

## A construção do conhecimento matemático com engajamento e aprimoramento de habilidades cognitivas apoiada por um agente conversacional

### The construction of mathematical knowledge and the improvement of cognitive skills with the support of a conversational agent

Eliane Vigneron Barreto Aguiar<sup>a</sup>, Liane Margarida Rockenbach Tarouco<sup>b</sup> y Eliseo Berni Reategui<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Rua Dr. Siqueira, 273 - 28030-130 - Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil <sup>b</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação e Pós-Graduação em Informática na Educação . Av Paulo Gama 110 prédio 12105 sala 336 - Bom Fim - 90035-003 - Porto Alegre, RS - Brasil <sup>c</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação . Paulo Gama 110, prédio 12105 4o andar - 90004-060 - Porto Alegre, RS - Brasil.

E-mail: [elianevig@yahoo.com.br](mailto:elianevig@yahoo.com.br); [eliseoreategui@gmail.com](mailto:eliseoreategui@gmail.com); [liane@penta.ufrgs.br](mailto:liane@penta.ufrgs.br)

#### Información del artículo

Recibido 22 Noviembre  
2011  
Aceptado 18 Diciembre  
2011

#### Palabras clave:

Autoaprendizagem,  
Ensino informatizado,  
Informática educativa,  
Resolução de problemas,  
Sistema baseado no  
conhecimento

#### Palabras clave:

Autoaprendizaje,  
Enseñanza informatizada,  
Informática educativa,  
Resolución de problemas,  
Sistema basado en el  
conocimiento.



#### Resumo

Nesta pesquisa, foi criado um agente conversacional denominado Blaze, para apoiar os estudantes em um sistema de aprendizagem autorregulada durante a resolução de problemas matemáticos. Este agente conversacional utiliza a linguagem de marcação AIML (Artificial Intelligence Markup Language). Na base de conhecimento do agente foram inseridos os processos cognitivos elicitados e codificados a partir da resolução de problemas matemáticos pelos estudantes talentosos (medalhistas da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas). Outros estudantes de graus de escolaridades distintos participaram desta pesquisa resolvendo alguns problemas de Matemática apoiados pelo agente enquanto que alguns estudantes resolveram sozinhos (sem o apoio do agente). Os objetivos principais desta pesquisa foram verificar se a assistência do agente conversacional Blaze contribuiu para aumentar o engajamento dos estudantes participantes durante a resolução dos problemas, assim como, se contribuiu para o aprimoramento das habilidades cognitivas dos estudantes. O resultado obtido mostra que não ocorreu um aumento significativo do engajamento, mas ocorreu aprimoramento de habilidades cognitivas bem como construção do conhecimento.

#### Resumen

En este estudio, se ha creado un agente conversacional llamado *Blaze*, para apoyar a los estudiantes en un sistema de autorregulación del aprendizaje en resolución de problemas matemáticos. Este agente utiliza el lenguaje de conversación AIML (*Artificial Intelligence Markup Language*). Sobre la base de conocimiento del agente fueron introducidos en los procesos cognitivos elicitados y codificados de la resolución de problemas matemáticos para alumnos superdotados (medallistas olímpicos Matemáticas Escuelas Públicas). Otros estudiantes de diferentes niveles educativos participaron en esta investigación para resolver algunos problemas de matemáticas con el apoyo de los agentes, mientras que algunos estudiantes decidieron sin el apoyo del agente. Los principales objetivos de esta investigación fueron verificar si la ayuda del agente conversacional Blaze contribuyó a aumentar la participación de los estudiantes que intervinieron en la resolución de problemas, así como para contribuir en la mejora de las habilidades cognitivas de los alumnos. El resultado muestra que hubo un aumento significativo en el compromiso, pero no hubo mejora en las habilidades cognitivas ni en la construcción del conocimiento.

## 1. Introdução

A resolução de problemas, em um ambiente de aprendizagem online, busca favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico, integrado com pensamento criativo e tomada de decisão (Kalayci, 2001; Odabasi e Sendag, 2009). A importância da experiência prática na aprendizagem ou “aprender fazendo”, permite ao estudante ativar processos de pensamento de ordem superior e, para isso devem ser sugeridas situações indagadoras de busca de alternativas para as soluções dos problemas. Esta perspectiva coloca o estudante diante de uma situação de evocar, selecionar e usar seus conhecimentos prévios, além de desenvolver progressivamente processos de aprendizagem autorregulados e conscientes.

Estudantes conseguem facilmente encontrar conteúdos, como por exemplo, na internet, mas precisam de orientações para ajudá-los a colocar tais informações dentro de contextos. E, precisam também de orientação para desenvolver padrões claros de pensamento, bem como o poder de discernimento. E, nesse momento, o mediador é fundamental. Então o agente conversacional surge para guiar os estudantes e estimulá-los na construção do conhecimento. Neste projeto, foi criado um agente conversacional, chamado Blaze, com o objetivo de aprimorar as habilidades cognitivas dos estudantes num sistema de aprendizagem autorregulada por meio da resolução de problemas de Matemática. O agente utiliza a linguagem de marcação AIML, que permite ao personagem interagir com os alunos em linguagem natural conforme idealizado pelo autor original do software Wallace (1995).

A pesquisa que originou este artigo foi dividida em duas etapas: a primeira etapa trata da eliciação e codificação dos processos cognitivos dos estudantes talentosos durante a resolução de problemas matemáticos. A segunda etapa trata da criação, desenvolvimento e implementação de um agente conversacional, denominado Blaze, com uma base de conhecimento em AIML onde foram representados os processos cognitivos dos estudantes talentosos. O objetivo desta base de conhecimento foi apoiar outros estudantes, por meio de um sistema de aprendizagem baseado na aprendizagem autorregulada, na resolução de problemas matemáticos.

Este artigo descreve principalmente a segunda etapa da pesquisa, abordando, portanto: os atributos do sistema de aprendizagem baseado na aprendizagem autorregulada associado às heurísticas de resolução de problemas; o apoio do agente conversacional Blaze aos estudantes neste sistema de aprendizagem; a análise das resoluções dos problemas apresentadas pelos estudantes; o nível de engajamento e o aprimoramento das habilidades cognitivas destes estudantes neste processo.

## 2. Sistema de aprendizagem

No sistema de aprendizagem utilizado neste trabalho, foi proposto aos estudantes encontrar a solução de determinados problemas de Matemática. Para encontrar a solução, o estudante necessita, inicialmente, compreender o problema e fazer uma representação deste. Posteriormente, o estudante deve fazer um planejamento com estabelecimento de estratégias. Para isso o estudante deve regular seus próprios processos de aprendizagem (ou autorregular) para alcançar o objetivo almejado, utilizando, portanto, os recursos mais adequados. Este sistema de aprendizagem pode ser visualizado na figura 1.

A figura 1 apresenta um modelo de aquisição de habilidades do sistema de aprendizagem, baseado na aprendizagem autorregulada de Zimmerman, Bonner e Kovach (1996), que mostra o ciclo de como os estudantes podem apoderar-se das habilidades da aprendizagem autorregulada. Este sistema está associado ao modelo heurístico de resolução de problemas de Polya (1965). Portanto, este sistema 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 e Zimmerman, 1994). Uma vez que tais atributos são adquiridos, aprendizes podem, então, habilidosamente, autorregular sua aprendizagem.

Na figura 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, 1965).

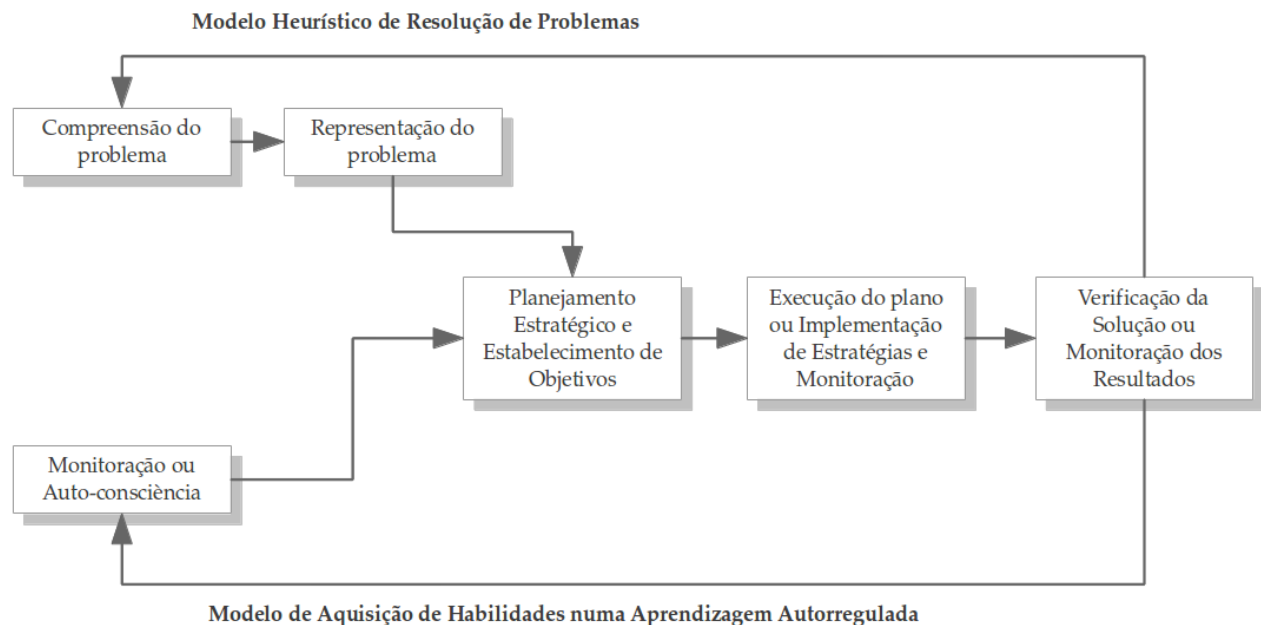


Figura 1. Sistema de aprendizagem autorregulada associado a resolução de problemas .

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 permite 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 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 seja participante ativo desse processo e seja promotor do próprio desempenho (Boruchovitch; Bzuneck, 2004) .

O aprendiz iniciante ou pouco habilidoso não consegue organizar sua aprendizagem por falta de experiência na autorregulação. E, muitas vezes, por falta de domínio do conhecimento, o estudante não analisa minuciosamente os dados do problema para poder direcionar objetivamente as etapas de solução. O processo de resolução de problemas do estudante, principalmente o novato, precisa de monitoração, o que exige um apoio de entidades ou pessoas mais experientes.

Neste contexto de aprendizagem autorregulada, baseada na resolução de problemas matemáticos e, com o objetivo de dar assistência aos estudantes, principalmente os novatos, surge o agente conversacional Blaze. O estudante foi apoiado pelo agente conversacional Blaze, que forneceu direções e oportunidades, ou convenientes andaimes. 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). Se os aprendizes são capazes de controlar seus próprios progressos, seus desempenhos acadêmicos, realizações, tempo sobre questões, comportamento em sala de aula, então, habilidades de resolver problema podem ser aperfeiçoadas (Lan, 1998). A assistência do

agente *Blaze* possibilitou, aos estudantes, o aprimoramento das habilidades cognitivas requeridas neste sistema de aprendizagem autorregulada, conforme detalhado na seção 3, a seguir.

### 3. Os agentes conversacionais pesquisados

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. A linguagem 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, onde 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<sup>a</sup>. 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, Burguillo, Llamas, Rodriguez e Rodriguez, 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.

### 4. O agente conversacional *Blaze*

O agente conversacional *Blaze* foi criado de maneira que a interação entre este e os estudantes seja agradável e produtiva. 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. A inserção de cores no layout das telas e a organização da tela de contato entre o agente e o estudante buscou alusão à um sistema regular já utilizado pelos jovens para conversas diárias online.

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 resolve os problemas para o aluno, mas pode servir como um assistente capacitado e confiável durante o processo de resolução dos problemas. Através de palavras-chave ou questionamentos, os alunos podem dialogar com o *Blaze* que fornecerá dicas para resolver novos problemas de matemática. A figura 2 mostra a resposta dada, pelo agente *Blaze*, para a pergunta do aluno sobre circunferência circunscrita (tema do problema 'a' proposto na pesquisa descrita neste artigo) em que o agente disponibiliza para o aluno um vídeo sobre a construção geométrica de uma circunferência circunscrita.

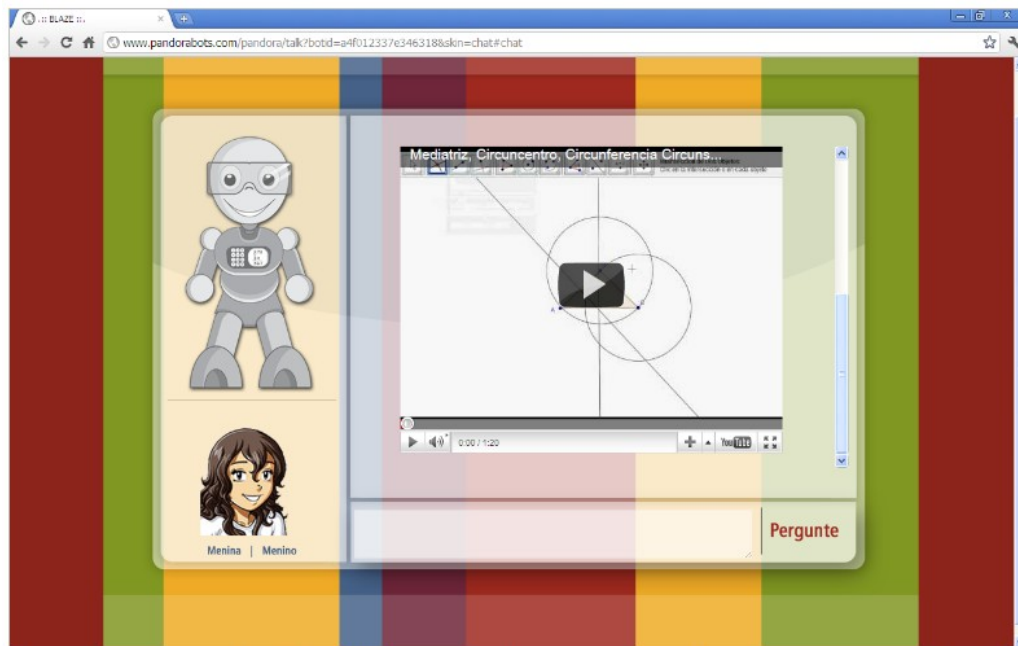


Figura 2. O agente Blaze disponibiliza ao estudante um vídeo sobre a construção geométrica da circunferência circunscrita

Na pesquisa relatada neste artigo, a base de conhecimentos do agente Blaze 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. Nesta base foram armazenados determinados conhecimentos prévios necessários para facilitar a determinação da solução final do problema. Além disso, está baseada em determinados erros típicos que os estudantes costumam cometer em relação ao domínio específico dos problemas propostos na pesquisa. A figura 3 apresenta um momento da pesquisa de interação entre os estudantes e o agente conversacional Blaze. Esta interação permite que os estudantes estabeleçam uma relação contingente e imediata entre a informação recebida e suas próprias ações de processamento desta.

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 foi o raciocínio baseado em casos. 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. 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 raciocínio baseado em casos é um modelo cognitivo de raciocínio, bem como um método de construção de sistemas inteligentes (Kolodner, 1993). 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 (Kojiwa e Miwa, 2006). Um sistema de raciocínio baseado em casos resolve problemas por adaptar soluções que foram utilizadas para resolver problemas anteriores (Riesbeck e Schank, 1989). O sistema de raciocínio baseado em casos baseia-se 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 (Mantaras *et al.*, 2006).



Figura 3. Interação entre os estudantes e o agente Blaze

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 solução pode então ser retida como um novo caso, e assim pode-se afirmar que o sistema “aprendeu” a resolver um novo problema.

## 5. Resolução de problemas

Resolver um problema 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 não tenha visto ainda, em ordem, uma solução satisfatória (Center for teaching excellence, 2003). Um problema designa uma situação 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.

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 transmitir aos estudantes as experiências já vividas, 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.

Nesta pesquisa, os problemas propostos são bem-estruturados, visto que 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). Apresentam, também, soluções compreensíveis. São problemas não complexos, isto é, são compostos de poucas variáveis e, além disso, gerar a solução dos problemas não impõe uma intensa carga cognitiva do estudante.

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 e 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. 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 o pensamento e as decisões tomadas.

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 recíprocas, 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.

Para estudar a resolução de problemas é necessário analisar as habilidades metacognitivas e, em especial o 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. Metacognição é uma função cognitiva 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 (Lin, 2001; White, 1999; Flavell, 1976).

## 6. Problemas propostos

Alguns dos problemas de Matemática, propostos nesta pesquisa, foram trabalhados com um total de 98 estudantes: 66 estudantes do ensino médio, 13 licenciandos em Ciências e 19 licenciandos de Matemática. A faixa etária dos alunos do ensino médio varia de 15 a 19 anos, e a maioria tinha 16 anos. Os licenciandos em Ciências cursavam o 3º período e, numa faixa etária de 18 a 22 anos. Os licenciandos em Matemática, com idades variando de 18 a 27 anos, 32% (6 alunos) tinham 20 anos, 21% (4 alunos) tinham 18 anos, 11% (2 alunos) tinham 21, 22 e 27 anos, 5% (1 aluno) tinha 19, 23 e 24 anos. Estes alunos,

licenciandos em Matemática, são de diversos períodos: 7 estavam no 1º, 6 estavam no 3º, 2 estavam no 5º e 4 estavam no 7º período.

O experimento foi realizado em quatro momentos diferentes: o primeiro momento, foi uma pesquisa piloto com 30 alunos do ensino médio e, aconteceram vários problemas técnicos. O segundo momento foi com outros 36 alunos do ensino médio e estes alunos foram divididos em dois grupos: o G1 trabalhou em sala de aula sem o apoio do *Blaze* e o G2 trabalhou no laboratório de informática com o apoio do *Blaze*. O objetivo de dividir a turma em dois grupos foi verificar o desempenho dos alunos no processo de resolução de problemas com e sem o apoio do *Blaze*.

Os licenciandos em Ciências resolveram os problemas no laboratório de informática. Estes alunos trabalharam com a assistência do *Blaze* no sistema de aprendizagem autorregulada associado ao processo de resolução de problemas. Os licenciandos em Matemática, participantes do minicurso sobre o *Blaze*, foram diretamente para o laboratório de informática e trabalharam sem e com o apoio do agente *Blaze*. Este procedimento buscou verificar o engajamento dos alunos nas duas etapas de trabalho, bem como o desempenho destes na resolução dos problemas. Então, no desenvolvimento da pesquisa, alguns dos problemas de Matemática trabalhados, estão 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.

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 numa 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, numa estrutura de descoberta, onde o critério de sucesso está numa 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. A seguir, estão detalhados os resultados da pesquisa com os estudantes, com apresentação e análise dos questionários respondidos por estes.

## 7. Resultados e discussões

Para os alunos do ensino médio estão apresentados os resultados do engajamento comparando o grupo de controle G1 e o grupo experimental G2, assim como, comentários acerca do desempenho destes grupos. Para os licenciandos em Ciências apresenta-se uma análise dos fracassos e sucessos durante a resolução dos problemas de Matemática. Para os licenciandos em Matemática são apresentados os gráficos comparativos do engajamento e do desempenho destes estudantes com e sem o apoio do agente conversacional Blaze.

### *Ensino médio*

Para os alunos do ensino médio, assim como, os outros estudantes desta pesquisa a média de engajamento foi de aproximadamente 3,5 numa escala de 1 a 5. O conceito de engajamento está diretamente relacionado à motivação que o participante tem em verdadeiramente realizar uma tarefa, sem que para isto ele precise ser recompensado externamente (Paas, 1993). Para avaliar o engajamento do estudante durante a resolução dos problemas foram consideradas as variáveis: concentração, tomada de decisão, autocontrole, satisfação, desempenho e sucesso na obtenção do objetivo (Blom, 2002). Comparando as respostas obtidas pelos dois grupos de alunos, com relação ao engajamento (tabela 1) 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 (tabela 1). A concentração requer esforço mental, assim como em toda aprendizagem em que os aprendizes precisam estar motivados para desenvolver suas atividades.

**Tabela 1.**

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%) 0 (0%) 0%	1 (6%) 1 (6%) 6%	2 (11%) 6 (33%) 22%	8 (44%) 7 (39%) 42%	7 (39%) 2 (11%) 25%	G1 G2 Média
b) estava bem consciente das minhas decisões para alcançar a solução.	0 (0%) 1 (6%) 3%	2 (11%) 2 (11%) 11%	4 (22%) 4 (22%) 22%	7 (39%) 3 (17%) 28%	5 (28%) 6 (33%) 31%	G1 G2 Média
c) estava no controle da situação.	0 (0%) 1 (6%) 3%	3 (17%) 1 (6%) 11%	3 (17%) 6 (33%) 25%	9 (50%) 8 (44%) 47%	3 (17%) 1 (6%) 12%	G1 G2 Média
d) estava me sentindo bem com relação a mim mesmo.	1 (6%) 1 (6%) 6%	1 (6%) 1 (6%) 6%	4 (22%) 5 (28%) 25%	3 (17%) 1 (6%) 12%	9 (50%) 8 (44%) 47%	G1 G2 Média
e) meu desempenho estava acima das minhas expectativas.	4 (22%) 3 (17%) 19%	6 (33%) 4(22%) 28%	4 (22%) 4 (22%) 22%	3 (17%) 3 (17%) 17%	1 (6%) 2 (11%) 9%	G1 G2 Média

f) obteve sucesso na resolução dos exercícios, encontrando as soluções dos problemas.	0 (0%) 1 (6%) 3%	7 (39%) 1 (6%) 22%	3 (17%) 4 (22%) 20%	5 (28%) 4 (22%) 25%	3 (17%) 6 (33%) 25%	G1 G2 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.

Considerando o tratamento dado aos alunos do ensino médio, nesta pesquisa, com o objetivo de comparar os resultados obtidos e para comprovar o nível de significância do engajamento dos alunos do ensino médio em cada grupo G1 e G2 utilizou-se o teste t de Student. Os resultados estão apresentados nas tabelas 2 e 3, a seguir. Do ponto de vista quantitativo (t Student) não se encontrou nenhuma diferença das médias de engajamento entre os grupos G1 e G2 (tabela 2). O teste de p-value confirma a diferença estatisticamente não significativa (tabela 3).

**Tabela 2.**  
Teste t de Student – Engajamento.

	G1	G2
Amostra	18	16
Média	3,56	3,56
Desvio padrão	0,68	0,76

**Tabela 3.**  
Teste de Hipóteses - Engajamento

Alfa	0,05
p-value	0,99

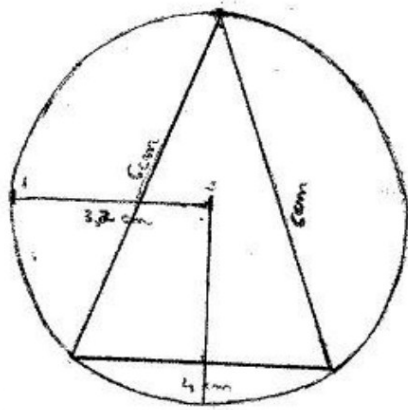
Comparando o desempenho dos alunos do ensino médio, o resultado obtido entre o grupo de controle G1 (o qual trabalhou sem a ajuda do agente Blaze) e o grupo experimental G2 (o qual trabalhou usando o agente Blaze) apontou para uma situação onde o grupo de controle não conseguiu solucionar o problema (d), ao passo que o grupo experimental foi capaz de encontrar a solução deste com a ajuda do agente.

#### *Licenciandos em Ciências*

As resoluções apresentadas pelos licenciandos em Ciências para os problemas propostos foram analisadas de forma mais detalhada. A análise do processo de resolução dos problemas apresentados pelos estudantes no problema (a) foi feita baseada no método heurístico de Polya (1965) mostrado na figura 1 de forma integrada com a aprendizagem autorregulada. A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que nesta questão:

- 92% dos alunos compreenderam o problema (a);
- 85% dos alunos representaram graficamente o problema proposto 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 do problema (a);
- 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 (a) está na figura 4.



$r = 3,2 \text{ cm.}$

Perguntei ao agente Blaze o que era a circunferência circunscrita. O agente forneceu informações textuais e audiovisuais (vídeos) que me possibilitaram circunscrever o triângulo e descobrir o raio da circunferência.

Figura 4. Resposta dada pelo estudante para o problema (a)

O relato do estudante sobre como foi possível resolver o problema (a) (figura 4) 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. Este estudante compreendeu o problema (a), representou geometricamente o problema, por meio da construção, com régua e compasso, da circunferência circunscrita ao triângulo isósceles de lados 6cm, 6cm e 4cm e usou a régua para encontrar o valor do raio da circunferência circunscrita. 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.

Nos problemas (b), (c), (d) foram feitas as análises (apresentadas na tabela 4) das resoluções apresentadas pelos estudantes, verificando apenas se houve sucesso ou fracasso nos processos utilizados para alcançar a solução do problema. A figura 5 mostra a resposta dada pelo estudante para a questão (d). Esta questão refere-se ao número de ouro e o estudante responde: «Nunca tinha ouvido falar. Com a ajuda do Bla-ze descobri que o número de ouro é igual a  $\frac{1+\sqrt{5}}{2}$  que é igual a 1,61803...»

Figura 5. A construção geométrica e algébrica do estudante para o problema (d)

Na figura 5, o estudante 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*». A assistência do *Blaze* permitiu que o estudante reproduzisse o conhecimento adquirido sobre a obtenção do valor do número de ouro, por meio de uma construção geométrica, além do desenvolvimento algébrico da aquisição deste valor. O estudante, simplificada-mente, foi capaz de comentar sobre a aplicação do número de ouro.

A tabela 4, mostra os resultados apresentados pelos alunos para os problemas (b), (c), (d). Verifica-se, portanto, que a maioria dos alunos obteve sucesso na resolução dos problemas e, o problema (b) teve um maior percentual de sucesso. Além disso, 3 alunos, ou seja, 23% dos alunos resolveram o problema (d) de forma incompleta mesmo com o auxílio do *Blaze*. O percentual de fracasso apresentado por alguns alunos, em cada problema, 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 foi bem pequeno.

**Tabela 4.**  
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%

E para que fosse possível comparar o desempenho destes estudantes caso o experimento fosse realizado sem o apoio do agente *Blaze*, os licenciandos em Ciências responderam a seguinte pergunta ao final do questionário: Quais dos problemas de Matemática propostos você teria resolvido sem a ajuda do agente *Blaze*? Estatisticamente, as respostas mostraram que:

- 31% não resolveriam os problemas,
- 31% resolveriam apenas o problema (c),
- 15% resolveriam apenas o problema (b),
- 15% resolveriam os problemas (b) e (c),
- 8% sem resposta.

Alguns comentários que mostram porque certos alunos consideraram que não resolveriam os problemas 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 o problema 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 o problema 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 os problemas 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*».

*Licenciandos em Matemática*

A figura 6 mostra o gráfico comparativo do engajamento dos licenciandos em Matemática 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.

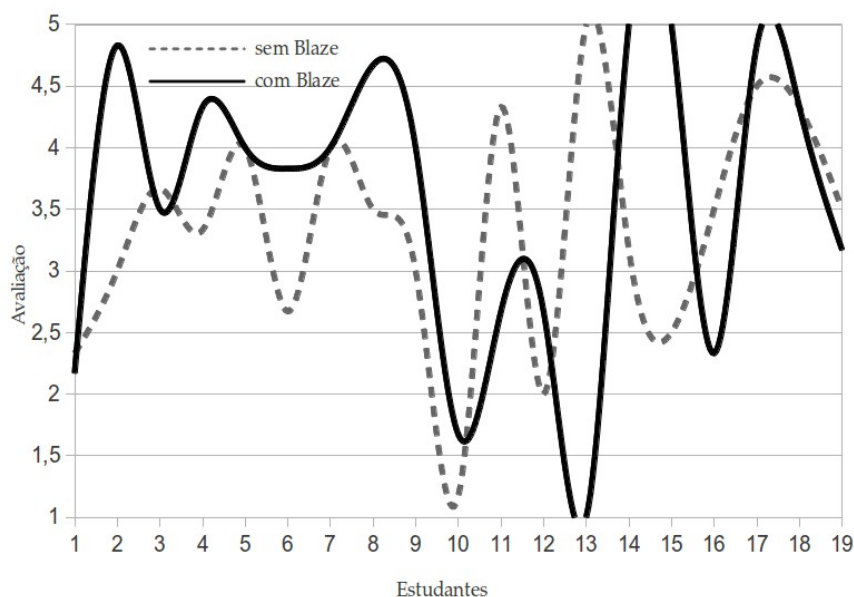


Figura 6. Gráfico comparativo do engajamento dos estudantes.

A figura 7 mostra o gráfico comparativo do desempenho dos estudantes da licenciatura em Matemática, que participaram desta pesquisa, 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) 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.

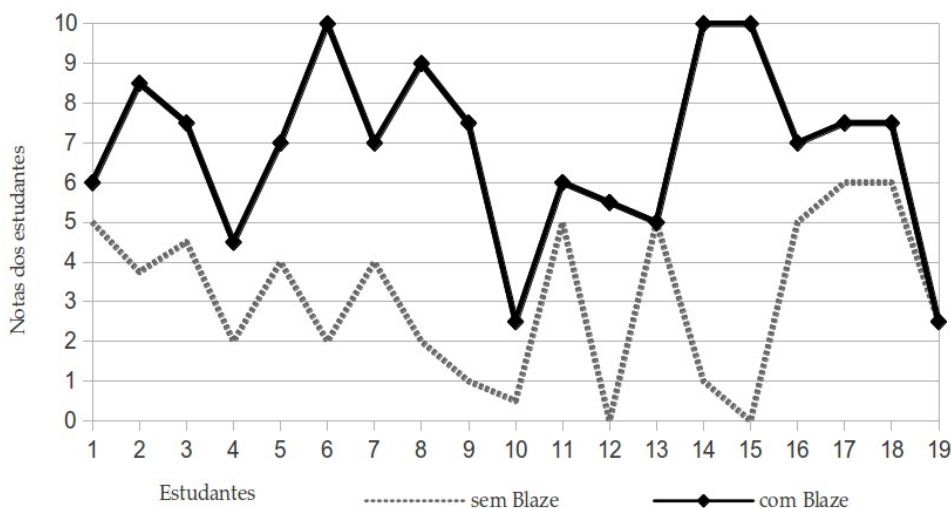


Figura 7. Gráfico comparativo do desempenho dos estudantes.

As respostas obtidas dos estudantes, com relação à eficácia ou o fracasso na resolução dos problemas propostos, mostram que os alunos não conseguiram resolver o problema (d) sem o apoio do

agente Blaze. Além disso, em um total de 19 estudantes, verifica-se que 14 estudantes não conseguiram resolver o problema (a) e 10 não conseguiram resolver os problemas (b) e (c), também sem o apoio do agente Blaze.

## 8. Conclusão

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 exige 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. Isto permitiria explorar um aprendizado profundo e poderoso – no sentido de solução de problemas, tomadas de decisões, formulação de hipóteses e estratégias – como uma forma de envolvimento ainda mais natural. 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).

A assistência do agente conversacional Blaze, num sistema de aprendizagem autorregulada através da resolução de problemas, favorece o acesso do estudante a fontes de informação direta e diversificada, ajudando a desenvolver habilidades de pensamento crítico, pensamento criativo, tomada de decisão e destacando durante o processo de aprendizagem estabelecer significado e funcionalidade. A versatilidade de informações que podem ser inseridas na base de conhecimentos do agente conversacional, assim como a diversidade de conceitos em diferentes áreas, como na escrita, na Matemática, na Física, na Biologia, entre outras, permite que os estudantes aprendam coisas novas e até mesmo desenvolvam o pensamento lógico e estratégico.

Em trabalhos futuros pretende-se inserir na base de conhecimentos do agente Blaze informações interdisciplinares, como por exemplo, conceitos relativos a conteúdos de Matemática e Física, aumentando a abrangência do agente em relação a outras áreas. Para superar algumas das limitações diagnosticadas nesta pesquisa será elaborado um trabalho colaborativo que possa ser desenvolvido em equipe. Além disso, pretende-se também implementar no agente Blaze 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 interatividade entre o agente e o estudante, além da personalização da forma como o agente interage com aluno.

## 9. Referências bibliográficas

- Adell, J. (1997). Tendencias em educación em la sociedad de las tecnologías de la información. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 7.
- Agentland. (2002). *CYBELLE*. Disponível em <http://www.agentland.com>. Acesso em 10 abr. 2011.
- Anderson, J. R. (1980). *Cognitive Psychology and Its Implications*. New York: Freeman.
- Blom, J. (2002). *Psychological Implications of Personalised User Interface*. Doctor of Philosophy. Universidade de York, Inglaterra.
- Boruchovitch, E. & Bzuneck, J. A. (2004). *Aprendizagem: processos psicológicos e o contexto social na escola*. Petrópolis: Vozes
- Center for teaching excellence. (2003). Disponível em: <http://http://www.cte.umd.edu/> Acesso em 18 dic. 2011.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In: Resnik, L. B. (ed.) *The Nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. p.231-236.
- Jonassen, D. H., & Henning, P. (1999) Mental models: knowledge in the head and knowledge in the world. *Educational Technology*, 39(3), 37-42.
- Jonassen, D. H. (2002). Learning as Activity. *Educational Technology*, 42(2), 45-51.
- Jonassen, D. H. (2003). *Learning to solve problems: an instructional design guide*. San Francisco: Pfeiffer.
- Kalayci, N. (2001). *Sosyal bilgilerde problem çözme ve uygulamalar*. (Problem solving and applications in social sciences.) Ankara: Gazi Kitapevi.

- Kojima, K., & Miwa, K. (2006). *Can an AI System Facilitate Human Creative Generation? An Experimental Investigation in Mathematical Problem Posing*. Japan, p. 1169 – 1174. Disponível em: <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/Proceedings/2007/docs/p1169.pdf>
- Kolodner, J. L. (1993). *Case-based Reasoning*. Morgan Kaufmann Publishers.
- Lan, W.Y. (1998). Teaching self-monitoring skills in statistics. In: Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (Eds.) *Self-regulated learning-from teaching to self-reflective practice*. New York: Guilford. pp. 86-105.
- Leonhardt, M. D. (2005). *Doroty: um Chatterbot para treinamento de profissionais atuantes no gerenciamento de redes de computadores*. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS.
- Lin, X. (2001). Designing metacognitive activities. *Educational Technology, Research and Development*, 49(2), 23-40.
- Mantaras, 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. (2006). Retrieval, reuse, revision and retention in case based reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, 20(3), p. 215 – 240.
- Mikic, F.A., Burguillo, J.C., Llamas, M., Rodriguez, D. A., & Rodriguez, E. (2009). *CHARLIE: An AIML-based Chatterbot which Works as an Interface among INES and Humans*. Telematics Engineering Department, University of Vigo, Spain.
- Paas, F.G.W.C., & Van Merriënboer, J. J. G. (1993). An instructional design model for the training of complex cognitive skills. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch*, 17, 17-27.
- Polya, G. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. Trillas. México.
- Riesbeck, C., & Schank, R. (1989). *Inside case-based reasoning*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (1994). *Self-regulation of learning and performance: issues and educational applications*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Sendag, S., & Odabasi, H. F. (2009). Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills. *Computers and Education*, 53(1), pp. 132-141.
- Young, M. F. (1993). Instructional design for situated learning. *Educational Technology Research & Development*, 41(1), pp.43-58.
- Zimmerman, B. J., Bonner, S., & Kovach, R. (1996). *Developing self-regulated learners: Beyond achievement to self-efficacy*. Washington, DC: ACA.
- Wallace, R. (1995). ALICE – Artificial Linguistic Internet Computer Entity – The A.L.I.C.E A.I. Foundation. Disponível em: <http://alicebot.blogspot.com/> Acesso em 10 jul. 2010.
- White, C. J. (1999). The metacognitive knowledge of distance learners. *Open Learning*, 14(3), 37-46.

