentada por alguns dos alunos presentes.

PROBLEMA 3. Geometria e trigonometria - *É dado um quadrado ABCD de lado a . Determine o raio da circunferência que contém os vértices A e B e é tangente ao lado CD.*

Neste problema 3 estão apresentados a seguir os diálogos com dois alunos (**J** e **K**). O aluno **J** não resolveu corretamente o problema 3, mas o aluno **K** compreendeu o problema, representou graficamente, estabeleceu objetivos e alcançou a solução correta. À princípio, encontra-se o diálogo entre o professor e o aluno **J**:

Professor: *Quem fez o problema 3?*

Aluno J: *Eu fiz, mas eu acho que está errado.*

Professor: *Não tem problema. Eu quero que explique, se tiver errado depois vocês vão voltar e tentar fazer novamente.*

Aluno J: *Você dando um quadrado ABCD, eu construí um quadrado, dividi em outros 4, porque eu acho que passa uma circunferência aqui pelo vértice. O vértice seria esse aqui, né?!*

Professor: *Uhum!*

Aluno J: *Aí eu tracei uma reta em diagonal que seria o raio. E como essa reta que tá na diagonal ela seria a hipotenusa de um triângulo retângulo que estaria aqui, porque o quadrado dividido ao meio forma dois triângulos retângulos e como eu sei que um lado mede a , cada cateto vai medir a ao quadrado, quer dizer a dividido por dois. Então a hipotenusa seria a dividido por dois ao quadrado, mais a dividido por dois ao quadrado dividido por dois. Ou seria ... ?*

Professor: *O que a questão tá pedindo?*

Aluno J: *Determinar o raio. Então o raio seria isso, o raio seria a hipotenusa, eu dividi por dois para não ficar ao quadrado.(??) É o que eu achei, por isso eu disse que estava errado.*

Neste trecho do diálogo não foi possível fazer uma transcrição da fala do

professor. O professor analisou o que o aluno **J** havia feito, ao mesmo tempo em que, forneceu algumas dicas para ajudá-lo a desenvolver o pensamento. Comentou sobre os vértices do quadrado (termo não mencionado pelo aluno) e sobre tangente (surgiu a pergunta sobre o que significa ser tangente ao lado do quadrado). Na realidade o aluno não sabia o que era vértice de um quadrado. O procedimento adotado pelo professor foi partir da resolução do aluno que não estava correta, fazer comentários que o levassem a pensar sobre como ele resolveu e mostrar novas alternativas de resolver o problema. O aluno **J** desconhece grande parte dos conceitos necessários que possibilitam compreensão, representação, planejamento estratégico da resolução e determinação da solução do problema. Portanto, não obteve sucesso na solução.

Conforme a rubrica do pensamento crítico e integrativo que em cada dimensão identifica e descreve critérios para os estágios em que o aluno se encontra, percebe-se que o aluno **J** encontra-se na dimensão 2 no estágio em desenvolvimento (tabela 3.6.1, p.63) visto que identifica algumas propriedades que não eram apropriadas para as condições do problema, define algum conhecimento e desconhece seus domínios necessários para resolver o problema e faz uso de informação irrelevante.

A resposta do aluno **K**, também foi apresentada verbalmente, através do diálogo com o professor, e geometricamente por meio da representação gráfica dos dados do problema com sua respectiva resolução, que pode ser vista no quadro 7.3.1. O diálogo entre o professor e o aluno **K** foi como apresentado a seguir:

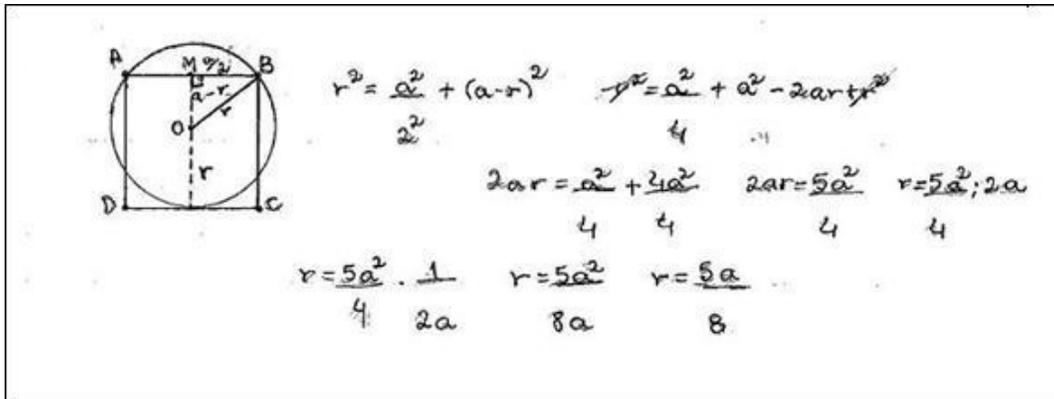
Aluno K: *É difícil explicar assim.*

Professor: *Explique com as suas palavras.*

Aluno K: *Eu fiz um quadrado e um círculo, eu tracei ... dividi aqui no meio e marquei o centro da circunferência. Do centro da circunferência até o vértice D dá o raio, esse é o raio. Pegando a altura, esse traço que eu fiz no meio do quadrado, dá um ângulo de 90° e forma um triângulo retângulo junto com esse raio, essa reta, essa semi-reta...*

Professor: *Segmento.*

Aluno K: *Esse segmento, como o lado do quadrado é a , aqui vai ser a , isso tudo vai ser a , esse pedacinho vai ser a menos r porque a metade dele também é raio. E aqui em cima, como eu dividi o lado do quadrado em dois vai ser a sobre 2. Formou aí o triângulo retângulo. Aí eu fiz o teorema de Pitágoras: $r^2 = a^2/2^2 + (a - r)^2$. Depois de desenvolver isso tudo aí, eu achei $r=5a/8$.*



QUADRO 7.3.1 Resposta dada pelo aluno **K** para o problema 3

A descrição verbal do aluno **K** apresentada no diálogo acima, e a representação geométrica são complementares e devem ser analisadas conjuntamente. O raciocínio lógico e estratégico verificado na resolução do problema 3, envolve uma variedade de diferentes processos cognitivos, tais como examinar, refletir, criticar e resolver o problema. Para Sendag e Odabasi (2009) o pensamento, baseado em relatar e descrever conclusões sobre noções e eventos, envolve uma variedade de processos cognitivos que são importantes para aprimoramento das habilidades do pensamento crítico. Habilidades de pensamento de ordem alta como pensamento crítico, pensamento criativo e resolver problema são consideradas habilidades individuais necessárias para o século XXI.

Este aluno **K** utilizou, durante a resolução do problema 3, os dois tipos de transformações de representações semióticas: tratamentos e conversões (DUVAL, 2006). Conversões podem ser encontradas nas transformações da linguagem natural apresentada no problema para a representação geométrica dos dados e também, na transformação da representação geométrica para a representação algébrica (quadro 7.3.1). Os tratamentos encontram-se na manipulação das equações dentro de um mesmo sistema até o alcance da solução (quadro 7.3.1).

O problema 3 é de geometria e trigonometria o que requer conhecimento de diversos conceitos matemáticos, como por exemplo, a definição de quadrado, raio da circunferência, vértices de um quadrado, tangente, além de noções de construção geométrica destas figuras geométricas planas envolvidas no problema (recuperação de conhecimento prévio). A construção geométrica feita pelo aluno **K**, ou seja, a representação semiótica por meio do traçado geométrico das figuras a partir da compreensão e interpretação do enunciado, conforme mostra o quadro 7.3.1, envolveu o uso de régua e compasso (codificação dos dados). Após observar criticamente a

construção, verificar o que pode ser trabalhado a partir dela, combinar os dados e direcionar os objetivos, o aluno alcança a solução com sucesso. Portanto, de acordo com pesquisadores (GORODETSKY; KLA VIR, 2003; COLEMAN; SHORE, 1991; DAVIDSON, STERNBERG, 1983-1984; DAVIDSON, 1986) as declarações qualitativas apresentadas pelo aluno **K** com relação ao processo de solução mostram que ele utiliza com eficiência os processos cognitivos de recuperação, codificação, combinação, comparação e objetivos direcionados na resolução do problema 3.

O problema 3 é bem-estruturado apresentando a recuperação de um considerável conhecimento prévio para compreensão dos dados com representação geométrica e determinação da conectividade entre as limitadas variáveis com suas manipulações. O aluno **K** classificou o problema com suas características adequadamente, identificou e aplicou definições, propriedades e notações precisamente, combinou apropriadamente os processos e propriedades para chegar a uma solução consistente, fez os cálculos matemáticos corretos e exibiu uma solução apropriada para o problema, portanto, conforme tabela 3.6.1 (p.63), encontra-se na dimensão 6 no estágio *master*. Utilizou corretamente as heurísticas de resolução de problemas de Polya (2006) logo pode ser classificado como sofisticado conforme Muir et al. (2008).

PROBLEMA 4. Trigonometria no triângulo retângulo - *O triângulo ABC tem lados $AB = \sqrt{12}$, $BC = 4$ e $CA = \sqrt{20}$. Calcule a área do triângulo ABC.*

O diálogo entre o professor e o aluno **K** foi:

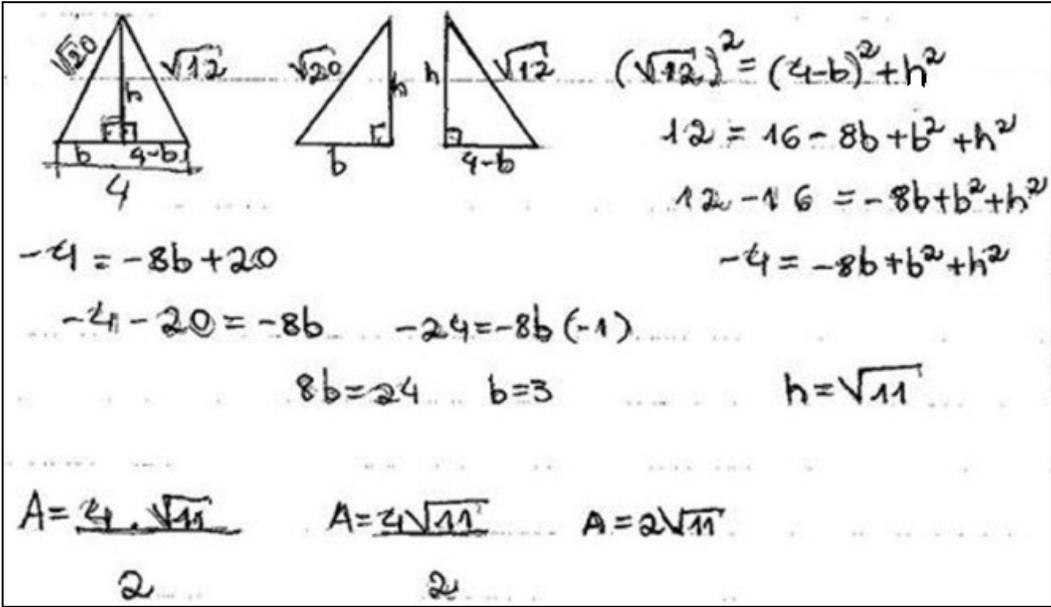
Aluno K: *Eu tracei a altura e depois separei os triângulos. Coloquei 4 como base, um lado chamei de b e o outro ficou $4 - b$.*

Professor: *4?*

Aluno K: *Ele falou que os lados eram $\sqrt{12}$, $\sqrt{20}$ e 4. Aí eu coloquei assim. Aí eu fiz o teorema de Pitágoras em cada um. Primeiro no que tem $\sqrt{12}$ e depois no que tem $\sqrt{20}$. Aí um vai emendando no outro. Eu descobri que $20 = b^2 + h^2$ substitui no outro, achei a altura igual a $\sqrt{11}$, como pede a área que é igual à base 4 vezes a altura $\sqrt{11}$ sobre 2. E 4 dividido por 2 dá 2.*

Após a explicação do aluno, oralmente, foi proposto que o aluno representasse no quadro a solução dada para o problema, uma vez que, este problema exige uma construção geométrica do triângulo retângulo que acrescentando as outras informações

dadas na questão permitem uma melhor compreensão do processo adotado para resolvê-lo. A apresentação oral e representação dos símbolos no quadro esclareceu as dúvidas da questão 4 para os demais alunos presentes. A resposta por escrito, dada pelo aluno **K**, para o problema 4 encontra-se no quadro 7.3.2.



$$(\sqrt{12})^2 = (4-b)^2 + h^2$$

$$12 = 16 - 8b + b^2 + h^2$$

$$12 - 16 = -8b + b^2 + h^2$$

$$-4 = -8b + b^2 + h^2$$

$$-4 = -8b + 20$$

$$-4 - 20 = -8b \quad -24 = -8b(-1)$$

$$8b = 24 \quad b = 3 \quad h = \sqrt{11}$$

$$A = \frac{4 \cdot \sqrt{11}}{2} \quad A = \frac{4 \cdot \sqrt{11}}{2} \quad A = 2\sqrt{11}$$

QUADRO 7.3.2 Resposta dada pelo aluno **K** para o problema 4

Na descrição da resolução do problema 4 pelo aluno **K** estão embutidos os conceitos de altura de um triângulo, lado base do triângulo, área do triângulo que foram os conhecimentos prévios básicos recuperados pelo aluno. Nesse problema 4, também foi necessário fazer uma construção geométrica do triângulo contendo as informações sobre seus lados (quadro 7.3.2 e figura 7.3.2).

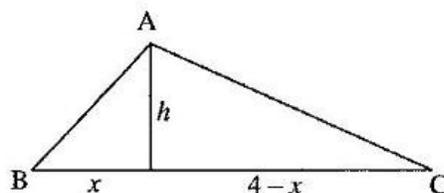


FIGURA 7.3.2 Representação geométrica do triângulo do problema 4

A partir da construção, o aluno utilizou o raciocínio dedutivo e aplicou o teorema de Pitágoras encontrando um sistema de duas equações com duas incógnitas. Após resolver esse sistema encontrou a medida da altura do triângulo, em relação a um

dos lados, que é exatamente a medida que faltava para o cálculo da área do triângulo.

Este *aluno talentoso* K que resolveu os problemas 3 e 4 é sofisticado na classificação de Muir et al. (2008) e está na dimensão 6 estágio *master* conforme a rubrica do pensamento crítico e integrativo (tabela 3.6.1, p.63) visto que classificou o problema, identificou características apropriadas, aplicou as propriedades identificadas precisamente, identificou todas as definições e notações que suportam a solução do problema, combinou os processos e propriedades para chegar a uma solução consistente, fez os cálculos corretos e exibiu a solução apropriada para o problema. Os processos cognitivos de recuperação de conhecimentos prévios, codificação dos dados do problema, combinação dos dados, direcionamento de objetivos e comparação (raciocínio por analogia) também foram detectados na solução apresentada (GORODETSKY; KLAVIR, 2003; COLEMAN; SHORE, 1991; DAVIDSON, STERNBERG, 1983-1984; DAVIDSON, 1986). Os outros quatro problemas (5,6,7,8) cujas soluções podem ser encontradas nos apêndices C, D, E e F, trazem informações recorrentes aos analisados, nesta seção 7.3, para a eliciação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos*.

A partir da eliciação dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* foi elaborada a estruturação do conhecimento utilizando uma representação visual combinada com outros sistemas semióticos, especialmente a escrita, e foi constituída de elementos gráficos, símbolos e imagens expressando relações funcionais e estruturais entre as diferentes entidades representadas com um certo nível de abstração. Esta estruturação utilizou, também, representações multimídia. As representações múltiplas favorecem a aprendizagem porque ajudam a integrar informações de várias fontes com diferentes níveis de abstração (signos, ícones, etc.) e diferentes formatos (gráficos, tabelas, desenhos, textos, diagramas, etc.) por meio de diferentes canais sensoriais (AINSWORTH, 2006).

A estruturação do conhecimento feita de diferentes formas de representação – texto escrito, gráfica (mapas, construções geométricas, diagramas, entre outras), com movimento ou estática, tridimensional – e, utilizando multimídias – áudio, vídeo, *slides*, podem servir como instrumentos intelectuais fundamentais. As características específicas das diversas formas de representação podem ter um valor cognitivo agregado para usuários, domínios e tarefas concretas (COLL; ENGEL; BUSTOS, 2010).

Como não é fácil aos estudantes perceberem as regularidades e inter-relações

entre as diversas representações e integrarem a informação oferecida pela combinação de fontes de informação, buscou-se elaborar uma combinação de determinados sistemas de representação de acordo com os objetivos da aprendizagem, dentro do domínio do conteúdo trabalhado em cada problema e considerando o contexto da aprendizagem inserido em um sistema de autorregulação baseado na resolução de problemas. O modelo de resolução de problemas (seção 7.4) usado nesta pesquisa com os outros estudantes e a técnica de raciocínio baseado em casos para a representação dos processos cognitivos elicitados dos *estudantes talentosos* (seção 7.5) estão detalhados a seguir.

7.4 O MODELO DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA PESQUISA

O modelo de resolução de problemas (fig. 7.4.1, p.127), desenvolvido nesta pesquisa, foi elaborado baseado no método heurístico de Polya (2006) de resolução de problemas de Matemática em um processo de aprendizagem autorregulada (ZIMMERMAN, 1996; SHIH et. al., 2005-2010). Para encontrar a solução de um problema, o estudante necessita, inicialmente, compreender o problema e fazer uma representação do problema, para posteriormente, fazer um planejamento com estabelecimento de estratégias. Então, para isso o estudante deve regular seus próprios processos aprendizagem (ou autorregular) para alcançar o objetivo almejado, utilizando os recursos cognitivos mais adequados ao seu alcance.

Polya (2006) escreveu que a ideia decisiva que resolve um problema está muitas vezes ligada a uma palavra ou frase bem escolhida. A palavra ou a frase ilumina a situação, confere as coisas uma fisionomia, para empregar uma expressão sua. A palavra exata, a palavra apropriada, ajuda-nos a lembrar a ideia matemática, talvez de modo menos completo e objetivo que uma figura ou uma anotação matemática, mas de maneira análoga. Isso pode ajudar a fixá-la na memória (HADAMARD, 2009).

Deve-se auxiliar o aluno a resolver um problema de tal modo que lhe caiba uma parcela razoável do trabalho. Discrição e naturalidade são atitudes fundamentais para ajudar um aluno a resolver um problema. Há dois objetivos ao dirigir ao aluno uma indagação ou uma sugestão: primeiro, auxiliá-lo a resolver o problema que lhe é apresentado; segundo, desenvolver no estudante a capacidade de resolver futuros problemas por si próprio. Os dois objetivos estão intimamente ligados: se o aluno conseguir resolver o problema que lhe é apresentado, terá acrescentado alguma coisa à sua capacidade de resolver problemas. As indagações feitas repetidamente serão notadas

pelo aluno, que será induzido a formular, ele próprio, essa indagação em situação semelhante. É importante fazer indagações, de modo adequado, com bom senso e generalidade.

De acordo com Polya (2006), para resolver um problema, primeiro, deve-se compreendê-lo. Para isso é adequado fazer indagações como: Qual é a incógnita? Quais são os dados? Qual é a condicionante? É possível satisfazer a condicionante? A condicionante é suficiente para determinar a incógnita? Ou é insuficiente? Ou redundante? Ou contraditória? Se as respostas encontradas, a partir dessas indagações, não forem suficientes para o entendimento da questão, procure fazer uma representação semiótica do problema, como por exemplo, traçando uma figura, adotando uma notação adequada, entre outras.

Segundo, deve-se estabelecer um plano para resolver o problema, ou seja, encontrar a conexão entre os dados e a incógnita. Caso não seja possível encontrar uma conexão imediata, busca-se considerar problemas correlatos. Alguns questionamentos que podem ser feitos são: Já viu o problema antes? Ou já viu o mesmo problema apresentado sob uma forma ligeiramente diferente? É possível utilizar o método de resolução e o resultado de um problema correlato? Deve-se introduzir algum elemento auxiliar para tornar possível a utilização do método de resolução do problema análogo? É possível pensar em outros dados apropriados para determinar a incógnita? É possível variar a incógnita, ou os dados, ou todos eles, se necessário, de tal maneira que fiquem mais próximos entre si? Além disso, é aconselhável verificar: Todos os dados foram utilizados? Toda a condicionante foi utilizada? Todas as noções essenciais implicadas no problema foram consideradas?

Terceiro, é a etapa de execução do plano, em que deve ser considerado cada passo. Surge a questão: É possível verificar claramente ou, demonstrar, que o passo está correto? Quarto, é a etapa de verificação da solução obtida. Nessa etapa, faz-se uma retrospectiva questionando: É possível verificar o resultado? É possível verificar o argumento? É possível chegar ao resultado por um caminho diferente? É possível utilizar o resultado, ou o método, em algum outro problema?

A figura 7.4.1 (p.127) apresenta um modelo de aquisição de habilidades do sistema de aprendizagem, baseado na aprendizagem autorregulada de Zimmerman (1996), que mostra o ciclo de como os estudantes podem apoderar-se das habilidades da aprendizagem autorregulada ligado ao modelo heurístico de resolução de problemas. Assim, este modelo é baseado na aprendizagem autorregulada, que possui os atributos

de automotivação, automatização, autoconsciência dos resultados do desempenho e a habilidade no ambiente de aprendizagem (SCHUNK; ZIMMERMAN, 1994). Uma vez que tais atributos são adquiridos, aprendizes podem, então, habilidosamente, autorregular sua aprendizagem.

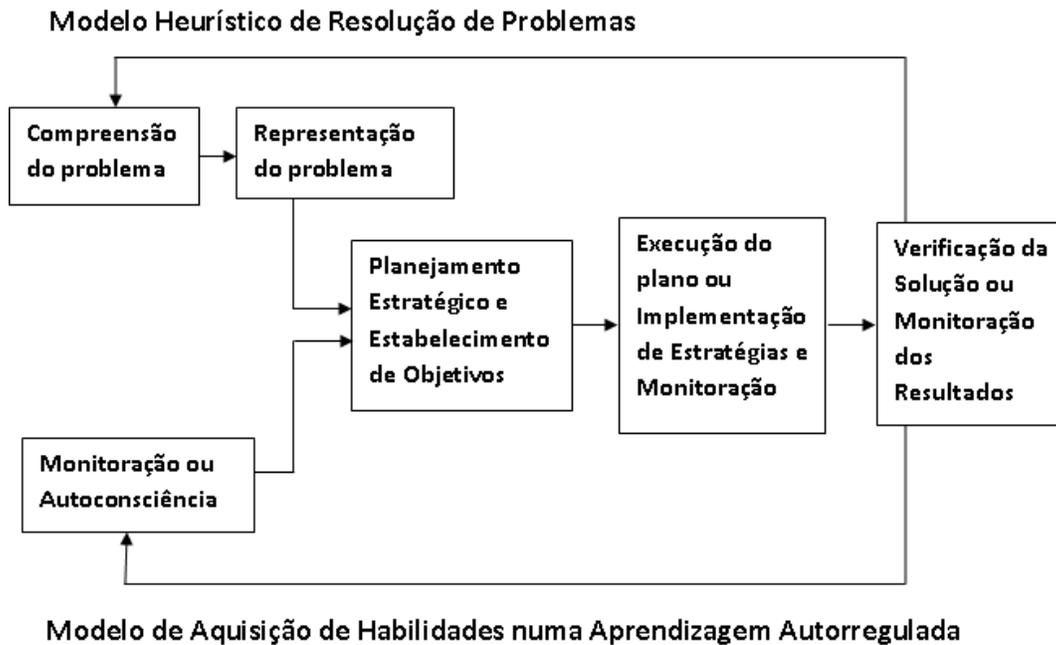


FIGURA 7.4.1 Modelo de resolução de problemas

FONTE: Baseado em Polya (2006) e Zimmerman (1996)

Na figura 7.4.1, o modelo heurístico de resolução de problema apresenta, a princípio, a compreensão do problema (conhecimento da incógnita, conhecimento dos dados, conhecimento das condições impostas) permite ao estudante certificar-se de que considerou os aspectos relevantes do problema. Em seguida, a representação do problema (traçar um gráfico, fazer um diagrama, introduzir uma notação adequada) que é uma etapa em que o estudante tenta visualizar o problema por meio de notação simbólica, estabelecendo relações entre os elementos do problema (POLYA, 2006).

O projeto do agente conversacional Blaze buscou oferecer ao aluno uma forma de interação calcada em perguntas e sugestões construídas com base nesta metodologia proposta por Polya. Como exemplo desta interação entre o estudante e o agente, pode-se citar o problema (a) em que o estudante pergunta sobre “*Como calcular o raio da circunferência circunscrita ao triângulo?*” e o agente responde com sugestões e dicas para induzir o aluno a elaborar estratégias para resolver o problema como “*Quais são as*

medidas deste triângulo?”, ou *“Quais são os dados deste problema?”* ou *“Quais as condições do problema?”* ou até mesmo sugerindo ao aluno que *“Tente associar os informações encontradas no problema com as condições dadas”*.

Construir uma representação do próprio conhecimento sobre uma determinada informação exige esclarecer, aprofundar e reorganizar os próprios pensamentos, detectando e resolvendo eventuais lacunas e incompreensões. Essa atividade não supõe uma simples transcrição, uma vez que exige um planejamento em que intervêm, simultaneamente, o conteúdo (o que dizer) e o sistema de representação (como dizer), em um processo recursivo de planejamento, tradução e revisão, de maneira que os componentes metacognitivos adquiram um protagonismo destacado (COLL; ENGEL; BUSTOS, 2010). Construir uma representação do próprio conhecimento é um processo criativo, consciente e intencional que obriga a pensar, a tomar decisões e a dotar-se de meios para avaliar os pensamentos e as decisões tomadas.

As próximas etapas são, ao mesmo tempo, heurísticas de resolução de problema e habilidades de aprendizagem autorregulada. O planejamento estratégico supõe que o estudante possua capacidade para fazer semelhanças, utilizar o pensamento analógico que permitirá chegar à solução do problema atual fazendo analogia com o já conhecido. A execução do plano (verificar passo a passo) permite dar segurança acerca da elaboração correta do plano de resolução do problema. A verificação da solução permite comprovar a solução obtida.

A aprendizagem ativa e significativa supõe selecionar a informação relevante, organizá-la por meio de uma representação mental coerente e integrar essa representação mental aos conhecimentos prévios (COLL; ENGEL; BUSTOS, 2010). O sucesso do aprendiz na aprendizagem encontra-se nos processos cognitivos, afetivos e de autorregulação. Conforme Boruchovith e Bzuneck (2004) a aprendizagem autorregulada possibilita que o aprendiz tenha um comportamento proativo, seja regulador dos seus próprios processos de aprendizagem, participante ativo desse processo e promotor do próprio desempenho.

O aprendiz iniciante ou pouco habilidoso não consegue organizar sua aprendizagem por falta de experiência na autorregulação. No entanto, na aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas, o estudante foi apoiado pelo agente conversacional Blaze, que utiliza a técnica de raciocínio baseado em casos para a representação dos problemas na base de conhecimento. O agente Blaze forneceu “andaimes cognitivos” durante a interação com os estudantes no processo de resolução

de problemas. A estratégia de interação baseada no raciocínio baseado em casos embutida no agente Blaze é coerente com o modelo heurístico de resolução de problemas de Polya, isto porque permitiu ao estudante recuperar conhecimentos prévios necessários para a compreensão do problema, bem como para a representação. Além disso, permitiu também que o estudante desenvolvesse um planejamento estratégico por meio da reflexão dos questionamentos apresentados e da apresentação de soluções de outros problemas análogos armazenados na base de conhecimento.

7.5 O MODELO DE RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS DA PESQUISA

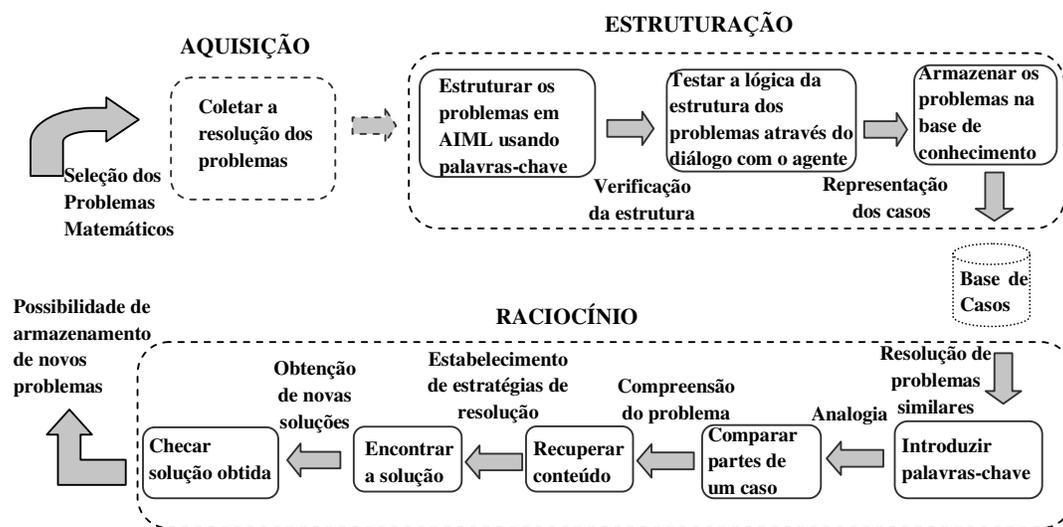


FIGURA 7.5.1 O modelo de raciocínio baseado em casos desta pesquisa

Nesta pesquisa, o modelo do sistema de raciocínio baseado em casos sugerido é composto de três módulos: aquisição, estruturação e raciocínio (figura 7.5.1). A aquisição envolve a elicitaco dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* na resoluo dos problemas matemáticos em uma aprendizagem autorregulada. A etapa de estruturao é composta da formalizao dos casos, testes de verificao e armazenamento dos casos na base de conhecimento. A fase de estruturao é uma das mais difíceis do processo, visto que, consiste na organizao do conhecimento (TAROUCO, 1990). A formalizao é elaborada, usando as palavras-chave, dos temas e conceitos abordados nos problemas matemáticos, na estrutura da linguagem de marcao AIML. A linguagem AIML apresenta recursos que permite ao estudante dialogar com o agente conversacional para obter dicas necessárias para alcançar a

solução dos problemas. O módulo de raciocínio consiste, inicialmente de, introduzir palavras-chave no sistema para comparar com os casos similares já armazenados e, então, recuperar conceitos necessários que possibilitem encontrar e checar a solução de um problema. Na fase de estruturação, apresentada na figura 7.5.1, entra o papel do engenheiro do conhecimento na organização do conhecimento extraído dos *estudantes talentosos*.

Engenharia do Conhecimento é um termo usado para descrever o processo global de desenvolvimento de um sistema especialista. Tipicamente envolve uma forma especial de interação entre o construtor do sistema especialista, chamado engenheiro do conhecimento, e um ou mais especialistas em alguma área. O objetivo do processo de Engenharia do Conhecimento é capturar e incorporar o conhecimento fundamental de um especialista do domínio, bem como seus prognósticos e sistemas de controle. Este processo envolve reunir informação, familiarização do domínio, análise e esforço no projeto. Além disso, o conhecimento acumulado deve ser codificado, testado e refinado. A Engenharia do Conhecimento vem sendo pesquisada por algum tempo, entretanto, segundo Schwabe (1987), a confecção de sistemas especialistas possui caráter fortemente experimental. Ainda não existem caminhos padronizados que levem a um desenvolvimento seguro e preciso, sendo necessária muita criatividade e envolvendo mais arte que ciência.

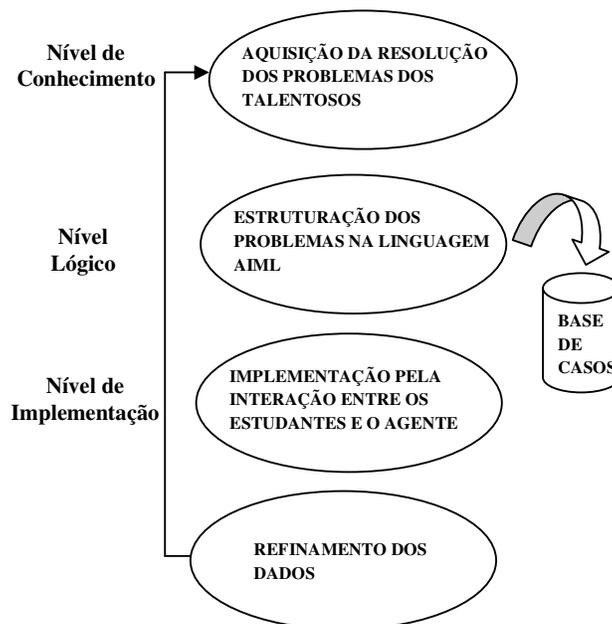


FIGURA 7.5.2 Processo de Engenharia do Conhecimento

FONTE: Baseado em Schwabe, 1987

A figura 7.5.2 representa o processo de Engenharia do Conhecimento utilizado nesta pesquisa, em que no nível do conhecimento é feita a aquisição do conhecimento dos estudantes talentosos durante a resolução de problemas. No nível lógico é desenvolvida a estruturação dos problemas de matemática na linguagem AIML. E, além disso, os problemas estruturados são armazenados em uma base de casos no sistema de raciocínio baseado em casos. No nível de implementação é feita uma interação entre os estudantes e o agente Blaze durante a resolução de problemas similares aos já armazenados no sistema computacional. Após a implementação, é possível fazer um refinamento dos dados já armazenados que retornam ao nível de conhecimento.

Um processo adequado pressupõe aquisição, armazenamento e inferência de conhecimento. Para que o conhecimento possa ser armazenado é essencial que se possa representá-lo. A representação do conhecimento, nesta pesquisa, utiliza o sistema de raciocínio baseado em casos. O sistema de raciocínio baseado em casos (seção 5.3, p.89) é o sistema de representação do conhecimento, desta pesquisa, porque combina as vantagens da recuperação da informação e da utilização da experiência de problemas anteriores para resolver muitos dos problemas novos, isto, torna o raciocínio baseado em casos particularmente apropriado para os sistemas “*help desks*”.

7.6 O AGENTE CONVERSACIONAL BLAZE

O uso de uma tecnologia como suporte ao sistema de aprendizagem, baseado na aprendizagem autorregulada integrado ao processo de resolução de problemas matemáticos, com o objetivo de aprimorar os processos cognitivos dos estudantes de *inteligência normal* é um dos principais focos desta tese. Para materializar esta estratégia foi desenvolvido um agente conversacional Blaze que tem como função interagir com os estudantes e, permitir que, por meio de conversação, os estudantes aprimorem seus métodos e processos de resolução de problemas. Esse agente conversacional tem uma base de conhecimento expressa em AIML.

Na base de conhecimento do agente foram armazenados os processos cognitivos dos *estudantes talentosos* para posterior recuperação pelos demais estudantes, possibilitando que novos problemas sejam resolvidos. O agente conversacional atuou como um catalisador para aprimorar, nos estudantes de *inteligência normal*, as habilidades cognitivas de codificação, combinação, comparação, objetivos direcionados, assim como a recuperação. Estas habilidades já foram detectadas nos *estudantes*

talentosos durante o processo de resolução de problemas.

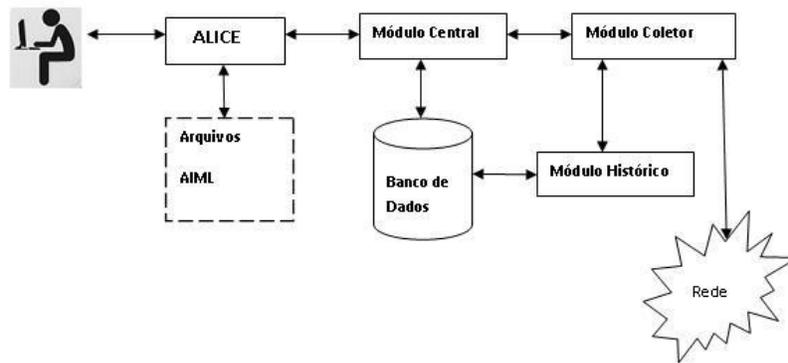


FIGURA 7.6.1 Arquitetura do Protótipo de *Blaze*

O sistema do agente conversacional *Blaze* permitiu o armazenamento de problemas já resolvidos pelos *estudantes talentosos*, bem como a heurística usada em sua solução. A interação dos estudantes com o agente conversacional enseja a recuperação, o reuso e mesmo a revisão dos problemas (casos). Este sistema funcionou como mediador, visto que “mediação é uma atitude intencional realizada por um sujeito (ou um agente) que tem a incumbência de preparar situações que favoreçam o desenvolvimento cognitivo de seu aprendiz” (FEURSTEIN, 1998). A partir da interatividade entre aluno e sistema, em que há a ocorrência de aprendizagem mediada, busca-se uma mudança na estrutura cognitiva do aprendiz.

A arquitetura do protótipo de *Blaze*, figura 7.6.1, que foi baseada em um trabalho prévio de Leonhardt (2005), consiste dos seguintes elementos: a interface do agente conversacional e sua base de conhecimento, o banco de dados de informações, banco de dados do histórico, o módulo coletor, módulo de atualização do banco de dados do histórico e o módulo central, que armazena as regras de funcionamento do agente.

Considerando que o estudante pode obter do agente conversacional as orientações que necessitar, em um dado momento, para ajudá-lo a solucionar determinado problema, entende-se que esta estratégia constitui uma instância da classe de sistemas de apoio à aprendizagem, conhecida como instrução controlada por aprendiz (*learner-controlled instruction*).

O software que implementa o agente conversacional *Blaze* está hospedado em um servidor público (Pandorabots.com). O agente conversacional *Blaze* funciona como um sistema especialista, ou seja, um programa constituído por uma série de regras (às

vezes, também, heurísticas) que analisam informações (normalmente fornecidas pelo usuário do sistema) sobre uma classe específica de problema (ou domínio de problema). Portanto, o agente Blaze é capaz de apresentar conclusões sobre um determinado tema, uma vez que, foi devidamente orientado e “alimentado” com regras que constituirão a base de conhecimentos que ele usa para responder às manifestações dos usuários que com ele interagem. Como um sistema especialista, o Blaze é baseado no conhecimento, especialmente projetado para emular a especialização humana em algum domínio específico. Possui uma base de conhecimento formada por fatos e regras sobre o domínio, tal como um especialista humano faria e, deve ser capaz de oferecer sugestões e conselhos aos usuários. O agente Blaze não resolveu os problemas para o aluno, mas serviu como um assistente capacitado e confiável durante o processo de resolução dos problemas. Através de palavras-chave ou questionamentos, os alunos puderam dialogar com o Blaze que forneceu dicas para resolver novos problemas de matemática.

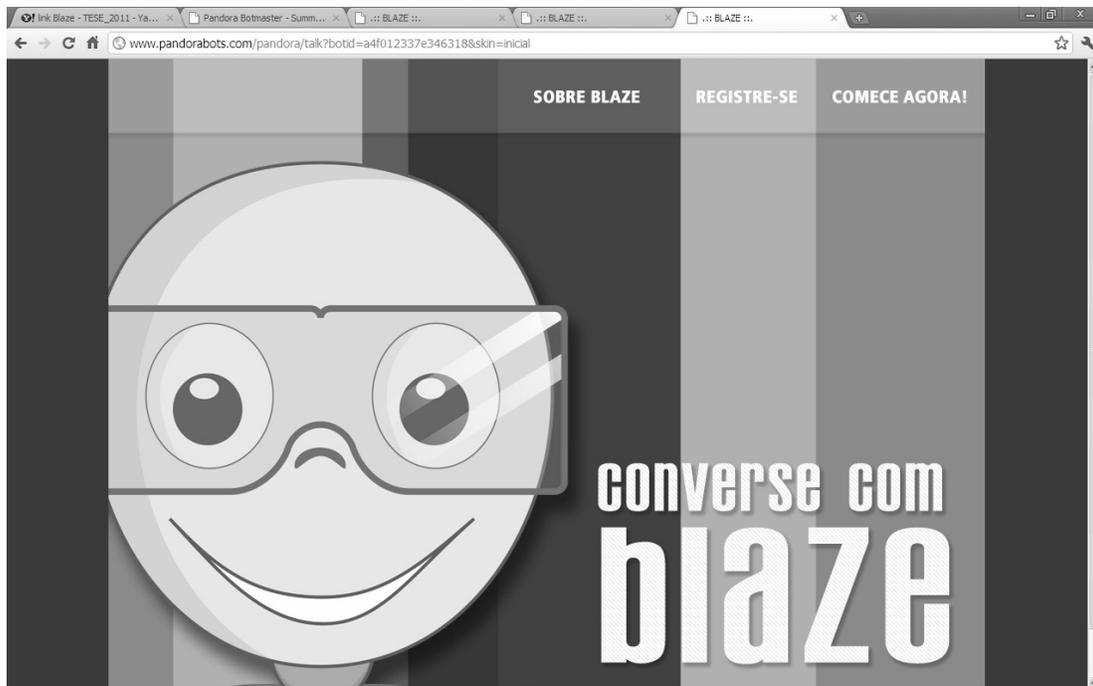


FIGURA 7.6.2 Tela inicial do agente conversacional Blaze

O agente conversacional Blaze foi projetado por uma equipe multidisciplinar (um designer, um programador e um professor de Matemática) e criado de maneira que a interação entre os estudantes e o Blaze seja agradável e prática. Além disso, os esforços foram direcionados para a elaboração de uma interface amigável, intuitiva e

fácil de ser utilizada por qualquer pessoa. O layout das telas foi desenvolvido buscando ressaltar questões de interesse dos jovens a quem o sistema se dirige (figura 7.6.2). A inserção de cores no layout das telas e a organização da tela de contato entre o agente e o estudante buscaram alusão a um sistema regular já utilizado pelos jovens para conversas diárias online. O sistema computacional apresentado pela interface deve permitir que os termos e convenções sejam familiares à experiência prévia do trabalho do usuário sem a presença de um computador (BONAR; BLAISE, 1991).

O nome Blaze teve sua origem a partir de Blaise Pascal (1623-1662) que foi um físico, matemático, filósofo moralista e teólogo francês. Contribuiu decisivamente para a criação de dois novos ramos da Matemática: a Geometria Projetiva e a Teoria das Probabilidades. É ainda o autor da primeira máquina de calcular mecânica, a Pascaline, e de estudos sobre o método científico. É conhecido também, pelo Teorema de Pascal, Triângulo de Pascal, entre outros (figura 7.6.3).



FIGURA 7.6.3 Tela de informação “sobre o Blaze”

Foram elaboradas três telas diferentes para a interação entre os estudantes e o agente conversacional Blaze, que podem ser visualizadas: a tela inicial está apresentada na figura 7.6.2, a tela que fornece informações “sobre o Blaze” pode ser vista na figura 7.6.3, a tela em que o estudante interage através do diálogo com o agente Blaze está na figura 7.6.4, a figura 7.6.5 mostra a resposta dada, pelo agente Blaze, sobre quadrado

mágico e a figura 7.6.6 mostra a resposta dada, pelo agente Blaze, para a pergunta do aluno sobre circunferência circunscrita (tema do problema (a) proposto na pesquisa descrita com os estudantes) em que o agente disponibiliza para o aluno um vídeo sobre a construção geométrica no software Geogebra, de uma circunferência circunscrita a um triângulo.

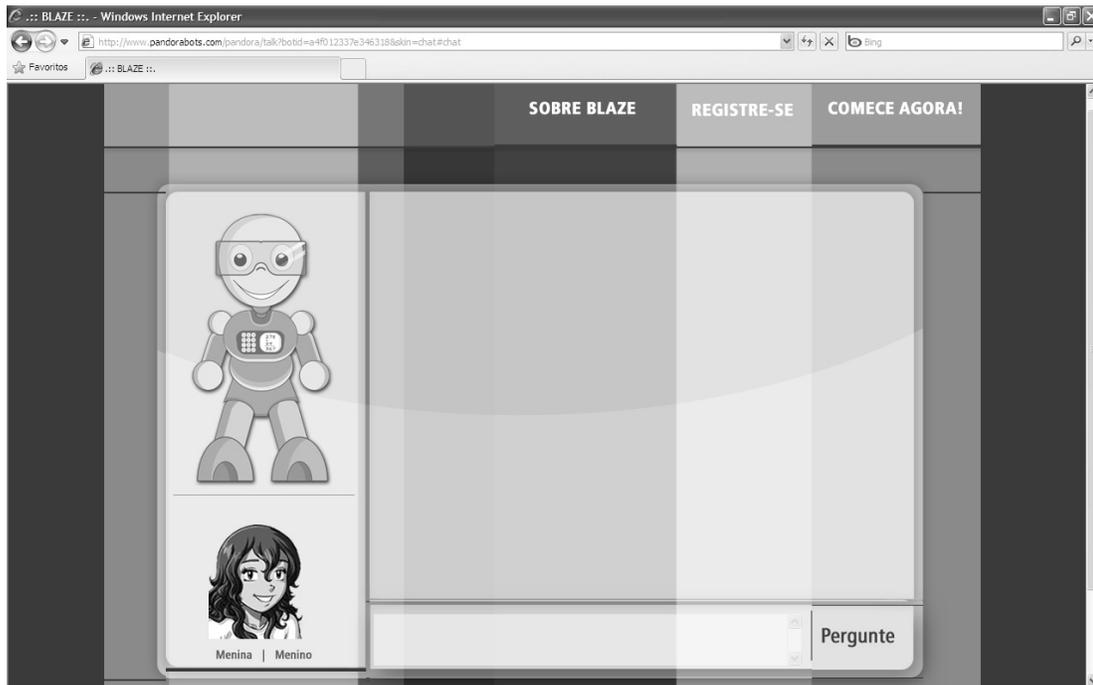


FIGURA 7.6.4 Tela de conversação dos estudantes com o agente Blaze.

Foi constatado aprimoramento na aprendizagem como resultado da interação dos alunos com o agente. A participação e envolvimento dos alunos na atividade – engajamento – na qual o apoio do agente conversacional Blaze é um aspecto importante constitui um entre os muitos aspectos relevantes envolvidos. Compreender e avaliar o impacto do apoio do agente conversacional Blaze sobre o aprimoramento das habilidades cognitivas dos estudantes, demandou analisar a atividade desenvolvida com os estudantes, bem como, a troca de informação e conhecimento, acesso e processamento de informação que o agente Blaze ofereceu. O agente conversacional Blaze foi usado para instigar atividades de exploração pelos alunos e promover o trabalho autônomo. A interação com o agente Blaze – no contexto de resolução de problemas – gerou uma dinâmica de inovação e aperfeiçoamento. O agente Blaze permitiu criar um ambiente que integrou o sistema semiótico e ampliou a capacidade humana de apresentar, processar, transmitir e compartilhar a informação com tempo e

espaço limitado. Foi possível perceber e constatar o potencial do agente Blaze como instrumento mediador dos processos intra e interpsicológicos envolvidos na aprendizagem, assim como, em promover uma nova forma de aprender.

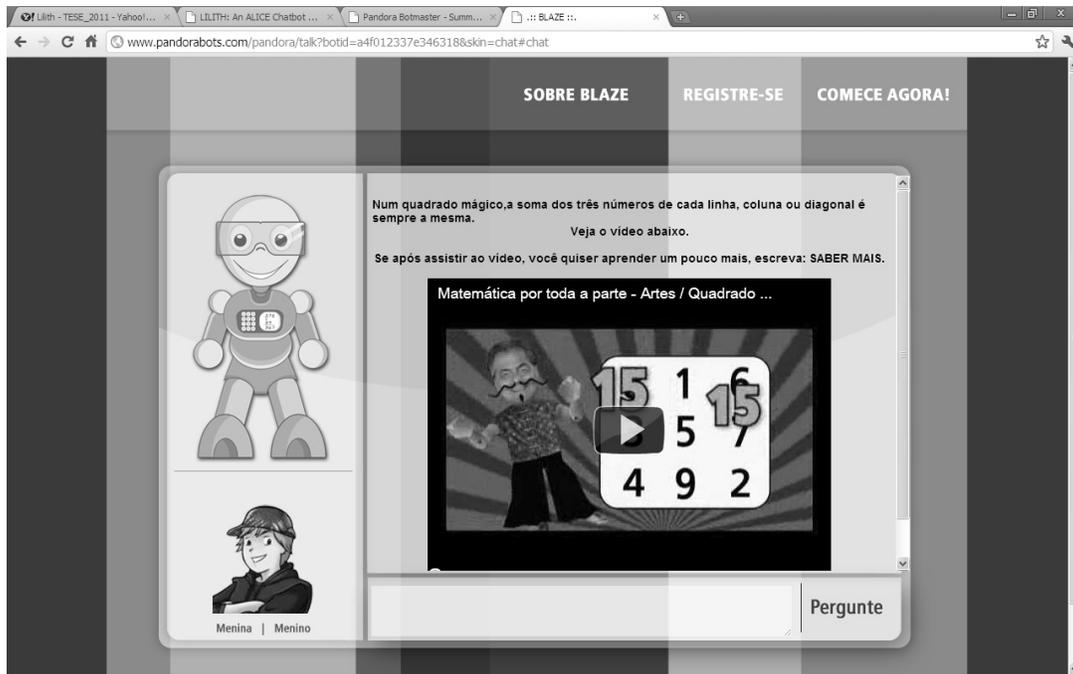


FIGURA 7.6.5 Exemplo da resposta do Blaze - vídeo sobre Quadrado Mágico

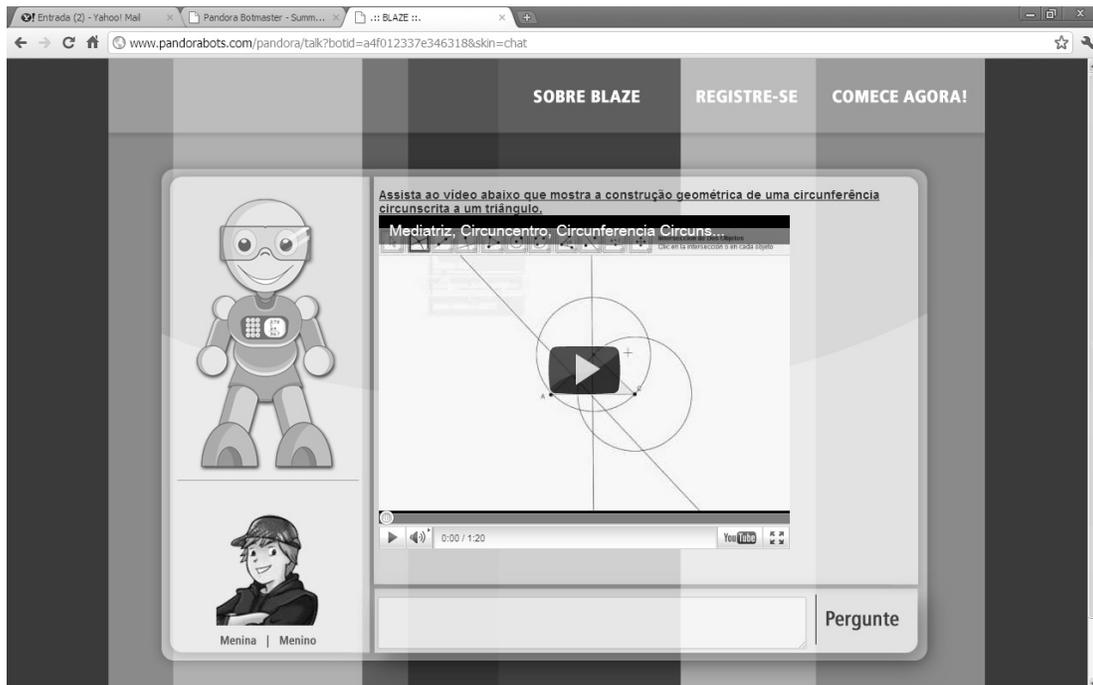


FIGURA 7.6.6 Exemplo da resposta do Blaze – vídeo no Geogebra – Circunferência circunscrita



FIGURA 7.6.7 Interação entre o agente conversacional Blaze e os estudantes

A figura 7.6.7 apresenta um momento da pesquisa de interação entre os estudantes e o agente conversacional Blaze. A interação possibilita que o estudante estabeleça uma relação contingente e imediata entre a informação recebida e suas próprias ações de processamento desta informação. O agente conversacional Blaze funcionou como um sistema assessor, procurando aprimorar os processos cognitivos dos *estudantes de inteligência normal* durante a resolução de problemas de matemática, mostrando as estratégias cabíveis (já utilizadas pelos *estudantes talentosos*) por meio de uma conversação. Este recurso permite ao estudante interagir com o agente conversacional, através da troca de mensagens com o sistema, uma vez que não necessita de nenhuma aprendizagem ou conhecimento prévio para realizar a comunicação e obter as informações que deseja.

A figura 7.6.8 apresenta uma metáfora da construção do conhecimento na qual o estudante é considerado como protagonista principal, ativo e responsável pelo aprendizado com o apoio do agente conversacional Blaze. Mostra que o agente Blaze proporciona ao aluno instrumentos de acesso ao conhecimento, de desenvolvimento do processo de construção e de exploração de múltiplas representações ou perspectivas, favorecendo, assim, sua imersão em um contexto favorável para o aprendizado. O

agente Blaze põe-se a serviço do aluno, criando um contexto de atividade que tenha como resultado a reorganização de suas funções cognitivas. Além disso, inclui também, as dimensões metacognitivas ou de autorregulação. O professor aparece, portanto, caracterizado como assessor, assumindo um perfil de intervenção mais baixo no processo de desenvolvimento da atividade. Esta assessoria ocorre por solicitação do aluno ou quando se trata de evitar que ocorram situações que impeçam que a atividade do aluno seja realizada de maneira adequada. Como decorrência do apoio do agente, o aluno pode receber o suporte em horários e situações mais amplas e variadas do que no caso quando trabalha com a presença do professor.

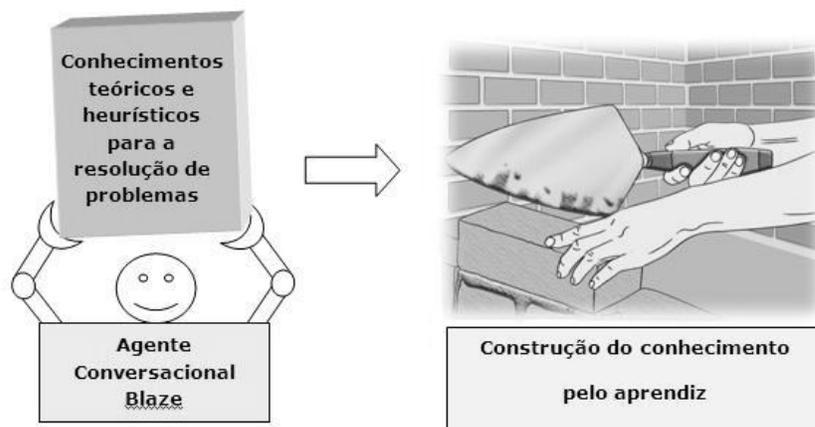


FIGURA 7.6.8 Metáfora da construção do conhecimento do estudante com apoio do Blaze

A representação das resoluções dos *estudantes talentosos* utilizando a linguagem AIML foi feita baseada em que determinados conhecimentos prévios são necessários para limitar o espaço do problema e aproximar o problema de sua solução final. Foi organizada mediante roteiros que representam possíveis decisões a serem tomadas em problemas que exigem um enfoque mais estratégico e com diferentes itinerários de solução. É baseada, também, em determinados erros típicos que os estudantes costumam cometer em relação ao domínio específico dos problemas propostos na pesquisa.

A partir de todas estas ideias e do fato de que as informações armazenadas na base de conhecimento do Blaze são os subsídios norteadores das resoluções dos problemas propostos aos estudantes, foram inseridos também conhecimentos prévios necessários para possibilitar a resolução dos novos problemas. O enfoque adotado pretendeu que o estudante construísse uma representação própria do conhecimento

adquirido sobre uma determinada informação, o que exige esclarecer, aprofundar e reorganizar os próprios pensamentos, detectando e resolvendo eventuais lacunas e incompreensões.

A atividade de interação do estudante com o agente conversacional Blaze foi realizada com os problemas de Matemática, selecionados a partir do material didático utilizado no PIC, como apresentados a seguir:

(a) *Determine o raio da circunferência circunscrita ao triângulo cujos lados medem 6cm, 6cm e 4cm.*

(b) *Dado o quadrado mágico abaixo, parcialmente preenchido, qual número deve ser colocado em cada quadradinho em branco.*

1	14	
26		13

(c) *Os algarismos 1, 2, 3, 4 e 5 foram usados, cada um uma única vez, para escrever um certo número ABCDE de cinco algarismos tal que ABC é divisível por 4, BCD é divisível por 5 e CDE é divisível por 3. Encontre esse número.*

(d) *Você já ouviu falar sobre o número de ouro ou razão áurea? Qual o valor do número de ouro? Apresente uma maneira de encontrar este número. Apresente uma aplicação desse número na vida real e, também na Matemática.*

De acordo com a classificação adotada e apresentada na p. 109, desta tese, os problemas qualitativos são (a) e (d) enquanto que (b) e (c) são quantitativos. O problema (a) é um problema de geometria plana que exige diversos pré-requisitos como a definição de circunferência circunscrita e o Teorema de Pitágoras. Durante a resolução, este problema, apresenta uma sequência procedimental de manipulações, em que o resolvidor deverá utilizar fórmulas ou procedimentos em uma estrutura procedimental previsível, dentro de um contexto abstrato, e o critério para se obter sucesso está em encontrar uma resposta ou produto, usando combinação de valores e formas. Pode ser resolvido por meio de uma representação algébrica e, também de uma construção geométrica com o traçado da circunferência circunscrita ao triângulo mencionado na questão.

O problema (*b*) é um problema de aritmética no qual o estudante precisa saber a definição de quadrado mágico e fazer uma simples manipulação das variáveis envolvidas com os cálculos necessários para encontrar a solução. O problema (*c*) também é um problema de aritmética que requer o conhecimento dos critérios de divisibilidade de um número por 3, 4 e 5 com seus devidos cálculos. Além disso, os problemas (*b*), (*c*) são problemas lógicos porque envolvem uma atividade de aprendizagem de controle lógico e manipulação de limitadas variáveis, dentro de um contexto abstrato, em uma estrutura de descoberta, em que o critério de sucesso está em uma eficiente manipulação das variáveis.

O problema (*d*) é um problema que encontra uma extensa aplicação no cotidiano e não é um tema presente no currículo do ensino médio. Muitas vezes, o número de ouro é abordado como uma curiosidade no ensino de Matemática. É um problema que para ser respondido exige que o estudante faça uma leitura sobre o tema para compreender o método matemático de obtenção do número e suas aplicações na vida real.

Estes problemas foram propostos aos estudantes, que em condições e ambientes diversos, e por meio de processos metacognitivos e de autorregulação, com e sem o apoio do agente conversacional Blaze, desenvolveram suas resoluções. Conforme descrito na p.106, os estudantes que interagiram com o agente conversacional Blaze eram da 2ª série do ensino médio (turmas 201 e 204), do 3º período da Licenciatura em Ciências e alunos de vários períodos da Licenciatura em Matemática. O experimento piloto ocorreu com a turma 201 visando aprimorar a ferramenta tecnológica e fazer ajustes nos instrumentos de coleta de dados (tal como explicado na p. 106 deste capítulo). Informações mais detalhadas sobre os participantes da interação com o agente Blaze, como faixa etária e período cursado, estão apresentados nas seções 7.7, 7.8 e 7.9 que tratam dos experimentos I, II e III, respectivamente.

7.7 EXPERIMENTO I

O experimento I ocorreu em 31 de maio de 2011 (à tarde) com a turma 204. Conforme mencionado na p.106, G1(grupo de controle) trabalhou em sala de aula, **sem** o apoio do Blaze, ao mesmo tempo em que G2 (grupo experimental) trabalhou no laboratório de informática, **com** o apoio do Blaze. Esta estratégia adotada no experimento I de dividir a turma em dois grupos permitiu fazer uma comparação dos resultados obtidos.

TABELA 7.7.1 Faixa etária da turma 204

IDADES	15	16	17	19
FREQUÊNCIA	10 (33%)	16 (53%)	9 (30%)	1 (3%)

A tabela 7.7.1 mostra que a faixa etária predominante dos alunos que participaram do experimento I é de 16 anos.

TABELA 7.7.2 Frequência de uso do computador e da internet (G1 e G2)

1) Com que frequência você usa o computador?				
G1:	uma vez por mês 0(0%)	uma vez por semana 2(11%)	todo dia 14(78%)	outra opção 2 (11%)
G2:	uma vez por mês 0(0%)	uma vez por semana 3(17%)	todo dia 11(61%)	outra opção 4 (22%)
Média aritmética:	0%	14%	70%	16%
2) Com que frequência você utiliza a internet?				
G1:	uma vez por mês 0(0%)	uma vez por semana 1(6%)	todo dia 13(72%)	outra opção 4(22%)
G2:	uma vez por mês 0(0%)	uma vez por semana 2(11%)	todo dia 11(61%)	outra opção 5 (28%)
Média aritmética:	0%	9%	66%	25%
Nas 2 questões acima, encontram-se a frequência das respostas, em número de alunos e em percentual, em cada grupo (G1 e G2).				

Observando os resultados obtidos na tabela 7.7.2 verifica-se que a maioria dos alunos está diariamente utilizando a internet, embora uma pequena parcela não tenha acesso diário a um computador. Algumas das respostas dadas pelos estudantes que marcaram “outra opção” na questão 2 do questionário (tabela 7.7.2) foram “*só uso para trabalhos escolares*” e “*quando tenho acesso a um computador*”. Acredita-se que, este aluno que respondeu que utiliza a internet quando tem acesso a um computador, não tenha computador em casa. Não ter acesso a um computador diariamente exige uma maior adaptação à atividade proposta no laboratório de informática. Para Ferreira (2007) deve-se acrescentar outro item a lista de contextos e práticas de alfabetização: é preciso ser “alfabetizado para o computador e a internet”. Quanto maior o tempo de uso do computador mais facilmente o aluno consegue manusear as ferramentas de um *software*. O número de usuários que diariamente têm acesso a internet aumenta cada vez mais fazendo surgir uma mudança nos valores e na vida das pessoas (COLL; MONEREO, 2010). Isso contribui para novas maneiras de acesso a informações e novas práticas associadas a estas informações. No relatório sobre “A alfabetização no novo milênio” são mencionados como aspectos básicos das novas alfabetizações as

capacidades de “ler textos impressos e não impressos (digitais), dominar as novas e mutáveis tecnologias, manejar a informação e abordar criticamente as mídias e outros textos” (LONSDALE; McCURRY, 2004).

TABELA 7.7.3 Engajamento dos grupos (G1 e G2) durante a resolução dos problemas

Usando uma escala de 1 a 5, analise as afirmativas abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Cada item refere-se ao seu estado emocional/comportamental durante a resolução dos problemas.						
	1	2	3	4	5	
	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente	
a) enquanto resolvia os problemas, estava bem concentrado.	0 (0%)	1 (6%)	2 (11%)	8 (44%)	7 (39%)	G1
	0 (0%)	1 (6%)	6 (33%)	7 (39%)	2 (11%)	G2
	0%	6%	22%	42%	25%	Média
b) estava bem consciente das minhas decisões para alcançar a solução.	0 (0%)	2 (11%)	4 (22%)	7 (39%)	5 (28%)	G1
	1 (6%)	2 (11%)	4 (22%)	3 (17%)	6 (33%)	G 2
	3%	11%	22%	28%	31%	Média
c) estava no controle da situação.	0 (0%)	3 (17%)	3 (17%)	9 (50%)	3 (17%)	G1
	1 (6%)	1 (6%)	6 (33%)	8 (44%)	1 (6%)	G2
	3%	11%	25%	47%	12%	Média
d) estava me sentindo bem com relação a mim mesmo.	1 (6%)	1 (6%)	4 (22%)	3 (17%)	9 (50%)	G1
	1 (6%)	1 (6%)	5 (28%)	1 (6%)	8 (44%)	G2
	6%	6%	25%	12%	47%	Média
e) meu desempenho estava acima das minhas expectativas.	4 (22%)	6 (33%)	4 (22%)	3 (17%)	1 (6%)	G1
	3 (17%)	4(22%)	4 (22%)	3 (17%)	2 (11%)	G2
	19%	28%	22%	17%	9%	Média
f) obtive sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	0 (0%)	7 (39%)	3 (17%)	5 (28%)	3 (17%)	G1
	1 (6%)	1 (6%)	4 (22%)	4 (22%)	6 (33%)	G2
	3%	22%	20%	25%	25%	Média
Observação: Para cada item acima, de a) até f), foram colocados na tabela a frequência das respostas, em número de alunos e em percentual, em cada grupo participante da pesquisa.						

Para avaliar o engajamento do estudante durante a resolução dos problemas foram consideradas as variáveis: concentração, tomada de decisão, auto-controle, satisfação, desempenho e sucesso na obtenção do objetivo (BLOM, 2002). Comparando as respostas obtidas pelos dois grupos de alunos, com relação ao engajamento (tabela 7.7.3) durante a resolução dos problemas, afirma-se que o G1 se mostrou mais concentrado que o G2, enquanto que o G2 obteve mais sucesso no alcance da solução dos problemas em relação ao G1. Percebe-se que concentração e satisfação foram os dois aspectos que mais se destacaram no engajamento dos alunos durante a pesquisa. A concentração requer esforço mental, assim como em toda aprendizagem em que os

aprendizes precisam estar motivados para desenvolver suas atividades. “Geralmente, a motivação dos estudantes para o aprendizado é uma mistura de objetivos intrínsecos e recompensas extrínsecas, combinados com fatores psicológicos, como medo e necessidade de agradar” (PRENSKY, 2010). O auto-controle (tabela 7.7.3) também pode ser mencionado como um fator em que os alunos demonstraram um significativo percentual de concordância.

TABELA 7.7.4 Média Total de engajamento dos grupos

	a	b	c	d	e	f	Soma
Grupo 1	0,69	0,63	0,61	0,66	0,42	0,53	3,54
Grupo 2	0,60	0,61	0,58	0,65	0,47	0,64	3,55

A tabela 7.7.4 mostra que o nível de engajamento do G1 e do G2 não apresentou diferença. Sandholtz, Ringstaff e Dwyer (1996) em pesquisas realizadas afirmaram que o uso da tecnologia teve um impacto positivo sobre o engajamento dos estudantes em sala de aula sob certas condições. Os estudantes estavam mais engajados quando usavam programas que permitiam experimentação e exploração. O engajamento dos estudantes era fomentado em sala de aula quando o uso da tecnologia era ajustado para as diferenças individuais considerando, ambos, interesse e habilidade.

Para comprovar o nível de significância do engajamento do G1 e G2 utilizou-se o teste *t* de *Student*. Os resultados estão apresentados nas tabelas 7.7.5 e 7.7.6.

TABELA 7.7.5 Teste *t* de Student - Engajamento

	G1	G2
amostra	18	16
média	3,56	3,56
desvio padrão	0,68	0,76

TABELA 7.7.6 Teste de Hipóteses - Engajamento

alfa	0,05
p-value	0,99

Do ponto de vista quantitativo (*t Student*) não se encontrou nenhuma diferença das médias de engajamento. O teste de p-value confirma a diferença estatisticamente não significativa.

Para investigar o desempenho do G1 na resolução dos problemas interrogou-se:

Marque os problemas matemáticos que você conseguiu resolver:

(a) (b) (c) (d)

A partir da análise das respostas dos alunos concluiu-se que:

- 11 alunos resolveram o problema (a);
- 17 alunos resolveram o problema (b);
- 15 alunos resolveram o problema (c);
- Nenhum aluno resolveu o problema (d).

Cada item abaixo refere-se aos problemas (a), (b), (c) e (d) que você resolveu. Diga o motivo pelo qual você conseguiu resolver estes problemas. E, se você não conseguiu resolver os problemas, explique também qual foi o motivo.

Problema (a):

Analisando as respostas obtidas é importante mencionar que 6 alunos justificaram “Não consegui entender nem visualizar a questão” e 2 relataram os passos para alcançar a solução “Tracei o 4 cm como base, achei a altura a partir do meio (2 cm) e tracei os outros dois 6 cm de modo que se encontrassem. A partir daí estendi o compasso do meio do triângulo até o vértice, achando o raio da circunferência”.

Problema (b):

As respostas dadas pela maioria foram: “Usei o método de tentativa” (2 alunos), “Já tinha resolvido esse problema outras vezes” (3 alunos) e “Dedução lógica” (3 alunos).

Problema (c):

Nas respostas de maior frequência encontram-se: “Fiz por tentativa” (3 alunos) e “Dedução lógica” (7 alunos).

Problema (d):

Nesta questão os 18 alunos (todos) do G1 responderam: “Nunca ouvi falar nada sobre o número de ouro, e como a questão era referente a isso não soube resolver”.

Estes resultados mostraram que nos problemas (b) e (c) em que foi possível usar o método de tentativa ou uma dedução lógica possibilitou aos alunos uma condição favorável para resolvê-las. No problema (a) muitos alunos não compreenderam nem conseguiram codificar os dados para elaborar as estratégias de resolução. Este fato é devido à necessidade de recuperação de um considerável conhecimento prévio para

resolvê-lo. E o problema (d) cujo tema era desconhecido para os alunos tornou impossível a resolução para eles.

Para comprovar o nível de significância do desempenho do G1 em comparação com o G2 utilizou-se também o teste *t* de *Student*. Os resultados estão apresentados nas tabelas 7.7.7 e 7.7.8.

TABELA 7.7.7 Teste t de Student – Desempenho

	G1	G2
amostra	18	16
média	5,79	6,51
desvio padrão	1,73	2,07

TABELA 7.7.8 Teste de Hipóteses - Desempenho

alfa	0,05
p-value	0,26

Do ponto de vista quantitativo (*t Student*) não se encontrou diferença significativa das médias de desempenho. O teste de p-value confirma a diferença estatisticamente não significante. No entanto, a análise qualitativa mostrou que o desempenho dos grupos foi diferente e isto pode ser verificado no fato de que todos os alunos do grupo de controle (G1) não resolveram o problema (d) enquanto os alunos do grupo experimental (G2) conseguiram resolver com a ajuda do agente conversacional Blaze.

A professora de Matemática da turma 204, que acompanhou o G1 em sala de aula na atividade de resolução dos problemas, em entrevista, relatou que utiliza “*esporadicamente*” o computador e seus recursos de ensino e aprendizagem com seus alunos. A figura 7.7.1 (p.146) mostra a resposta da professora sobre o engajamento do G1. Avaliando as respostas, pode-se concluir que, em média, em uma escala de 1 a 5, na opinião da professora o nível de engajamento dos alunos foi de 3,83, em que predominou a concentração dos alunos e o bem-estar durante a atividade de resolução de problemas. Além disso, a professora comentou, também, que como os alunos não tinham um apoio para as suas dúvidas, paravam de resolver as questões propostas no momento do surgimento da dúvida.

Usando uma escala de 1 a 5 (**em que 1=discordo fortemente; 2= discordo parcialmente; 3= indiferente; 4= concordo parcialmente; 5= concordo fortemente**) analise cada afirmativa abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Esta questão avalia a atitude/comportamento dos alunos durante esta pesquisa. Então, cada item da tabela refere-se ao estado emocional/comportamental dos alunos durante a resolução dos problemas de Matemática.

a) Enquanto resolviam os problemas, os alunos estavam bem concentrados.	1	2	3	4	5
b) Os alunos estavam bem conscientes das decisões tomadas para alcançar a solução.	1	2	3	4	5
c) Os alunos estavam no controle da situação.	1	2	3	4	5
d) Os alunos estavam se sentindo bem.	1	2	3	4	5
e) O desempenho dos alunos estava acima das expectativas esperadas.	1	2	3	4	5
f) Os alunos obtiveram sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	1	2	3	4	5

Comentários: *As questões que dependiam de alguma definição que o alunos não tinham conhecimento eles (os alunos) tentavam obter a definições perguntando. Como não tinham resposta não continuaram a resolver.*

FIGURA 7.7.1 Entrevista com a professora – engajamento do G1 (turma 204)

O G2 foi ao laboratório de informática interagir com o agente Blaze. E com o objetivo de facilitar a interação do G2 com o agente conversacional Blaze foi distribuído, ao estudante, um material com orientações sobre as heurísticas de resolução de problemas de Polya (2006), bem como, dicas e sugestões de questionamentos adequados no contexto da aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas (apêndice I). Este material funcionou como “andaimes cognitivos” (LEE et al., 2010) durante o processo de aprendizagem ou pode-se afirmar também que funcionou como “organizadores prévios”. Quando os alunos, em sua estrutura cognitiva, não apresentam os conceitos, ideias, proposições relevantes e inclusivas que sirvam de “ancoradouro”, devem-se utilizar organizadores prévios. O uso dos organizadores prévios é a principal estratégia para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

Somente o G2 respondeu a questão que se refere a contribuição do Blaze durante a resolução dos problemas de Matemática e os resultados obtidos estão na tabela 7.7.9. As respostas (tabela 7.7.9) mostram que, de modo geral, o G2 percebeu que o agente

Blaze apoiou o processo de cognição oferecendo respostas a dúvidas durante a resolução dos problemas. Apenas em um aspecto considerado não foi obtida a concordância da maioria dos estudantes, 45% afirmaram que a interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante (item b, tabela 7.7.9).

TABELA 7.7.9 Contribuição do Blaze – G2 (turma 204 do ensino médio)

Esta questão avalia a importância da assistência do Blaze na resolução dos problemas de Matemática. Para as seguintes afirmativas, marque as respostas de 1 a 5 (1=discordo fortemente, 2=discordo parcialmente, 3=indiferente, 4=concordo parcialmente, 5=concordo fortemente).					
	1	2	3	4	5
	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente
a) O agente fez sugestões que auxiliam a lembrar de informações relevantes para a resolução dos problemas.	1 (6%)	2 (11%)	2 (11%)	7 (39%)	6 (33%)
b) A interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante.	1 (5%)	2 (11%)	7 (39%)	3 (17%)	5 (28%)
c) O Blaze oferece um atendimento individualizado ao estudante.	0 (0%)	4 (22%)	2 (11%)	4 (22%)	8 (45%)
d) A interação com o agente Blaze possibilitou a utilização de novas maneiras de resolver os problemas.	2 (11%)	3 (17%)	4 (22%)	5 (28%)	4 (22%)
e) A interação com o agente proporcionou uma melhoria no encadeamento das idéias durante a resolução dos problemas.	0 (0%)	1 (6%)	4 (22%)	6 (33%)	7 (39%)
f) Poderei utilizar o tipo de auxílio fornecido pelo Blaze, mesmo sem ser solicitado pelo professor.	1 (5,5%)	1 (5,5%)	4 (22%)	5 (28%)	7 (39%)
g) A assistência do Blaze permitiu alcançar a solução dos problemas matemáticos.	0 (0%)	2 (11%)	4 (22%)	7 (39%)	5 (28%)
h) Acho que esse tipo de apoio deve ser dado também em problemas de outras áreas, como, Física, Química, Biologia.	0 (0%)	0 (0%)	2 (11%)	3 (17%)	13 (72%)
i) Recomendo, aos meus colegas a assistência do agente Blaze durante a resolução de problemas matemáticos.	2 (11%)	1 (5,5%)	1 (5,5%)	10 (56%)	4 (22%)
Observação: Para cada item acima, de a) até i), foram colocados na tabela a frequência das respostas do G2 em número de alunos e em percentual.					

Estatisticamente, 72% concordam que o agente fez sugestões que auxiliam a lembrar de informações relevantes para a resolução dos problemas (item a, tabela 7.7.9), que conforme pesquisadores (RIESBECK; SCHANK, 1989; MANTARAS et al., 2006) o raciocínio baseado em casos permite a recuperação de conhecimento prévio relevante para solucionar novos problemas. Observa-se, também, que 72% concordam que a interação com o agente proporcionou uma melhoria no encadeamento das ideias durante a resolução dos problemas (item e, tabela 7.7.9), ou seja, o agente Blaze forneceu

orientações ou “andaimos cognitivos” (LEE et al., 2010) que guiaram os estudantes. Verifica-se que 89% concordam que esse tipo de apoio deve ser dado também em problemas de outras áreas, como Física, Química, Biologia (item h, tabela 7.7.9) e até mesmo, conforme Lester, Branting e Mott (2004), que mostraram em suas pesquisas a utilização dos agentes conversacionais na aplicação em problemas de *software* empresarial. Percebe-se que 67% concordam que a assistência do Blaze permitiu alcançar a solução dos problemas matemáticos (item g, tabela 7.7.9), assim como em Dutra (2002), os estudantes, através do *problem-based learning* desenvolvem estratégias e conhecimentos para resolução dos problemas.

A importância da contribuição do Blaze mostra-se presente, também, no alto percentual (78%) de respostas favoráveis a recomendação, aos outros alunos, da utilização da assistência do Blaze durante a resolução dos problemas matemáticos (item i, tabela 7.7.9). Cabe ainda salientar que o resultado obtido para o G2 (grupo experimental que trabalhou usando o agente Blaze) e o G1 (grupo de controle que trabalhou sem a ajuda do agente Blaze) apontou para uma situação onde o grupo de controle não conseguiu solucionar o problema (d), ao passo que o grupo experimental foi capaz de encontrar a solução deste com a ajuda do agente. Assim, pode-se concluir que houve um aprimoramento nas habilidades cognitivas, com evidências de construção de conhecimento do G2, mediada pelo apoio do agente conversacional Blaze. Então, o agente Blaze apresentou um elevado potencial para a transformação dos usuários contribuindo para orientar o desenvolvimento dos alunos por meio da internalização das habilidades cognitivas requeridas pelo sistema.

7.8 EXPERIMENTO II

Em 31 de maio de 2011, (à noite) foi realizado o experimento II com os estudantes do 3º período da Licenciatura em Ciências. Para fazer um acompanhamento mais próximo da interação do estudante com o agente conversacional Blaze, os 13 alunos presentes foram ao laboratório de informática resolver os problemas propostos com o apoio do agente. Estes alunos apresentavam uma faixa etária de 18 a 22 anos. Após resolver os problemas propostos, estes alunos responderam o questionário (apêndice G).

A análise do processo de resolução dos problemas apresentado pelos estudantes na questão (a) foi feita baseada no método heurístico de Polya (2006) e na

aprendizagem autorregulada baseada em Zimmerman (1996), mostrado na figura 7.4.1 na p.127, desta tese. A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir da análise das respostas dadas para a questão (a) *Determine o raio da circunferência circunscrita ao triângulo cujos lados medem 6cm, 4cm e 4cm*. Pode-se afirmar que:

- 92% dos alunos compreenderam a questão;
- 85% dos alunos representaram graficamente a questão proposta usando régua e compasso;
- 31% dos alunos encontraram a solução correta medindo com régua o raio da circunferência circunscrita;
- 46% não encontraram a solução correta;
- 69% não planejaram o processo de resolução da questão;
- 31% dos alunos usaram um processo de resolução que estava incompleto e, portanto não encontraram a solução correta do problema.

Um exemplo de resposta dada pelo estudante para o problema proposto (a) está na figura 7.8.1.

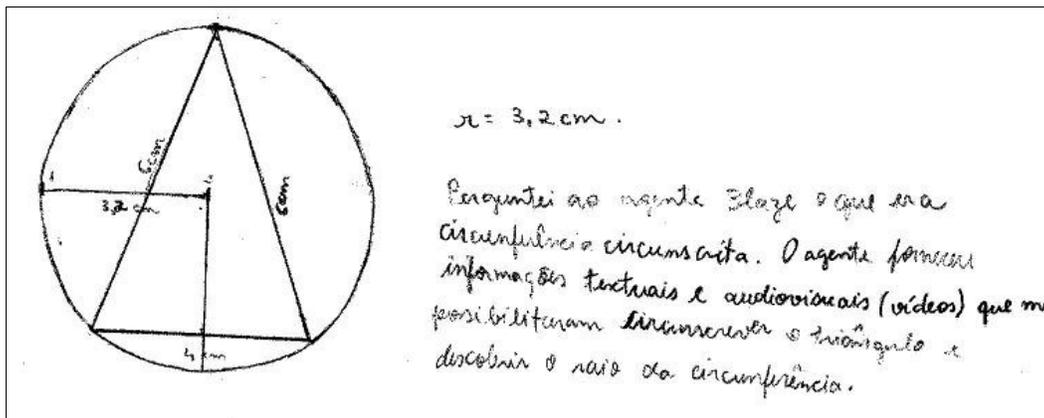


FIGURA 7.8.1 Resposta do estudante para o problema (a)

O relato do estudante sobre como foi possível resolver a questão (a) foi: *“Perguntei ao agente Blaze o que era circunferência circunscrita. O agente forneceu informações textuais e audiovisuais (vídeos) que me possibilitaram circunscrever o triângulo e descobrir o raio da circunferência.”* Esta resposta mostra a importância do apoio do agente Blaze para a resolução do problema. E, além disso, mostra também que a informação adquirida pelo estudante favoreceu a construção do conhecimento, que nesta questão, trata de circunferência circunscrita.

Na resposta apresentada, conforme figura 7.8.1, o aluno compreendeu o problema, representou geometricamente, por meio de régua e compasso, o triângulo

isósceles de lados 6cm, 6cm e 4cm, a circunferência circunscrita ao triângulo e alcançou a solução determinando a medida do raio da circunferência medindo com a régua. Esta construção foi facilitada pela assistência dada pelo Blaze ao estudante. A representação geométrica expressa explicitamente o problema, permitindo que os objetos e suas relações sejam facilmente percebidos. Isto reduz o esforço cognitivo necessário, portanto favorece a resolução do problema. Nas descrições textuais, as relações são tipicamente implícitas e devem ser formuladas mentalmente, o que exige um maior esforço cognitivo.

$$\frac{ax}{xb} = \frac{a+x}{a} = \phi$$

$$x = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,61803...$$

$$\phi = \frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$$

$$b \cdot \phi + b = \frac{b \cdot \phi}{b}$$

$$\phi + 1 = \phi^2$$

$$\phi^2 + \phi - 1 = 0 \quad \times (-1)$$

$$\phi^2 + \phi - 1 = 0$$

$$\phi = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\phi = \frac{-(-1) \pm \sqrt{(-1)^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-1)}}{2 \cdot 1}$$

$$\phi = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$$

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1,61803398? \text{ que é o número } \phi$$

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \phi$$

$$b \cdot \phi + b = \frac{b \cdot \phi}{b}$$

$$\phi + 1 = \phi^2$$

$$\phi^2 + \phi - 1 = 0 \quad \times (-1)$$

$$\phi^2 + \phi - 1 = 0$$

$$\phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$

FIGURA 7.8.2 A construção geométrica e algébrica do estudante para a questão (d)

A figura 7.8.2 mostra a resposta dada pelo estudante para o problema proposto (d) *Você já ouviu falar sobre o número de ouro ou razão áurea? Qual o valor do número de ouro? Apresente uma maneira de encontrar este número. Apresente uma aplicação desse número na vida real e, também na Matemática.* O estudante respondeu que: “Nunca tinha ouvido falar. Com a ajuda do Blaze descobri que o número de ouro é igual a $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$ que é igual a 1,61803...”. O estudante (figura 7.8.2) apresenta uma representação semiótica e uma construção algébrica e geométrica para encontrar o valor do número de ouro. E o relato deste estudante sobre a aplicação deste número na vida real foi: “Alguns pintores e desenhistas usam a razão áurea em suas obras de arte. Na Matemática um segmento de reta se diz dividido em média e extrema razão, se a razão

entre o menor e o maior dos segmentos é igual à razão entre o maior e o segmento todo”.

Esta atividade foi mediada pelo uso do agente Blaze, de maneira que, de acordo com Vygotsky (2000), o desenvolvimento é, em grande medida, a apropriação das ferramentas (materiais e simbólicas) do ambiente em que o usuário opera. A tecnologia, aqui no caso o agente conversacional Blaze, contribuiu para orientar o desenvolvimento do estudante, uma vez que possibilitou a internalização das habilidades cognitivas requeridas pelo sistema, gerando contextos de atividade mediados pelo agente, que promoveram práticas com maneiras particulares de pensar e organizar a mente.

Nas questões (b), (c), (d) foram feitas as análises das resoluções apresentadas pelos estudantes, verificando apenas se houve sucesso ou fracasso nos processos utilizados para alcançar a solução do problema.

TABELA 7.8.1 Resultados obtidos nas questões (b), (c), (d)

	questão b	questão c	questão d
Sucesso	92%	77%	62%
Incompleto	0%	0%	23%
Fracasso	8%	23%	15%
	100%	100%	100%

A tabela 7.8.1, mostra os resultados apresentados pelos alunos para as questões (b), (c), (d). Verifica-se, portanto, que a maioria dos alunos obteve sucesso na resolução das questões e, a questão (b) teve um maior percentual de sucesso. Além disso, três alunos, ou seja, 23% dos alunos resolveram a questão (d) de forma incompleta mesmo com o auxílio do Blaze. O percentual de fracasso apresentado por alguns alunos, em cada questão, no processo de resolução dos problemas pode ser atribuído a dificuldade de adaptação ao método de interação com o agente conversacional Blaze. Percebe-se também, que este percentual de fracasso é bem pequeno.

Após resolver os problemas propostos, os alunos responderam um questionário com algumas questões: as 2 primeiras verificaram a frequência de uso do computador e da internet (tabela 7.8.2), a questão 3 permitiu constatar o interesse/engajamento do aluno durante a pesquisa (tabelas 7.8.3), a questão 4 verificou a importância do agente conversacional Blaze para o processo de resolução dos problemas (tabela 7.8.4) e a questão 5 solicitou que, entre os problemas propostos, o aluno informasse aqueles que eles se consideravam capazes de resolver sem a ajuda do Blaze e com justificativa.

TABELA 7.8.2 Frequência de uso do computador e da internet (Licenciatura em Ciências)

Com que frequência você usa o computador?			
uma vez por mês	uma vez por semana	todo dia	outra opção
0(0%)	0(0%)	11(85%)	2(15%)
Os dois alunos que assinalaram como resposta "outra opção" justificaram que usam o computador: "sempre que necessito" e "3 vezes por semana".			
Com que frequência você utiliza a internet?			
uma vez por mês	uma vez por semana	todo dia	outra opção
0(0%)	1(8%)	10(77%)	2(15%)
Os dois alunos que assinalaram como resposta "outra opção" justificaram que usam o computador: "sempre que necessito" e "3 vezes por semana".			
Em todas as 2 questões acima, foram colocados na tabela a frequência das respostas, em número de alunos e em percentual, em um total de 13 alunos participantes da pesquisa.			

As respostas das duas primeiras questões mostram que a maioria dos alunos pesquisados já utilizam o computador há mais de 5 anos e que usam a Internet diariamente, conforme tabela 7.8.2. Uma parte da declaração efetuada em 2001 pela Associação Internacional de Leitura – *International Reading Association*, IRA –, que refere-se a integração das tecnologias de informação e comunicação no currículo escolar diz que:

A internet e outras formas de tecnologias de informação e comunicação, como os editores de texto, os editores de páginas *web*, o *software* de apresentações e o correio eletrônico, estão redefinindo constantemente a natureza da alfabetização. Para que sejam plenamente alfabetizados no mundo de hoje, os estudantes devem ser competentes nas novas alfabetizações das tecnologias de informação e comunicação [...].

Para orientar os estudantes durante a resolução dos problemas matemáticos, por meio da interação com o agente Blaze, foram fornecidas direções e orientações (andaimes cognitivos) que guiaram os estudantes para experimentar, refletir, escrever explicações, conjecturar, entre outras (LEE et al., 2010). No contexto deste projeto, portanto, o propósito dos andaimes foi fornecer aos aprendizes novatos um contexto de aprendizagem com complexidade limitada e ir removendo os limites gradualmente até que os alunos se tornassem mais habilidosos (YOUNG, 1993).

A questão que procura verificar o engajamento dos alunos na pesquisa (tabela 7.8.3), possui alternativas que foram elaboradas a partir das variáveis consideradas necessárias para análise de engajamento por Blom (2002). O conceito de engajamento está diretamente relacionado com a motivação que o participante tem em verdadeiramente realizar uma tarefa, sem que para isto ele precise ser recompensado externamente (PAAS, 1993). Para Crown et al. (2011) motivação e engajamento do

estudante são ingredientes essenciais para o sucesso acadêmico.

TABELA 7.8.3 Engajamento dos estudantes (Licenciatura em Ciências)

Usando uma escala de 1 a 5, analise as afirmativas abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Cada item refere-se ao seu estado emocional/comportamental durante a resolução dos problemas.							
	1	2	3	4	5		Média
	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente	Abstenção	
a) enquanto resolvia os problemas, estava concentrado.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	8 (62%)	5 (38%)	0 (0%)	0,73
b) estava bem consciente das minhas decisões para alcançar a solução.	0 (0%)	1 (7%)	1(7%)	7 (54%)	4 (32%)	0 (0%)	0,68
c) estava no controle da situação.	1 (7%)	4 (32%)	0 (0%)	6 (46%)	2 (15%)	0 (0%)	0,55
d) estava me sentindo bem com relação a mim mesmo.	0 (0%)	4 (32%)	1 (7%)	3 (23%)	4 (32%)	1 (7%)	0,60
e) meu desempenho estava acima das minhas expectativas.	1 (7%)	3 (23%)	2(15%)	6 (46%)	0 (0%)	1 (7%)	0,51
f) obtive sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	3 (23%)	3 (23%)	0 (0%)	7 (54%)	0 (0%)	0 (0%)	0,48
Observação: Para cada item acima, de a) até f), foram colocados na tabela a frequência das respostas, em número de alunos e em percentual, em um total de 13 alunos participantes da pesquisa.							Total: 3,55

Pode-se observar, na tabela 7.8.3, que 32% dos alunos concordam fortemente e 54% concordam parcialmente que estavam bem conscientes das decisões para alcançar a solução dos problemas (item b, tabela 7.8.3). São as ações e comportamentos, de quem aprende, realizadas com auto-controle. O que se faz, enquanto se faz com consciência. Isto é metacognição, que é consciente e refletida, em outras palavras, conscientizar-se, analisar e avaliar como se conhece. E que, 61% dos alunos concordam que estavam no controle da situação (item c, tabela 7.8.3) e 55% concordam que estavam se sentindo bem com relação a si próprio (item d, tabela 7.8.3), isto constata a autoavaliação, que também é um processo de metacognição, entendido como um processo mental interno através do qual o próprio aprendiz toma consciência dos diferentes momentos e aspectos de sua atividade cognitiva (SANTOS, 2001).

É possível verificar na coluna Média da tabela 7.8.3 que o experimento realizado evidenciou um nível de engajamento dos estudantes equivalente ao Total de 3,55 em uma escala de 1 a 5. Tal resultado demonstrou que os estudantes se envolveram de maneira significativa na realização da atividade proposta com o agente Blaze. Em se tratando da avaliação do engajamento de estudantes na utilização de um sistema computacional, o emprego da figura humana pode resultar em um aumento no

engajamento por causa da identificação do estudante com o personagem e também em função do fator novidade (BLOM, 2002).

TABELA 7.8.4 Contribuição do agente conversacional Blaze (Licenciatura em Ciências)

Esta questão avalia a importância da assistência do Blaze na resolução dos problemas de Matemática. Para as seguintes afirmativas, marque as respostas de 1 a 5 (1=discordo fortemente, 2=discordo parcialmente, 3=indiferente, 4=concordo parcialmente, 5=concordo fortemente).

	1	2	3	4	5
	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente
a) O agente fez sugestões que auxiliam a lembrar de informações relevantes para a resolução dos problemas.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (31%)	9 (69%)
b) A interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante.	0 (0%)	0 (0%)	2 (15%)	3 (23%)	8 (62%)
c) O Blaze oferece um atendimento individualizado ao estudante.	0 (0%)	2 (15%)	0 (0%)	2 (15%)	9 (70%)
d) A interação com o agente Blaze possibilitou a utilização de novas maneiras de resolver os problemas.	0 (0%)	1 (8%)	1 (8%)	2 (15%)	9 (69%)
e) A interação com o agente proporcionou uma melhoria no encadeamento das idéias durante a resolução dos problemas.	0 (0%)	1 (8%)	0 (0%)	9 (69%)	3 (23%)
f) Poderei utilizar o tipo de auxílio fornecido pelo Blaze, mesmo sem ser solicitado pelo professor.	0 (0%)	0 (0%)	1 (8%)	3 (23%)	9 (69%)
g) A assistência do Blaze permitiu alcançar a solução dos problemas matemáticos.	0 (0%)	2 (15%)	0 (0%)	7 (54%)	4 (31%)
h) Acho que esse tipo de apoio deve ser dado também em problemas de outras áreas, como, Física, Química, Biologia.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (8%)	12 (92%)
i) Recomendo, aos meus colegas a assistência do agente Blaze durante a resolução de problemas matemáticos.	0 (0%)	2 (15%)	0 (0%)	5 (38%)	6 (47%)

Observação: Para cada item acima, de a) até i), foram colocados na tabela a frequência de respostas, em número de alunos e em percentual, em um total de 13 alunos participantes da pesquisa.

A relevância da recuperação de conceitos durante o processo de resolução de problemas foi notável nas respostas apresentadas pelos alunos na afirmativa (a) (tabela 7.8.4), em que 31% dos alunos concordam parcialmente e 69% dos alunos concordam fortemente que o agente Blaze sugeriu maneiras auxiliares para a recordação de informações importantes. A utilização de métodos diferentes de apresentação de conteúdo matemático possibilitada pelo agente Blaze, como por exemplo, através de vídeo, estimula a criatividade, bem como o pensamento crítico do aluno. O aluno mostra um entendimento da importância de aprender de forma diversificada na resposta da afirmativa (d) (tabela 7.8.4).

A necessidade de um tratamento individualizado no processo de aprendizagem em Matemática foi enfatizado na resposta da alternativa (c) (tabela 7.8.4). A contribuição do agente permitiu que os estudantes alcançassem a solução dos problemas

conforme o resultado obtido na resposta da alternativa (g) (tabela 7.8.4). O percentual obtido na resposta da alternativa (h) (tabela 7.8.4) demonstra que os estudantes são favoráveis a ampliação da assistência do Blaze para outras áreas, como, por exemplo Física, Química, Biologia. Estes resultados evidenciaram que a assistência do Blaze foi importante durante a resolução dos problemas. O apoio do agente conversacional proporcionou um ambiente de aprendizagem motivador, que deu suporte à busca de estratégias para solução de problemas, favorecendo a aquisição de habilidades para solucionar problemas.

Ao consultar os participantes da pesquisa sobre: *Quais dos problemas de Matemática propostos você conseguiria resolver sem a ajuda do Blaze? Porque?* As respostas obtidas nesta questão reforçaram a constatação de que o agente Blaze favoreceu a aquisição de habilidades exigidas para facilitar a resolução dos problemas (comentado nos parágrafos anteriores sobre a tabela 7.8.4). Estatisticamente, as respostas mostraram que:

- 31% não resolveriam as questões,
- 31% resolveriam apenas a questão (c),
- 15% resolveriam apenas a questão (b),
- 15% resolveriam as questões (b) e (c),
- 8% sem resposta.

Alguns comentários que mostram porque certos alunos consideraram que não resolveriam as questões sem o apoio do agente Blaze:

- ✓ *não conhecia os termos que estavam nas questões, como saber o que é um “quadrado mágico” e “número de ouro”. Foi necessário pesquisar o que seriam esses termos e só assim começar a resolver as questões;*
- ✓ *quase não consegui resolver nenhuma questão, pois preciso de outro tipo de ajuda que o robô não podia me dar. Porém, sem os conceitos que ele me deu, eu não conseguiria nem começar a fazer a 1ª e a 2ª. A 4ª eu também não conseguiria, pois é mais pesquisa.*

Alguns comentários que mostram porque certos alunos consideraram que resolveriam apenas a questão (c) (sem o apoio do agente Blaze):

- ✓ *usei meu pensamento lógico;*
- ✓ *bastava o aluno saber os múltiplos dos números solicitados para resolver a questão;*
- ✓ *o raciocínio era mais lógico e poderia ser usado o método da tentativa;*

- ✓ *por ser uma questão que depende mais da arrumação dos números do que de cálculos mais complexos.*

Alguns comentários que mostram porque certos alunos consideraram que resolveriam apenas a questão (b) (sem o apoio do agente Blaze):

- ✓ *eu utilizei a lógica para resolvê-la;*
- ✓ *usei por modo de tentativas.*

Alguns comentários que mostram porque certos alunos consideraram que resolveriam apenas as questões (b) e (c) (sem o apoio do agente Blaze):

- ✓ *conseguiria resolver usando meus conhecimentos de lógica matemática;*
- ✓ *porque já possuía os conhecimentos prévios sobre o quadrado mágico e sobre as noções de divisibilidade e probabilidade.*

7.9 EXPERIMENTO III

No experimento III que aconteceu em 9 de junho de 2011, estavam presentes 19 alunos da Licenciatura em Matemática. Estes estudantes apresentavam idades variando de 18 a 27 anos e a maioria possuía 20 anos. Eram de diversos períodos: 7 estavam no 1º, 6 estavam no 3º, 2 estavam no 5º e 4 estavam no 7º período.

Este experimento foi desenvolvido no laboratório de informática. Os participantes presentes, inicialmente, resolveram os problemas sem o apoio do agente Blaze e em seguida responderam o questionário (apêndice H). Depois, estes alunos usaram o apoio do agente para resolver aqueles problemas que não conseguiram resolver sozinhos e também, em seguida responderam o questionário (apêndice G). Este procedimento adotado no experimento III permite verificar em que medida o agente apoiou o aluno na resolução dos problemas que o aluno não conseguiu resolver sozinho.

TABELA 7.9.1 Frequência de uso do computador e da internet (Licenciatura em Matemática)

Com que frequência você usa o computador?			
uma vez por mês	uma vez por semana	todo dia	outra opção
1 (5%)	2 (11%)	15 (79%)	1 (5%)
O aluno que assinalou como resposta "outra opção" justificou que usa o computador "3 dias na semana". O aluno que respondeu "uma vez por mês" justificou "não tenho computador, uso somente quando preciso".			
Com que frequência você utiliza a internet?			
uma vez por mês	uma vez por semana	todo dia	outra opção
0 (0%)	6 (32%)	12 (63%)	1 (5%)
O aluno que assinalou como resposta "outra opção" justificou "não uso pois não sei mexer e não tenho acesso fora do IFF".			
Em todas as questões acima, foram colocados na tabela a frequência das respostas, em número de alunos e em percentual, em um total de 19 participantes da pesquisa.			

A tabela 7.9.1, mostra que a maioria dos participantes já utiliza o computador e a internet, diariamente, embora um aluno (5%) ainda não possua computador em casa. A alfabetização em tecnologias de informação e comunicação supõe, principalmente, aprender a utilizar as tecnologias de informação e comunicação tirando o máximo proveito das possibilidades que essas tecnologias oferecem para o manejo da informação, para a comunicação e para a colaboração na abordagem de situações e problemas e no estabelecimento e conquista de objetivos pessoais e sociais (COLL; ILLERA, 2010).

TABELA 7.9.2 Engajamento – sem e com o Blaze

Usando uma escala de 1 a 5, analise as afirmativas abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Cada item refere-se ao seu estado emocional/comportamental durante a resolução dos problemas.						
	1	2	3	4	5	
	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente	
a) enquanto resolvia os problemas, estava concentrado.	2(11%)	2(11%)	3(16%)	5(26%)	7(37%)	sem Blaze
	1(5%)	3(16%)	0(0%)	5(26%)	10(53%)	com Blaze
b) estava bem consciente das minhas decisões para alcançar a solução.	0(0%)	2(11%)	4(21%)	9(47%)	4(21%)	sem Blaze
	1(5%)	4(21%)	1(5%)	2(11%)	11(58%)	com Blaze
c) estava no controle da situação.	1(5%)	3(16%)	4(21%)	6(31%)	5(26%)	sem Blaze
	1(5%)	4(21%)	3(16%)	6(31%)	5(26%)	com Blaze
d) estava me sentindo bem com relação a mim mesmo.	1(5%)	4(21%)	4(21%)	1(5%)	9(47%)	sem Blaze
	2(11%)	0(0%)	3(16%)	6(31%)	8(42%)	com Blaze
e) meu desempenho estava acima das minhas expectativas.	2(11%)	8(42%)	7(37%)	1(5%)	1(5%)	sem Blaze
	2(11%)	5(26%)	7(37%)	2(11%)	3(16%)	com Blaze
f) obtive sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	6(31%)	4(21%)	2(11%)	5(26%)	2(11%)	sem Blaze
	4(21%)	2(11%)	3(16%)	4(21%)	6(31%)	com Blaze
Em cada item acima de a) até f) foram colocados na tabela a frequência das respostas em número de participantes e em percentual, considerando um total de 19 participantes.						

Na tabela 7.9.2 estão as respostas dadas pelos participantes para a questão que trata sobre o engajamento durante a resolução dos problemas. O engajamento foi analisado, sem e com o apoio do Blaze, o que permite fazer uma comparação de como os participantes se engajaram e até mesmo verificar se o Blaze permitiu um maior engajamento ou não. A concentração (item a, tabela 7.9.2) foi maior quando trabalharam com o apoio do Blaze, ocorrendo o mesmo, para o sucesso na resolução dos problemas (item f, tabela 7.9.2) e para a satisfação (item d, tabela 7.9.2). Crown et al. (2011) afirmaram que é um desafio identificar métodos e contextos pedagógicos para

motivar e engajar os estudantes para que eles sejam participantes ativos no processo de aprendizagem.

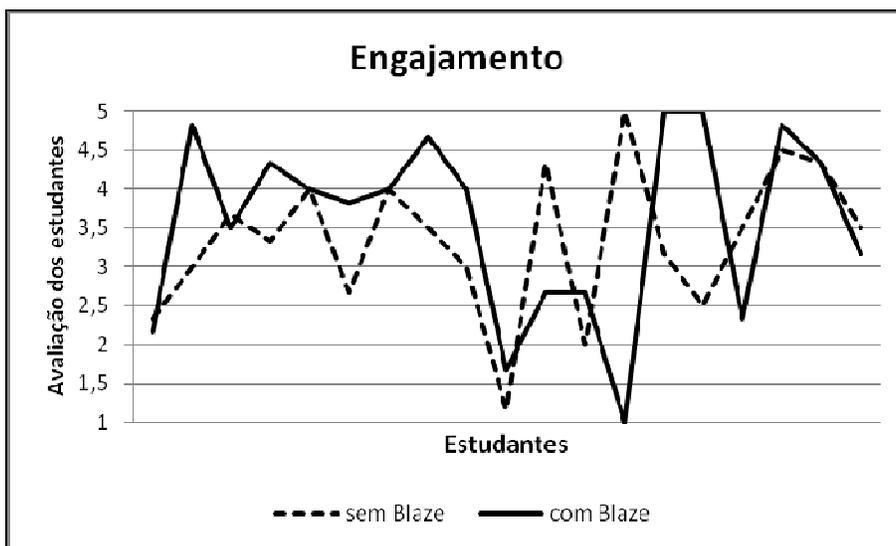


FIGURA 7.9.1 Gráfico comparativo do engajamento dos estudantes

A figura 7.9.1 mostra o gráfico comparativo do engajamento dos estudantes sem e com apoio do Blaze. Verifica-se, neste gráfico, que a maioria destes estudantes ou mantiveram o mesmo nível de engajamento ou aumentaram o nível de engajamento com o apoio do agente conversacional Blaze.

TABELA 7.9.3 Média Total de Engajamento (sem e com o Blaze)

	a	b	c	d	e	f	Soma
Sem Blaze	0,62	0,63	0,60	0,62	0,43	0,44	3,34
Com Blaze	0,63	0,66	0,58	0,66	0,49	0,55	3,57

A tabela 7.9.3 mostra que os participantes apresentaram um índice de engajamento aproximadamente igual a 3,34 (sem apoio do Blaze) e 3,57 (com o apoio do Blaze), numa escala de 1 a 5. Isto significa que não houve uma diferença significativa no engajamento dos participantes sem e com o apoio do Blaze.

TABELA 7.9.4 Teste t de Student - Engajamento

Amostra	17	17
Média	3,24	3,80
Variância	0,82	1,04

A tabela 7.9.4 mostra que o resultado obtido no teste t de Student também não

apresenta uma diferença significativa no engajamento dos estudantes. Isto pode ser comprovado na tabela 7.9.5 com o valor obtido no p-value que é maior do que o alfa.

TABELA 7.9.5 Teste de Hipóteses – t Student

alfa	0,05
p-value	0,095

Analisando os problemas resolvidos pelos estudantes, sem o apoio do agente conversacional Blaze, concluiu-se que:

- 5 estudantes resolveram o problema (a);
- 9 estudantes resolveram o problema (b);
- 9 estudantes resolveram o problema (c);
- Nenhum estudante resolveu o problema (d).

As justificativas dadas pelos estudantes para a eficácia ou o fracasso na resolução de cada problema proposto na atividade realizada, sem o apoio do agente Blaze, estão detalhadas a seguir.

Problema (a):

A partir dos comentários feitos verifica-se que 14 alunos não conseguiram resolver o problema (a) por motivos como: falta de tempo, falta de preparo e por não recuperar os conhecimentos prévios necessários. Aqueles que conseguiram resolver (6 alunos) demonstraram insegurança na solução obtida colocando justificativas como “*Consegui colocar nesta questão todo o conhecimento adquirido nas aulas de construções geométricas e acho que consegui resolver a questão*” e “*Não sei se está certo, pois eu fiz tudo por construção*”.

Problema (b):

Neste problema (b) em que 10 alunos não resolveram encontram-se justificativas como: “*Não sei como fazer*”, “*Não consegui pois nunca resolvi um quadrado mágico*” e “*Não sei a definição*”. Algumas das respostas dos 12 alunos que obtiveram sucesso foram “*Consegui, pelo método do raciocínio lógico*”, “*Tomei como base um número que colocado em todas as linhas e colunas, somassem o mesmo valor. Questão de lógica*”, “*O quadro mágico já conhecia, e apenas fui fixando um valor de modo que a somatória de todos valores tanto na vertical, horizontal e diagonal fossem iguais*”, “*Tivemos uma atividade de quadrado mágico há pouco tempo em uma disciplina e por isso devo me recordar de como é feito*” e “*Consegui resolver pois me identifico com a*

parte algébrica da matemática logo pensei em fazer sistemas”.

Problema (c):

Os 10 estudantes que não resolveram o problema (c) justificaram com respostas como *“Não consegui, pois não consegui compreender o que a questão queria”* e *“Falta de tempo”*. Já os que obtiveram sucesso na resolução fizeram os comentários *“Fiz por tentativas até conseguir o resultado”*, *“Usei os conceitos (ou regras) de divisibilidade”*, *“Consegui, testando todos os valores que eram divisíveis por 3,4 e 5 separadamente”*, *“Tentei usar a lógica, começando pelo “mais fácil” deduzindo o número divisível por 5, e depois por 3 e assim por diante, até obter o número desejado”* e *“Fiz por dedução, fazendo experiências para que todas as exigências da questão fossem atendidas”*.

Problema (d):

Neste problema (d) nenhum estudante foi capaz de resolver sem a ajuda do agente Blaze e apresentaram justificativas como *“Não consegui porque não sabia o que estava se pedindo na questão”*, *“Nunca ouvi falar de número de ouro. Não sei o que é. Não consegui resolver”*, *“Falta de tempo”* e *“Não me recordo muito bem do valor nem como se chega ao número de ouro, mas lembro alguns exemplos da vida e da matemática”*.

As respostas obtidas dos estudantes no experimento III, com relação à eficácia ou o fracasso na resolução dos problemas propostos, mostram que nenhum aluno resolveu o problema (d) sem o apoio do agente Blaze (o mesmo ocorreu nos experimentos I e II). Além disso, em um total de 19 estudantes que participaram do experimento III, verifica-se que 14 estudantes não conseguiram resolver o problema (a) e 10 não conseguiram resolver os problemas (b) e (c), sem o apoio do agente Blaze.

A figura 7.9.2 mostra o gráfico comparativo do desempenho dos estudantes da licenciatura em Matemática, que participaram deste experimento III, considerando as notas que estes estudantes obtiveram na resolução dos problemas matemáticos num processo de aprendizagem autorregulada sem e com o apoio do Blaze. Observando o gráfico (figura 7.9.2) pode-se fazer uma comparação entre o desempenho destes estudantes (sem e com o apoio do Blaze) e conclui-se, claramente que, todos os estudantes ou aumentaram seu desempenho ou mantiveram o mesmo desempenho. Pode-se perceber que um estudante aumentou em 100% o seu desempenho.

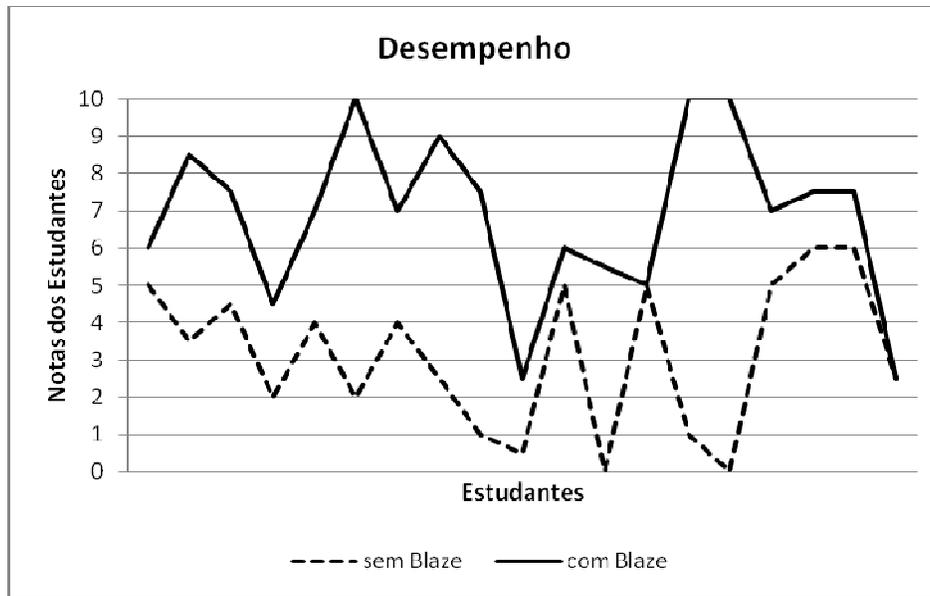


FIGURA 7.9.2 Gráfico comparativo do desempenho dos estudantes

As tabelas 7.9.6 e 7.9.7 mostram a diferença apresentada no desempenho dos estudantes que resolveram os problemas com e sem o apoio do agente Blaze. Os estudantes apoiados pelo Blaze obtiveram um desempenho bem maior (mais que o dobro) que os estudantes que resolveram os problemas sozinhos. Verifica-se que o p-value apresentado na tabela 7.9.7 é menor que o alfa, portanto comprova-se o desempenho superior dos estudantes apoiados pelo agente Blaze.

TABELA 7.9.6 Teste t Student - Desempenho

	sem Blaze	com Blaze
Amostra	19	19
Média	3,13	6,87
Variância	4,05	4,94

TABELA 7.9.7 Teste de Hipóteses – t Student - Desempenho

Teste de Hipóteses – t Student	
alfa	0,05
p-value	0,00

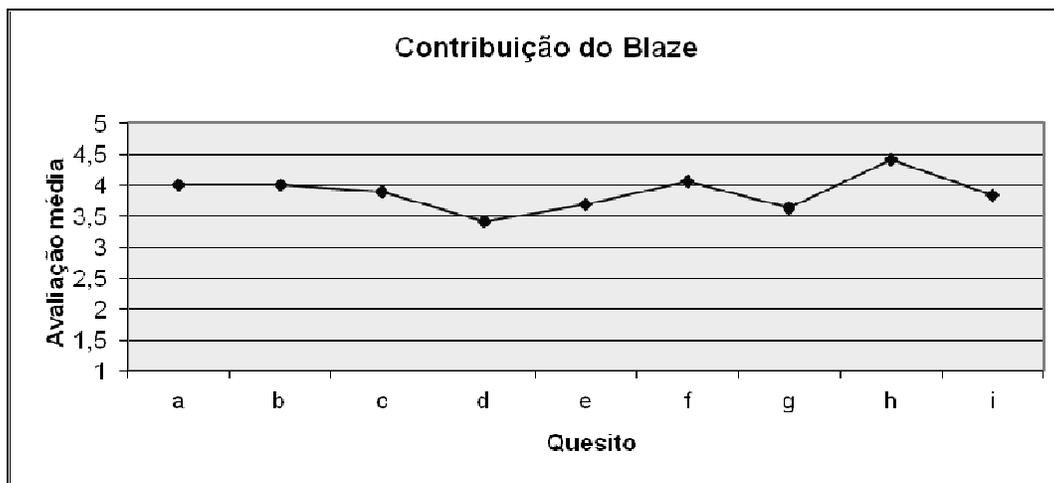


FIGURA 7.9.3 Contribuição do Blaze

A figura 7.9.3 mostra a opinião dos alunos sobre a contribuição do agente conversacional Blaze. Em cada um dos quesitos relacionados na tabela 7.9.4, a média do grau de concordância dos estudantes com as afirmativas em cada caso foi maior do que 3 o que indica que os estudantes manifestaram apreciação pelo apoio fornecido pelo agente. É possível concluir que eles consideraram que a assistência do agente Blaze foi importante para o processo de resolução de problemas em uma aprendizagem autorregulada. Este resultado está mais detalhado na tabela 7.9.8 apresentada a seguir, que mostra a pontuação dos alunos em cada aspecto característico (ou quesito) considerado no processo.

TABELA 7.9.8 Contribuição do Blaze (Licenciatura em Matemática)

Esta questão avalia a importância da assistência do agente conversacional Blaze na resolução de problemas de Matemática. Para as seguintes afirmativas, marque as respostas de 1 a 5 (1=discordo fortemente, 2=discordo parcialmente, 3=indiferente, 4=concordo parcialmente, 5=concordo fortemente).					
	1	2	3	4	5
	Discordo Fortemente	Discordo Parcialmente	Indiferente	Concordo Parcialmente	Concordo Fortemente
a) O agente fez sugestões que auxiliam a lembrar de informações relevantes para a resolução dos problemas.	0(0%)	2(11%)	3(16%)	7(37%)	7(37%)
b) A interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante.	0(0%)	1(5%)	5(26%)	6(32%)	7(37%)
c) O Blaze oferece um atendimento individualizado ao estudante.	0(0%)	3(16%)	4(21%)	4(21%)	8(42%)
d) A interação com o agente Blaze possibilitou a utilização de novas maneiras de resolver os problemas.	2(11%)	3(16%)	4(21%)	7(37%)	3(16%)
e) A interação com o agente proporcionou uma melhoria no encadeamento das idéias durante a resolução dos problemas.	1(5%)	2(11%)	4(21%)	8(42%)	4(21%)

f) Poderei utilizar o tipo de auxílio fornecido pelo Blaze, mesmo sem ser solicitado pelo professor.	0(0%)	0(0%)	5(26%)	8(42%)	6(32%)
g)A assistência do Blaze permitiu alcançar a solução dos problemas matemáticos.	3(16%)	2(11%)	2(11%)	7(37%)	5(26%)
h) Acho que esse tipo de apoio deve ser dado também em problemas de outras áreas, como, Física, Química, Biologia.	0 (0%)	0 (0%)	3(16%)	5(26%)	11(58%)
i)Recomendo, aos meus colegas a assistência do agente Blaze durante a resolução de problemas matemáticos.	0(0%)	2(11%)	3(16%)	10(53%)	4(21%)
Para cada item acima de a) até i) foram colocados na tabela a frequência de respostas em número de participantes e em percentual, em um total de 19 participantes.					

A tabela 7.9.8 apresenta os resultados dos estudantes no que se refere à contribuição do Blaze durante a resolução dos problemas propostos. Os valores obtidos mostram que a assistência do agente Blaze favoreceu, significativamente, para o aprimoramento das habilidades cognitivas consideradas em cada item da tabela. Observa-se que 74% dos estudantes afirmaram que o Blaze auxiliou a recuperação de informações relevantes para a resolução dos problemas (item a, tabela 7.9.8), isto mostra a reutilização de experiências prévias na resolução de novos problemas (RIESBECK; SCHANK, 1989; MANTARAS et al., 2006) ou na situação apresentada por Quirino et al. (2009) na qual o agente pedagógico inteligente, que emprega técnicas de raciocínio baseado em casos, adapta casos anteriores para reusá-los na tutoria de estudantes de medicina (estratégias de ensino anteriores reusadas).

Verifica-se que 69% concordaram que a interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante (item b, tabela 7.9.8) assim como os *guidebots* que interagem com os estudantes para ajudá-los acompanhando-os durante o percurso das atividades de aprendizagem (JOHNSON, 2001). Percebe-se que 63% dos estudantes concordaram que o Blaze oferece um atendimento individualizado (personalização), (item c, tabela 7.9.8), conforme os *guidebots* (JOHNSON, 2001), bem como, 63% também concordaram que a interação com o Blaze proporcionou uma melhoria no encadeamento das idéias durante a resolução dos problemas (item e, tabela 7.9.8) e este mesmo percentual de estudantes concordaram que a assistência do Blaze permitiu alcançar a solução dos problemas matemáticos (item g, tabela 7.9.8) em que está presente a tomada de decisão, que é um aspecto metacognitivo (FLAVELL, 1979), uma importante etapa da aprendizagem autorregulada (ZIMMERMAM, 1996) e a tomada de decisão é relevante também em problemas de *troubleshooting*, problemas históricos e algoritmos (JONASSEN, 2000; JONASSEN; HUNG, 2006). Observa-se que 53% concordaram que a interação com o agente Blaze possibilitou a utilização de novas maneiras de

resolver os problemas (pensamento criativo), (item d, tabela 7.9.8), 74% afirmaram que utilizariam o auxílio fornecido pelo Blaze, mesmo sem ser solicitado pelo professor, bem como, 74% recomendaram aos colegas a assistência do Blaze durante a resolução de problemas de Matemática e 84% acham que esse tipo de apoio deve ser ampliado para outras áreas, como por exemplo, Física, Química e Biologia. Lester, Branting e Mott (2004) mostraram, em suas pesquisas, os agentes conversacionais em problemas de *software* empresarial, dispendo soluções para os problemas dos consumidores e reduzindo custos das empresas. Portanto, o agente conversacional Blaze promoveu, apoiou e guiou o processo de aprendizagem e de construção do conhecimento significativo, relevante e pertinente do estudante. Este processo de aquisição de conhecimentos implica mudança, tanto da nova informação adquirida como no aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva que está relacionada (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

8 CONCLUSÃO

No campo específico da Matemática, *estudantes talentosos* apresentam algumas habilidades como raciocínio efetivo e eficiente, organização dos dados dos problemas para descobrirem padrões ou relações, assim como, têm boa memória para guardar características principais de problemas e soluções (JOHNSEN, 2004). Além disso, *estudantes talentosos* exibem os processos cognitivos de codificação, recuperação, combinação, comparação (uso de analogia) e direcionamento de objetivos durante a resolução de problemas matemáticos (GORODETSKY; KLAVIR, 2003; STERNBERG; DAVIDSON, 1983; DAVIDSON, 1986).

Nesta pesquisa as estratégias cognitivas dos estudantes talentosos foram elicitadas e codificadas para disponibilizá-las como fonte de apoio para os demais estudantes mediante o uso de um agente conversacional. Neste processo, o método de “pensar em voz alta” foi utilizado para a elicitación dos processos cognitivos dos *estudantes talentosos* (medalhistas da OBMEP) durante a resolução de problemas matemáticos. Este método gerou dados verbais que foram utilizados na codificação e representação dos processos cognitivos utilizados por estes estudantes.

A seguir foi criado o agente conversacional Blaze para favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico assim como para estimular o engajamento de outros estudantes em uma aprendizagem autorregulada baseada na resolução de problemas. Estes outros estudantes foram participantes ativos na construção do seu conhecimento e receberam o apoio necessário do agente conversacional Blaze para que essa construção fosse bem sucedida.

O *software* que implementa o agente conversacional Blaze tem a interatividade como uma característica distintiva. A interatividade refere-se às possibilidades que as tecnologias oferecem ao usuário ou aprendiz de estabelecer uma relação contingente e imediata entre a informação recebida e suas próprias ações de processamento desta (COLL; MARCHESI e PALACIOS, 2004). Outra característica deste software é que permite construir representações multimídia por meio da utilização simultânea de múltiplos formatos de representações (textos escritos, narrativas, notações matemáticas, imagens estáticas e em movimento, sons, música, etc.) e oferece a possibilidade de

transitar facilmente entre uns e outros. Além disso, suas ferramentas proporcionam um ambiente no qual é possível modificar a apresentação dos elementos gráficos e suas relações, tanto no que se refere ao tipo de elementos gráficos disponíveis quanto aos recursos que podem ser utilizados – texto, áudio, imagens, vídeos, links para outras informações – e também quanto às possibilidades que oferecem à obtenção de uma representação alternativa da mesma informação por meio de diversos formatos.

Zhang e Norman (1994) mostraram que diferentes formatos de representação da mesma informação, podem gerar condutas cognitivas também diferentes, facilitando ou dificultando a resolução de problemas ou tarefas. O potencial de determinadas representações visuais para apoiar os processos de resolução de problemas deve-se ao fato de que elas constituem uma ajuda para a memória. A partir das representações visuais a informação pode ser interpretada e utilizada, elas ancoram e estruturam a conduta cognitiva. As regras de representação restringem as ações possíveis e modificam a natureza da tarefa, permitindo gerar sequências de ações mais eficientes.

O software do agente conversacional Blaze, permitiu incluir informações na base de conhecimento, por meio de texto escrito, sons e imagens estáticas e em movimento. Estes recursos permitem a obtenção de uma representação alternativa da mesma informação por meio de diversos formatos. Os diagramas podem ser mais eficientes em relação ao texto escrito na resolução de problemas de física e geometria. Isto é devido ao fato de que os diagramas expressam explicitamente o estado do problema facilitando perceber os objetos e suas relações (COLL; ENGEL; BUSTOS, 2010). O formato textual é mais apropriado para orientações, instigações à reflexão e à contextualização.

A diversidade de informações inseridas na base de conhecimentos do agente conversacional, por meio da linguagem AIML, criou melhores condições para que os estudantes aprendessem os conceitos abordados de forma mais eficaz. Isto foi constatado mediante estudo comparativo com um grupo de controle. O grupo de controle não resolveu um dos problemas, que tratava sobre o “número de ouro”, porque nunca tinha ouvido falar sobre este tema, enquanto que o grupo experimental conseguiu resolver este problema com o apoio do agente Blaze.

A técnica usada na estratégia de conversação do agente foi o raciocínio baseado em casos. Este sistema proporcionou aos estudantes a recuperação de conhecimentos prévios em um domínio específico de conhecimento permitindo a resolução de novos problemas.

A assistência do agente conversacional Blaze, em um sistema de aprendizagem

autorregulada por meio da resolução de problemas, favoreceu o acesso do estudante às fontes de informação direta e diversificada, ajudando a desenvolver habilidades cognitivas e a estabelecer significado e funcionalidade. Este sistema de aprendizagem pode ser associado à ideia vygotskiana do potencial da tecnologia de informação e comunicação como instrumento psicológico, como ferramenta de pensamento e de interpensamento (*interthinking*) (VYGOTSKY, 2000).

Para que o aluno ativasse processos de pensamento de ordem superior, foram apresentadas situações nas quais a estrutura e o processo de indagação e de busca de possíveis alternativas para os problemas apresentados, colocaram o aluno em situação de evocar, selecionar e usar seus conhecimentos prévios, de desenvolver progressivamente processos de aprendizagem autorregulados e conscientes e de transferir e provar a funcionalidade do conhecimento. Isto permitiu a exploração de um aprendizado profundo e poderoso – no sentido de solução de problemas, tomada de decisão, formulação de hipóteses e estratégias – como uma forma de envolvimento ainda mais “fluida”. Com isso o aluno consegue alcançar o desafio de passar da informação para o conhecimento, o que “envolve informação interiorizada e adequadamente integrada nas estruturas cognitivas do indivíduo” (ADELL, 1997).

O protótipo, desenvolvido nesta tese, foi usado como uma prova de conceito, que destaca-se em alguns aspectos, como, por exemplo, ensinar e instigar o desafio e a curiosidade: o desafio de alcançar a solução dos problemas propostos e a curiosidade na interação do estudante com o agente Blaze na busca das informações necessárias para a resolução dos problemas. Além destes, são vários outros aspectos que explicam a presença no sistema de um potencial de desenvolvimento ou aprimoramento de habilidades cognitivas, como por exemplo, incorporação de níveis de dificuldade que apresentam a tarefa como desafio, objetivos claramente colocados ou direcionamento de objetivos, utilização da representação plana e espacial, atenção visual, processamento da informação em um determinado tempo. Pode-se afirmar também que o sistema permitiu ao aluno a utilização do pensamento indutivo, recuperação de conteúdos, informações ou conceitos (ativação de conhecimentos prévios), codificação de informações, combinação de ideias, raciocínio por analogia, metacognição, pensamento crítico, pensamento lógico e estratégico, pensamento criativo e tomada de decisão.

O aprimoramento da capacidade metacognitiva como um aspecto característico encontrado no agente conversacional Blaze consiste no fato de que o agente atuou assistindo o aprendiz na realização de suas tarefas e dando suporte ao seu processo

cognitivo. Foi observado nesta pesquisa que o agente Blaze foi capaz de oferecer auxílio para a autorregulação de processos cognitivos (ativação de conhecimentos prévios, ajuda no planejamento, criação de submetas, sugestão de estratégias de aprendizagem), metacognitivos (tomada de decisões, avaliação da aprendizagem, autoavaliação da própria compreensão), motivacionais (autoeficácia, valor da tarefa, interesse, esforço) ou comportamentais (demandar ajuda, manejar dificuldades das tarefas e das demandas).

Conforme comentado anteriormente, o processo de aprendizagem adotado, nesta pesquisa, exige, certamente, uma maior disponibilidade de tempo em sala de aula para consolidação do aprimoramento das habilidades dos estudantes requeridas no sistema e percebe-se, também, a necessidade de disponibilização de elementos que forneçam um *feedback* para certificar ao estudante o valor daquilo que ele aprendeu por meio da utilização das ferramentas do sistema. A interatividade do agente Blaze com os estudantes apresentou algumas limitações ou restrições diagnosticadas durante esta pesquisa, como por exemplo, a ausência de personalização (as expressões foram as mesmas independente do lugar e do usuário que estava interagindo), ausência de sensibilidade contextual (ofereceu a mesma resposta quando interrogado com o mesmo tema independente do contexto) e ausência da necessidade de trabalho em equipe (o trabalho foi individualizado).

Portanto, o agente conversacional Blaze apresenta determinadas potencialidades mas também restrições, tanto no que diz respeito ao que é possível comunicar (conteúdos) quanto ao modo como é possível fazê-lo (procedimentos para escutar, falar, escrever, ler, etc.), o que indiretamente afeta o modo de agir e, portanto, de pensar do aprendiz. Modificações estruturais permitiriam o aperfeiçoamento do funcionamento do agente conversacional Blaze que podem ser verificadas em diversas pesquisas sobre agentes conversacionais ou em sistemas mais complexos como, por exemplo, em Monereo e Romero (2010) que apresentaram um “emulador mais complexo, que consiste na ação de agentes artificiais criados para desenvolver uma missão específica a serviço do aprendiz”.

Assim, esta tese apresentou um modelo de agente conversacional capaz de representar os processos de resolução de problemas de estudantes talentosos com vistas a apoiar outros estudantes na resolução de problemas matemáticos. O agente conversacional desenvolvido foi capaz de interagir com os estudantes, mostrando estratégias aplicáveis no processo de resolução de novos problemas, contribuindo para

desenvolver habilidades cognitivas em um processo de aprendizagem significativa. Conforme Ausubel (1978) a aprendizagem significativa ocorre quando novos conceitos ligam-se a conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno (subsunçores). Se o aluno não tem estes subsunçores para servirem de âncora para a aprendizagem significativa, sua interação com o agente Blaze pode criar oportunidades para a formação de novos subsunçores que por sua vez o tornarão mais habilidoso para solucionar problemas.

Em trabalhos futuros, seria importante dar continuidade à investigação sobre algumas das limitações diagnosticadas nesta pesquisa. Por exemplo, na elaboração de atividades que envolvam trabalho colaborativo para ser desenvolvido em equipe, ou na implementação no agente Blaze de um cadastro para armazenamento dos dados dos alunos, bem como o registro do histórico do diálogo do agente com o estudante. Este recurso pode contribuir para o aperfeiçoamento do mecanismo de interação entre o agente e o estudante, além da personalização da forma como o agente interage com aluno. Para aumentar a abrangência do agente em relação a outras áreas, é possível inserir na base de conhecimentos do agente Blaze informações interdisciplinares, como por exemplo, conceitos relativos a conteúdos de Matemática e Física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications*. 7(1), 39-59, 1994.

ABEL, M. Um estudo sobre raciocínio baseado em casos. Pós-Graduação em Ciência da Computação. UFRGS: Porto Alegre, 1996.

ADELL, J. Tendencias em educación em la sociedad de las tecnologías de la información. *EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 7, 1997.

Agentland. CYBELLE. 2002. Disponível em: <<http://www.agentland.com>> Acessado em abril de 2011.

AINSWORTH, S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.

ALVES, R. Entre a ciência e a sapiência: o dilema da educação. 19. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2008.

ALVES, H. O.; LUZ, A. A. Aspectos Cognitivos, Metacognitivos e Afetivos envolvidos na Resolução de problemas matemáticos. UFPR, 2004.

ALVAREZ, T. G.; PIRES, I. M. Uma nova didática para o ensino de matemática: o método heurístico e a reforma Francisco Campos. Grupo de Trabalho: Educação Matemática, nº 19, PUC: São Paulo, 2000.

ANDERSON, J. R. *Cognitive Psychology and Its Implications*. New York: Freeman, 1980.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*, Interamericana Editora, 2. ed., 1978.

AVRAMENTO, Y.; KRASLAWSKI, A. Case-based design. *Studies in Computational Intelligence (SCI)*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 87, 51-70, 2008.

AYALON, M.; EVEN, R. Deductive reasoning: in the eye of the beholder. *Educ. Stud. Math*: Springer, 69, pp. 235 – 247, 2008.

BADIA, A. e MONEREO, C. Ensino e aprendizado de estratégias de aprendizagem em ambientes virtuais. In: Coll, C.; Monereo, C. (Org.). *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

- BERGER, D. E.; WILDE, W. P. A task analysis of algebra word problems. In D. E. Erger, K. Pezdek, & W. P. Banks (Eds.), *Applications of cognitive psychology: problem solving education and computing*, Hillsdale: Lea Press, pp.123-137, 1998.
- BISWAS, G., KATZLBERGER, T., BRANDFORD, J., SCHWARTZ, D. and TAG-V. Extending intelligent learning environments with TAs to enhance learning. In: Moore, J.D., Redfield, C.L., Johnson, W.L. (eds.) *Artificial Intelligence in Education*, pp. 389–397. IOS Press, Amsterdam (2001)
- BLAIR, K.; SCHWARTZ, D. L.; BISWAS, G. and LEELAWONG, K. Pedagogical agents for learning by teaching: Teachable Agents. *Educational Technology Special Issue 47*, 56-61, 2007.
- BLOM, J. *Psychological Implications of Personalised User Interface*. Doctor of Philosophy. Universidade de York, Inglaterra. 2002.
- BONAR, J.; BLAISE, L. Communicating with High Level Plans. In: *Workshop on Architectures for Intelligent Interfaces: Elements and Prototypes*. 1991, New York, USA. *Proceedings ...* New York: ACM Press, pp.129-156, 1991.
- BONBOIR, A. Thinking aloud. In M. J. Dunkin (ed.) *The International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*. Oxford: Pergamon Press, p. 277-278, 1987.
- BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. *Aprendizagem: processos psicológicos e o contexto social na escola*. Petrópolis: Vozes, 2004.
- BRANCH, J. The trouble with think alouds: generating data using concurrent verbal protocols. In: Kublick, A. (ed.) *CAIS 2000: Dimensions of a global information science*. *Proceedings of the 28th Annual Conference*.
- BRANSFORD, J. D.; STEIN, B. S. *The IDEAL problem solver*. New York: Freedman, 1984.
- CARDOSO, A. C.; MARQUES, A. S. Sistema baseado em regras. 2007. Disponível em: <<http://mestradosiad.blogspot.com/2007/11/sistemas-baseados-em-regras.html>> Acessado em 7 ago. 2010.
- CARVALHO, A. P. L. F. *Redes Neurais Artificiais*. 2009. Disponível em: <<http://www.icmc.usp.br/~andre/research/neural/#hist>> Acessado em 7 ago. 2010.
- CASTANHO, C. L. O.; WAZLAWICK, R. S. A avaliação do uso de *chatbots* no ensino através de uma ferramenta de autoria. XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE, Unisinos, 2002. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/viewFile/160/146>> Acessado em 4 ago. 2010.
- CENTER FOR TALENTED YOUTH. *Personality and Cognitive Learning Styles of Academically Talented Students: Topical Research Series #2*, 1999. Disponível em: <<http://www.cty.jhu.edu/research/topical2.html>> Acessado em 21 mai. 2010.

CENTER FOR TEACHING EXCELLENCE. 2003. Disponível em: <<http://www.umd.edu/cte/>> Acessado em 12 mai. 2010.

CLAREBOUT, G.; ELEN, J. The complexity of tool use in computer-based learning environments. Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica: Springer, 475-486, 2008.

CLARK, B. Growing up gifted. Upper Saddle River, NJ: Merrill, 1997.

COLEMAN, E. B.; SHORE, B. Problem solving processes of high and average performers in physics. *Journal for the Education of the Gifted*, 14(4), 366-379, 1991.

COLL, C.; ENGEL, A. e BUSTOS, A. Os ambientes virtuais de aprendizagem baseados na representação visual do conhecimento. In: Coll, C.; Monereo, C. (Orgs.). *Psicologia da Educação Virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

COLL, C.; MARCHESI, A. e PALACIOS, J. Desenvolvimento Psicológico e Educação. *Psicologia da Educação*. Porto Alegre: ArtMed, 2ed., vol.2, 2004.

COLL, C. e ILLERA, J.L.R. Alfabetização, novas alfabetizações e alfabetização digital: as TIC no currículo escolar. In: Coll, C.; Monereo, C. (Orgs.). *Psicologia da Educação Virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

COLL, C. e MONEREO, C. Educação e aprendizagem no século XXI: novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades. In: Coll, C.; Monereo, C. (Orgs.). *Psicologia da Educação Virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CONLON, T. e SIMPSON, M. (2003). Silicon Valley versus Silicon Glen: the impact of computers upon teaching and learning: a comparative study. *British Journal of Educational Technology*, 34(2), 137-150.

CONNER, J. O. From international schools to inner-city schools. The first principles of the International Baccalaureate Diploma Program. *Teachers College Record*, 110, 322-351, 2008.

CROWN, S.; FUENTES, A.; JONES, R.; NAMBIAR, R. and CROWN, D. Anne G. Neering: Interactive chatbot to engage and motivate engineering students. *Computers in Education Journal*. 21(2), pp.24-34, 2011.

CUBAN, L. So much high-tech Money invested, so little use and change in practice: how come? 2003. Disponível em: <<http://www.edtechnot.com/notarticle1201.html>> Acessado em 20 fev. 2008.

CUNHA, J. B. F. Raciocínio Baseado em Caso: uma aplicação em manutenção de máquinas e equipamentos. Dissertação de Mestrado Profissionalizante com ênfase em

Engenharia de Produção. UFRGS: Porto Alegre, 2002.

DABBAGH, N.; KITSANTAS, A. Supporting self-regulation in student-centered web-based learning environments. *International Journal on E-learning*, 3(1), 40-47, 2004.

DAVIDSON, J. E.; STERNBERG, R. J. The role of insight in intellectual giftedness. *Gifted Child Quarterly*, 28, 58-64, 1984.

DAVIDSON, J. E. Insight and giftedness. In: J. R. Sternberg & J. E. Davidson (Eds), *Conceptions of Giftedness*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 201-222, 1986.

DEMBO, M. H. *Applying educational psychology*. New York: Longman. 5.ed., 1994.

DUARTE, T. *Matemática mais atraente*. A Gazeta do Povo. Curitiba: PR, 2010. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/ensino/conteudo.phtml?tl=1&id=992200&tit=Matemática-mais-atraente>> Acessado em 17 jul. 2010.

DUTRA, R. L. S. AAERO: Ambiente de Aprendizagem para o Ensino de Redes de Computadores Orientado a Problemas. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação. UFRGS: Porto Alegre, 2002.

DUNKLE, M. E.; SCHRAW, G.; BENDIXEN, L. D. Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 1995.

DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61: 103-131, 2006.

ECHEVERRÍA, M. P. P.; CASTILLO, J. D.; CRESPO, M. A. G.; ANGÓN, Y. P. A Solução de Problemas em Matemática. In: *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. POZO, Juan I. (org); NEVES, Beatriz A. (trad.). Porto Alegre: Artmed, 1998. 177p.

ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO, 2008. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/ultnot/2009/04/28/ult1811u270.jhtm>> Acessado em 3 ag. 2010.

ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO, 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/matriz_referencia_novoem.pdf> e <<http://www.enem2010.org/categoria/avaliacao/>> Acessado em 3 ag. 2010.

FALL. *New critical & Integrative thinking rubric*, 2006. Disponível em:

<https://my.wsu.edu/portal/page?_pageid=177,276578&_dad=portal&_schema=PORTAL> Acessado em 20 mai. 2010.

FAN, N.; MUELLER, J. H.; MARINI, A. E. Solving difference problems: wording primes coordination. *Cognition and Instruction*, 12(4), 355-369, 1994.

FERNANDES, T. L. G.; VIANA, T. V. Alunos com necessidades especiais (NEEs): avaliar para o desenvolvimento pleno de suas capacidades. *Est. Aval. Educ.*, São Paulo, v. 20, n. 43, maio/ago, 2009.

FERREIRO, E. Alfabetización digital. De qué estamos hablando? In: Ferreiro, E. *Alfabetización de niños y adultos*, 2007.

FEUERSTEIN, R. The theory of mediated learning experience: about the human as a modifiable being. Ministry of Defense Publications, Jerusalem, 1998.

FIGUEIRA, A. P. C. Métodos de avaliação dos processos cognitivos. 2005. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/linhas/article/viewFile/1340/1149>> Acessado em 12 nov 2011.

FLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving. In: RESNIK, L. B. (ed.) *The Nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 231-236, 1976.

FLAVELL, J. H. Metacognition and cognition monitoring: a new area developmental inquiry. *American Psychologist*, 34 (10), 906-911, 1979.

FONSECA, V. Introdução às dificuldades de aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 1995.

FRANKLIN, S. and GRAESSER, A. Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. In: *Proceedings of the Third International Workshop an Agent Theories, Architectures, and Languages* (pp.21-35). London: Springer-Verlag, 1996.

FREEDMAN, R. Links: What is an Intelligent Tutoring System? *Intelligence* 11(3): 15-16, 2000. Disponível em <<http://faculty.cs.niu.edu/~freedman/>> Acessado em 20 set. 2011.

FUNKE, J. Solving complex problems: exploration and control of complex systems. In R. J. Sternberg and P. A. Frensch (eds), *Complex problem solving: principles and mechanisms*, N. J.: Erlbaum, 1991.

GAGNÉ, R. M. *Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1960.

GAGNÈ, F. From giftedness to talent: A developmental model and its impacto on the language of the field. *Roeper Review*, 18, 103-111, 1995.

GAGNÈ, F. Is there any light at the end of the tunnel? *Journal for the Education of the Gifted*, 22, 191-234, 1999.

GARDNER, H. *Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas*. Porto Alegre: Artmed, 1994, 340p.

GARDNER, H. *Inteligências Múltiplas – A teoria na prática*. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GARDNER, H. How education changes: Considerations of history, science and values. In M. Suarez Orozco & D. Baolian Qin-Hillard (Eds.), *Globalization: Culture and education in the new millennium*. Berkeley: University of California Press, 2004.

GENTNER, D.; LOEWESTEIN, J.; THOMPSON, L. Learning and Transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, v. 95, n.2, 393-408, 2003.

GENTNER, D.; KURTZ, K. J. Relations, objects, and the composition of analogies. *Cognitive Science*, v.30, 609-642, 2006.

GILHOOLY, K. J. *Thinking: Directed, Undirected and Creative*. 3.ed. San Diego: Academic Press, 1996.

GORODETSKY, M.; KLAVIR, R. What can we learn from how gifted/average pupils describe their processes of problem solving? *Learning and Instruction*, 13, 305–325, 2003.

GOUVEIA, E. L.; ROAZZI, A.; MOUTINHO, K.; DIAS, M. G. B. B.; O'BRIEN, D. P. Raciocínio condicional: influências pragmáticas. *Estudos de Psicologia: Natal*. vol.7 n.2 Julho/Dez. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-294X2002000200003&script=sci_arttext> Acessado em 13 mai. de 2010.

GUENTHER, Z. C. *Alunos dotados e talentosos: outra face da inclusão escolar*. 2007. Disponível em: <<http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&ct=res&cd=1&ved=0CByQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conexaeventos.com.br%2Fdownload%2FZenita%2520Guenther%2520-%2520Alunos%2520Dotados%2520e%2520Talentosos.ppt&rct=j&q=estudantes+talentosos+versus+&ei=ILnLS8erA46OuAeK7PD-BA&usq=AFQjCNHWfcX2GHQdnr0PS25eXewunmZSZA>> Acessado em 5 mai. de 2010.

- HADAMARD, J. *Psicologia da invenção na Matemática*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.
- HEFEZ, A. *Iniciação à Aritmética*. Programa de Iniciação Científica da OBMEP, Niterói: RJ, 2009.
- HEIDIG, S. and CLAREBOUT, G. Do pedagogical agents make a difference to student motivation and learning? *Educational Research Review*. 6: 27-54, 2011.
- HONG, N. S.; JONASSEN, D. H. and McGee, S. Predictors of well-structured and ill-structured problem solving in an Astronomy Simulation. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(1), 6-33, 2003.
- IBO (INTERNATIONAL BACCALAUREATE ORGANIZATION). *Education for life*. 2005. Disponível em: <<http://www.ibo.org/>> Acessado em 7 mai. 2010.
- JOHNSEN, S. K. Definitions, Models, and Characteristics of Gifted Students. In: *Identifying Gifted Students: A Practical Guide*. 2004. Disponível em: <http://www.prufrock.com/client/client_pages/Definitions_and_Characteristics/Definitions_and_Characteristics_of_Gifted_Students.cfm> Acessado em 13 mai. de 2010.
- JOHNSON, W. L. Pedagogical Agent Research at CARTE. *AI Magazine*, v.4, n.22, 2001.
- JONASSEN, D. H.; HENNING, P. Mental models: knowledge in the head and knowledge in the world. *Educational Technology*, 39(3), 37-42, 1999.
- JONASSEN, D. H. Learning as Activity. *Educational Technology*, 42(2), 45-51, 2002.
- JONASSEN, D. H. *Learning to solve problems: an instructional design guide*. Pfeiffer, 2003.
- JONASSEN, D. H.; HUNG, W. Learning to Troubleshoot: A new theory-based design architecture. *Educational Psychology Review*, v. 18, n.1, 77-114, 2006.
- KALAYCI, N. *Sosyal bilgilerde problem çözme ve uygulamalar*. (Problem solving and applications in social sciences). Ankara: Gazi Kitapevi, 2001.
- KAPUR, M. *Productive failure in mathematical problem solving*. Singapore: Springer Science, 2009.
- KARAMOUZIS, S. T. Evaluating a CBR system for predicting student performance. *Proceedings of the IASTED International Conference. Applied Informatics*, art. no.411-413, 524-528, 2004.
- KITCHNER, K. S. Cognition, Metacognition, and Epistemic Cognition: A Three-Level Model of Cognitive Processing. *Human Development*, 26, 222 – 232, 1983.

KOJIMA, K.; MIWA, K. Can an AI System Facilitate Human Creative Generation? An Experimental Investigation in Mathematical Problem Posing. Japan, 1169–1174, 2006.

KOLODNER, J. L. Case-based Reasoning. Morgan Kaufmann Publishers. 1993.

KOLODNER, J. L.; GUZDIAL, M. Theory and Practice of Case-Based Learning Aids. 2000. Disponível em: <<http://coweb.cc.gatech.edu/guzdial/uploads/18/cbr-chapter.pdf>> Acessado em jul. 2010.

KOSTON, D.; GOG, T. ; PAAS, F. Self-assessment and task selection in learner-controlled instruction: Differences between effective and ineffective learners. Computers and Education. 54 (4), 932-940, 2010.

LAN, W.Y. Teaching self-monitoring skills in statistics. In Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (Eds.) Self-regulated learning-from teaching to self-reflective practice. 86-105, New York: Guilford, 1998.

LANKSHEAR, C. e KNOBEL, M. Pesquisa Pedagógica: do projeto à implementação. Porto Alegre: Artmed, 2008.

LAWSON, M. J.; CHINNAPPAN, M. Generative activity during geometry problem solving: Comparison of performance of high-achieving and low-achieving high school students. Cognition and Instruction, 12(1), 61–93, 1994.

LAWTON, J. H.; TURNER, R. M.; TURNER, E. H. A unified long-term memory system. Computer Science. Springer: Berlin/Heiderbeg. v. 1650, 188-202, 1999.

LEE, H.-S.; LINN, M. C.; VARMA, K.; LIU, O. L. How do technology-enhanced inquiry science units impact classroom learning? Journal of Research in Science Teaching, v.47, n. 1, 71 -90, 2010.

LEONHARDT, M. D. Doroty: um Chatterbot para treinamento de profissionais atuantes no gerenciamento de redes de computadores. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

LESTER, J.; BRANTING, K. and MOTT, B. Conversational Agents. Practical Handbook of Internet Computing. M.P.Singh, ed. 2004.

LIMA, R. A. Meninos prodígios. Revista Veja: n. 20, 19 de mai. de 2010, ed.2165. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/190510/meninos-prodigio-p-090.shtml>> Acessado em 23 jul. 2010.

LONSDALE, M. e McCURRY, D. Literacy in the new millenium. Australia: Departament of Education, Science and Trining. Australia Council for Educational Research, 2004.

LOUWERSE, M. M.; GRAESSER, A.C.; McNAMARA, D.S. and LU, S. Embodied conversational agents as conversational partners. Applied Cognitive Psychology. n.23,

pp.1244-1255, 2009.

LUCANGELLI, D.; TRESSOLDI, P. E.; CENDRON, M. Cognitive and metacognitive abilities involved in the solution of mathematical Word problems: validation of a comprehensive model. *Contemporary Educational Psychology*, 23, pp.257-275, 1998.

MAKER, C. J.; SAROUPHIM, K. Resolução de problemas e o Projeto Discover. In: *Inteligências múltiplas ao redor do mundo*. GARDNER, Howard (org); CHEN, Jie-Qi (org); MORAN, Seana (org). Porto Alegre: Artmed. 2010, 423 p.

MÁNTARAS, R. L.; BRIDGE, D.; LEAKE, D.; SMYTH, B.; CRAW, S.; FALTINGS, B.; MAHER, M. L.; COX, M. T.; FORBUS, K.; KEANE, M.; AAMODT, A.; WATSON, I. Retrieval, reuse, revision and retention in case based reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, vol. 20(3), pp.215–240, 2006.

MAURI, T. e ONRUBIA, J. O professor em ambientes virtuais: perfil, condições e competências. In: Coll, C.; Monereo, C. (Orgs.). *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MELCHORS, C.; TAROUCO, L. M. R. Fault management in computer networks using case-based reasoning: DUMBO system. *Computer Science*. Springer: Berlin/Heidelberg, v. 1650, pp.510-524, 1999.

MIKIC, F.A.; BURGUILLO, J.C.; LLAMAS, M.; RODRIGUEZ, D.A.; RODRIGUEZ, E. CHARLIE: An AIML-based chatterbot wich works as na interface among INES and human. *IEEE*, 978-1, pp.4244-5386, 2009.

MONEREO,C. e POZO,J.I. O aluno em ambientes virtuais: condições, perfil e competências. In: Coll, C.; Monereo, C. (Orgs.). *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MONEREO, C. e ROMERO, M. Os ambientes virtuais de aprendizagem baseados em sistemas de emulação sociocognitiva. In: Coll, C.; Monereo, C. (Orgs.). *Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 2006, 186p.

MORIN, E. *La mente bien ordenada: repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Barcelona: Seix Barral, 2000.

MORIN, E. A necessidade do pensamento complexo. 2008. Disponível em: <<http://www.eternoretorno.com/2008/08/17/a-necessidade-do-pensamento-complexo-de-edgar-morin/>> Acessado em out. de 2009.

MUIR, T.; BESWICK, K.; WILLIAMSON, J. "I'm not very good at solving problems": An exploration of students' problem solving behaviours. *The Journal of Mathematical Behavior*, n.27, pp.228-241, 2008.

MURRAY, T. Authoring Intelligent Tutoring Systems: An Analysis of the State of the Art, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, n.10, pp.98-129, 1999.

NOEL, B. *La métacognition*. Bruxelas: De Boeck-Wesmael, 1991.

PAAS, F. G. W. C.; VAN MERRIËNBOER, J. J. G. An instructional design model for the training of complex cognitive skills. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch*, n.17, pp.17-27, 1993.

PAZ, O. *Los hijos del limo*. Madrid, Planeta, 1995.

PELED, Z.; WITTRUCK, M. C. Generated meaning in the comparison of word problems in mathematics. *Instructional Science*. n.19, pp.171-205, 1990.

PEREDO, R.; CANALES, A.; MENHACA, A. and PEREDO, I. Intelligent Web-based education system for adaptive learning. *Experts Systems with Applications*, v.38, issue12, pp.14690-14702, 2011.

PDE/SAEB (Plano de Desenvolvimento da Educação /Sistema de Avaliação da Educação Básica), 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/saeb_matriz.pdf> Acessado em 4 ag. 2010.

POLYA, G. *A arte de resolver problemas*. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

POZO, J.I. e CRESPO, M.A.G. A solução de problemas nas ciências da natureza. In: Pozo,J.I. (org.). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PRENSKY, M. *Não me atrapalhe, mãe – Eu estou aprendendo!* 1.ed. São Paulo:Phorte editora, 2010.

PRIMO, A. F. T. Interação mútua e interação reativa: uma proposta de estudo. In: *Congresso Anual em Ciências da Comunicação*, 21, Recife, 1998.

QU, L.; WANG, N. and JOHNSON, W. L. Choosing When to Interact with Learners. *International Conference on Intelligent User Interfaces*, 2004.

QUIRINO, E.; PARAGUAÇU, F. and JACINTO, B. SSDCVA: Support System to the Diagnostic of Cerebral Vascular Accident For Physiotherapy Students. 22nd IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, CBMS 2009. 2-5 Aug. 2009.

RANCIÈRE, J. *O mestre ignorante - cinco lições sobre a emancipação intelectual*. 2.ed.

Belo Horizonte: Autêntica, 21-22, 2007.

RELATÓRIO DO INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/>> Acessado em 24 jul. 2010.

RELATÓRIO DO INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Programme for International Student Assessment (PISA). Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/internacional/pisa/>> Acessado em 15 out. 2009.

RELATÓRIO DO INSTITUTO PAULO NEGRO E A AÇÃO EDUCATIVA. Indicador de Alfabetismo Funcional – INAF, 2007. Disponível em: <http://epoca.globo.com/edic/499/_INAF_2007_dez07_.pdf> Acessado em 13 mar. 2010.

RELATÓRIO DO MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA E INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica – SAEB. 2005. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br/basica/saeb/default.asp>> Acessado em 15 mar. de 2010.

RIBEIRO, C. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. Psicologia: reflexão e crítica, v.16, n.1, 2003.

RIESBECK, C.; SCHANK, R. Inside case-based reasoning. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1989.

RINGATE, T. The AIML Reference Manual. 2001. Disponível em: <<http://www.alicebot.org/documentation/aiml-reference.html>> Acessado 8 jul. de 2010.

ROGERS, K. B. Lessons Learned About Educating the Gifted and Talented: A Synthesis of the Research on Educational Practice. University of New South Wales: Gifted Child Quarterly, vol. 51, n° 4, 382–396, 2007.

SALOMON, G.; PERKINS, D. e GLOBERSON, T. Coparticipando en el conocimiento: la ampliación de la inteligencia humana com las tecnologías inteligentes. Comunicación, Lenguaje y Educación, n.13, pp.6-22, 1992.

SANDHOLTZ, J. H.; RINGSTAFF, C. and DWYER, D. C. foreword by Larry Cuban. Teaching with technology: creating student-centered classrooms. Teacher College Press. Columbia University, New York and London, 1996.

SANTOS, L. Auto-avaliação regulada: porquê, o quê e como? Univ. de Lisboa, 2001. Disponível em: <<http://area.fc.ul.pt/en/artigos%20publicados%20nacionais/F.pdf>> Acessado em mai. 2010.

SAYGIN, A. P.; CICEKLIB, I. Pragmatics in human-computer conversations. Journal

of Pragmatics. [S.1.], n.34, pp.227-258, 2002.

SCHANK, R. C. Goal-Based Scenarios. The Institute for the Learning Sciences Northwestern University. 1992. Disponível em: <<http://cogprints.org/624/1/V11ANSEK.html>> Acessado em 13 jul. 2010.

SCHOENFELD, A. H. Mathematical Problem Solving. Academic Press. Orlando, 1985.

SCHOENFELD, A. H. Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense-making in Mathematics. In: Handbook of research in Mathematics Teaching and Learning, MacMillan: New York, pp.334-389, 1992.

SCHUNK, D. H.; ZIMMERMAN, B. J. Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications. Hillsdale: New Jersey: Lawrence Erlbaum. 1994.

SCHWABE, D. e CARVALHO, R.L. Engenharia do Conhecimento e Sistemas Especialistas. Editora Kapelusz – EBAI, 1987.

SCHWERING, A. et. al. Analogies: Integrating Cognitive Abilities. Science Direct: Cognitive Systems Research, n.10, pp.175-177, 2009.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO ESPECIAL DO MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO BRASIL, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=288&Itemid=824> Acessado em 14 ag. 2010.

SENDAG, S.; ODABASI, H. F. Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills. Computers and Education, 53(1), pp.132-141, 2009.

SHAUNESSY, E. Attitudes Toward Information Technology of Teachers of the Gifted. University of South Florida. Gifted Child Quarterly, 51, pp.119-138, 2007.

SHAUNESSY, E.; SULDO, S.M. Strategies used by intellectually gifted students to cope with stress during their participation in a high school international baccalaureate program. Gifted Child Quarterly, 54(2), pp.127-137, 2010.

SHERILL, J.M. Solving textbook mathematical problems. Alberta Journal of Education Research, 29, pp.140-152, 1983.

SHIH, K.-P.; CHANG, C.-Y.; CHEN H.-C.; WANG S.-S. The development and implementation of scaffolding-based self-regulated learning system for e/m-learning. Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Information Technology: Research and Education (ITRE 2005), pp.30–34, 2005.

SHIH, K.-P.; CHEN, H.-C.; CHANG, C.-Y.; KAO, T.-C. The development and implementation of scaffolding-based self-regulated learning system for e/m-learning.

Educational Technology & Society, 13(1), pp.80–93, 2010.

SILVA, A.; LOUREIRO, C. e VELOSO, M. G. *Calculadoras na Educação Matemática: Atividades*. Associação de Professores de Matemática, Lisboa: Portugal, 1990.

SIMON, D. P. *Information Processing Theory of Human Problem Solving*. In D. Estes (ed.), *Handbook of Learning and Cognitive Process*. Mahwah, N.J.: Erlbaum, 1978.

SIMON, H. A. and NEWELL, A. *GPS: a program that simulates human thought*. 1961. In: E. Feigenbaum, E.; Feldmann, J. *Computers and Thought*, 1995.

SJÖDÉN, B; TÄRNING, B.; PARETO, L. and GULZ, A. *Transferring teaching to testing – An unexplored aspect of teachable agents*. *Lecture Notes in Computer Science*, pp.337-344, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

SOLIMAN, M. and GUELTI, C. *Intelligent Pedagogical Agents in Immersive Virtual Learning Environments: A Review*. MIPRO 2010, May24-28, Opatija, Croatia, 2010.

SPRENGER, M. *Learning & Memory: The brain in action*. ASCD, 1999.

STERNBERG, R. J. and DAVIDSON, J. E. *Insight in the gifted*. *Educational Psychologist*, 18(1), pp.51–57, 1983.

STOGDILL, R. M. *Handbook of leadership: A survey of theory and research*. New York: Free Press, 1974, 613p.

TANNENBAUM, A. J. *Gifted children: Psychological and educational perspectives*. New York: Macmillan, 1983.

TAROUCO, L. M. R. *Inteligência Artificial aplicada ao Gerenciamento de Redes de Computadores*. Tese de Doutorado. São Paulo, 1990.

TIROSH, D. *What do we know about mathematics teacher education? What evidence do we have? What comes next?* *Math Teacher Education: Springer Science*, n. 12, pp.83-87, 2009.

VIEIRA, E. *Representação mental: as dificuldades na atividade cognitiva e metacognitiva na resolução de problemas matemáticos*. *Psicologia Reflexiva e Crítica*, v. 14, n. 2, 2001.

VILA, A.; CALLEJO, M. L. *Matemática para aprender a pensar: o papel das crenças na resolução de problemas*. Porto Alegre: Artmed, 2006, 212 p.

VYGOTSKY, L. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica, 2000.

VYGOTSKY, L. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Martins Fontes: São Paulo, 2007.

WAGNER, E. Teorema de Pitágoras e Áreas. Programa de Iniciação Científica OBMEP, 2005.

WALLACE, R. ALICE – Artificial Linguistic Internet Computer Entity – The A.L.I.C.E A.I. Foundation. 1995. Disponível em: <<http://alicebot.blogspot.com/>> Acessado em 10 jul. 2010.

WALLACE, R. Artificial Intelligence Markup Language (AIML) Version 1.0.1., 2001. Disponível em: <www.alicebot.org/TR/2001/WD-aim> Acessado em 16 jul. 2010.

WILSON, P. S.; COONEY, T. J.; STINSON, D. W. What constitutes good mathematics teaching and how it develops: nine high school teachers' perspectives. *Journal of Mathematics Teacher Education*: Springer, Georgia State: USA, 83-111, 2005.

WHITMORE, J. Giftedness, conflict, and underachievement. Boston: Allyn and Bacon, 1980.

WOOD, P. K. Inquiring Systems and Problem Structures: Implications for Cognitive Development. *Human Development*, 26, 249 – 265, 1983.

WOOLDRIDGE, M. An introduction to multi-agent systems. John Wiley & Sons Ltda, 2002.

WOOLF, B.P.; ARROYO, I.; COOPER, D.; BURLESON, W. and MULDER, K. Affective tutors: automatic detection of an response to student emotion. In: *Studies in Computational Intelligence*, v.308, pp.207-227, 2010.

WUTTKE, E.; WOLF, K. D. Criação de um instrumento de medição da capacidade de resolver problemas – resultados de um estudo piloto. *Revista Europeia de Formação Profissional*, nº 41, pp.94–114, 2007.

YOUNG, M. F. Instructional design for situated learning. *Educational Technology Research & Development*. 41(1), pp.43-58, 1993.

ZHANG, J. and NORMAN, D. Representations in Distributed Cognitive Tasks. *Cognitive Science*, 18(1), pp.87-122, 1994.

ZEPEDA, V. Evento na Universidade Federal Fluminense (UFF) busca aproximar educação do uso de novas tecnologias. *Boletim da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ*. 29 de jul de 2010. Disponível em: <http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=6521> Acessado 30 jul. 2010.

ZIMMERMAN, B. J.; BONNER, S.; KOVACH, R. Developing self-regulated learners: Beyond achievement to self-efficacy. Washington, DC: ACA, 1996.

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO DOS ESTUDANTES TALENTOSOS

De: Eliane Vigneron Barreto Aguiar

Para: Alunos participantes do Projeto de Iniciação Científica – PIC 2009

Ref.: Levantar dados para o estudo piloto promovido.

Caro Aluno,

Visando levantar dados sobre os componentes cognitivos utilizados pelos *estudantes talentosos* durante o processo de resolver problemas matemáticos, gostaria de contar com a sua colaboração, permitindo gravação da fala “em voz alta” dos métodos cognitivos usados para resolver os problemas propostos. Esclareço que esse estudo piloto é parte integrante das atividades de pesquisa da minha tese de doutorado. É importante que você assine abaixo desta mensagem, tomando ciência de que as informações fornecidas serão tratadas somente para fins de pesquisa e que seu nome, como sujeito da pesquisa, será mantido em sigilo.

Agradeço a sua colaboração e coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Eliane Vigneron Barreto Aguiar

UFRGS/IFFluminense campus Campos Centro

Termo de ciência e concordância

Eu, _____,

aceito participar da pesquisa sobre processos cognitivos de resolver problemas de matemática, exclusivamente para fins científicos e acadêmicos.

Campos dos Goytacazes, ____ de _____ de 2010.

Ciente: _____

APÊNDICE B: TERMO DE CONSENTIMENTO DOS ESTUDANTES PESQUISADOS

De: Eliane Vigneron Barreto Aguiar

Para: Estudantes pesquisados - 2011

Ref.: Levantar dados para a pesquisa sobre a interação com o Blaze durante a resolução de problemas.

Caro Aluno,

Visando levantar dados sobre a interação dos estudantes com o agente conversacional Blaze durante o processo de resolução de problemas matemáticos, gostaria de contar com a sua colaboração, permitindo gravação da fala “em voz alta” além de, observação e aquisição, através do recolhimento das soluções dos problemas propostos desenvolvidas por escrito. Esclareço que esse estudo é parte integrante das atividades de pesquisa da minha tese de doutorado. É importante que você assine abaixo desta mensagem, tomando ciência de que as informações fornecidas serão tratadas somente para fins de pesquisa e que seu nome, como sujeito da pesquisa, será mantido em sigilo.

Agradeço a sua colaboração e coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Eliane Vigneron Barreto Aguiar

UFRGS/IFFluminense campus Campos Centro

Termo de ciência e concordância

Eu, _____,

aceito participar da pesquisa sobre a interação do agente Blaze no processo de resolver problemas de matemática, exclusivamente para fins científicos e acadêmicos.

Campos dos Goytacazes, ____ de _____ de 2011.

Ciente: _____

APÊNDICE C: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 5

Problema 5. **Aritmética – Quadrado mágico** – *Complete as casas em branco da tabela ao lado com frações, de tal modo que a soma dos três números de qualquer linha, qualquer coluna e das duas diagonais seja sempre a mesma.*

		$\frac{3}{5}$
	$\frac{1}{2}$	
0,4	0,5	

Solução:

Abaixo está a transcrição da fala do aluno sobre o desenvolvimento da solução da questão.

Aluno I: *“Eu passei os quatro números para a forma de número decimal. Eu dividi 3 por 5 que deu 0,6; dividi 1 por 2 deu 0,5; dividi ... (dividi nada). Aí somei $0,4+0,5+0,6$ deu 1,5. Na fileira do meio, no último quadrinho (pra baixo) está 0,5, em cima tinha 0,6. Como $0,5+0,6$ dá 1,1 então aí eu coloquei 0,4. Na fileira do canto na horizontal estava 2 vezes 0,4, acrescentei 0,7. Na fileira, na vertical, debaixo estava 0,4 e 0,5 acrescentei 0,6. Na fileira horizontal da direita, no meio, eu coloquei 0,3”.*

Ao analisar a transcrição da fala do aluno e a questão, foi percebido que havia uma incoerência, ficando claro, portanto, que o aluno não soube descrever e explicar corretamente como resolveu a questão, visto que não usou os termos corretos enquanto falava, como, por exemplo, o aluno fala em horizontal quando deveria dizer vertical.

Portanto, o aluno apresenta uma boa bagagem de estratégias, mas não está acostumado a descrever os processos que utiliza para resolver um problema. Isto requer uma intervenção do professor, através de perguntas e questionamentos, que possam aprimorar, nestes *estudantes talentosos*, a clareza na descrição de suas estratégias de resolução de problemas.

No problema 5 a palavra-chave é quadrado mágico. O quadrado mágico, descoberto na China, cerca de 3000 anos atrás, servia de amuleto, talismã e, acreditavam nos seus

poderes mágicos. Um quadrado mágico é um arranjo de números que vai de 1 até n^2 em uma matriz $n \times n$, em que cada número ocorre apenas uma vez e este arranjo é tal que a soma dos números existentes em uma linha deve ser igual à soma dos números existentes em qualquer coluna como também em qualquer das diagonais. As diagonais são formadas pelas casas – ou células – que vão de um vértice a outro do quadrado. Podemos partir do princípio que o valor desta soma deve ser igual a $n(n^2 + 1)/2$, sendo esta uma definição mais rigorosa sobre quadrado mágico, pois neste caso não pode ocorrer nem a repetição de números nem a ocorrência do número 0(zero).

Ocorre, porém, que muitos autores aceitam não apenas a inclusão do número 0(zero), quanto também a repetição de números, desde que as condições das somas sejam satisfeitas com relação às linhas, colunas e diagonais. A estes quadrados mágicos assim obtidos é dado o nome de quadrados mágicos não puros. Existem, ainda, quadrados mágicos que apresentam mais propriedades que as normalmente apresentadas e recebem o nome de hiper-mágicos. A ordem n de um quadrado mágico é o número de colunas ou de linhas que este comporta. Ao valor $n(n^2+1)/2$, que deve ser constante para cada quadrado mágico, é dado o nome de *constante mágica* ou *solução*, sendo igual ao valor da soma de cada linha ou coluna.

O quadrado, do problema 5, não satisfaz a definição de quadrado mágico, dada anteriormente. A fórmula para a soma de cada linha ou coluna ou diagonal também não é verificada. Isto porque os números do quadrado são números racionais. E, além disso, há repetição de números nas casas do quadrado: observe que $\frac{1}{2} = 0,5$.

Uma forma correta de encontrar a solução para esta questão 2 é: colocando letras **a**, **b**, **c**, **d**, **e** nos retângulos que estavam em branco, indicando os números que devem ser calculados, transformando os números decimais em frações e, para facilitar as contas, reduzindo as frações a um mesmo denominador, obtemos:

a	c	6/10
b	5/10	d
4/10	5/10	e

Olhando para a diagonal ascendente, verifica-se que a soma dos números que estão na diagonal é igual a $4/10+5/10+6/10=15/10$. Como a soma dos elementos da 3ª linha deve

ser igual a essa soma dos elementos da diagonal, obtemos $4/10+5/10+e=15/10$, donde $e=6/10$. Também obtém-se, na 2ª coluna, $5/10+5/10+c=15/10$, donde $c=5/10$. Colocando esses valores de c e e na tabela, obtemos:

a	5/10	6/10
b	5/10	d
4/10	5/10	6/10

Agora, a primeira linha fornece $a+5/10+6/10=15/10$, donde $a=4/10$. Da 3ª coluna, obtemos $6/10+d+6/10=15/10$, donde $d=3/10$; do mesmo modo, obtemos $b=7/10$ e a tabela está completa.

4/10	5/10	6/10
7/10	5/10	3/10
4/10	5/10	6/10

APÊNDICE D: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 6

PROBLEMA 6. Trigonometria no triângulo retângulo e progressão aritmética - *Determine todos os triângulos retângulos cujos lados são inteiros e estão em progressão aritmética.*

Como a linguagem oral nem sempre retrata exatamente o que está escrito, as representações semióticas feitas durante a resolução do problema também foram analisadas. A resposta da questão 1, feita pelo aluno H, em linguagem escrita foi:

aritmética

1. A fórmula para encontrar triângulos retângulos cujos lados estão em progressão aritmética.
 $(3k), 4k, 5k$ sendo $k \geq 1$. Ex: $k=4$ $(3(4), 4(4), 5(4)) = 12, 16, 20$
 $20^2 = 12^2 + 16^2$ $400 = 144 + 256$ $400 = 400$

O diálogo a seguir mostra a fala dos alunos e do professor, visto que, a intervenção do professor busca levar ao aluno a palavra apropriada, para ajudá-los a lembrar a ideia matemática.

Aluno H: *Eu vi na fórmula que estava no livro. Na fórmula para encontrar triângulo retângulo em que os lados estão em progressão aritmética, seria $3k$, $4k$ e $5k$. O 3 que multiplica k . E o k tem que ser maior ou igual a 1, aí qualquer valor que você der a k maior ou igual a 1 você vai encontrar lados de triângulos que estejam em progressão aritmética, triângulos retângulos.*

Professor: *Alguém fez diferente?*

Aluno L: *... Então ela multiplica por $3k$, essa é a fórmula?*

Professor: *Essa é uma fórmula?! Pois você vai encontrar ternos pitagóricos ou triângulos retângulos, não é isso? O que a questão tá pedindo? Leia novamente.*

Aluno L: *Determinar todos os triângulos retângulos cujos lados são inteiros e estão em progressão aritmética.*

Professor: *O que é progressão aritmética?*

Aluno L: *Tem que ir somando... tem que ter um número...*

Professor: *Uma razão.*

Aluno L: *Uma razão entre os números.*

Como os alunos não conseguiram definir progressão aritmética, foi dada uma definição para melhor entendimento da questão pelos alunos.

Professor: *Uma sequência de números é uma progressão aritmética quando cada elemento é obtido, a partir do anterior, somando-o com a razão.*

Aluno L: *Então esse k vai ser a razão.*

Professor: *Esse k é a razão, neste caso?*

Aluno H: *Não, a diferença porque vai multiplicar...*

Professor: *É, esse k aí vai facilitar você a encontrar o quê? O que o k faz?*

...

Professor: *Tem certeza? Mostre um exemplo.*

Aluno H: *Esse k equivale a 2, aí $3 \times 2 = 6$, primeiro lado é 6; $4 \times 2 = 8$, segundo é 8; $5 \times 2 = 10$. Fica 3, 6 e 10, a razão é de 2 em 2.*

Observação: na fala acima, realçada em cinza, o aluno Y trocou 3 com 6 e 6 com 8.

Professor: *Qual é a razão?*

Aluno H: 2

Professor: *Entenderam? Se for 3?*

Aluno H: *Se for 3, aí vai $3 \times 3 = 9$, $4 \times 3 = 12$, $5 \times 3 = 15$. A razão é 3.*

No problema 6 as ideias principais são **lados de um triângulo retângulo e progressão aritmética**. Nesse problema, é preciso entender que a condição essencial para ser um triângulo retângulo é que um dos ângulos internos é de 90° e, que em todo triângulo retângulo pode ser aplicado o teorema de Pitágoras. E que (3, 4, 5) é um terno pitagórico primitivo porque 3, 4 e 5 são primos entre si, ou seja, $\text{mdc}(3,4)=1$, $\text{mdc}(4,5)=1$ e $\text{mdc}(3,5)=1$. Naturalmente, qualquer terno da forma (3k,4k,5k) com k inteiro e maior que 1 é também pitagórico, mas não primitivo. Assim, os lados de um triângulo retângulo que são números inteiros e estão em PA podem ser obtidos atribuindo valores a k.

APÊNDICE E: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 7

Problema 7. **Razão e Proporção** - *Um litro de álcool custa R\$0,75. O carro de Maria percorre 25km com 3 litros de álcool. Quantos reais Maria gastará com o álcool necessário para percorrer 600km?*

Aluno D: “600km dividido por 25km é igual a 24. Ai essas 24 vezes eu multipliquei por 2,25, pois 2,25 “por” 3 litros. E 2,25 vezes 24 dá 59. Não, é igual a 54”.

Uma solução correta para esta questão 3 é: se em um percurso de 25km ela gasta 3 litros, então para percorrer 100km Maria gastará $4 \times 3 = 12$ litros. Logo, para percorrer 600km, o carro gastará $6 \times 12 = 72$ litros. Como cada litro custa 0,75 reais, 72 litros custarão $0,75 \times 72 = 54$ reais.

As palavras-chave do problema 7 são **consumo de álcool e despesa em reais** que são as variáveis do problema. É um problema simples de determinação da despesa, em reais, considerando uma certa distância percorrida por um carro com uma determinada quantidade de álcool. Pode ser resolvido utilizando-se regra de três simples ou proporção.

Proporção é uma igualdade entre duas razões. Regra de três simples é um processo prático para resolver problemas que envolvam quatro valores dos quais conhecemos três deles. Devemos, portanto, determinar um valor a partir dos três já conhecidos. No problema 7, trabalhamos com grandezas que são diretamente proporcionais, uma vez que, à medida que aumenta a distância percorrida pelo carro, aumenta o consumo de álcool. E se o consumo de álcool aumenta, aumenta também a despesa em reais.

APÊNDICE F: RESOLUÇÃO DO ESTUDANTE TALENTOSO - PROBLEMA 8

Problema 8. **Aritmética – Divisibilidade por 13** – *Da igualdade $9174\ 532 \times 13 = 119\ 268\ 916$ pode-se concluir que um dos números a seguir é divisível por 13. Qual é esse número?*

(a) 119 268 903 (b) 119 268 907 (c) 119 268 911 (d) 119 268 913 (e) 119 268 923

Aluno G: *“Eu vi as opções, o número 119 268 916 é múltiplo de 13. Então, esse número que eu falei menos 13 dá 119 268 903 que é a letra (a)”.*

A solução apresentada pelo aluno está clara e correta. Verifica-se que o aluno sabe o significado de múltiplo de um número e de ser divisível. A ideia central do problema 8 é **múltiplo de 13**. Esse problema é bastante simples e requer a compreensão do estudante de que, por exemplo, 26 é múltiplo de 13, pois $13+13=26=13 \times 2$. Logo, se 119 268 916 é múltiplo de 13, então 119 268 903 também é, isto porque $119\ 268\ 916 - 13 = 119\ 268\ 903$.

APÊNDICE G: QUESTIONÁRIO – ESTUDANTES (COM USO DO BLAZE)

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: _____

Curso: _____

1) Com que frequência você usa o computador?

uma vez por mês; uma vez por semana; todo dia; outra opção: _____

2) Há quanto tempo você usa o computador?

menos que um ano; entre um e três anos; entre três e cinco anos; mais que cinco anos; outra opção: _____

3) Com que frequência você utiliza a internet?

uma vez por mês; uma vez por semana; todo dia; outra opção: _____

4) Usando uma escala de 1 a 5 (em que **1=discordo fortemente; 2= discordo parcialmente; 3= indiferente; 4= concordo parcialmente; 5= concordo fortemente**), analise cada afirmativa abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Esta questão avalia a sua atitude/comportamento durante esta pesquisa. Então, cada item da tabela refere-se ao seu estado emocional/comportamental durante a resolução dos problemas de Matemática.

a) enquanto resolvia os problemas, estava bem concentrado.	1	2	3	4	5
b) estava bem consciente das minhas decisões para alcançar a solução.	1	2	3	4	5
c) estava no controle da situação.	1	2	3	4	5
d) estava me sentindo bem com relação a mim mesmo.	1	2	3	4	5
e) meu desempenho estava acima das minhas expectativas.	1	2	3	4	5
f) obtive sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	1	2	3	4	5

5) Esta questão avalia a importância da assistência do Blaze durante a resolução dos problemas de Matemática. Para as seguintes afirmativas, marque as respostas de 1 a 5, (em que **1=discordo fortemente; 2= discordo parcialmente; 3= indiferente; 4= concordo parcialmente; 5= concordo fortemente**):

a)O agente conversacional Blaze sugeriu métodos que auxiliam o estudante a lembrar de informações relevantes para a resolução dos problemas.	1	2	3	4	5
b) A interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante.	1	2	3	4	5
c)O Blaze oferece um atendimento individualizado ao estudante.	1	2	3	4	5
d) A interação com o agente Blaze possibilitou a utilização de novas maneiras de resolver os problemas.	1	2	3	4	5
e)A interação com o agente Blaze proporcionou uma melhoria no encadeamento das idéias durante a resolução dos problemas.	1	2	3	4	5
f)Poderei utilizar o tipo de auxílio fornecido pelo Blaze, mesmo sem ser solicitado pelo professor.	1	2	3	4	5
g)A assistência do Blaze permitiu alcançar a solução dos problemas matemáticos.	1	2	3	4	5
h) Acho que esse tipo de apoio deve ser dado também em problemas de outras áreas, como, por exemplo, na Física, Química, Biologia, entre outras.	1	2	3	4	5
i)Recomendo, aos meus colegas a assistência do agente Blaze durante a resolução de problemas matemáticos.	1	2	3	4	5

APÊNDICE H: QUESTIONÁRIO – ESTUDANTES (SEM USO DO BLAZE)

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: _____
Curso: _____

1) Com que frequência você usa o computador?

() uma vez por mês; () uma vez por semana; () todo dia; () outra opção: _____

2) Há quanto tempo você usa o computador?

() menos que um ano; () entre um e três anos; () entre três e cinco anos; () mais que cinco anos; () outra opção: _____

3) Com que frequência você utiliza a internet?

() uma vez por mês; () uma vez por semana; () todo dia; () outra opção: _____

4) Usando uma escala de 1 a 5 (em que **1=discordo fortemente; 2= discordo parcialmente; 3= indiferente; 4= concordo parcialmente; 5= concordo fortemente**), analise cada afirmativa abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Esta questão avalia a sua atitude/comportamento durante esta pesquisa. Então, cada item da tabela refere-se ao seu estado emocional/comportamental durante a resolução dos problemas de Matemática.

a) enquanto resolvia os problemas, estava bem concentrado.	1	2	3	4	5
b) estava bem consciente das minhas decisões para alcançar a solução.	1	2	3	4	5
c) estava no controle da situação.	1	2	3	4	5
d) estava me sentindo bem com relação a mim mesmo.	1	2	3	4	5
e) meu desempenho estava acima das minhas expectativas.	1	2	3	4	5
f) obtive sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	1	2	3	4	5

5) Marque os problemas que você conseguiu resolver:

() 1 () 2 () 3 () 4

6) Cada item abaixo refere-se aos problemas 1, 2, 3 e 4 que você resolveu. Diga o motivo pelo qual você conseguiu resolver estes problemas. E, se você não conseguiu resolver os problemas, explique também qual foi o motivo.

a) problema 1:

b) problema 2:

c) problema 3:

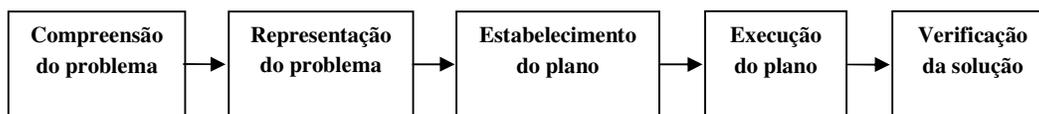
d) problema 4:

APÊNDICE I: RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM O AUXÍLIO DO BLAZE

Introdução

O Blaze é um agente conversacional (ou robot) que vai conversar com você com o objetivo de tirar suas dúvidas durante a resolução dos problemas de matemática. O Blaze pretende ajudar você a pensar sobre o seu próprio processo de resolução, isto significa, pensar metacognitivamente.

Para resolver os problemas considere o modelo heurístico de resolução de problemas de Polya (2006), que está representado abaixo:



Este método heurístico deve levar você a descobrir intuitivamente a solução do problema. Vou mostrar um exemplo de como você deve conversar com o Blaze e usar o método heurístico.

Considere a questão: *No triângulo ABC de área 1, as medianas BM e CN cortam-se em G. Qual é a área do triângulo GMN?*

Para você resolver esta questão:

- 1) Leia o problema para compreendê-lo e verifique o que você precisa saber para começar a tentar resolvê-lo. Busque uma palavra-chave.

Na questão acima: a palavra-chave é MEDIANA, porque se você souber o que é mediana, você saberá o que precisa para resolver o problema. Então esta será a pergunta que você irá fazer ao Blaze.

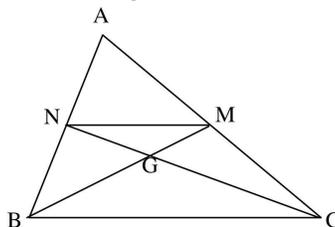
O QUE É MEDIANA? ou simplesmente, escreva MEDIANA.

O Blaze responderá a você o que é mediana e dará dicas de SAIBA MAIS. Verifique!

O ponto G é o baricentro do triângulo. O que é BARICENTRO? Pergunte ao Blaze.

- 2) A seguir, faça uma CONSTRUÇÃO GEOMÉTRICA que represente os dados do problema para ajudar você a visualizar melhor e, para você encontrar um encadeamento das idéias na questão.

Na questão acima, a REPRESENTAÇÃO DO PROBLEMA é:



Nas etapas seguintes, você deve usar as informações adquiridas através do Blaze para encontrar a solução do problema. Use o significado geométrico de mediana no triângulo e, de baricentro de um triângulo e faça as deduções

necessárias.

- 3) Estabeleça um plano para resolver o problema. Encontre uma conexão entre os dados e a incógnita.

Na questão acima, temos que:

- o ponto G é a interseção das medianas, ou seja, é o baricentro do triângulo;
- $GM/BM=1/3$;
- MB é mediana no triângulo ABC, logo divide o triângulo ABC em dois triângulos de mesma área, então, qual é a área do triângulo ABM?
- MN é mediana no triângulo ABM, logo divide o triângulo ABM em dois triângulos de mesma área, então, qual é a área do triângulo BMN?
- e, qual é a área do triângulo GMN?

- 4) Execute o que você planejou considerando cada passo.

Executando o plano, temos:

- a área do triângulo ABM é $\frac{1}{2}$ porque MB divide o triângulo ABC em dois triângulos de mesma área;
- a área do triângulo BMN é $\frac{1}{4}$ porque MN divide ABM em dois triângulos de mesma área;
- e como $GM/BM=1/3$, então $(GMN)/(BMN)=1/3$;
- assim, $(GMN)=(1/3).(1/4)=1/12$;
- a área do triângulo GMN é $1/12$.

- 5) Verifique a solução obtida.

Nesta etapa você deve conferir os passos adotados para verificar a solução obtida.

Agora, leia os problemas, utilize o modelo heurístico de resolução de problemas de Polya e, com a ajuda do agente conversacional Blaze, encontre a solução dos problemas propostos. O Blaze não resolverá os problemas para você, mas será um assistente capacitado durante o processo de resolução.

- 1) Determine o raio da circunferência circunscrita ao triângulo cujos lados medem 6cm, 6cm e 4cm.
- 2) Dado o quadrado mágico abaixo, parcialmente preenchido, qual número deve ser colocado em cada quadradinho em branco.

1	14	
26		13

- 3) Os algarismos 1, 2, 3, 4 e 5 foram usados, cada um uma única vez, para escrever um certo número ABCDE de cinco algarismos tal que ABC é divisível por 4, BCD é divisível por 5 e CDE é divisível por 3. Encontre esse número.
- 4) Você já ouviu falar sobre o número de ouro ou razão áurea? Qual o valor do número de ouro? Apresente uma maneira de encontrar este número. Apresente uma aplicação desse número na vida real e, também na Matemática.

APÊNDICE J: ENTREVISTA COM O PROFESSOR

Este questionário tem o objetivo de capturar as percepções da professora de Matemática da turma pesquisada a respeito das atitudes/comportamentos dos alunos durante a resolução dos problemas com a ajuda do Blaze. Além disso, pretende também, analisar a importância da assistência do agente Blaze durante o processo de resolução de problemas de Matemática.

1) Com que frequência você usa o computador com os seus alunos?

() nunca; () uma vez por mês; () uma vez por semana; () todos os dias de aula; () outra opção: _____

2) Com que frequência você utiliza, com os seus alunos, recursos de ensino e aprendizagem como: softwares, internet, blogs, fórum, chat, entre outros?

() nunca; () uma vez por mês; () uma vez por semana; () todos os dias de aula; () outra opção: _____

3) Usando uma escala de 1 a 5 (em que **1=discordo fortemente; 2= discordo parcialmente; 3= indiferente; 4= concordo parcialmente; 5= concordo fortemente**), analise cada afirmativa abaixo e encontre a resposta adequada para cada situação. Esta questão avalia a atitude/comportamento dos alunos durante esta pesquisa. Então, cada item da tabela refere-se ao estado emocional/comportamental dos alunos durante a resolução dos problemas de Matemática.

a) Enquanto resolviam os problemas, os alunos estavam bem concentrados.	1	2	3	4	5
b) Os alunos estavam bem conscientes das decisões tomadas para alcançar a solução.	1	2	3	4	5
c) Os alunos estavam no controle da situação.	1	2	3	4	5
d) Os alunos estavam se sentindo bem.	1	2	3	4	5
e) O desempenho dos alunos estava acima das expectativas esperadas.	1	2	3	4	5
f) Os alunos obtiveram sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	1	2	3	4	5

Comentários: _____

4) Esta questão avalia a importância da assistência do Blaze durante a resolução dos problemas de Matemática. Para as seguintes afirmativas, marque as respostas de 1 a 5, (em que **1=discordo fortemente; 2= discordo parcialmente; 3= indiferente; 4= concordo parcialmente; 5= concordo fortemente**):

a)O agente conversacional Blaze sugeriu métodos que auxiliam o estudante a lembrar de informações relevantes para a resolução dos problemas.	1	2	3	4	5
b) A interação com o Blaze respeita o ritmo próprio do estudante.	1	2	3	4	5
c)O Blaze oferece um atendimento individualizado ao estudante.	1	2	3	4	5
d) A interação com o agente Blaze possibilitou, aos alunos, a utilização de novas maneiras de resolver os problemas.	1	2	3	4	5
e) A interação com o agente Blaze, proporcionou aos alunos, uma melhoria no encadeamento das idéias durante a resolução dos problemas.	1	2	3	4	5
f)A assistência do Blaze facilitou com que os alunos alcançassem a solução dos problemas matemáticos.	1	2	3	4	5
h) Acho que esse tipo de apoio deve ser dado também em problemas de outras áreas, como, por exemplo, na Física, Química, Biologia, entre outras.	1	2	3	4	5
i)Recomendo, aos meus colegas de trabalho, a utilização da assistência do agente Blaze, durante o ensino e aprendizagem através da resolução de problemas.	1	2	3	4	5

Comentários: _____
