



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**ADALBERTO BOSCO CASTRO PEREIRA**

**Um sistema *fuzzy* para geração de tarefas de ensino de leitura e escrita em um jogo digital**

Prof. Dr. Dionne Cavalcante Monteiro

Belém, Dezembro de 2012

Adalberto Bosco Castro Pereira

**Um sistema *fuzzy* para geração de tarefas de ensino de leitura e escrita em um jogo digital**

Dissertação de Mestrado apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Federal do Pará. Área de concentração em Sistemas Inteligentes. Orientador Prof. Dr. Dionne Cavalcante Monteiro.

Belém

2012

Pereira, Adalberto Bosco Castro

Um Sistema Fuzzy para Geração de tarefas de ensino de leitura e escrita em um jogo digital / (Adalberto Bosco Castro Pereira); orientador, Dionne Cavalcante Monteiro. - 2012.

72 f. il. 28 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Belém, 2012.

1. Inteligência Artificial – Aplicações educacionais. 2. Sistemas fuzzy. I. Monteiro, Dionne Cavalcante, orient. II. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDD 22. ed. 006.3

Adalberto Bosco Castro Pereira

**Um Sistema *Fuzzy* para Geração de tarefas de ensino de leitura e escrita em um jogo digital**

Dissertação de Mestrado apresentada para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Federal do Pará

Data da aprovação: Belém-PA. \_\_\_\_ - \_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Banca Examinadora

Prof. Dr. Dionne Cavalcante Monteiro  
Instituto de Computação – UFPA - Orientador

Prof. Dr. \_\_\_\_\_  
Instituto de Computação – USP – Membro

Prof. Dr. \_\_\_\_\_  
Instituto de Computação – UFPA – Membro

Belém  
2012

## **Agradecimento**

À Universidade Federal do Pará.

Ao Professor e Amigo Dionne Monteiro por ter me guiado de forma correta e ter me corrigido nas horas que eu estava errado.

Aos amigos do LAAI: Gilberto Nerino, Hyago Pinheiro , Pedro Afonso e Ellton Sales pelo incentivo e apoio técnico.

Ao amigo da UFSCAR Leonardo Marques, pelo apoio técnico na área da psicologia de aprendizagem e suporte ao GEIC.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

É tratado neste trabalho o desenvolvimento de um Sistema Fuzzy chamado de GTE para geração de tarefas de ensino adaptadas às necessidades individuais de crianças com dificuldade de aprendizado, auxiliando professores, pedagogos e psicólogos no ensino de alunos em processo de alfabetização. Um programa de ensino de leitura e escrita, desenvolvido e estudado por psicólogos a cerca de 20 anos na UFSCar, chamado ALEPP e uma versão computacional chamado GEIC, serviram de embasamento para construção do GTE. Tais metodologias de ensino visam um aprendizado adaptado às necessidades individuais de cada aluno. Percebendo esse forte apelo motivacional e lúdico em jogos digitais, foi proposto uma *gamefication* do GEIC, que se chama ALE-RPG. Porém este jogo contém os mesmos problemas da metodologia de ensino abordada no GEIC, e precisa fortemente da avaliação e intervenção do professor/psicólogo durante a execução do jogo. A execução do jogo terminará quando o sistema considerar que todas as palavras cadastradas no sistema forem aprendidas. Os testes com a geração das tarefas de ensino foram validados com questionários preenchidos por especialistas da área do ensino.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema Fuzzy, AIED, Máquina de Aprendizado, Jogos, Educação, Alfabetização.

## **ABSTRACT**

It is treated in this work the development of a Fuzzy System called GTE to generation of teaching tasks adapted to individual needs of children with learning difficulties., helping teachers, pedagogues, and psychologists the teaching of students in the learning literacy process. A program for teaching reading and writing, developed and studied by psychologists for over 20 years in Federal University of São Carlos called ALEPP and a computational version called GEIC served as the basis for construction of GTE. These teaching methodologies aim to a learning adapted to the individual needs of each student. Realizing this powerful motivational appeal and playful in digital games, was proposed a gamefication the GEIC, called ALE-RPG. But this game has the same problems addressed in teaching methodology GEIC, that needs to strong the evaluation and intervention by the teacher / psychologist while running game. Running the game will end when the system considers all words registered in the system are learned. Tests with the generation of teaching tasks were validated with completed questionnaires by specialists in the field of education.

**KEYWORDS:** Fuzzy System, AIED, Machine Learning, Games, and Education.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos .....	15
1.2 Motivação.....	16
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Metodologia .....	17
1.5 Estrutura da Dissertação .....	19
<b>2 FUNDAMENTOS .....</b>	<b>21</b>
2.1 Jogos Digitais .....	21
2.2 Jogos Digitais Educacionais .....	22
2.3 Conceito de Análise do Comportamento .....	23
2.4 Inteligência Artificial para Educação (AIED).....	28
2.5 Trabalhos Relacionados .....	29
2.5.1 Análise sobre os Trabalhos Relacionados .....	31
<b>3 GTE .....</b>	<b>33</b>
3.1 Execução do Pré-teste inicial.....	34
3.2 Lógica da ordem de ensino das palavras .....	34
3.3 <i>Machine Learning</i> .....	34
3.3.1 Classificação do Aprendizado.....	35
3.4 Sistema <i>Fuzzy</i> .....	35
3.4.1 <i>Fuzzyfication</i> .....	35
3.4.2 Conjunto de Regras .....	37
3.4.3 Inferência <i>fuzzy</i> .....	38
3.4.4 Tomada de decisão.....	44
3.5 Base de Dados.....	44
3.6 Algoritmo de Geração de Fases .....	45
3.7 Fim do jogo .....	45
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
4.1 Proposta e descrição do jogo .....	46
4.2 Protótipo do Jogo .....	48
4.3 Resultados do Sistema <i>Fuzzy</i> .....	49
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>



<b>5.1 Trabalhos Futuros .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RPG	<i>Rolling Play Game</i>
MMORPG	<i>Massive Multiplayer Online Role-Playing Game</i>
GEIC	Gerenciador de Ensino Individual por Computador
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFSCAR	Universidade Federal São Carlos
API	<i>Application programming interface</i>
IA	Inteligência artificial
NPC	<i>Non-Personal Characters</i>
LAAI	<i>Laboratory of Applied Artificial Intelligence</i>
AIED	<i>Artificial Intelligence for Education</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
GBL	<i>Game-Based Learning</i>
CBT	<i>Computer-Based Training</i>
CAI	<i>Computer Assisted Instructional</i>
GTE	Gerador de Tarefas de Ensino.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de representação da classe estímulos e respostas e suas relações. ....	24
Figura 2 – Fluxo da discriminação condicional no programa de ensino. ....	26
Figura 3 – Visão geral do projeto. ....	33
Figura 4 - Visão Geral do Sistema <i>Fuzzy</i> . ....	35
Figura 5 - Representação gráfica dos conjuntos nebulosos de particionamento para uma variável linguística. ....	36
Figura 6 – Tabelas do Banco de dados. ....	45
Figura 7 – Amaru.....	47
Figura 8 - Urama.....	47
Figura 9 – Tipo de Tarefa AC, AB e AE. ....	48
Figura 10 – Tipo de Tarefa BC, BE e CB.....	48
Figura 11 - Tipo de tarefa CE. ....	48
Figura 12 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “bolo” no comportamento DAP. ....	51
Figura 13 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “bolo” no comportamento APG. ....	51
Figura 14 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “bolo” no comportamento APC. ....	51
Figura 15 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tatu” no comportamento DAP. ....	52
Figura 16 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tatu” no comportamento APG. ....	52
Figura 17 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tatu” no comportamento APC.....	53
Figura 18 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “apito” no comportamento DAP. ....	53
Figura 19 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “apito” no comportamento APG. ...	54
Figura 20 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “apito” no comportamento APC.....	54
Figura 21 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tomate” no comportamento DAP. ....	55
Figura 22 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tomate” no comportamento APG. ....	55
Figura 23 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tomate” no comportamento APC. ....	56
Figura 24 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “muleta” no comportamento DAP. ....	56
Figura 25 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “muleta” no comportamento APG. ....	57
Figura 26 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “muleta” no comportamento APC. ....	57

## LISTA DE TABELAS

Quadro 1 - Representação de tipo de estímulos com e suas respectivas Letras. ....	25
Quadro 2 - Três exemplos de diferentes tarefas do tipo discriminação condicional, adaptado de (MARQUES <i>et al.</i> , 2011). ....	27
Quadro 3 – Comparação dos trabalhos relacionados. ....	32
Quadro 4 - Variável de entrada do sistema <i>fuzzy</i> , provida pela ML. ....	36
Quadro 5 - Variáveis de saída. ....	38
Quadro 6 - •Ativação para o tipo de tarefa AE. ....	39
Quadro 7 - Ativação para o tipo de tarefa AC. ....	39
Quadro 8 - Ativação para o tipo de tarefa AB. ....	39
Quadro 9 - Ativação para o tipo de tarefa BE. ....	39
Quadro 10 - Ativação para o tipo de tarefa CE. ....	39
Quadro 11 - Ativação para o tipo de tarefa AE. ....	39
Quadro 12 - Ativação para o tipo de tarefa AE. ....	40
Quadro 13 - Ativação para o tipo de tarefa AC. ....	40
Quadro 14 - Ativação para o tipo de tarefa AC. ....	40
Quadro 15 - Ativação para o tipo de tarefa AC. ....	40
Quadro 16 - Ativações para números de comparações. ....	41
Quadro 17 - Ativações referentes as palavras incorretas. ....	43
Quadro 18 - Classificações do aprendizado de cada palavra das simulações gerado pelo GTE. NL significa Não Aprendeu e HL significa Aprendeu. ....	50
Tabela 19 - Diferença do nível de dificuldade de cada tarefa entre a dificuldade escolhida pela IA e a dificuldade escolhida pelo psicólogo. ....	58
Tabela 20 - Nível de dificuldade das tarefas geradas dado a dificuldade gerada sistema <i>fuzzy</i> e a tarefa escolhida pelos psicólogos agrupados por comportamento do aluno. ....	59

# 1 INTRODUÇÃO

O ensino das crianças no processo de aprendizado de leitura e escrita é um campo de estudo muito delicado e amplo, existindo muitas vertentes e linhas de raciocínio focadas em desenvolver uma forma mais eficiente para uma alfabetização adequada. Quando se trata de crianças com dificuldade de aprendizado, é necessária uma atenção ainda maior.

Um processo de aprendizado eficiente exige o esforço cooperativo entre aluno e professor. A constante motivação do aluno nos estudos é de fundamental importância para que ele mantenha a plenitude de seu potencial no processo de aprendizado (Tobias, 1994). Para os professores, o ideal é que qualquer tentativa de melhorar os resultados dos alunos precisam ter base no desenvolvimento de comportamentos de ensino eficazes (Brophy, 1986). Em outras palavras, eles devem dar aos alunos orientação adequada.

Uma equipe de psicólogos especializados da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), tem pesquisado, a cerca de 20 anos, a melhor forma de aplicar uma didática diferenciada de ensino e apoio intelectual de crianças com dificuldades de aprendizado (Rose *et al.*, 1989). Essas pesquisas resultaram num programa de ensino denominado de: “Aprendendo a Ler e a Escrever em Pequenos Passos” (ALEPP). Este programa visa promover a aprendizagem de leitura e escrita de crianças com dificuldades de aprendizado. O programa é composto de módulos de ensino que se mostraram eficazes em pesquisas de laboratório e, atualmente são disponibilizados para uso público (por instituições educacionais ou por professores, pais, fonoaudiólogos, etc.). Os módulos de ensino são compostos por tarefas de ensino que envolvem habilidades de ler, fazer cópia e fazer ditado, e também, outras relações mais elementares, como ser capaz de identificar se uma palavra impressa é igual ou diferente de outra, sequenciar as letras que compõem uma palavra, ou até mesmo distinguir entre uma figura e outra.

Existe uma versão do ALEPP que pode ser aplicada remotamente por um computador com acesso à internet. Esse acesso é mediado pelo software Gerenciador de Ensino Individualizado

por Computador (GEIC), desenvolvido pelo Laboratório de Estudos do Comportamento Humano (LECH) e pelo Laboratório para Inovação em Computação e Engenharia (LINCE), ambos da UFSCar (Marques *et al.*, 2011). Porém esta metodologia de ensino tem um sério problema motivacional causado pelo descontentamento do usuário ao realizar tarefas repetidas. Buscando resolver tal problema, tem sido utilizado em trabalhos relacionados um processo de transformar um conjunto de atividades em um jogo, chama-se esse processo de *Gamefication*. Normalmente a *Gamefication* é usada para: **i)** tornar uma tecnologia mais envolvente; **ii)** aumentar a motivação do usuário em determinada tarefa; **iii)** ajudar a resolver problemas de formas divertidas e sem distrações; e **iv)** tirar proveito da pré disposição humana de se envolver em jogos. A técnica pode encorajar as pessoas a realizar tarefas que normalmente consideram entediante, como a realização de pesquisas, compras, preenchimento de formulários de impostos, ou a leitura de sites.

Uma linha de pesquisa voltada à educação que cresce a cada dia são os jogos educacionais. São *games* que tem por objetivo auxiliar no processo de aprendizagem (Aguiar, 2008). Estes propiciam um processo de estimulação do desenvolvimento cognitivo da pessoa, auxiliando na criação de estratégias, entendimento e velocidade para a solução de problemas.

Os jogos educacionais podem explorar diversos aspectos, como: inteligência, raciocínio, ludicidade, dentre outros. Por exemplo, têm-se os jogos de exercício (caça-palavra) e de construção (palavras cruzadas) que exploram a ludicidade. Os jogos que exigem o raciocínio prático (xadrez) e a associação de ideias (Sudoku) proporcionam a aquisição de condutas cognitivas.

Os jogos digitais conquistaram um espaço importante na vida das crianças, jovens e adultos e hoje é um dos setores que mais cresce na indústria de mídia e entretenimento. Além deste mercado, por sua forte motivação, os jogos digitais também estão sendo aliados a campos como simulações diversas, voltados ao aprendizado, geralmente conhecidos por *Game-Based Learning* (GBL) (Xiangfeng *et al.*, 2010) e ainda na Inteligência Artificial para Educação (AIED) (Benedict, 1997).

Alguns jogos vêm utilizando geração de fases e objetivos de forma automática há algum tempo, buscando aumentar sua vida útil. Existe em alguns casos uma forma de desafio conhecida por “*endless*” onde o jogador é exposto a desafios em fases geradas indefinidamente até perder o jogo. Esta abordagem existe para várias áreas dentro de jogos e em muitos aspectos como: texturas 2D, modelos 3D, músicas, fases, histórias, missões e etc.

Estas técnicas de geração são de crescente importância para o processo de desenvolvimento de jogos computacionais (Dormans *et al.*, 2011). Porém estas técnicas de geração não procuram se adaptar ao usuário, apresentando somente o aumento da dificuldade de forma gradual, ou uma dificuldade constante.

Neste trabalho, pretende-se abordar a área de geração de tarefas de ensino adaptadas. Para isso estudou-se a psicologia responsável por avaliar o desenvolvimento humano e suas capacidades cognitivas motoras para o aprendizado de forma automática. Dessa forma, ter-se-á o apoio de profissionais do comportamento humano. A maneira de como se dá a avaliação do desenvolvimento da pessoa que participa da metodologia de ensino proposta pelo ALEPP, foi mapeada matematicamente e computacionalmente.

O tema principal desse trabalho é baseado em como um especialista avalia e cria tarefas de ensino adaptadas às necessidades do aluno. Para isso foi desenvolvido um Gerador de Tarefas de Ensino (GTE) que propõe desafios de acordo com os dados obtidos da avaliação prévia fornecida por uma *Machine Learning* (ML), que ocorre no decorrer da execução do jogo "Aventuras de Amaru" (Pereira *et al.*, 2012). Esses desafios serão representados de forma lúdica através de diferentes fases do jogo, geradas em tempo real com dificuldades, e obstáculos adaptados à pessoa que está jogando, aumentando ou diminuindo a dificuldade das tarefas de acordo com o progresso do jogador.

O Projeto foi desenvolvido em três partes. A parte técnica responsável pelo jogo "Aventuras de Amaru" foi desenvolvida com ajuda de alunos de iniciação científica da graduação. A parte científica foi dividida em duas partes, uma responsável pelo GTE desenvolvida nesta dissertação e a outra ML foi tratada num estudo separado de outra dissertação.

## 1.1 Objetivos

O foco deste trabalho é desenvolver uma solução baseada num Sistema *Fuzzy* (Pereira *et al.*, 2012) aplicada à geração de tarefas de alfabetização. O GTE será validado num jogo digital que gerará tarefas de ensino adaptando-se às habilidades de criança, para que a tarefa gerada não seja muito fácil, nem muito difícil.

Os objetivos específicos desta dissertação são:

- Modelar um sistema inteligente que fará uma geração de tarefas e fases, adaptadas às necessidades de cada jogador.
- Criar um protótipo baseado no modelo definido, a fim de fazer os primeiros testes em uma base de dados existente no GEIC.
- Fazer um protótipo do jogo “Aventuras de Amaru” (Pereira *et al.*, 2012) que possua caráter lúdico.
- Realizar coleta de resultados com especialistas, testando a eficácia da geração das tarefas, fases de aprendizado e verificar se sua adaptação está adequada.

## 1.2 Motivação

O alto déficit de aprendizado de leitura e escrita é um problema constante que tem sido estudado há algum tempo (Rose *et al.*, 1989). Diversas alternativas vêm surgindo, dentre elas: a informatização de métodos de ensino, a individualização e a *gamefication* citada na introdução. O jogo digital é uma ferramenta lúdica muito eficiente para ajudar a solucionar esse problema. Diversos trabalhos na literatura atual vêm agregando conhecimento nessa área, como é o caso do ALE-RPG (Sarmanho *et al.*, 2011).

O principal interesse neste trabalho é fazer uma evolução nos métodos de aprendizado existentes. Com uma análise em trabalhos relacionados e referências de jogos computacionais voltados ao aprendizado, verifica-se que os mesmos apresentam como objetivo principal o aprendizado coletivo massificado e não um jogo específico para cada criança. Existe então um problema: Para que se possa ter um aprendizado efetivo de máximo aproveitamento individual de cada criança, como fazer um jogo diferenciado? E que seja voltado às necessidades específicas de cada criança?

Não foi encontrado na literatura metodologias de ensino automatizadas, geradores de tarefas de ensino, que se adaptem às necessidades individuais do usuário, e gerador de fases e missões que se adapte ao jogador.

## 1.3 Justificativa

A problemática referente à motivação e evolução dos métodos de aprendizado, para o projeto, é obter um sistema *Fuzzy* que interprete as informações de uma avaliação computacional prévia feita por um sistema inteligente e então gere tarefas de ensino adaptáveis. Dessa forma contribuindo para que sejam geradas tarefas de ensino adaptadas a cada necessidade do indivíduo que está jogando.



Esse projeto visa unir outras áreas além da IA, tornando-o mais complexo e desafiador. O produto, tanto da parte técnica quanto da parte científica, tende a ser de grande importância, logo, o projeto aborda as seguintes áreas do conhecimento:

- **Informática na Educação:** Este projeto tem uma temática educacional do ensino de leitura e escrita, ou seja, o processo de ensino-aprendizagem acontecerá no jogo "Aventuras de Amaru", que contém um aspecto lúdico e motivante para usuários inseridos num contexto educacional e ainda é único na questão da adaptação personalizada para cada indivíduo.
- **Psicologia:** o projeto tem como referência a utilização do programa de ensino GEIC, que é objeto de grandes estudos na área de análise comportamental e psicologia voltada ao ensino de crianças, da Universidade Federal de São Carlos.
- **Jogos computacionais:** Um sistema que aprendizado de máquina gera uma interpretação de dados da aprendizagem do jogador e propõe fases e tarefas adaptadas as suas necessidades no jogo "Aventuras de Amaru". Técnicas ligadas ao *Game Development* são utilizadas e unificadas em técnicas de IA forte, algo pouco desenvolvido no território brasileiro. Além disso, o jogo está sendo desenvolvido na Universidade Federal do Pará (UFPA), no Laboratório de Inteligência Artificial Aplicada (LAAI) em parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), fomentando a pesquisa e motivando os alunos de graduação a desenvolverem outros projetos de *games*.
- **Inteligência Artificial:** É abordado neste trabalho a geração automática de tarefas de ensino que se adequam as necessidades individuais de cada usuário do sistema através de um sistema *fuzzy* (Pereira *et al.*, 2012). Para tal, foi desenvolvido um sistema *Fuzzy* a fim de resolver o problema da proposta abordada.

## 1.4 Metodologia

Dados coletados no decorrer da execução das tarefas de ensino serão previamente processados e analisados através de um sistema inteligente, irá fornecer os dados para o sistema *Fuzzy* que avaliará e ponderará sobre a melhor escolha ao propor uma tarefa. A saída do sistema *Fuzzy* serão os dados necessários para geração da tarefa, que por sua vez irá ser transformada em uma fase adaptada do jogo "Aventuras de Amaru" (Pereira *et al.*, 2012).

Esses dados de aprendizado serão coletados a partir de tarefas de ensino do tipo *Matching-to-Sample* (MTS - Tarefas de Emparelhamento com o Modelo) (Debert *et al.*, 2006) que serão executadas em um jogo digital 2D (Pereira *et al.*, 2012). Após um mínimo de dados coletados durante o *gameplay*, a ML (Nerino *et al.*, 2012) irá fornecer as informações para o Sistema *Fuzzy* gerar tarefas de ensino adaptadas, que por sua vez serão transformadas em novas fases do jogo.

Para esta pesquisa a metodologia é direcionada às definições de objetivos onde a seguinte estratégia de ação foi colocada em prática: consulta a livros, consulta a sites especializados em inteligência artificial aliado a jogos digitais, pesquisa em sites de congressos especializados a fim de adquirir artigos de conferências e periódicos, interação com professores e alunos tanto da UFPA como de outras instituições. Também foi realizado:

- Levantamento e análise de jogos digitais educacionais;
- Elaboração de documentação no decorrer do desenvolvimento do jogo;
- Levantamento das técnicas de aprendizado de máquinas utilizadas na indústria de jogos digitais;
- Estudo com a supervisão de psicólogos de como analisar e avaliar a evolução do jogador e seu grau de aprendizado no decorrer do jogo;
- Escolha dos algoritmos e técnicas adequadas para alcançar os objetivos propostos;
- Realização dos testes de usabilidades com usuário.

Para resolver este problema foi realizado um estudo sobre a perspectiva dos profissionais de psicologia e Analistas do Comportamento humano. Como esses especialistas analisam uma criança nas seguintes características voltadas ao aprendizado: **i)** habilidades; **ii)** dificuldades, e **iii)** necessidades de aprendizado. Após, foi mapeado a Análise do Comportamento Humano para linguagem computacional para que o computador dotado de um sistema inteligente possa diagnosticar o nível de aprendizado da criança. Conforme o grau de aprendizado do jogador e sua evolução no jogo serão geradas fases e missões adaptadas pelo GTE.

O projeto está sendo desenvolvido por uma equipe de alunos de iniciação científica e mestrandos da área de computação, além de um doutorando da área do estudo do comportamento humano. O desenvolvimento do objetivo deste trabalho foi feito de forma separada e independente do restante do projeto. O GTE criado neste trabalho foi submetido a testes com os especialistas, que validaram sua eficiência e funcionalidade. Após testes e a validação, integrou-se o GTE com o jogo “Aventuras de Amaru” (Pereira *et al.*, 2012).

A proposta do projeto em questão está alicerçada no programa de ensino denominado ALEPP (Rose *et al.*, 1989), que apresenta algumas características planejadas para ajudar pessoas com dificuldades em leitura e escrita. O ALEPP de ensino é individualizado, permitindo que cada pessoa cumpra as atividades de ensino de acordo com seu próprio ritmo. Este programa de ensino é organizado em Unidades de Ensino, onde cada unidade é subdividida em Sessões de Ensino contendo um conjunto de Tarefas de Ensino. O aluno pode repetir as unidades de ensino caso não tenha alcançado o critério de aprendizagem previamente estabelecido, o que garante o progresso ao longo do programa só ocorrerá depois da aquisição dos repertórios previamente ensinados, fazendo com que o programa seja um produto de um arranjo de contingências para promover a aprendizagem (Skinner 1965). O programa ensina relações entre palavras impressas, figuras e palavras ditadas por meio de um procedimento de emparelhamento com o modelo de referência. Neste procedimento, o aprendiz deve escolher entre duas ou mais alternativas, por exemplo, apontar uma figura entre outras duas ou apontar uma palavra impressa entre duas, indicando a alternativa equivalente com modelo. A organização da estrutura de ensino baseia-se nas pesquisas realizadas por (Reis *et al.*, 2009) sobre responder os relacionamentos para encadear os diferentes formatos de apresentação e relacionamento dos estímulos.

## 1.5 Estrutura da Dissertação

Este trabalho é composto por cinco capítulos, além dos anexos e apêndices. Além deste capítulo introdutório, esta dissertação está dividida em:

**Capítulo 2:** Este capítulo apresenta os principais conceitos sobre metodologias de ensino, jogos digitais, jogos educacionais, análise do comportamento. Discute sobre alguns jogos que se assemelham ao “Aventuras de Amaru” desenvolvido nesta dissertação. No final deste capítulo, é feita uma análise de alguns jogos encontrados na literatura, mostrando os pontos fracos e fortes e, por fim, mostrando o diferencial do jogo desenvolvido para os analisados.

**Capítulo 3:** Neste capítulo descrito detalhadamente o “Projeto Amaru”. É explicado como o GTE foi desenvolvido como um Sistema *Fuzzy*, e sua funcionalidade.

**Capítulo 4:** Neste capítulo é mostrado o enredo, os personagens, o cenário, a jogabilidade, as interfaces, as texturas, efeitos sonoros, as ferramentas utilizadas e a estrutura geral do jogo “Aventuras de Amaru”. Serão apresentados os testes realizados com o jogo, junto com a análise dos dados obtidos nos testes.

**Capítulo 5:** No último capítulo serão feitas as considerações finais sobre o trabalho e propostas para trabalhos futuros.

**Capítulo 6:** Referencias Bibliográficas.

## 2 FUNDAMENTOS

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos sobre jogos digitais e Inteligência Artificial voltados para educação, ambos têm papel fundamental no processo de aprendizagem. São abordados tanto jogos e técnicas de IA que possuem a finalidade de ensinar o processo de leitura e escrita como outros que auxiliam no processo de aprendizado dos mais diferentes conteúdos. No final deste capítulo são apresentadas informações que comparam os trabalhos pesquisados na literatura, com proposta similar ao desta literatura, mostrando os pontos fracos e fortes de cada um.

### 2.1 Jogos Digitais

Segundo (Schuytema, 2008), um jogo digital é uma atividade lúdica formada por ações e decisões que resultam numa condição final. Tais ações e decisões são limitadas por um conjunto de regras e por um universo, que no contexto dos jogos digitais, são regidos por um programa de computador. O universo contextualiza as ações e decisões do jogador, fornecendo a ambientação adequada à narrativa do jogo, enquanto as regras definem o que pode e o que não pode ser realizado, bem como as consequências das ações e decisões do jogador. Além disso, as regras fornecem desafios a fim de dificultar ou impedir o jogador de alcançar os objetivos estabelecidos.

No que tange a classificação dos jogos digitais, não há consenso na literatura, coexistindo assim diversas classificações, cada qual considerando não necessariamente os mesmos critérios. Em geral a classificação dos jogos digitais é realizada através do agrupamento dos tipos de jogos que apresentam ou obedecem, respectivamente, a características e critérios similares. Dentre as características e critérios mais comuns, pode-se citar o objetivo do jogo, o contexto no qual se insere o jogador e a forma como o jogador conduz o personagem e interage com o ambiente. Em “Jogos por Computador – Histórico, Relevância Tecnológica e Mercadológica, Tendências e Técnicas de Implementação” (Battaiola, 2000), é proposto uma classificação mais consistente com a realidade atual dos jogos digitais, em que a forma de

classificação aparenta classificar um jogo através de sua característica mais evidente. Dessa forma, é natural que um mesmo jogo possa ser classificado em duas ou mais categorias ao mesmo tempo. Esta distribuição ocorre em oito grupos:

- **Estratégia:** jogos cujo sucesso do jogador reside na sua capacidade de tomada de decisão, ou seja, nas suas habilidades cognitivas.
- **Simuladores:** jogos que buscam imergir o usuário no ambiente que, em geral, tende a ser uma representação física.
- **Aventura:** jogos que desafiam o jogador através de enigmas implícitos, combinando assim o raciocínio e capacidades psicomotoras.
- **Puzzle:** jogos simples que desafiam o jogador através de quebra-cabeças de solução rápida que, em sua maioria, não possuem um enredo elaborado.
- **RPG:** versões computadorizadas dos tradicionais RPG's (*Rolling Play Game*) de mesa.
- **Educacionais:** jogos que possivelmente se enquadram em um dos outros grupos, mas que consideram fortemente os critérios didáticos e pedagógicos associados aos conceitos que objetivam transmitir. Como exemplo, têm-se *Puzzles Educacionais*, *RPG Educacionais*, *Simuladores Educacionais* e outros.

Desta forma, com todo este apanhado sobre conceitos sobre jogos, vamos dedicar um maior foco nos jogos educacionais.

## 2.2 Jogos Digitais Educacionais

O uso de jogos digitais na educação tem sido objeto de diversos estudos e segundo (Ribeiro *et al.*, Julho 2006).

*"Os jogos digitais, ao permitirem a simulação em ambientes virtuais, proporcionam momentos ricos de exploração e controle dos elementos. Neles, os jogadores (crianças, jovens ou adultos) podem explorar e encontrar, através de sua ação, o significado dos elementos conceituais, a visualização de situações reais e os resultados possíveis do acionamento de fenômenos da realidade. Ao combinar diversão e ambiente virtual, transformam-se numa poderosa ferramenta narrativa, ou seja, permitem criar histórias, nas quais os jogadores são envolvidos, potencializando a capacidade de ensino – aprendizado (...)"*

O uso de *games* para treinar, aprender e executar atividades reais em ambientes realísticos melhora o desempenho dos jogadores através da aprendizagem baseada em *games*, possibilitando experiências de aprendizado produzidas individualmente de acordo com seu estilo e desempenho. Além disso, seu estudo compara as teorias de aprendizagem com características dos jogos, onde são citadas:

- Aprendizagem experimental (você faz e você aprende): participação ativa com decisões que tem consequências. Típico de jogos imersivos;
- Aprendizagem baseada no questionamento e *feedback* (o que acontece quando eu faço isto?): exploração em jogos;
- Autenticidade (quanto mais a situação de aprendizagem for realista, mais facilmente os aprendizes transferem a informação para a vida real): mundos virtuais;
- Eficácia própria (se você acredita que você pode fazer então você aumenta suas chances de sucesso): recompensas e níveis nos games, típico de RPG;
- Cooperação (aprendizagem em time) – estudos mostram que a aprendizagem cooperativa apresenta resultados 50% superiores sobre a aprendizagem individual ou competitiva: jogos massivamente multiusuários.

Incontestavelmente, o uso de jogos digitais como material didático propicia motivação, criatividade, a utilização de várias linguagens e várias representações geométricas, fazendo com que o aprendiz construa o conhecimento de forma lúdica. Além disso, quando os jogos digitais passam a ser usados com objetivo educacional são chamados de “Objetos de Aprendizagem” ou “*Game-Based Learning*”.

### **2.3 Conceito de Análise do Comportamento**

A análise comportamental está ligada com a área da psicologia experimental cognitiva e busca ser uma ferramenta para o objeto de estudo da psicologia (Claudio, 1982). A análise do comportamento de pessoas e animais é bastante pesquisada em diversas instituições ao redor do mundo. Observar como uma criança se comporta no procedimento de aprendizado e delinear características importantes para o ensino pode favorecer excepcionalmente no processo de ensino.

Agregado aos vários conceitos da análise comportamental deve-se denotar o conceito de condicionamento operante, que agrega diversos aspectos como: um modelo de referência,

comparações com o modelo de referência, ações do indivíduo e reforços que podem ser reforços positivos, negativos ou neutros (Galvão *et al.*, 2011).

A teoria da equivalência de estímulos estabeleceu critérios de relações simbólicas (estímulos) onde possivelmente sua obtenção pode ser simulada em laboratório, conforme Sidman (2007, p. 252). Em termos estruturais e de forma simplificada os estímulos são considerados **imagens**, **sons** ou **textos**. Pode-se visualizar a relação dos estímulos, para o contexto de educação de escrita e leitura, de forma mais coerente na Figura 1.

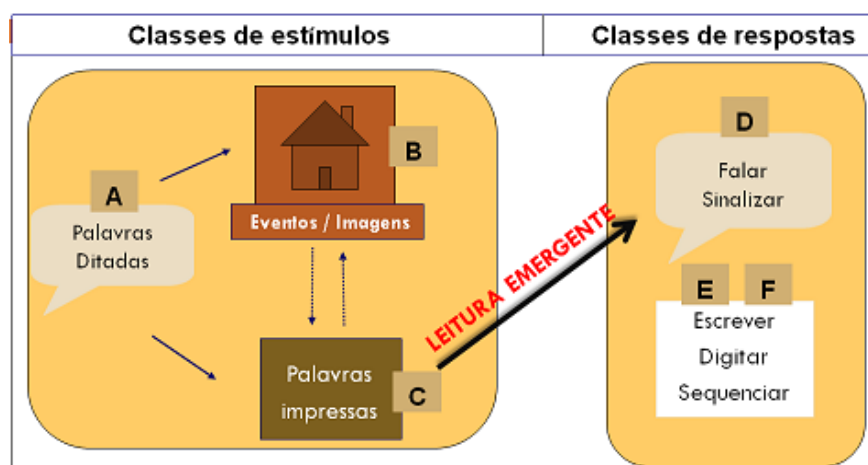


Figura 1 – Esquema de representação da classe de estímulos e respostas e suas relações.

Explorando a Figura 1, as classes de estímulos são os objetos de apresentação para um indivíduo. A figura “Casa” tem relação com a palavra “CASA” que por sua vez tem relação com o som da palavra ditada “Casa”. São relações comuns que o jogador em fase de aprendizado necessita aprender, ou seja, aprender a identificar a relação entre esses estímulos. As classes das respostas são os retornos ativos que o indivíduo produz na apresentação desses estímulos. Ao ver o estímulo Casa em forma de figura, som ou texto, o indivíduo no processo de ensino, atua com uma resposta: Falar, Sinalizar, Escrever, Digitar ou Sequenciar. Os psicólogos identificam, para fins práticos, os estímulos como letras. O quadro abaixo simplifica a representação.



Quadro 1 - Representação de tipo de estímulos com e suas respectivas Letras.

Representação do tipo do estímulo	Tipo de Estimulo
<b>A</b>	<b>Palavra Ditada.</b> Por exemplo: pode ser ditada por um professor ou por meios tecnológicos como um computador através de sons emitidos.
<b>B</b>	<b>Figura.</b>
<b>C</b>	<b>Palavra escrita.</b> Por exemplo: é uma palavra escrita textualmente e apresentada por uma tela de computador ou um quadro negro.
<b>D</b>	<b>Falar ou Sinalizar.</b> É uma resposta dada pelo individuo. Significa ele falar em voz clara identificando o texto, som ou figura. Pode também apontar ou selecionar através do mouse o estímulo em questão.
<b>E</b>	<b>Escrever.</b> O individuo digita, escreve ou compõem o estímulo que foi apresentado a ele.

Os analistas comportamentais identificam o aprendizado através da relação entre esses estímulos. Apresentar o “estímulo-figura” com o “estímulo-texto” e obter uma resposta correta indica, dentre outras ponderações, que o individuo está aprendendo a identificar a figura e o texto corretamente. Em um próximo passo, por exemplo, se ele consegue escutar uma palavra e escrevê-la logo em seguida, significa que o processo de aprendizado de escutar e escrever estão avançando no **programa de ensino**.

A teoria da programação do ensino ou programa de ensino é, conforme (Juliano, 2009):

*“um arranjo de contingências que consiste na elaboração das respostas finais que se espera do estudante em termos de objetivos comportamentais e, com base nessas respostas, organiza-se um conjunto de materiais (**estímulos**) com uma ordem crescente de dificuldade ou complexidade, considerando o repertório atual do estudante e visando a aumentar gradual desse repertorio no sentido da consecução dos objetivos comportamentais propostos por meio do reforçamento positivo”.*

Os estímulos são configurados em uma tentativa que é uma forma de tarefa oferecida ao individuo que está passando pelo processo de ensino. A Figura 2 representa o fluxo de uma tentativa para melhor entendimento do leitor.

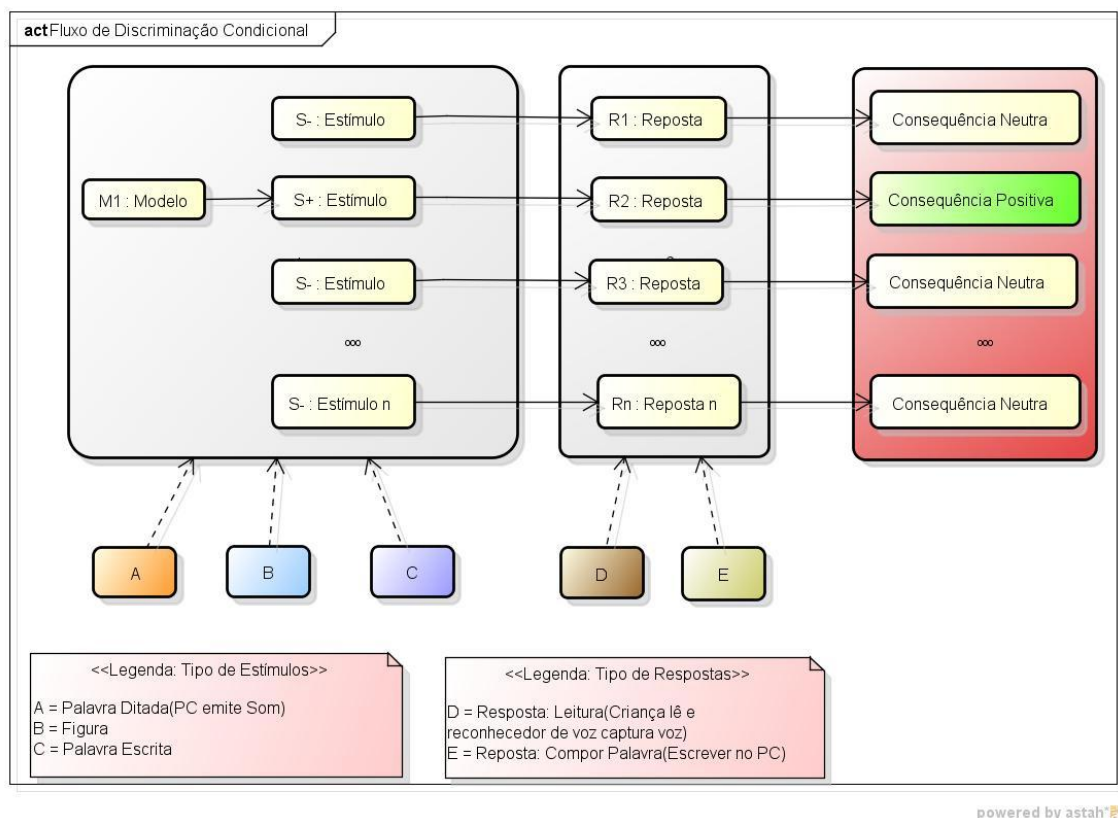



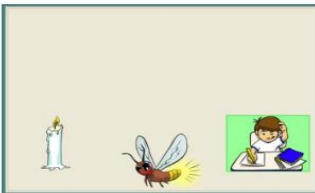
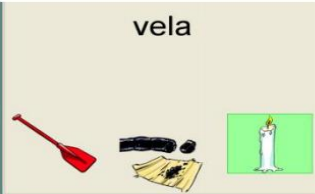

Figura 2 – Fluxo da discriminação condicional no programa de ensino.

A aprendizagem complexa (Skinner, 1950) e a cognição utilizam diversos conceitos onde a discriminação condicional é um desses conceitos importantes para os fenômenos de ensino. Pode-se considerar a definição de uma relação condicional como:

*“Uma situação de discriminação condicional não se estabelece uma relação constante entre um estímulo antecedente e uma resposta; esta relação muda de acordo com os contextos nos quais este estímulo aparece. Em linhas gerais, para se obter uma relação condicional, deve-se reforçar determinada resposta na presença de um estímulo específico apenas se um outro estímulo estiver presente. Apenas na presença desta combinação de dois estímulos, as respostas são seguidas de reforço. Combinações outras desses estímulos com outros estímulos não se configuram ocasiões diante das quais as respostas são seguidas de reforço, mesmo se estas combinações compartilharem um dos estímulos com as combinações diante das quais as respostas foram seguidas de reforço” (Debert et al., 2006).*

Com esse conceito pode-se criar uma tarefa ou tentativa de forma bem estruturada envolvendo estímulos, respostas da criança, reforços positivos se ela está progredindo ou reforços neutros se ela não está tendo um bom andamento. Os estímulos podem ser A, B ou C e devem ser organizados com um estímulo modelo e um conjunto de estímulos de comparações onde dentre é igual ao estímulo modelo (não necessariamente o mesmo tipo de estímulo). A resposta pode ser do tipo D ou E. Caso a criança responda corretamente ela leva uma consequência positiva. Senão leva uma consequência neutra, pois uma consequência negativa ou punitiva poderia frustrar a criança no processo de aprendizado. O quadro a seguir exemplifica essas tarefas.

Quadro 2 - Três exemplos de tarefas do tipo discriminação condicional, adaptado de (Marques *et al.*, 2011).

Tipo da Relação	Tarefa	Função do Aluno
A → B	 Aponte: aluno 	Diante da instrução falada "Aponte aluno", o aluno deverá selecionar a figura do 'aluno'.
C → B	vela 	Diante da palavra escrita «vela», o aluno deverá selecionar a figura «vela».
B → E	 cadea <b>do</b> fu do bá ru a	Diante da instrução falada "Que figura é essa?", o aluno deverá compor a palavra «cadeado», escolhendo as letras na ordem correta.

Dessa forma as tarefas podem ser encadeadas de diversos modos apresentando diversos tipos de aprendizado. Em especial esse projeto visa utilizar teorias do ensino de leitura e escrita juntamente com técnicas de IA em um jogo digital. A análise comportamental aliada à inteligência artificial com uma abordagem lúdica em forma de *game* adaptável disponibilizará uma nova forma de ensino para as crianças em fase de aprendizagem.

## 2.4 Inteligência Artificial para Educação (AIED)

A educação auxiliada por meio computacional tem sido utilizada nas últimas duas décadas, demonstrando ser uma forma eficiente de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem (Beck *et al.*, 1998), (Urban-Lurain, 1998). Os primeiros sistemas voltados para o ensino através do computador foram o *Computer-Based Training* (CBT) e *Computer Assisted Instructional* (CAI) (Mcarthur *et al.*, 1993), (Beck *et al.*, 1998). Estes sistemas geravam conjuntos de tarefas, dentre elas, tarefas aritméticas e recuperação de vocabulário (Urban-Lurain, 1998).

Os sistemas CAI e CBT não apresentavam instruções adaptadas às necessidades dos seus usuários. A proposta era apresentar um problema ao estudante, registrar a resposta e avaliar seu desempenho. As decisões sobre como o estudante deveria navegar através do material era baseada em árvores de decisão (Beck *et al.*, 1998). A avaliação feita pelo computador apenas se baseava nos acertos e erros dos estudantes, não sendo consideradas suas habilidades individuais.

A área de estudo de IA voltada à educação é uma nova metodologia de assimilação do conhecimento focada em auxiliar a forma de ensino utilizada atualmente. Essa nova metodologia está baseada na ciência cognitiva constituída da congregação de outras disciplinas como psicologia, neurociências, linguística, filosofia e inteligência artificial, essa último como elemento fundamental, fornece os modelos de máquinas reais ou teóricas que poderiam simular a mente humana, particularmente o pensamento.

Com a evolução da ciência cognitiva e o aparecimento da psicologia cognitiva, tornou possível o estudo de novos métodos de ensino, fazendo-se uso de computadores inteligentes e programas capazes de estimular o cérebro humano. O uso de software educativo, seu desenvolvimento, a compreensão de seu papel e mais alguns elementos sobre o cérebro, são fundamentais no desenho de uma escola para os dias atuais. Com a evolução das técnicas de IA e das pesquisas nos campos da ciência cognitiva, aumentou-se o grau de "inteligência" dos sistemas educacionais.

Uma das principais motivações para as pesquisas em IA na Educação (AIED do inglês *Artificial Intelligence in Education*) é o desenvolvimento de princípios pelos quais os ambientes de aprendizagem computacionais podem ser concebidos e os lugares onde os estudantes podem ter experiências de aprendizagem individualizadas; isto é, experiências que sejam fundamentais e benéficas para cada estudante, suas diferenças individuais, experiências

anteriores, ou outras situações cognitivas. Assim, estes sistemas podem personalizar as instruções, compatibilizando e modelando a apresentação de acordo com o nível de conhecimento do estudante e com o seu índice de aprendizagem.

Portanto, a maioria destes sistemas apresenta métodos educacionais que proporcionam uma forma de descoberta centrada no estudante.

## **2.1 Sistema *Fuzzy***

O foco principal deste trabalho é destinado a fazer o uso dos dados calculados pela ML a fim de gerar uma tarefa adaptada, para isso foi escolhido a Lógica *Fuzzy* por ela se destacar em sua capacidade de expressar as imprecisões e incertezas do conhecimento nele representado (Mamdani, 1976), permitindo modelar um sistema próximo a regras gramaticais lógicas, garantindo uma melhor aproximação do conhecimento de um especialista, através de representações semânticas e termos linguísticos, podendo-se escolher poucas regras para trabalhar com termos imprecisos (Moratori *et al.*, 2005).

## **2.5 Trabalhos Relacionados**

Foi observado nos artigos relacionados que há algum tempo já se vem estudando geração de cenários e missões para jogos digitais, mas ainda sem uma aplicação prática definitiva, estudos destes artigos mostram que ainda existe um longo caminho para aperfeiçoar tais técnicas e validar em um jogo de fato (Dormans *et al.*, 2011), (Loiacono *et al.*, 2011), (Mawhorter *et al.*, 2010). Alguns chegam a comentar técnicas que se utilizadas poderiam melhorar sua aplicação.

A individualização das instruções é uma maneira efetiva considerada importante para a Inteligência Artificial na Educação (Du Boulay, 1998). O seu trabalho aborda a diferença educacional da IA em sistemas AIED comparado aos sistemas de ensino convencionais usados em sala de aula ou métodos convencionais.

No artigo de (Self, 1988) há uma abordagem *bottom-up* para mostrar a relevância da inteligência artificial em sistemas de suporte ao ensino devendo ser primordialmente motivacional e pedagógico. O autor do artigo comenta que existem regras importantes para o *Computer Based Learning* (CBL), como: prover a individualização do ensino através de um modelo cognitivo e identificar as dificuldades inerentes durante o aprendizado.

A pesquisa de (Dormans *et al.*, 2011) aparenta um trabalho sobre um gerador aleatório de missões e de cenários para jogos digitais. O autor comenta sobre artes marciais e sua aplicação para o aprendizado e aplicação no *gameplay* para sequências de fases e luta com o *boss* (Chefe, personagem mais forte geralmente enfrentado ao final de uma sequência de missões). Nesta pesquisa é utilizado um gerador de gramática para gerar as missões e é recomendado pelo autor a utilização de algoritmos evolucionários para os trabalhos futuros.

O trabalho proposto por (Loiacono *et al.*, 2011) aborda a geração de pistas de um jogo de corrida através de um Algoritmo Genético. O algoritmo utiliza basicamente dois *Fitnesses* (avaliações) que correspondem a curvatura da pista e perfis de velocidade para gerar pistas que levem uma experiência divertida de jogo.

A pesquisa de (Smith *et al.*, 2010) estuda o *designer* de espaços voltados para *mini-games* e geração de conteúdo procedural. Existe também a geração da mecânica do jogo de forma automática. A contribuição encontra-se na geração de conteúdo baseado em programação de restrição lógica que permite a especificação declarativa de *design* de espaços e usa solucionadores de domínio independente para demonstrar esses espaços.

O trabalho de (Mawhorter *et al.*, 2010) usa da geração procedural de fases 2D utilizando a *Infinite Mario Engine*, onde o cenário é gerado por uma IA que seleciona partes da fase numa biblioteca de pedaços. A IA é capaz de gerar níveis completos que um humano faria, mas não garante a jogabilidade. A geração procedural utiliza estratégia de raciocínio conhecida como raciocínio baseado em casos (Kolodner, 1993). O autor afirma que muitas outras formas mais inteligentes são possíveis e que merecem um estudo futuro.

É abordado em (Togelius *et al.*, 2010), a geração de cenários usando *Multobjective Evolutionary algorithm*. O autor utiliza função *fitness*, baseia-se em teorias de entretenimento do jogador. O autor comenta que a geração de mapas traz o benefício de equilibrar habilidades entre jogadores, pois sempre será um novo mapa e nenhum jogador obterá vantagem por conhecer o território que foi jogado anteriormente. Este trabalho utilizou o algoritmo A\* para verificação de áreas impassáveis em distâncias entre dois objetos para testar a jogabilidade dos mapas gerados (Cormen *et al.*, 2002). Uma série de características do mapa é verificada pelo *fitness* do algoritmo na geração de um mapa viável. Tais características são geradas aleatoriamente e são adaptadas posteriormente.

O trabalho de (Miguel *et al.*, 2009) trata de programação genética para criação de terrenos 3D de escala invariante, chamado de *Genetic Terrain Programming* (GTP). Este artigo tem o

foco voltado para acelerar taxa de quadros da visualização de grandes terrenos. O autor mostra uma linha do tempo com os algoritmos de geração de terreno artificial. O GTP gera uma versão do mapa em VRML e uma imagem em escala de cinza. O trabalho futuro proposto pelo autor desta abordagem comenta sobre a geração conjunta do terreno a textura, vegetação e construções.

O estudo realizado por (Sarmanho *et al.*, 2011) propôs uma abordagem de ensino por intermédio de um jogo digital para auxiliar no aprendizado de crianças com dificuldades de leitura e escrita. O autor buscou uma abordagem alternativa ao programa de ensino ALEPP que se encontram na plataforma GEIC (Gerenciador de Ensino Individualizado por Computador) que consiste num sistema web que viabiliza o programa de ensino ALEPP a distância. O jogo desenvolvido em questão não possui nenhum aspecto de inteligência artificial para torna-lo dinâmico.

O desenvolvimento do trabalho de (Lyytinen *et al.*, 2009) teve como objetivo auxiliar as crianças com problemas de dislexia a identificarem e assimilarem os sons das letras e palavras com a escrita que elas possuem. O programa esta sendo utilizado em países da Europa como Finlândia e em países da África como Zâmbia onde possuem grande apelo para o ensino da língua inglesa. O conjunto de *games* gratuitos disponíveis neste trabalho consiste em ajudar a criança a aprender letras básicas e a relação entre o som que cada letra, sílaba ou palavra possui. O trabalho não propôs realizar, através de técnicas de inteligência computacional, a análise do comportamento da criança.

### **2.5.1 Análise sobre os Trabalhos Relacionados**

As pesquisas abordadas pelos principais trabalhos relacionados aqui referenciados possuem vários objetivos diferentes que tem alguma relação com o desenvolvimento deste projeto, porém não foi encontrado nenhum que aborde diretamente os mesmos objetivos deste trabalho que é a geração de tarefas de ensino adaptadas voltadas para alfabetização. Fez-se uma análise dos pontos fortes e fracos de cada abordagem a fim de decidir qual melhor técnica de IA poderia solucionar de forma mais eficiente os problemas aqui apresentados. Porém não foi encontrado nenhum trabalho que utilize sistema *fuzzy* evolutivo em jogos digitais voltados para alfabetização.

O Quadro 3 – mostra os eventuais pontos fortes e fracos, considerando os critérios de interface, usabilidade, tarefas (didáticas e do jogo) e aprendizagem.

Quadro 3 – Comparação dos trabalhos relacionados.

Jogo	Ponto Forte	Ponto Fraco
Dormans	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gera fases e missões.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não realiza o processo análise sobre o jogador.</li> <li>Não gera missões adaptáveis.</li> </ul>
Sarmanho	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possuem Interface de fácil interação.</li> <li>Passou por teste de usabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não ocorre diversificação das tarefas de jogo.</li> <li>Não realiza o processo de aprendizagem e avaliação de leitura dentro do jogo.</li> <li>Não possui mecanismos de <i>feedback</i> apropriado.</li> </ul>
Heikki	<ul style="list-style-type: none"> <li>Possuem Interface de fácil interação.</li> <li>Passou por teste de usabilidade.</li> <li>Contem vários <i>mini-games</i> diferentes e divertidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não realiza o processo de aprendizagem e avaliação de leitura dentro do jogo.</li> <li>Não possui mecanismos de <i>feedback</i> apropriado.</li> </ul>
Loiacono	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gera pistas de um jogo de corrida.</li> <li>Gera tipos diferentes de pistas para diferentes perfis de velocidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não pode ser gerado em tempo real.</li> </ul>
Smith	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gera espaços voltados para mini-jogos.</li> <li>Gera a mecânica para o espaço gerado anteriormente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não garante jogabilidade.</li> <li>Apresenta problemas ao gerar as fases do jogo.</li> </ul>
Mawhorter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gera espaços para formar uma fase do jogo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não garante jogabilidade</li> <li>Necessita de uma biblioteca com os pedaços da fase.</li> </ul>
Togelius	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gera mapas de um jogo específico.</li> <li>Visa garantir o entretenimento.</li> <li>Garante a jogabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não pode ser gerado em tempo real.</li> </ul>
Miguel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gera terrenos 3D de escala invariante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não pode ser gerado em tempo real.</li> <li>Alto custo computacional.</li> </ul>



### 3 GTE

O principal objetivo deste trabalho é criar um sistema inteligente que gere tarefas de ensino adaptadas às necessidades individuais de cada usuário. Após uma pesquisa de diversas técnicas de IA como: **i)** Redes Neurais; **ii)** Algoritmo Genético; **iii)** Redes Bayesianas; **iv)** Sistemas Fuzzy; **v)** *Machine Learning*, foi decidido que a melhor escolha seria criar um Sistema *Fuzzy*, nomeado de Gerador de Tarefas de Ensino (GTE).

O GTE baseia-se nas considerações do programa de ensino GEIC e entrevistas com psicólogos integrantes deste mesmo projeto. Um jogo digital foi desenvolvido para integrar os sistemas inteligentes visando realizar as simulações e testes com alunos hipotéticos representados por especialistas da área da análise do comportamento humano.

Nesta abordagem, para auxiliar os instrutores, a proposta geral do projeto é inicialmente criar uma AIED voltada para o ensino escrita e leitura e embarcá-la em um jogo digital. A AIED será composta de dois sistemas inteligentes, ML (*Machine Learning*) (Nerino *et al.*, 2012) e Sistema *Fuzzy*, que trabalharão em conjunto conforme ilustra a Figura 3.

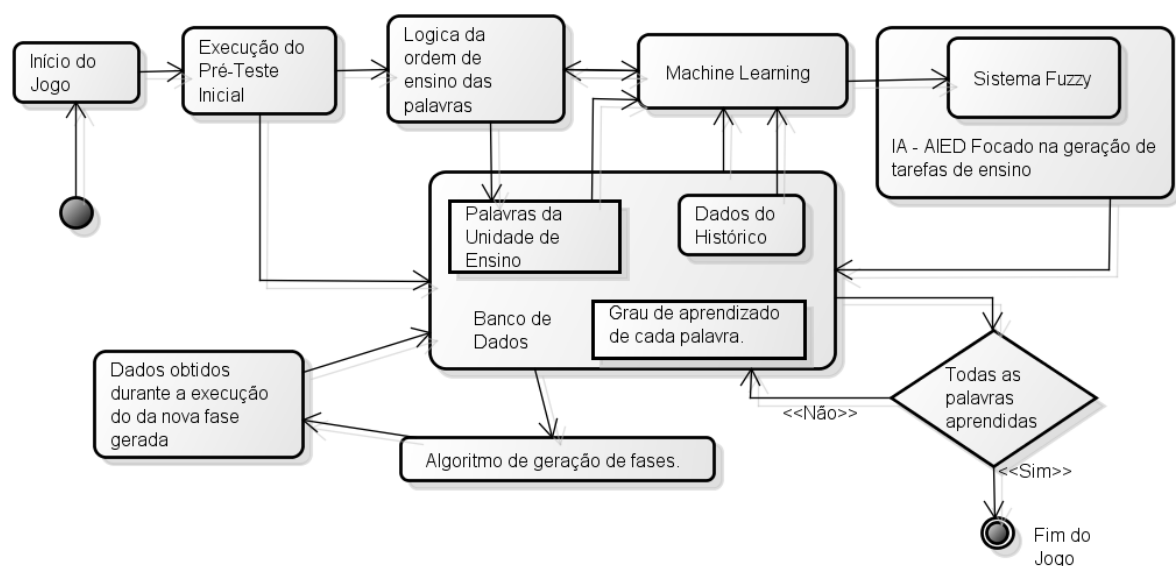


Figura 3 – Visão geral do projeto.

Cada parte da Figura 3 será explanada nas sessões seguintes.

### **3.1 Execução do Pré-teste**

Durante o processo de aprendizado é fundamental que se saiba o nível de conhecimento do aluno para que se possam aplicar tarefas de ensino adequadas aos seus conhecimentos. Visando uma correta avaliação do aluno, foi definido, juntamente com os especialistas, um pré-teste baseado no pré-teste do GEIC (Marques *et al.*, 2011). O pré-teste contém tarefas de que avaliam os níveis de conhecimento do aluno em leitura e escrita.

O pré-teste necessário para avaliação em leitura para cada palavra consiste em:

- Três tarefas do tipo AC (Palavra ditada, Palavra escrita);
- Uma tarefa do tipo BC (Figura, Palavra escrita);
- Uma tarefa do tipo CB (Palavra escrita, Figura); e
- Duas tarefas do tipo AB (Palavra ditada, Figura).

Para avaliação em escrita para cada palavra, o pré-teste necessário consiste em:

- Três tarefas do tipo AE (Palavra ditada, Escrever);
- Três tarefas do tipo BE (Figura, Escrever); e
- Uma tarefa do tipo CE (Palavra escrita, Escrever).

### **3.2 Lógica da ordem de ensino das palavras**

Segundo os especialistas, existe uma ordem preferencial no ensino das palavras no processo de alfabetização. O programa de ensino ALEPP, como mencionado no capítulo 2, é subdividido em Unidades de Ensino no qual, a cada unidade são inseridas 15 palavras novas a serem ensinadas. As palavras são incluídas numa ordem definida pelos psicólogos e pedagogos como ideais.

Foi proposto nesse trabalho, uma mudança nesse paradigma. Essa modificação consiste em obter as palavras que possuem maior grau de aprendizado, sendo que o grau de aprendizado é verificado no momento do pré-teste.

### **3.3 Machine Learning**

Neste trabalho a ML desenvolvida por (Nerino *et al.*, 2012), tem o papel de avaliar o grau de aprendizagem da leitura e escrita em palavras individuais, utilizando para isto a análise do comportamento do aluno durante a sessão de ensino, buscando assegurar a garantia do

aprendizado em uma palavra e a garantia de que o aluno não aprendeu a palavra por sorte ou exclusão em suas respostas.

A ML é responsável por coletar os dados do pré-teste e durante a execução do sistema. O processamento de tais dados irá fornecer variáveis de saída que serão processadas pelo Sistema *Fuzzy* para que sejam geradas tarefas de ensino adaptadas às necessidades atuais do aluno. Esse sistema desenvolvido em paralelo não é o objetivo deste trabalho e não será abordado nesta dissertação.

### 3.3.1 Classificação do Aprendizado

O método utilizado para realizar a previsão do aprendizado do aluno foi a regressão logística, utilizada para solucionar problemas de classificação do aprendizado supervisionado onde há uma variável de saída do tipo binário baseado em dados registrados anteriormente. O objetivo de se usar a regressão logística é estimar um grau de conhecimento para uma palavra específica, devendo ser executada para cada palavra modelo a fim de se conhecer um padrão de aprendizado do aluno para cada palavra (Nerino *et al.*, 2012).

## 3.4 Sistema *Fuzzy*

Os dados providos pela ML são *fuzzyfied* e separados em grupos nebulosos. Para cada característica da tarefa ocorre à inferência *fuzzy*. A saída do sistema é a tarefa pronta, conforme mostrado na Figura 4.

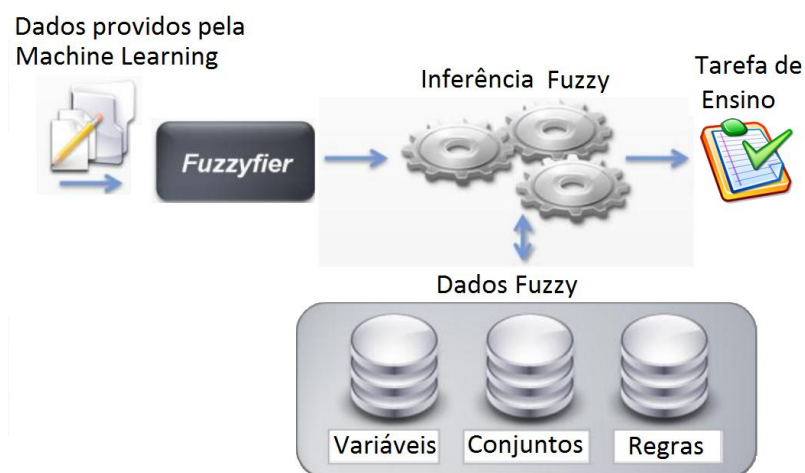


Figura 4 - Visão Geral do Sistema *Fuzzy*.

### 3.4.1 *Fuzzyfication*

Os dados tratados e gerados pela ML, são todos dados normalizados e abstraídos em três conjuntos nebulosos com um intervalo numérico correspondente, variando de 0 a 100%, com

grau de pertinência variando de 0 a 100% (Moratori *et al.*, 2005) conforme é mostrado na Figura 5. Valores *Fuzzy*, representados nesta abordagem, correspondem aos descritores para funções trapezoidais e triangulares, sendo o eixo vertical e horizontal referente ao grau de pertinência e valores *fuzzy* respectivamente ilustrados na Figura 5. No presente trabalho, todos os conjuntos nebulosos possuem esses mesmos valores de classificação.

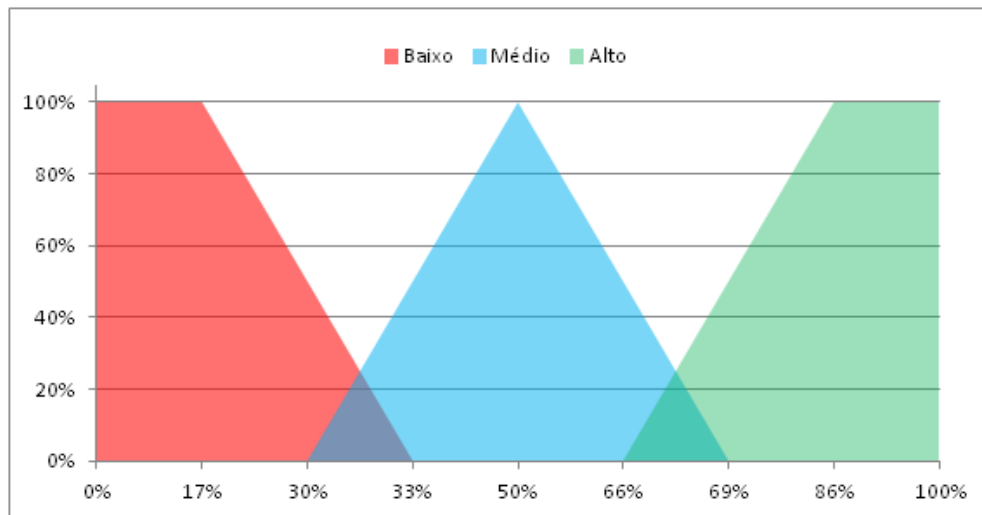


Figura 5 - Representação gráfica dos conjuntos nebulosos de particionamento para uma variável linguística.

A *fuzzyfication* é feita individualmente para cada variável de entrada descrita no Quadro 4.

Quadro 4 - Variável de entrada do sistema *fuzzy*, provida pela ML.

Variáveis de Entrada
PTT: Probabilidade de acerto em um Tipo de Tarefa.
TTT: Taxa de acerto de um Tipo de Tarefa.
PNC: Probabilidade de acerto do número de comparações.
TNC: Taxa de acerto do número de comparações.
PPI: Probabilidade de acerto de determinada palavra incorreta.
TPI: Taxa de acerto com determinada Palavra Incorreta.

Onde:

PTT é a variável referente à probabilidade de acerto em um determinado tipo de tarefa, sendo analisada na inferência juntamente com TTT, taxa de acerto de um tipo de tarefa, para que a tarefa de ensino gerada seja de escrita ou leitura, um tipo mais fácil ou difícil e ainda não seja de um mesmo tipo, repetitivas vezes.

PNC é a variável responsável por medir probabilidade de acerto de um determinado número de comparações incorretas para modificar adequadamente o grau de dificuldade para o jogador, e deixar o jogo dinâmico e não repetitivo. Esta variável é analisada juntamente com a TNC, taxa de acerto de tarefas com  $n$  comparações incorretas.

A probabilidade de acerto com determinada palavra incorreta é denominado de PPI variável responsável por verificar a probabilidade de acerto caso uma determinada palavra apareça na tarefa como estímulo incorreto, analisada juntamente com a taxa de acerto de determinada palavra incorreta TPI, quando a palavra aparece como comparação incorreta. É possível desta forma, adaptar a tarefa, com as comparações incorretas ideais, a fim de gerar uma dificuldade adaptada, e impedir que a mesma tarefa seja gerada repetitivas vezes.

Os valores das variáveis de entrada do sistema *fuzzy*, acima descritas: PTT; TTT; PNC; TNC; PPI e TPI, são as variáveis fornecidas pelo sistema de *Machine Learning*.

### 3.4.2 Conjunto de Regras

A arquitetura da lógica *fuzzy*, desenvolvida neste trabalho, é mapeada em um conjunto de regras baseadas nas ideias dos especialistas da área de pesquisa e estudo do Comportamento Humano encontradas no ALEPP (Marques *et al.*, 2011), bem como nas entrevistas que foram realizadas juntamente com os especialistas da UFSCar.

O conjunto de regras para este trabalho é projetado para criar uma tarefa de ensino adequada de forma eficiente que motive os alunos e garanta que o jogo se mantenha agradável e divertido. Para isso o sistema deve atender os seguintes requisitos:

- Tarefas geradas tem que possuir nível de dificuldade balanceado:
  - Tarefas geradas demasiadamente difíceis o jogador não conseguirá acertar, não conseguirá aprender, podendo ser, desta forma, desmotivado e perder o interesse no jogo.
  - A geração de tarefas fáceis de mais, pode tornar o jogo desmotivante, além de que não irá contribuir para que o jogador explore seu máximo potencial, o que pode vir a atrasar sua aprendizagem.
- As tarefas de ensino não podem ser repetitivas.
  - As tarefas geradas tem que manter uma dinamicidade, com diferentes tipos de tarefas e palavras diferentes a cada novo desafio para que o jogo se mantenha motivante.

A partir dessas perspectivas, o objetivo é chegar a um equilíbrio entre graus de dificuldade para cada aluno.

O grupo de regras definidas trata as variáveis de entrada de modo que sejam escolhidas corretamente as variáveis de saída, que serão as características da nova tarefa gerada, com um grau de dificuldade adequado. Além disso, outro aspecto desta lógica é a de assegurar que a mesma tarefa não apareça muitas vezes, impedindo que as tarefas geradas tornem o jogo repetitivo.

### 3.4.3 Inferência *fuzzy*

A inferência *fuzzy* utilizada neste trabalho segue o modelo Mamdani (Mamdani, 1976), correspondendo ao algoritmo de processamento das informações *fuzzyfied* de acordo com as regras linguísticas (Timothy, 2010), e das pesquisas referenciadas. Correlaciona-se de maneira lógica as variáveis de entrada, Quadro 4, com as de saídas, Quadro 5, em expressões causais, no formato “se-então”. Para os testes iniciais obtiveram-se as seguintes regras, organizadas do Quadro 6 até o Quadro 15, descritas na forma de expressões do tipo: “Se Variável da coluna 1 = X e Variável da coluna 2 = Y **então** Variável da coluna 3 = Z”.

Quadro 5 - Variáveis de saída.

Variáveis de saída.
DTT: Necessidade do Tipo de Tarefa.
DNC: Necessidade do Tipo de Comparação.
DPI: Necessidade da Palavra Incorreta.

A inferência ocorre para cada tipo de tarefa resultando em uma ativação linguística e sua respectiva pertinência. Para decidir qual melhor tipo de tarefa é preciso verificar cada ativação de cada tipo de tarefa individualmente. Segue do Quadro 6 ao Quadro 17, o conjunto de regras definido juntamente com os especialistas e seus respectivos valores linguísticos ativados. Posteriormente será feita a análise de qual tipo de tarefa é ideal para geração adequada ao que foi mencionado no tópico anterior.

Os tipos de tarefas mencionados anteriormente, analisados pelo sistema são os seguintes: AE, AC, AB, BE, CE, AE. As regras para as ativações das variáveis de saída Necessidade do Tipo de Tarefa (DTT) são descritas nos quadros, Quadro 6 ao Quadro 15, abaixo.

Quadro 6 - •Ativação para o tipo de tarefa AE.

PTT: AE	TTT: AE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Médio
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Baixo

Quadro 7 - Ativação para o tipo de tarefa AC.

PTT: AC	TTT: AC	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Médio
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Baixo

Quadro 8 - Ativação para o tipo de tarefa AB.

PTT: AB	TTT: AC	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Médio
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Baixo

Quadro 9 - Ativação para o tipo de tarefa BE.

PTT: BE	TTT: BE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Médio
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Baixo

Quadro 10 - Ativação para o tipo de tarefa CE.

PTT: CE	TTT: CE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Médio
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Baixo

Quadro 11 - Ativação para o tipo de tarefa AE.

PTT: AC	TTT: AE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Baixo
Médio	Baixo	Baixo
Médio	Médio	Baixo
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Médio

Quadro 12 - Ativação para o tipo de tarefa AE.

PTT: AC	TTT: AE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Baixo
Médio	Baixo	Baixo
Médio	Médio	Baixo
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Médio

Quadro 13 - Ativação para o tipo de tarefa AC.

PTT: AC	TTT: AE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Baixo
Médio	Baixo	Baixo
Médio	Médio	Baixo
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Médio

Quadro 14 - Ativação para o tipo de tarefa AC.

PTT: AC	TTT: AE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Baixo
Médio	Baixo	Baixo
Médio	Médio	Baixo
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Médio

Quadro 15 - Ativação para o tipo de tarefa AC.

PTT: AC	TTT: AE	DTT
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Baixo
Médio	Baixo	Baixo
Médio	Médio	Baixo
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Médio

Para exemplificar, aponta-se a ativação através das regras estipuladas da inferência para o tipo de tarefa AE:

- “**SE** Probabilidade de acerto do tipo de tarefa AE é Baixo (pertinência de 85%) **E** Taxa de acerto deste Tipo de Tarefa é Alto (pertinência de 63%), **ENTÃO**, a necessidade da nova tarefa ser do tipo AE é Médio (pertinência de 74%)”, ou seja, as chances de um aluno acertar uma tarefa do tipo AE relacionado a uma determinada palavra modelo, e ainda, a sua taxa de acerto neste mesmo tipo de tarefa é alto, significa que o aluno está aprendendo bem essa tarefa e tem aparecido com uma frequência alta, logo ela não é crucial para aparecer nas tarefas geradas futuramente, e então é caracterizada com nível de ativação médio.



- “**SE** Probabilidade de acerto do tipo de tarefa AE é Médio (pertinência de 95%) **E** Taxa de acerto deste Tipo de Tarefa é Médio (pertinência de 68%), **ENTÃO**, a necessidade da nova tarefa ser do tipo AE é Alto (pertinência de 81,5%)”, ou seja, temos nessa situação um meio termo, um equilíbrio de dificuldade e taxa de acerto, segundo os especialistas isso significa que esse tipo de tarefa é altamente recomendado para a próxima tarefa a ser gerada.
- “**SE** Probabilidade de acerto do tipo de tarefa AE é Baixo (pertinência de 75%) **E** Taxa de acerto deste Tipo de Tarefa é Baixo (pertinência de 83%), **ENTÃO**, a necessidade da nova tarefa ser do tipo AE é Baixo (pertinência de 79%)”, ou seja, temos então uma dificuldade elevada pelo fato da probabilidade de acerto ser baixa além de sua taxa de acerto também ser baixa, tornando esse tipo de tarefa inviável para a próxima tarefa a ser gerada.

As ativações referentes ao número de comparações são equivalentes para cada número da seguinte forma “Se Variável da coluna 1 = X e Variável da coluna 2 = Y então Variável da coluna 3 = Z”. O número de estímulos no sistema pode variar de 1 até 4 comparações incorretas, sendo assim, segue o Quadro 16 modelo com as devidas variáveis de ativações DNC.

Quadro 16 - Ativações para números de comparações.

PNC	TNC	DNC
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Baixo
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Médio
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Alto
Alto	Alto	Baixo

Aponta-se um exemplo de ativação através das regras estipuladas da inferência para o número de duas comparações:

- “**SE** Probabilidade de acerto do tipo com duas comparações é Baixo (pertinência de 71%) **E** Taxa de acerto com duas comparações é Alto (pertinência de 79%), **ENTÃO** a necessidade da nova tarefa ter duas comparações é Médio (pertinência

de 75%)”, ou seja, as chances de um aluno acertar uma tarefa com duas comparações relacionado a uma determinada palavra modelo, e ainda, a sua taxa de acerto com duas comparações é alta, significa que o aluno está aprendendo bem essa tarefa, e que a tarefa com essa característica tem aparecido com uma frequência alta, logo ela não é crucial para aparecer nas tarefas geradas futuramente, e então é caracterizada com nível de ativação médio.

- “**SE** Probabilidade de acerto com duas comparações é Médio (pertinência de 95%) **E** Taxa de acerto com duas comparações é Médio (pertinência de 68%), **ENTÃO** a necessidade da nova tarefa ser com duas comparações é Alto (pertinência de 81,5%)”, ou seja, temos nessa situação um meio termo, um equilíbrio de dificuldade e taxa de acerto, segundo os especialistas isso significa que uma tarefa com duas comparações é altamente recomendada para a próxima tarefa a ser gerada.
- “**SE** Probabilidade de acerto com duas comparações é Baixo (pertinência de 75%) **E** Taxa de acerto com duas comparações é Baixo (pertinência de 83%), **ENTÃO** a necessidade da nova tarefa ser do tipo AE é Baixo (pertinência de 79%)”, ou seja, temos então uma dificuldade elevada pelo fato da probabilidade de acerto ser baixa além de sua taxa de acerto também ser baixa, tornando a tarefa com duas comparações inviável para a próxima tarefa a ser gerada.

Para definir corretamente quais palavras incorretas devem fazer parte da nova tarefa a ser gerada, deve-se verificar individualmente cada palavra, e suas devidas ativações para que se tenha uma dificuldade adaptada. Esta inferência serve também para que as tarefas não se tornem repetitivas e o aluno não comece a acertar as questões por exclusão, possibilitando dessa forma, que o aluno aprenda a comparar a palavra correta com outras palavras diferentes em diferentes níveis de dificuldades. O Quadro 17 abaixo contém as ativações de inferência para cada palavra.

Quadro 17 - Ativações referentes as palavras incorretas.

PPI	TPI	DPI
Baixo	Baixo	Baixo
Baixo	Médio	Médio
Baixo	Alto	Médio
Médio	Baixo	Baixo
Médio	Médio	Alto
Médio	Alto	Médio
Alto	Baixo	Médio
Alto	Médio	Baixo
Alto	Alto	Baixo

Seguindo a linha de raciocínio em exemplificar, aponta-se uma ativação através das regras estipuladas da inferência para uma palavra escolhida ao acaso, “tatu”:

- “**SE** Probabilidade de acerto de uma tarefa que apresente o estímulo incorreto “tatu” é Baixo (pertinência de 85%) **E** Taxa de acerto desta também é Alto (pertinência de 63%), **ENTÃO** a necessidade da nova tarefa ter este estímulo incorreto é Médio (pertinência de 74%)”, ou seja, as chances de um aluno acertar uma tarefa que apresente o estímulo incorreto “tatu” relacionado a uma determinada palavra modelo, e ainda, a sua taxa de acerto for alta, significa que o aluno está aprendendo bem essa tarefa, e que a tarefa com essa característica tem aparecido com uma frequência alta, logo ela não é crucial para aparecer nas tarefas geradas futuramente, e então é caracterizada com nível de ativação médio.
- “**SE** Probabilidade de acerto de uma tarefa que apresente o estímulo incorreto “tatu” é Médio (pertinência de 95%) **E** Taxa de acerto desta também é Médio (pertinência de 68%), **ENTÃO** a necessidade da nova tarefa ter este estímulo incorreto é Alto (pertinência de 81,5%)”, ou seja, tem-se nessa situação um meio termo, um equilíbrio de dificuldade e taxa de acerto. Segundo os especialistas isso significa que uma tarefa com este estímulo incorreto é altamente recomendado para a próxima tarefa a ser gerada.
- “**SE** Probabilidade de acerto de uma tarefa que apresente o estímulo incorreto “tatu” é Baixo (pertinência de 75%) **E** Taxa de acerto desta também é Baixo (pertinência de 83%), **ENTÃO** a necessidade da nova tarefa ter este estímulo incorreto é Baixo (pertinência de 79%)”, ou seja, é obtido neste caso, uma dificuldade elevada pelo fato da probabilidade de acerto ser baixa além de sua taxa

de acerto também ser baixa, tornando a tarefa com este estímulo incorreto inviável para a próxima tarefa a ser gerada.

#### **3.4.4 Tomada de decisão**

Cada ativação das regras é analisada separadamente, e depois o valor linguístico do conjunto *fuzzy* atribuído como o mais alto e maior grau de pertinência é escolhido como a melhor opção para cada característica da nova tarefa que está sendo gerada.

As regras apresentadas acima são aplicadas para estabelecer o tipo de tarefa, o número de comparações e a escolha de palavras incorretas. Para as escolhas de palavras, em vez de apenas um valor, o algoritmo escolhe as palavras adequadas e retorna uma lista com  $n$  palavras, onde  $n$  é previamente definido pela inferência *fuzzy* responsável por decidir o número de comparações.

Neste trabalho a operação de *defuzification* é feita de forma que a escolha das características da nova tarefa sejam escolhidas pelo grau de ativação e pertinência mais alto, como mencionado anteriormente. Com isso tem-se a geração das características da tarefa para a fase seguinte do jogo.

### **3.5 Base de Dados**

O sistema contém uma base de dados responsável por armazenar informações consideradas importantes pelos especialistas. Tais informações são referentes aos dados da execução das tarefas de ensino, que será armazenada individualmente para cada aluno cadastrado no sistema, as principais tabelas do sistema são mostradas na Figura 6:

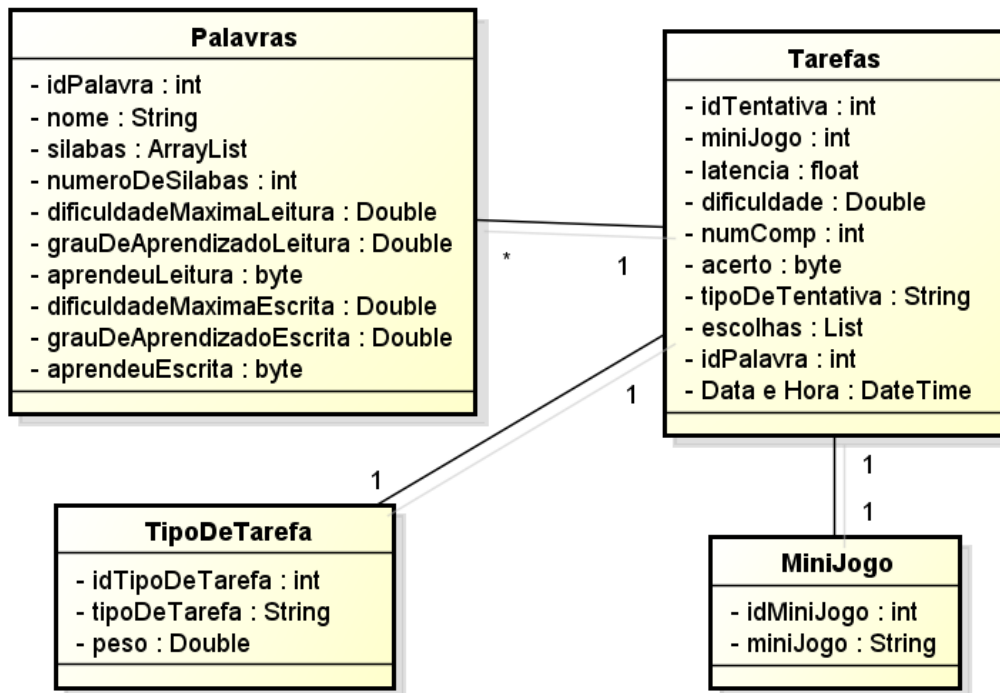


Figura 6 – Modelo E-R do Banco de dados ilustrando as principais tabelas.

As tabelas e seus atributos foram estruturados de modo que os especialistas possam fazer uma análise mais profunda dos usuários do sistema, de modo que se torne possível, aos psicólogos, ao analisar tais dados, diagnosticar problemas no comportamento do aluno, bem como algumas possíveis deficiências no aprendizado.

### 3.6 Algoritmo de Geração de Fases

Após os dados serem processados e o sistema GTE crie a nova tarefa de ensino o algoritmo de geração de fases irá transformar a tarefa em fase do jogo “Aventuras de Amaru” para que o jogador possa executar a tarefa gerada.

### 3.7 Fim do jogo

O sistema desenvolvido está programado para terminar quando todas as palavras cadastradas no sistema estiverem diagnosticadas como alfabetizadas tanto na leitura como na escrita.

## 4 RESULTADOS

Os resultados deste trabalho foram obtidos e analisados em conjunto com especialistas da área do estudo do comportamento humano. As simulações foram feitas a partir do jogo “Aventuras de Amaru” desenvolvido para este propósito. Foram simulados três grupos de alunos em processo de aprendizado. O comportamento dos alunos na execução das tarefas do jogo foi baseado em dados obtidos de alunos que passaram pelo programa de ensino do projeto GEIC. Um grupo de 5 especialistas analisaram a execução das tarefas de ensino de alunos fictícios com base nessa análise preencheram um questionário. Os resultados e sua análise são descritos nesta sessão.

### 4.1 Proposta e descrição do jogo

A estória do jogo consiste em problemas que um alienígena adquire ao cair acidentalmente no nosso planeta. Vindo de um planeta distante, em sua nave espacial, o personagem principal é um viajante que busca conhecer novos planetas e aprender sobre os mesmos.

Para continuar a sua viagem é necessário conseguir algumas peças para que seja possível o conserto da nave. Para prosseguir, o nosso personagem chamado Amaru, Figura 7, necessita aprender a se comunicar, ler e escrever na língua terráquea. No decorrer de sua jornada ele vai aprendendo a se comunicar e conhecendo humanos que o ajudaram a conseguir as peças de sua nave. Ele contará com a ajuda de seu robô Urama, Figura 8, um NPC (*Non Player Character*), que ajudará a resolver as tarefas de ensino do jogo.



Figura 7 – Amaru



Figura 8 - Urama.

O jogo é estilo plataforma constituído de uma série de desafios diferentes, onde nesses desafios serão inseridas as tarefas de ensino, ocorrendo em vários ambientes diferentes do planeta. Cada tipo de desafio será trabalhado separadamente e é chamado de mini-jogo, cada um terá uma lógica e uma mecânica de solução.

O jogador movimentará o personagem em um plano de duas dimensões, porém os gráficos do jogo serão compostos também de objetos em três dimensões. Para mover o personagem o jogador poderá utilizar o teclado com os seguintes comandos: seta esquerda e direita para andar na horizontal; e seta para cima para pular. O jogador pode optar por jogar utilizando o mouse clicando na tela na direção e sentido que deseja se locomover, para pular terá que apertar seta para cima ou a tecla barra de espaço do teclado. Para melhor visualizar o

funcionamento do jogo, podemos ver da Figura 9 até Figura 11 várias cenas do jogo em execução, onde cada uma corresponde a uma tarefa de ensino em execução. As tarefas de ensino surgem a cada intervalo de espaço percorrido ao andar com o personagem pelo cenário para direita. Quando uma tarefa surge, a câmera trava no centro da tarefa e as extremidades das telas são bloqueadas para que o jogador só possa se movimentar na tela que está aparecendo. Quando a tarefa de ensino é realizada, com o pulo na escolha, a extremidade da direita é liberada para que o jogo possa prosseguir.

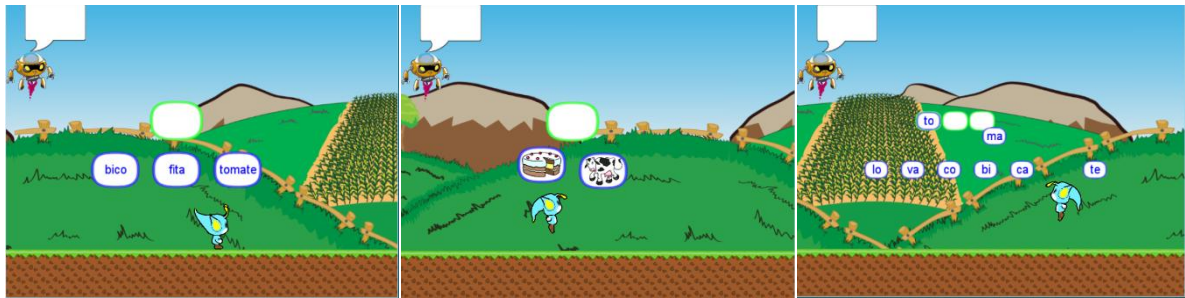


Figura 9 – Tipo de Tarefa AC, AB e AE.

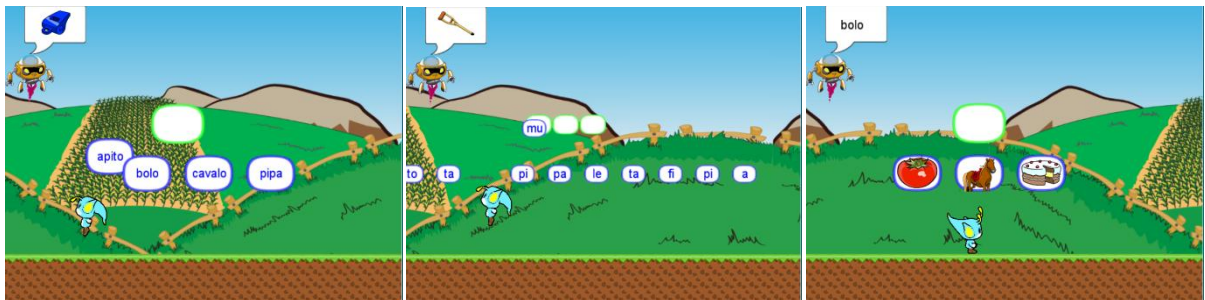


Figura 10 – Tipo de Tarefa BC, BE e CB.

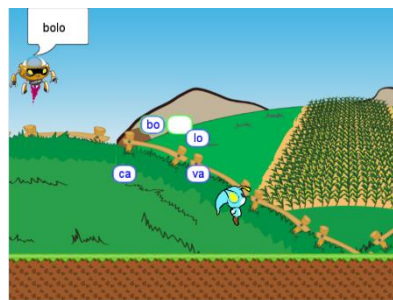


Figura 11 - Tipo de tarefa CE.

## 4.2 Protótipo do Jogo

O protótipo do jogo está sendo desenvolvido na *engine* Unity3d (Unity 3D Support, 2012), MonoDeveloper, Microsoft Visual Studio (Visual, C#, 2012), Linguagem de programação C# e Blender (Blender, 2012) para modelagem e animação 3D.



O sistema será um jogo digital que iniciará com um pré-teste inicial de tarefas fixas para gerar o mínimo de dados necessários para que a ML possa analisar corretamente o aluno. Após o processamento das informações obtidas durante o *gameplay*, para cada palavra, será gerada uma nova tarefa pelo Sistema *Fuzzy* e será armazenada no banco de dados. A fase do jogo será criada utilizando as características da tarefa gerada.

A sequência de tarefas obedecerá a uma lógica de ensino, pois para os especialistas, é necessário que se siga uma ordem preferencial para cada palavra a ser ensinada, e de acordo com a alfabetização dessa palavra, novas palavras irão entrar nas tarefas para ensino de forma gradativa.

Para cada Unidade de Ensino existem quinze palavras a serem ensinadas. A ML irá decidir o grau de conhecimento e se o aluno aprendeu cada palavra. Conforme a execução de cada nova tarefa gerada o sistema responsável pela ML recalculará todos os dados para atualizar as informações de aprendizado do jogador. Conforme o grau de aprendizado do jogador, as palavras que são determinadas como alfabetizadas não aparecerão nas novas tarefas geradas. Quando todas as palavras cadastradas no sistema forem determinadas como alfabetizadas, o jogo irá executar uma animação e finalizará o sistema. O diagrama da Figura 3 demonstra o funcionamento da proposta.

### 4.3 Resultados do Sistema *Fuzzy*

Com o objetivo de avaliar o GTE dentro do jogo e coletar alguns resultados preliminares (Pereira *et al.*, 2012) os educadores simularam o comportamento de três grupos de alunos:

- i) Alunos com Déficit de Aprendizado (DAP);
- ii) Alunos com Aprendizado Gradativo (APG); e
- iii) Alunos com Aprendizado Consolidado (APC).

O sistema foi testado em uma unidade de ensino contendo 15 palavras usadas pelo GEIC (Marques *et al.*, 2011) e com a mesma estrutura de ensino. As quinze palavras são: **bolo, tatu, vaca, bico, mala, tubo, pipa, cavalo, apito, luva, tomate, vovô, muleta, fita e pato.**

Das quinze palavras que correspondem à sessão de ensino denominada pré-teste, foi analisado o aprendizado de cinco palavras. As palavras são: **bolo, tatu, apito, tomate e muleta.** A ML classificou o aprendizado das palavras conforme o Quadro 18, confirmando as simulações feitas pelos psicólogos, em especial o comportamento DAP, que constatou que o aluno com esse comportamento possui conhecimento de leitura, mas não possui domínio

sobre a escrita. Também foram analisadas pelos especialistas as quinze tarefas adaptadas geradas pelo GTE.

Quadro 18 - Classificações do aprendizado de cada palavra das simulações gerado pelo GTE. NL significa Não Aprendeu e HL significa Aprendeu.

	Comportamento Simulado					
	Déficit de Aprendizado		Aprendizado Gradativo		Aprendizado Consolidado	
	Leitura	Escrita	Leitura	Escrita	Leitura	Escrita
Bolo	HL	NL	HL	HL	HL	HL
Tatu	HL	NL	HL	HL	HL	HL
Apito	HL	NL	HL	HL	HL	HL
Tomate	HL	NL	HL	HL	HL	HL
Muleta	HL	NL	HL	HL	HL	HL

As simulações geraram gráficos para cada palavra nos três comportamentos. Os gráficos representam a execução do pré-teste inicial, o acerto ou erro em sua execução e suas respectivas dificuldades. A tarefa 15 de cada gráfico corresponde à tarefa gerada pelo GTE. Observa-se da Figura 12 à Figura 14, os gráficos das tarefas para o ensino da palavra **bolo**, tanto para escrita como para leitura, no experimento de comportamento de DAP, APG e APC. Cada tarefa tem a representação de acerto ou erro como na legenda.

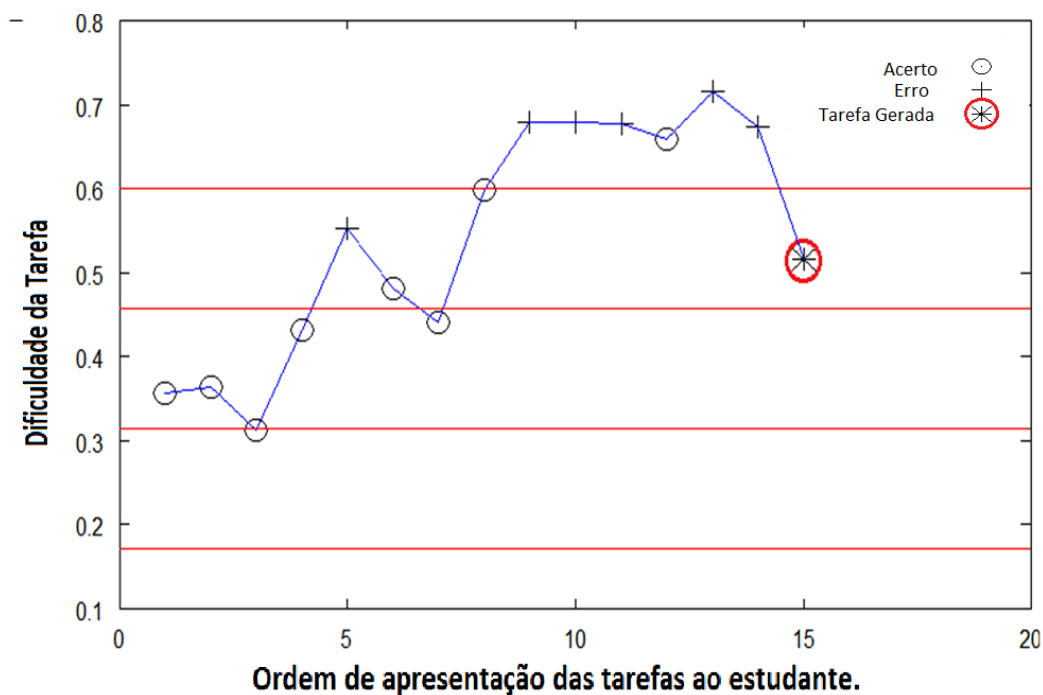


Figura 12 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “bolo” no comportamento DAP.

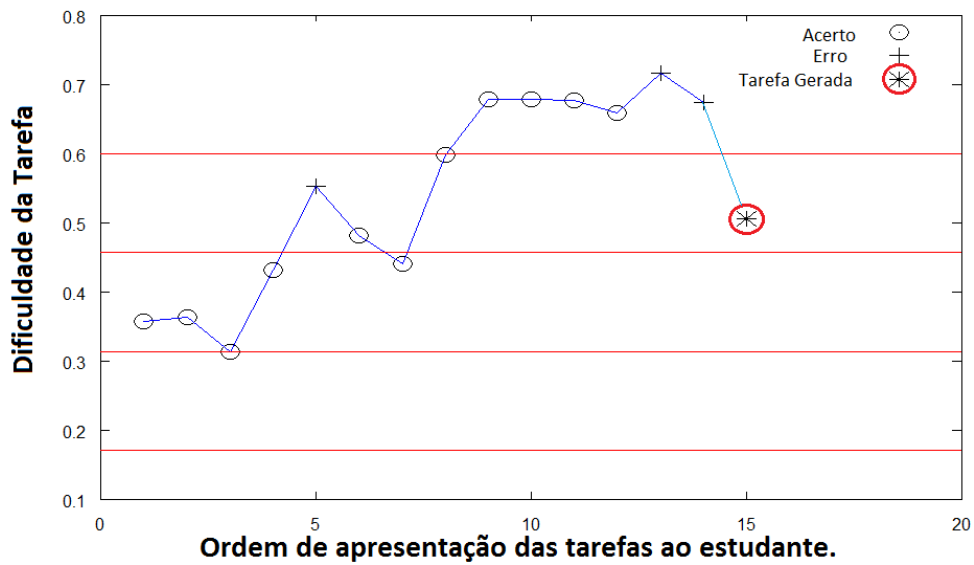


Figura 13 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “bolo” no comportamento APG.

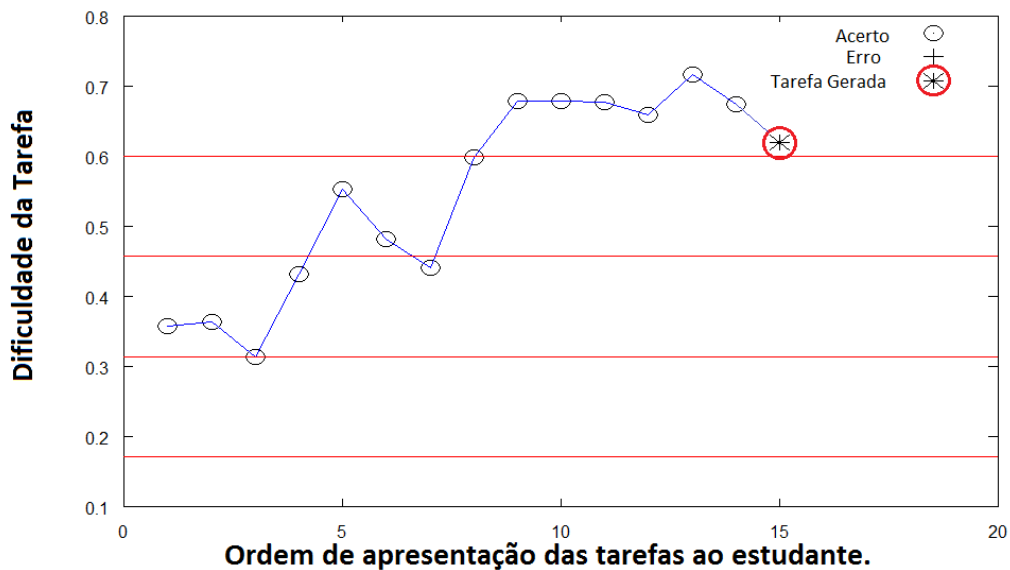


Figura 14 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “bolo” no comportamento APC.

Observa-se da Figura 15 à Figura 17, os gráficos das tarefas para o ensino da palavra “tatu”, tanto para escrita como para leitura, no experimento de comportamento de DAP, APG e APC. Cada tarefa tem a representação de acerto ou erro como na legenda.

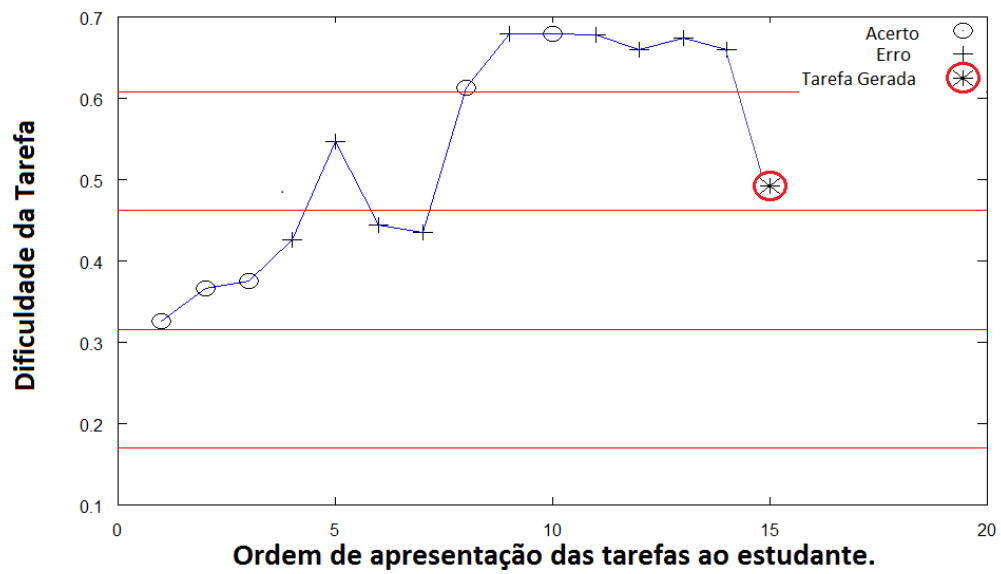


Figura 15 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tatu” no comportamento DAP.

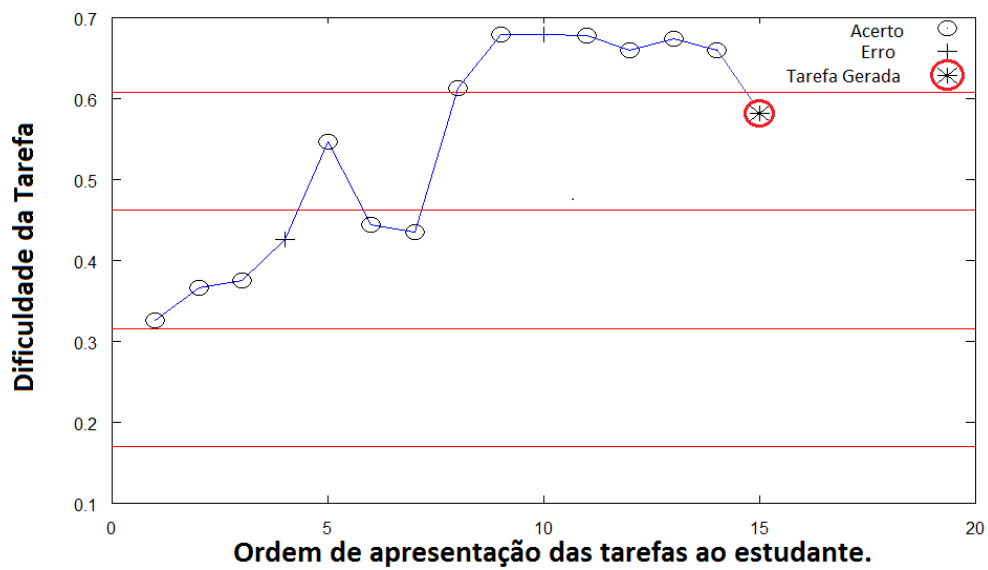


Figura 16 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tatu” no comportamento APG.

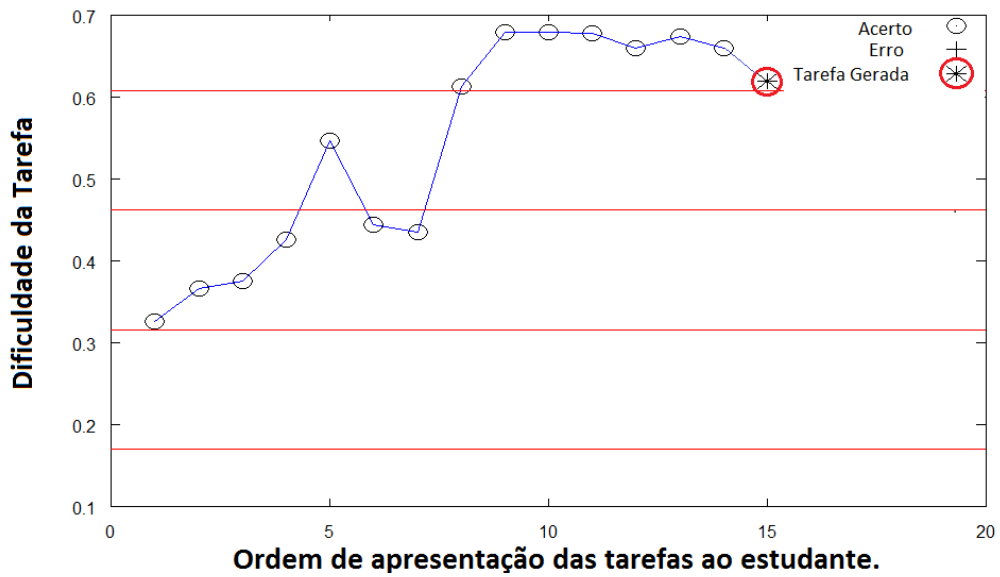


Figura 17 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tatu” no comportamento APC.

Observa-se da Figura 18 à Figura 20, os gráficos das tarefas para o ensino da palavra “Apito”, tanto para escrita como para leitura, no experimento de comportamento de DAP, APG e APC. Cada tarefa tem a representação de acerto ou erro como na legenda.

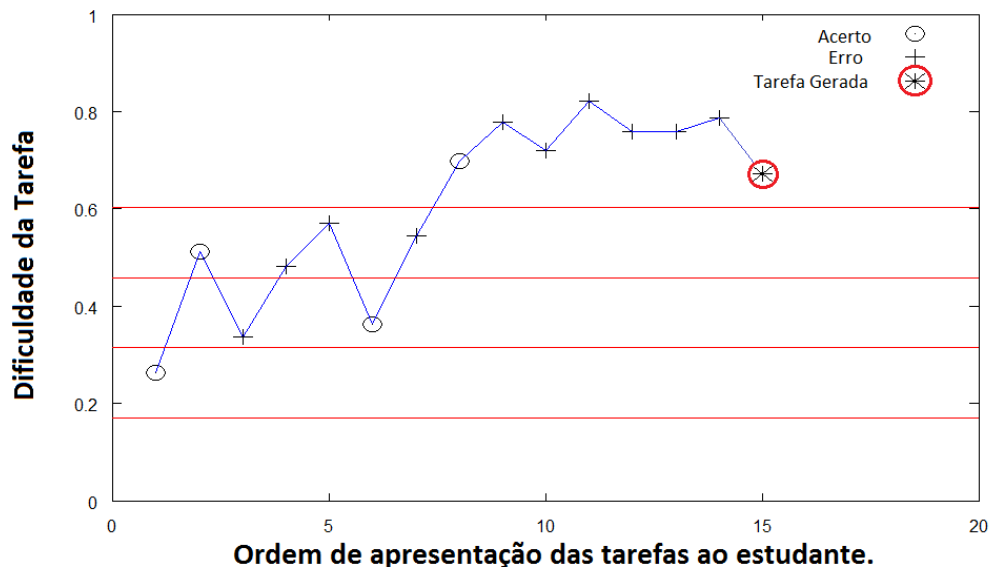


Figura 18 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “apito” no comportamento DAP.

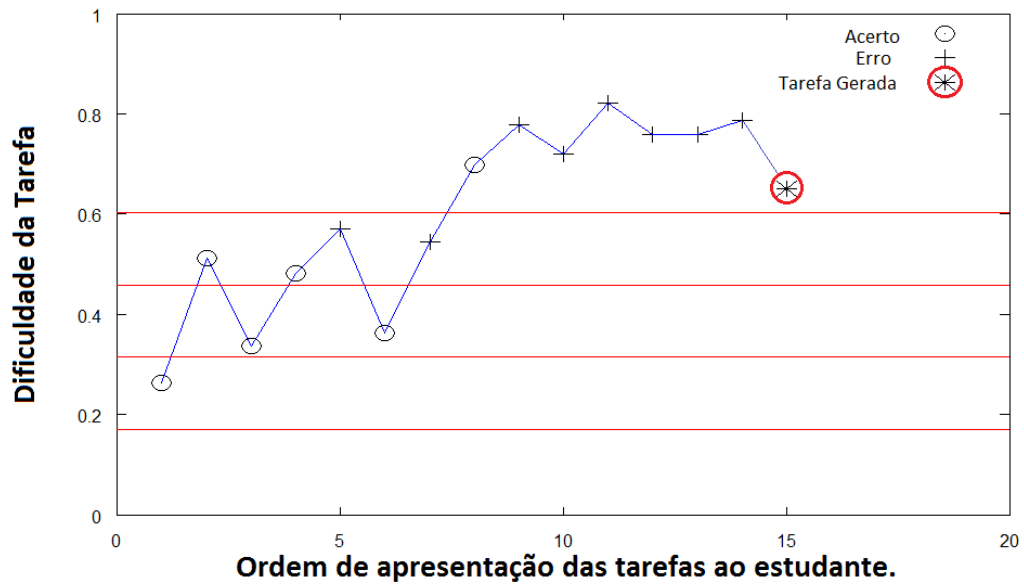


Figura 19 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “apito” no comportamento APG.

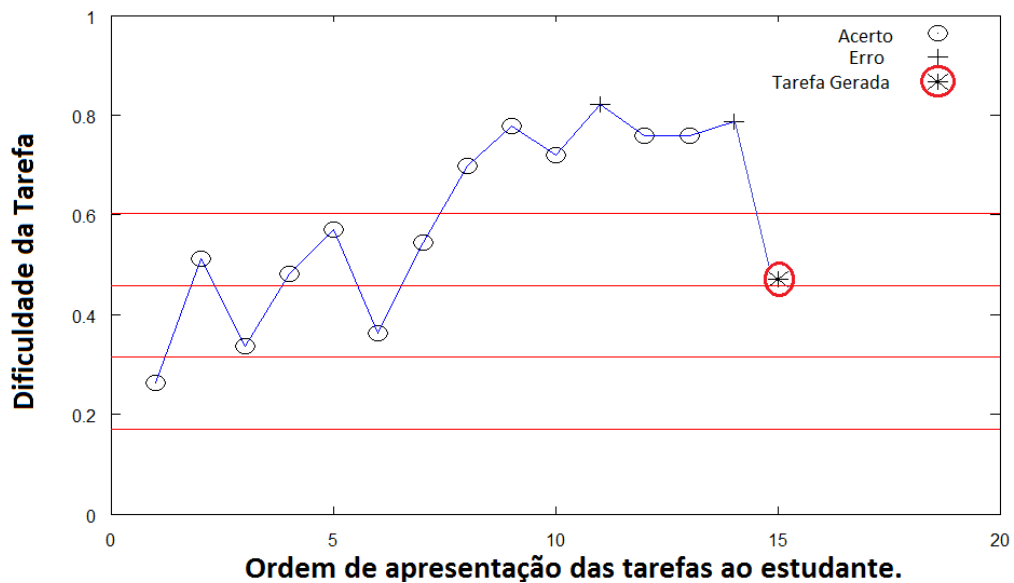


Figura 20 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “apito” no comportamento APC.

Os gráficos das tarefas da Figura 21 à Figura 23, respectivos ao aprendizado da palavra “tomate”, tanto para escrita como para leitura, no experimento de comportamento de DAP, APG e APC. Cada tarefa tem a representação de acerto ou erro como na legenda.

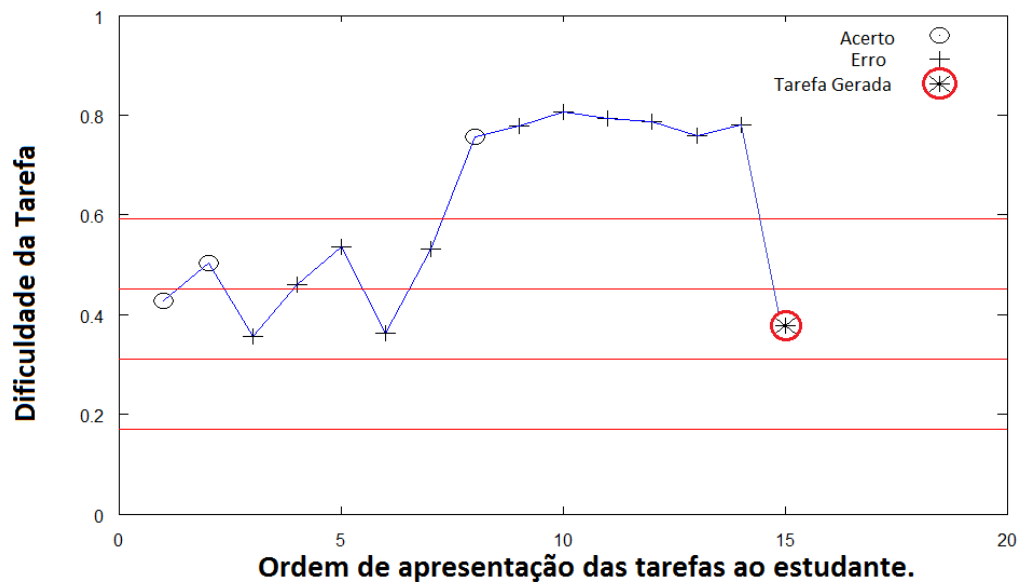


Figura 21 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tomate” no comportamento DAP.

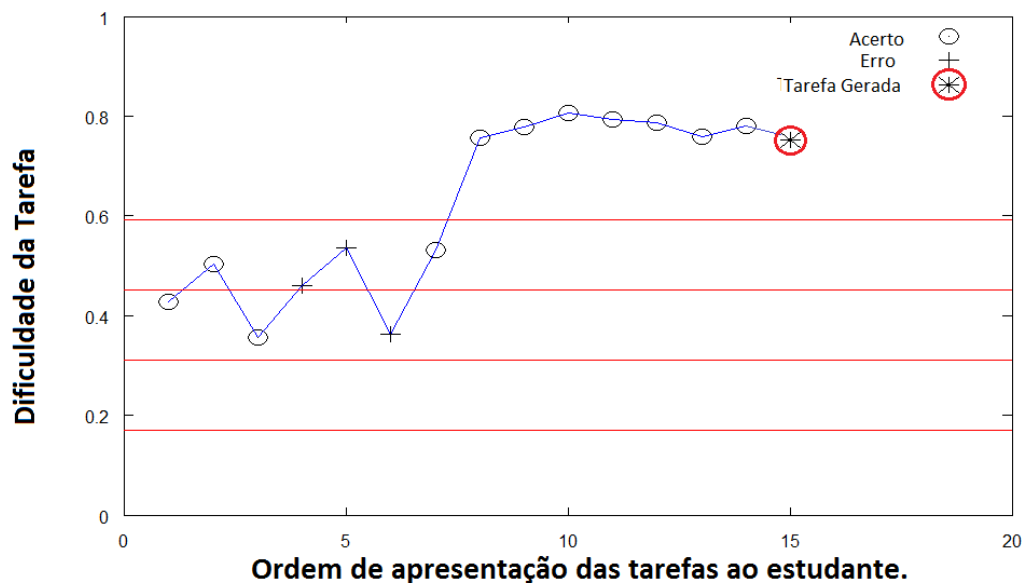


Figura 22 - Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tomate” no comportamento APG.

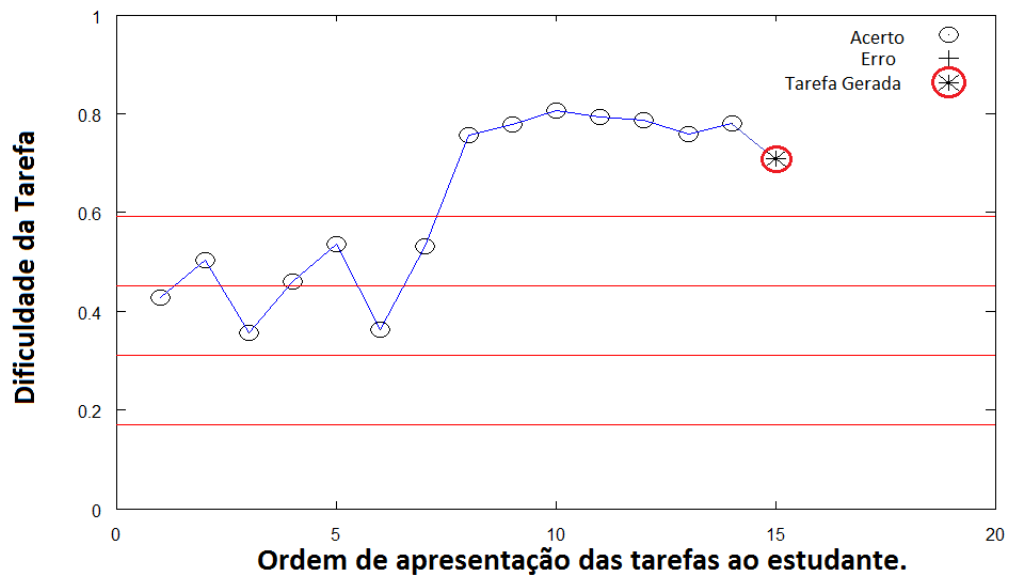


Figura 23 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “tomate” no comportamento APC.

Pode-se visualizar da Figura 24 à Figura 26, os gráficos das tarefas para o ensino da palavra “muleta”, tanto para escrita como para leitura, no experimento de comportamento de DAP, APG e APC.

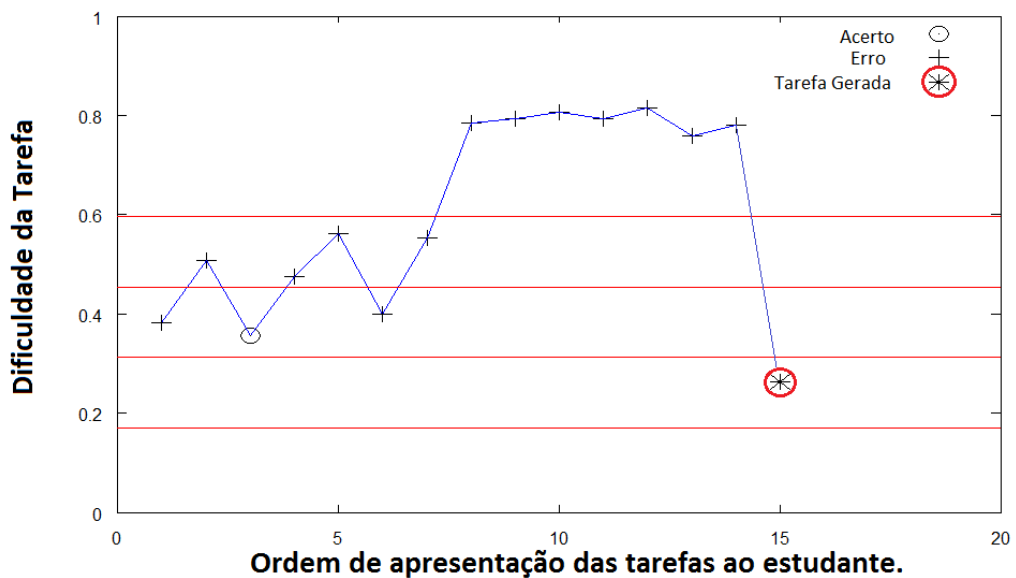


Figura 24 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “muleta” no comportamento DAP.



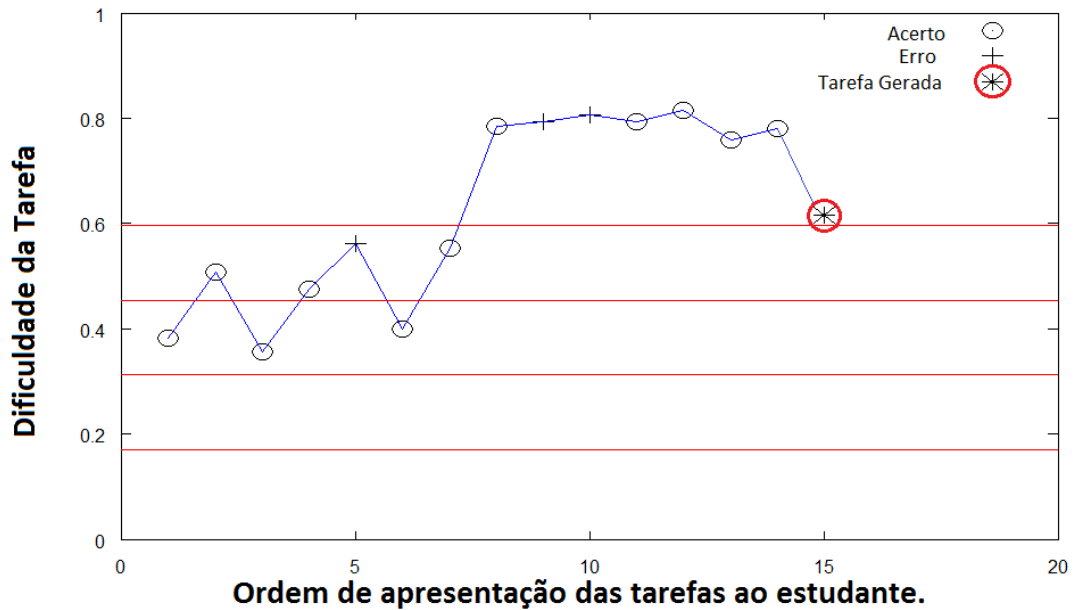


Figura 25 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “muleta” no comportamento APG.

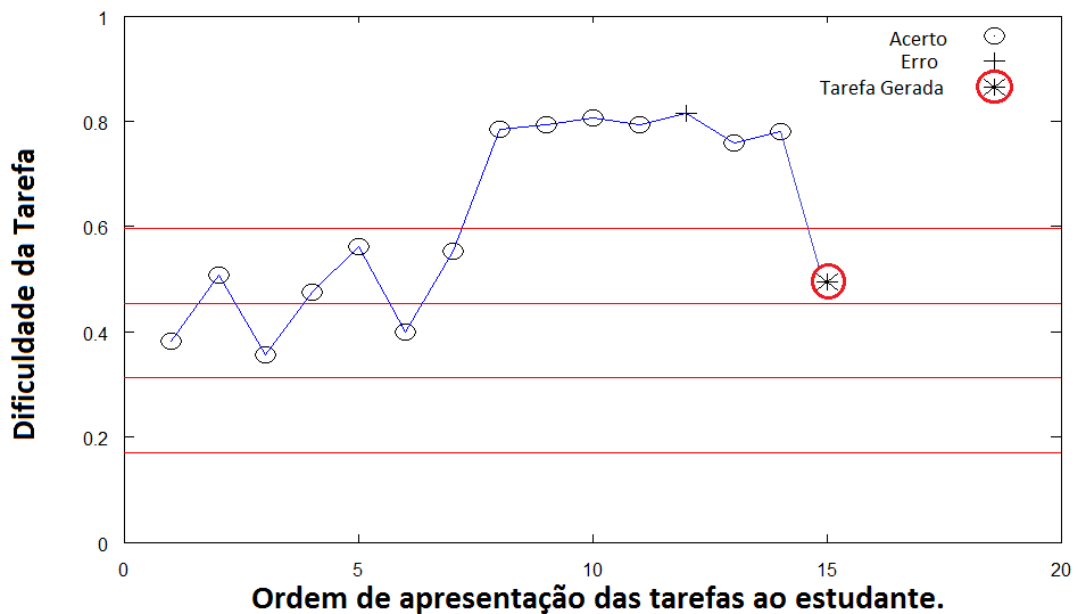


Figura 26 – Gráfico com as tarefas de ensino da palavra “muleta” no comportamento APC.

Para validação dos resultados obtidos acima, foram submetidos questionários (Pereira *et al.*, 2012) para um grupo de psicólogos contendo uma sequência de tarefas de ensino de cada palavra do experimento para cada comportamento simulado. Os questionários tinham dois objetivos:

- i) Identificar um nível de dificuldade para cada tarefa de ensino numa escala de concordância adotada (muito fácil=1, fácil=2, regular=3, difícil=4, muito difícil=5); e

- ii) A partir de 5 tarefas como alternativas, realizar a pergunta: “Qual a tarefa que o aluno deveria realizar baseado nas tarefas anteriores?”, onde uma das 5 alternativas era a tarefa gerada pela IA. Foi calculada uma média no nível de dificuldade dado como resposta pelos psicólogos e em seguida realizada uma distribuição percentual correspondente nas tabelas seguintes.

Na Tabela 19 as linhas correspondem às tarefas apresentadas aos psicólogos e as colunas representam a palavra ensinada pelas tarefas. Os valores da tabela significam a diferença, para mais ou para menos, das opiniões dos psicólogos em relação ao valor gerado pela IA do nível de dificuldade dessa tarefa. Se o valor é igual a zero, o nível de dificuldade escolhido pelo psicólogo e pela IA são equivalentes.

Tabela 19 - Diferença do nível de dificuldade de cada tarefa entre a dificuldade escolhida pela IA e a dificuldade escolhida pelo psicólogo.

	bolo	tatu	apito	tomate	muleta
1ª Tarefa	1	1	1	2	1
2ª Tarefa	1	1	2	1	2
3ª Tarefa	0	0	0	0	0
4ª Tarefa	1	1	0	1	0
5ª Tarefa	1	0	0	1	0
6ª Tarefa	1	1	0	1	0
7ª Tarefa	1	1	1	0	1
8ª Tarefa	4	4	4	4	4
9ª Tarefa	1	0	0	1	1
10ª Tarefa	1	1	0	0	0
11ª Tarefa	0	0	0	0	1
12ª Tarefa	0	0	0	0	0
13ª Tarefa	0	0	1	0	0
14ª Tarefa	1	0	0	0	0

Os dados presentes na Tabela 1 podem ser analisados da seguinte forma:

- Tarefas consideradas complexas pelo sistema *fuzzy* também foram consideradas complexas pelos psicólogos.
- A tarefa 8, para todas as palavras do experimento, teve uma diferença no nível de dificuldade equivalente a 4. Isso por que ela é do tipo “Cópia”, onde o modelo de representação é um texto e as escolhas da tarefa são sílabas (tipo CE). Para corrigir

este problema é necessário rever as regras de inferência estipuladas para esse tipo de tarefa juntamente com os especialistas.

- 14,28% das tarefas foram escolhidas pelos psicólogos foram as mesmas definidas pelo sistema *fuzzy* com o mesmo nível de dificuldade, o que significa que o nível de dificuldade escolhido pelo psicólogo era a mesma que a dificuldade gerada pelo sistema.
- 64,28% das tarefas foram classificadas com a diferença entre 0 e 1 ponto (arredondamento para cima ou para baixo), o que significa que uma pequena diferença é aceitável entre a escolha do sistema *fuzzy* e os psicólogos para a tarefa.
- 78% das tarefas são semelhantes e aceitáveis pelos psicólogos e o sistema *fuzzy*.

Na Tabela 20 encontram-se os dados coletados com as opiniões dos psicólogos sobre o nível de dificuldade da tarefa escolhida como adequada para o aluno baseado nas tarefas realizadas anteriormente e o nível de dificuldade gerado pelo sistema *fuzzy*. Os dados estão agrupados por grupo de alunos obtidos a partir da simulação proposta. (DAP = Déficit de Aprendizado, APG = Aprendizado Gradativo e APC = Aprendizado Consolidado).

Tabela 20 - Nível de dificuldade das tarefas geradas dado a dificuldade gerada sistema *fuzzy* e a tarefa escolhida pelos psicólogos agrupados por comportamento do aluno.

	DAP		APG		APC	
	IA	Especialistas	IA	Especialistas	IA	Especialistas
Bolo	4	3	4	5	5	5
Tatu	4	2	4	4	5	5
Apito	5	3	5	3	4	3
Muleta	2	2	5	5	4	5

De acordo com os dados recolhidos com esta simulação concluiu-se que a dificuldade das tarefas geradas pela sistema *fuzzy* estão próximas das opções escolhidas por especialistas.

Os especialistas analisaram as opções de tarefas escolhendo o quanto elas atendem as necessidades dos alunos. Em relação às tarefas geradas pelo sistema *fuzzy*, que estavam escondidos entre as outras do questionário, 25% foram consideradas ideais, 41,66% foram considerados satisfatórios e 33,34% foram considerados longe do ideal. Desta forma os resultados apontam que se tem um aproveitamento de 66,66% das tarefas geradas.

## 5 CONCLUSÃO

Esta dissertação apresentou o sistema *fuzzy* chamado de GTE juntamente com o jogo “Aventuras de Amaru” para auxiliar crianças no aprendizado de escrita e leitura de forma mais lúdica. Este trabalho é parte de um projeto que integra dois sistemas inteligentes e um jogo digital, onde primeiramente os dados coletados durante o *gameplay* são analisados e processados pelo sistema ML. O sistema GTE consiste na geração de tarefas através de um sistema *fuzzy* com base nos dados gerados pela ML. Esse sistema executa a tomada de decisão de cada característica de uma tarefa, com base na real necessidade de aprendizado de uma determinada pessoa.

Uma dificuldade encontrada durante a pesquisa e revisão bibliográfica foi a inexistência de trabalhos que tinham como objetivo utilizar técnicas de IA voltadas à automatização de geração de tarefas de ensino adaptativas voltadas para leitura e escrita. Sendo necessário o estudo separado de técnicas de geração de conteúdo, missões e fases que mais se assemelhassem com o proposto neste projeto. Cada parte desenvolvida neste projeto foi analisada e validada juntamente com especialista, em formas de questionários e entrevistas. Procurou-se garantir que os resultados do GTE se assemelhassem as decisões dos psicólogos.

Durante a revisão bibliográfica, foram estudados e analisadas diversas técnicas de IA, como: **i)** Redes Neurais; **ii)** Algoritmo Genético; **iii)** Redes Bayesianas; **iv)** Sistemas Fuzzy; **v)** *Machine Learning*, para que se fosse decidido qual delas era a mais apropriada para ser utilizada a fim de resolver o problema proposto. Foi escolhido o sistema *fuzzy* para o GTE por ele se destacar em sua capacidade de expressar as imprecisões e incertezas do conhecimento nele representado, garantindo uma melhor aproximação do conhecimento dos psicólogos envolvidos no projeto, através de representações semânticas e termos linguísticos de seus pensamentos. Outro motivo para ele ter sido escolhido é que o sistema *fuzzy* tem a característica de ser eficiente além de possuir baixo custo computacional, necessário para que o *gameplay* não fique comprometido com o gargalo do processamento gerado pelo GTE.

Pela análise dos dados e pelo *feedback* dos especialistas após preenchimento dos questionários, o sistema de inteligência artificial *fuzzy* mostrou-se eficaz no que ele se propõe a realizar. Essa aprovação dos psicólogos foi fundamental para que o sistema possa ser utilizado de forma eficiente e adequado, em alunos reais. Nota-se que os dados dos especialistas na área de análise comportamental estão de acordo com os dados de saída da ML (Nerino *et al.*, 2012) e geração de tarefas GTE (Pereira *et al.*, 2012), validando seus valores de saída, visto que os especialistas trabalham diariamente com sessões de ensino informatizadas.

Tais resultados foram publicados em um artigo na revista RENOTE voltada para educação (Nerino *et al.*, 2012), no evento de Inteligência Artificial, *European Conference on Artificial Intelligence* (Pereira *et al.*, 2012), sua boa aceitação rendeu uma publicação em um capítulo de um livro (*Smart Innovation, Systems and Technologies*) que ainda está sendo editado. O protótipo do jogo com novos resultados de novas simulações foram aceitos no evento SBGames (Pereira *et al.*, 2012).

## 5.1 Trabalhos Futuros

Mesmo com os resultados, é necessário estender os testes do jogo “Aventuras de Amaru” em estudantes do projeto GEIC, em parceria com os especialistas. Com isso espera-se obter resultados próximos **as** necessidades de alunos reais. Com algumas melhorias, principalmente nos tipos de tarefas, será possível ponderar com mais exatidão as características das tarefas com as opiniões dos psicólogos.

A partir dos resultados desses novos testes pretende-se criar novos níveis de valores linguísticos *fuzzy*, calibrar as características do sistema *fuzzy*, bem como as regras de inferência, para que se possam obter tarefas geradas mais próximas do ideal.

Atualmente o jogo roda apenas no computador. Existem dispositivos eletrônicos diversos como: *E-Books*, *Tablets* e *Smartphones* utilizados para diferentes fins como o entretenimento, ferramentas de auxílio em determinadas tarefas, comunicação, leitura de livros, etc. Essa diversidade de recursos tecnológicos abre novas possibilidades para soluções dos mais diversos tipos de problemas. A ferramenta de desenvolvimento, Unity 3D (Unity 3D Support, 2012), oferece a possibilidade de desenvolver aplicativos e jogos, que com pequenos ajustes, podem ser portados para diversas plataformas, além do computador, como: **i)** *Tablets* e *Smartphones* com sistema operacional Android ou iOS; **ii)** Consoles de videogames Xbox360, Nintendo Wii e Playstation 3; **iii)** Aplicativo Web; **iv)** Aplicativo Flash.

Apesar da solução proposta neste trabalho utilizar sistema *fuzzy* para criação do GTE, existem diversas outras técnicas de IA que podem vir a ser utilizadas. Outra proposta para os trabalhos futuros é implementar e testar outras técnicas de IA tais como:

- Planejamento Automatizado: usa combinações de estratégias básicas de solução de problemas, através de alguns dos mecanismos de representação do conhecimento. A divisão do problema de geração das tarefas pode ser solucionada em partes menores, solucionar separadamente cada característica da nova tarefa, para posterior construção da tarefa completa.
- Redes neurais: Necessita de um processo de treinamento a partir dos casos reais conhecidos, adquirindo, a partir daí, a sistemática necessária para executar adequadamente o processo desejado dos dados fornecidos. Sendo assim, a rede neural seria capaz de extrair regras básicas de casos reais a partir de um conjunto de tarefas geradas pelos próprios especialistas para alunos que passaram pelo ALEPP. Redes neurais diferem da computação programada, onde é necessário um conjunto de regras rígidas pré-fixadas e algoritmos.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, B. V. E. As tecnologias e o ensino-aprendizagem. **USU, Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2008.
- BALDREE, T. Torchlight. **Runic Games**, 2009.
- BATTAIOLA, A. L. Jogos por Computador – Histórico, Relevância Tecnológica e Mercadológica, Tendências e Técnicas de Implementação. **Anais da XIX Jornada de Atualização em Informática. Proceedings. Curitiba: SBC, v. 2., Curitiba: SBC, p. 83-122, 2000.**
- BECK, J.; STERN, M.; HAUGSJAA. E. Applications of AI in education: the ACM's first electronic publication. **The ACM Student Magazine**, 1998. Disponível em: <[http:// www.acm.org/crossroads/xrds3-1/aied.html](http://www.acm.org/crossroads/xrds3-1/aied.html)>. Acesso em 06 de junho de 2012.
- BENEDICT, B.du. What does the “AI” in AIED buy? **IEE**, 1997.
- BERGENSTEN, M. Person and J. Minecraft. **Mojang**, 2009.
- BLENDER. **Blender**, 3 Agosto 2012. Disponível em: <<http://www.blender.org/>>. Acesso em 3 de Agosto de 2012.
- BROPHY, J. Teacher Influences on Student Achievement. **Am. Psychologist**, vol. 41, no. 10, p. 1069-1077, 1986.
- C. D. PEDRO, J. O. Adriano. Aprendizado de Regras Nebulosas em Tempo Real para Jogos Eletrônicos. **XI Brazilian Symposium of Multimedia Systems and Web. Games – II Brazilian Workshop of Games and Digital Entertainment**, 2003.
- CLAUDIO, J.T. Behaviorismo e Análise Experimental do Comportamento. **Cadernos de Análise do Comportamento**, p. 10-23, 1982.
- CORMEN, T. H. et al. Algoritmos: Teoria e Prática. Tradução da 2ª edição [americana]. **Ed. Campus**, 2002.
- DE SOUZA, D. G., de Rose, J. C., Faleiros, T. C., Bortoloti, R., Hanna, E. S., & McIlvane, W. J. Teaching Generative Reading Via Recombination of Minimal Textual Units. Generative Reading Via Recombination of Minimal Textual Units: A Legacy of Verbal Behavior to Children in Brazil. **Revista Internacional De Psicologia Y Terapia Psicologica**, p. 19–44, 2009.
- DEBERT, Paula; MATOS, Maria Amelia; ANDREY, Maria Amalia Pie Abib. Discriminação condicional: definições, procedimentos e dados recentes. **Revista brasileira de Análise do Comportamento, v. II. n. 1, p. 37-52, 2006.**

- DORMANS, D.; SANDER, B. Generating Missions and Spaces for Adaptable Play Experiences. **IEEE Transactions on Computational Intelligence AI in Games**, 2011.
- DU BOULAY, B. What does the “AI” in AIED buy? **Artificial Intelligence in Educational Software**, 1998.
- E. SCHAEFER, D. Brevik, M. Schaefer, E. Sexton, and K. William. Diablo. **Blizzard North**, 1996.
- EDRO, C.D. AND ADRIANO, J.O. Aprendizado de Regras Nebulosas em Tempo Real para Jogos Eletrônicos. **XI Brazilian Symposium of Multimedia Systems and Web. Games – II Brazilian Workshop of Games and Digital Entertainment**, 2003.
- GALVÃO, O. F.; BARROS, R. S. Curso de Introdução à Análise Experimental do Comportamento. **Departamento de Psicologia Experimental Available at**, 2011. Disponível em: <CopyMarket.com>. Acesso em 23 de dezembro de 2011.
- J. C. ROSE, D. G. Souza, A. L. Rossito, T. M. S. Rose. Aquisição de leitura após história de fracasso escolar: equivalência de estímulos e generalização. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, p. 1989, 451-69.
- JULIANO, Marcio Cassio. Análise dos efeitos de uma programação de ensino sobre o desempenho de estudantes em um curso superior de administração de empresas. **Revista de Educação**, v. XIII, p. 23-28, 2009.
- KOLODNER, Janet. Case-Based Reasoning. **CA: Morgan Kaufmann**, San Mateo, p. 668, 1993.
- L. XIANGFENG, W. Xiao and Z. Jun. Guided Game-Based Learning. **Published by IEEE Transactions on Learning Technologies**, 2010.
- LOIACONO, D.; CARDAMONE, L.; LANZI, P. L. Automatic Track Generation for High-End Racing Games Using Evolutionary Computation. **Computational Intelligence and AI in Games, IEEE Transactions**, v. 3, n. 3, p. 245-259, 2011.
- LYYTINEN, H. et al. In search of a science-based application: a learning tool for reading acquisition. **Scandinavian Journal of Psychology**, 2009.
- M. A. AZEVEDO, M. L. Marques. Alfabetização hoje. **São Paulo: Cortez**, 2001.
- MAHLMANN, T., Drachen, A., Canossa, A., Togelius, J. And Yannakakis. Predicting player behavior in Tomb Raider: Underworld. **Computational Intelligence and Games**, p. 178-185, 2010.
- MAMDANI, E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers. **International Journal of Man-Machine Studies, Vol 8**, p. 669-678, 1976.
- MAMDANI, E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers. **International Journal of Man-Machine Studies, Vol 8**, 669-678.
- MARQUES, L. B.; MEIO, R. G.; MARIA, R. M. Aprendendo a Ler e Escrever em Pequenos Passos. **Manual do Usuário de Programas de Ensino via GEIC**, São Carlos, 2011.
- MARQUES, L.B. Variáveis Motivacionais no Ensino de Leitura: O jogo como recurso complementar. **ed. São Carlos: UFSCar**, 2009.



- MARQUES, L.B.; MEIO, R.G.; MARIA, R.d.M. Manual do Usuário de Programas de Ensino via GEIC - Volume 1: Aprendendo a Ler e Escrever em Pequenos Passos. **São Carlos**, 2011.
- MAWHORTER, P.; MATEAS, M. Procedural level generation using occupancy-regulated extension. **Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on**, p. 351-358, 2010.
- MCARTHUR, D.; LEWIS, M.W.; BISHAY, M. The Roles of Artificial Intelligence in Education: Current Progress and Future Prospects, 1993. Disponível em: <<http://www.rand.org/hot/mcarthur/Papers/role.html>>.
- MIGUEL, F.; FERNANDEZ DE V., F.; CARLOS, C. Breeding Terrains with Genetic Terrain Programming: The Evolution of Terrain Generators. **International Journal of Computer Games Technology**, 2009.
- MORATORI, P. B. et al. Analysis of the Stability of a Fuzzy Control System Developed to Control a Simulated Robot. **Fuzzy Systems, 2005. The 14th IEEE International Conference on Fuzzy**, p. 726-730, 2005.
- MORATORI, P.B. et al. Analysis of the Stability of a Fuzzy Control System Developed to Control a Simulated Robot. **International Conference on Fuzzy**, v. 14, p. 726-730, 2005.
- NERINO, G.JR. et al. Máquina de aprendizagem como ferramenta de auxílio na análise comportamental no ensino da leitura. **Renote- Revista sobre novas tecnologias na Educação**, 2012.
- PEDRO, C.D.; ADRIANO, J.O. Aprendizado de Regras Nebulosas em Tempo Real para Jogos Eletrônicos. **XI Brazilian Symposium of Multimedia Systems and Web. Game - II Brazilian Workshop of Games and Digital Entertainment.**, 2003.
- PEREIRA, A. B. C. et al. A AIED Game to help children with learning disabilities in literacy in the Portuguese language. **SBGames**, Brasília, n. XI, 2012. ISSN ISSN: 2179-2259.
- PEREIRA, A. B. C.; NERINO, G. S. J. Questionário de avaliação para psicólogos e pedagogos do projeto GEIC. **LAAI**, São Carlos, 2012. Disponível em: <[http://www.laai.ufpa.br/publicacoes/questionarios/questionario\\_validate\\_ml.pdf](http://www.laai.ufpa.br/publicacoes/questionarios/questionario_validate_ml.pdf)>.
- PEREIRA, A.B.C. et al. A Fuzzy System for Educational Tasks for Children with Reading Disabilities. **ECAI – The 18th European Conference on Artificial Intelligence, Workshop CIMA - 3rd International Workshop on Combinations of Intelligent Methods and Applications.**, 2012.
- REIS, S. T.; SOUZA, D.G.; ROSE, J. C. Avaliação de um programa para o ensino de leitura e escrita. **Estudos em Avaliação Educacional**, p. 425-450, 2009.
- RIBEIRO, L. O. M.; TIMM, M. I.; ZARO, M. A. Modificações em Jogos Digitais e seu uso. **Cinted-UFRGS, Vol. 4, N. 1**, Julho 2006.
- ROSE, de J. C. et al. Aquisição de leitura após história de fracasso escolar: equivalência de estímulos e generalização. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, p. 451-469, 1989.

- SANDER, D. Dormans and B. Generating Missions and Spaces for Adaptable Play Experiences. **IEEE Transactions on Computational Intelligence AI in Games**, 2011.
- SARMANHO, E. S. et al. Um Jogo com Reconhecedor de Voz para o Ensino de Crianças com Dificuldade de Aprendizagem em Leitura e Escrita. **Semish**, 2011.
- SCHUYTEMA, Paul. **Design de Games: Uma Abordagem**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- SELF, J. Grounded in reality: the infiltration of AI into practical educational systems. **Artificial Intelligence in Educational Software**, Londres, p. 1-4, 1988.
- SIDMAN, M.; TAILBY, W.a.B.R.; DE ROSE, J. Medida do Grau de Relacionamento entre Estímulos Equivalentes. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, p. 252-258, 2007.
- SKINNER, B. F. ARE THEORIES OF LEARNING NECESSARY. **First published in Psychological Review**, p. 193-216, 1950.
- SMITH, A.M.; MATEAS, M. Variations Forever: Flexibly generating rulesets from a sculptable design space of mini-games. **Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on**, Santa Cruz, CA, USA, p. 273-280, 2010.
- TIMOTHY, R. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. **Third Edition'**, ISBN: **047074376X**, p. 117-148, 2010.
- TOBIAS, S. Interest, Prior Knowledge, and Learning. **Rev. of Educational Research**, vol. **64**, no. **1**, p. 37-54, 1994.
- TOGELIUS, J. et al. Multi objective Exploration of the StarCraft Map Space. **Computational Intelligence and Games (CIG), 2010 IEEE Symposium on**, p. 265-272, 2010.
- UNITY 3D Support. **Unity 3D**, 3 Agosto 2012. Disponível em: <<http://unity3d.com/support/>>. Acesso em 3 de Agosto de 2012.
- URBAN-LURAIN, M. Intelligent tutoring systems: an historic review in the context of the development of artificial intelligence and educational psychology., 1998. Disponível em: <<http://www.cse.msu.edu/~urban/ITS.htm>>. Acesso em 06 de junho de 2012.
- VISUAL, C#. **Visual Studio**, 3 Agosto 2012. Disponível em: <<http://msdn.microsoft.com/pt-br/vstudio/hh388566.aspx>>. Acesso em 3 de Agosto de 2012.
- W.WRIGHT. Spore. **Maxis**, 2008.
- XIANGFENG, L.; JUN, W. Xiao and Z. Guided Game-Based Learning. **Published by IEEE Transactions on Learning Technologies**, 2010.

