

**Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná**  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
Colegiado de Ciência da Computação  
*Curso de Bacharelado em Ciência da Computação*

**Lara e as frações: um tutor inteligente para a aprendizagem de frações**

*Lyssa Priscyla Scherer*

**CASCADEL**  
**2017**

**LYSSA PRISCYLA SCHERER**

**LARA E AS FRAÇÕES: UM TUTOR INTELIGENTE PARA A  
APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da  
Computação, do Centro de Ciências Exatas e Tec-  
nológicas da Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná - Campus de Cascavel

Orientadora: Prof. Claudia Brandelero Rizzi

CASCADEL  
2017

**LYSSA PRISCYLA SCHERER**

**LARA E AS FRAÇÕES: UM TUTOR INTELIGENTE PARA A  
APRENDIZAGEM DE FRAÇÕES**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em  
Ciência da Computação, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel,  
aprovada pela Comissão formada pelos professores:

---

Prof. Cláudia Brandelero Rizzi (Orientadora)  
Colegiado de Ciência da Computação,  
UNIOESTE

---

Prof. Rogério Luis Rizzi  
Colegiado de Matemática, UNIOESTE

---

Prof. Francieli Cristina Agostinetti Antunes  
Colegiado de Matemática, UNIOESTE

Cascavel, 1 de março de 2018

*"I cannot remember the books I've read any more than the meals I have eaten; even so, they have made me." - Ralph Waldo Emerson*

## AGRADECIMENTOS

Neste trabalho gostaria de agradecer primeiramente as pessoas que contribuíram de alguma forma na realização do trabalho.

Obrigada as professoras Francieli Antunes e Cleiris Wichoski que auxiliaram na correção das questões presentes neste sistema. Obrigada ao Grupo de Estudos em Educação Matemática e Informática (EM&I) e aos acadêmicos do curso de Ciência da Computação da Unioeste de Cascavel por terem oferecido um tempinho da vida deles para avaliar o sistema. Obrigada a editora FTD por disponibilizar a formalização do conteúdo de frações. Obrigada a UNIOESTE pela logística.

Agradeço também a banca desta tese, por me corrigirem e darem ideias que só agregaram neste trabalho.

Alguns agradecimentos vão além do desenvolvimento do trabalho.

Claudia, obrigada por ser essa orientadora e pessoa incrível, por ter me ajudado em todos os projetos de Iniciação Científica que participei desde meu primeiro ano na faculdade, por ter tido paciência e por ter se preocupado comigo durante meu estágio na Alemanha.

Thales e Murilo, vocês me ajudaram a manter a calma e não surtar, me ajudaram com questões técnicas também, Thales corrigindo meu português e dando ideias e Murilo me ajudando a fazer as coisas funcionarem. Se não fosse vocês teria desistido desse TCC, vocês são muito importantes para mim e sabem disso.

Família, a probabilidade de lerem isso é muito pequena, mas saibam que sem vocês eu não teria chegado onde estou hoje, então aqui fica o agradecimento por me aguentarem nesses 22 anos.

Um último agradecimento aos professores que tive durante esse curso, que me deram a base para todos os conhecimentos de computação que tenho hoje e que me ajudaram da forma que podiam para eu conseguir fazer meu estágio. E aos amigos que eu fiz durante este curso e aos quais não citarei nomes, vocês sabem que estão no meu coração.

# Lista de Figuras

2.1	Contínuo da aprendizagem mecânica-significativa. . . . .	6
3.1	Domínio STI adaptada de (NWANA, 1990) . . . . .	13
3.2	Ciência Cognitiva adaptada de (GERRIG et al., 2015) . . . . .	14
3.3	Arquitetura tradicional de um STI, adaptado de Goulart e Giraffa (2001) . . . . .	15
3.4	Arquitetura tripartida de um STI (Adaptada de Self (1999)) . . . . .	16
3.5	Tela do STI ALEKS . . . . .	18
3.6	Tela do STI MATHia . . . . .	19
3.7	Tela do Sistema JFractionLab . . . . .	20
3.8	Tela do STI Pat2Math . . . . .	21
3.9	Tela do STI Cônicas . . . . .	22
3.10	Tela do STI de Neurofisiologia . . . . .	23
3.11	Tela do STI Blop . . . . .	24
4.1	Agente Pedagógico Lara . . . . .	26
4.2	Fluxo do sistema Lara e as frações na visão do educando . . . . .	27
4.3	Contextualização do Problema Gerador . . . . .	28
4.4	Fórmula utilizando o MathJax . . . . .	34
4.5	Agentes contidos no Sistema . . . . .	38
4.6	Rede Bayesiana criada pela ferramenta GeNIe . . . . .	40
5.1	Tela de Cadastro . . . . .	43
5.2	Problema Gerador . . . . .	43
5.3	Perfil do educando . . . . .	44
5.4	Listagem das Atividades . . . . .	44

5.5	Desafio . . . . .	45
5.6	Formalização . . . . .	45
5.7	Atividade . . . . .	46
5.8	Questões Finais . . . . .	46
5.9	Botão Dica e Exemplo . . . . .	47
5.10	Pop-up . . . . .	47
5.11	Dica Lara . . . . .	47
5.12	Dica ao final do Módulo . . . . .	48
6.1	Site para avaliação da rede. . . . .	50
6.2	Apresentação contendo vídeo do Sistema. . . . .	51
6.3	Trecho do formulário respondido pelos avaliadores. . . . .	52
6.4	Afirmação 1 . . . . .	53
6.5	Afirmação 2 . . . . .	53
6.6	Afirmação 3 . . . . .	53
6.7	Afirmação 4 . . . . .	54
6.8	Afirmação 5 . . . . .	54
6.9	Afirmação 6 . . . . .	55

# Lista de Tabelas

3.1	CAI x STI adaptado de Giraffa (2001)	12
3.2	Sistemas Correlatos	25
4.1	Pesos da Rede	40
4.2	Pesos referentes as questões	41
4.3	Exemplo da soma dos pesos	41

# Lista de Abreviaturas e Siglas

STI	Sistema Tutor Inteligente
CAI	Computer Assisted Instruction
IA	Inteligência Artificial
ICAI	CAI Inteligente
EM&I	Grupo de Estudos em Educação Matemática e Informática
GTERP	Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas
RP	Resolução de Problemas
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ProInfo	Programa Nacional de Tecnologia Educacional
IE	Informática na Educação

# Sumário

<b>Lista de Figuras</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b>	<b>ix</b>
<b>Sumário</b>	<b>x</b>
<b>Resumo</b>	<b>xii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	<b>5</b>
2.1 Aprendizagem Significativa . . . . .	5
2.2 Resolução de Problemas . . . . .	7
<b>3 Sistemas Tutores Inteligentes</b>	<b>11</b>
3.1 Sistemas Tutores Inteligentes . . . . .	12
3.1.1 Arquitetura Tradicional do STI . . . . .	14
3.2 Sistemas Correlatos . . . . .	17
3.2.1 ALEKS . . . . .	17
3.2.2 MATHia . . . . .	18
3.2.3 JFractionLab . . . . .	19
3.2.4 Pat2Math . . . . .	20
3.2.5 STI Cônicas . . . . .	21
3.2.6 Tutorial de Fisiologia . . . . .	22
3.2.7 STI BLOP . . . . .	23
3.2.8 Síntese . . . . .	24
<b>4 Modelagem e Tecnologias</b>	<b>26</b>
4.1 Aprendizagem Significativa e Resolução de Problemas . . . . .	29

4.1.1	O Tutor e a Aprendizagem Significativa . . . . .	29
4.1.2	O tutor e a Resolução de Problemas . . . . .	32
4.2	Tecnologias Utilizadas . . . . .	33
4.3	Arquitetura e Inteligência Artificial . . . . .	35
4.3.1	Inteligência Artificial da Lara . . . . .	36
<b>5</b>	<b>Lara e as frações</b>	<b>42</b>
5.1	O Tutor . . . . .	42
<b>6</b>	<b>Avaliação</b>	<b>49</b>
6.1	Metodologias de Avaliação . . . . .	49
6.2	Resultados da Avaliação . . . . .	50
<b>7</b>	<b>Conclusão e Trabalhos Futuros</b>	<b>56</b>
7.1	Conclusão . . . . .	56
7.2	Trabalhos Futuros . . . . .	57
<b>A</b>	<b>Formulário de Avaliação</b>	<b>59</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>62</b>

# Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma versão de um Sistema Tutor Inteligente (STI) para a aprendizagem de frações. Para contextualizar o trabalho, foram apresentados a história do surgimento dos STIs, sua arquitetura clássica, alguns conceitos relevantes e sistemas correlatos a este trabalho. A fundamentação do tutor foi embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e utiliza a Metodologia de Ensino Resolução de Problemas na abordagem de Lourdes de la Rosa Onuchic e colaboradores. Especificou-se a dinâmica do STI, sua arquitetura e sua inteligência, sendo que para ela, empregou-se um sistema multiagentes composto por quatro agentes – Agente Progresso, Agente Módulo, Agente Questão e Agente Lara – e uma Rede Bayesiana capaz de calcular a probabilidade de o educando ter aprendido um tópico de frações. O sistema desenvolvido é *web*, logo as escolhas de suas tecnologias refletem isso. Para o *front-end* utilizou-se o Bootstrap. Já no desenvolvimento do *back-end* a tecnologia escolhida foi o Node.js com o *framework* Sails.js. A modelagem da rede foi realizada com a ferramenta GeNIe e posteriormente a biblioteca jsbayes foi empregada para a inserção da mesma no sistema. Ao final são apresentadas as telas do tutor e a avaliação do mesmo realizada com acadêmicos dos cursos de Matemática e Ciência da Computação da Unioeste e professoras de matemática. Esta avaliação foi positiva e gerou ideias para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Sistema Tutor Inteligente, Frações, Aprendizagem Significativa, Resolução de Problemas, Sistemas *web*.

# Capítulo 1

## Introdução

Com as proposições de inserção da Informática na Educação (IE) no Brasil no início dos anos 70, surgiram novas possibilidades na Área da Educação, como a utilização de jogos, tutores e atividades em computadores. Desde então, políticas públicas, programas de governo, como o Programa Nacional de Tecnologia Educacional (ProInfo), e o barateamento do hardware e a disponibilidade da Internet, têm incentivado a inserção de tecnologias, como computadores, *tablets* e *smartphones*, no ambiente escolar.

Pode-se dizer que a utilização da informática no ensino tem como evento inicial de destaque, o trabalho de Sidney Pressey em 1924, que desenvolveu um material capaz de corrigir testes de múltipla escolha. Posteriormente, em 1950, B.F. Skinner propôs um material de ensinar que utilizava a instrução programada, que consiste em dividir o material estudado em partes logicamente encadeadas na qual, após o recebimento de uma instrução, o educando é questionado sobre ela e em seguida recebe um *feedback* de sua resposta.

Quando a instrução programada é utilizada em computadores ela é denominada Instrução Auxiliada por Computador (*Computer Aided Instruction - CAI*). Os CAIs surgiram na década de 50 e eram baseados no paradigma behaviorista vigente à época. Eles consistem de instruções programadas que repassam o conteúdo, criado pelo professor, de forma sequencial sem preocupação com a interação do educando com o sistema. Após a execução de uma série de passos, ele atinge uma meta e novos conteúdos são liberados (GIRAFFA, 1999).

Estes programas foram frequentemente criticados, principalmente por não serem capazes de manter interações com o educando e por serem realizados de modo mecanicista. Carbonell (1970) argumentava que a única solução encontrada para mitigar os problemas dos CAIs seria por meio da utilização de técnicas de Inteligência Artificial (IA). A inserção da IA proposta por

Carbonell deu origem aos Sistemas Tutores Inteligentes (STI).

Segundo Nwana (1990), STIs devem utilizar técnicas de IA para identificar o que eles devem viabilizar em termos de conteúdo, para quem e como. Diferentemente dos CAIs, a expectativa nos STIs é que eles levem em conta o processo de construção do conhecimento por parte do aprendiz e, por meio da IA, usem essas informações para se adaptarem às características do educando, interagindo com ele, oferecendo-lhe assim *feedbacks* e conseqüentemente, melhorando o processo de tutoramento.

Tradicionalmente, STIs possuem uma arquitetura dividida em quatro partes: Modelo do Aluno, Modelo do Tutor, Modelo de Domínio e Interface. O Modelo do Aluno representa o educando e contém informações sobre ele, como as atividades que ele já realizou. O Modelo do Tutor utiliza os dados do modelo do aluno para apresentar os conteúdos adequados, incluindo dicas, explicações e suporte ao educando. Modelo de Domínio armazena o conteúdo a ser ensinado. A Interface faz a ligação entre o STI e o educando, sendo responsável por receber suas respostas e exibir os conteúdos repassados pelo módulo do tutor, com uma interface amigável, ou seja, simples e fácil de usar (NWANA, 1990).

Outro ponto relevante a ser atendido na construção de um STI é a necessidade de que ele seja voltado e acessível a um determinado público alvo. Atualmente o público alvo dos STIs é representado pela "Geração Y", que além de possuir acesso a computadores e *smartphones*, apresenta uma desenvoltura intelectual e habilidade em utilizá-los (SENA; BURGOS, 2010).

O aumento do uso das tecnologias e o constante desenvolvimento de novas tecnologias, tornou ainda mais viável a sua utilização em ambientes escolares, incentivada também por políticas públicas. Dentre outros aspectos, os computadores podem ser usados para estimular no educando a predisposição a aprender. Ausubel (1968), ao definir a Teoria da Aprendizagem Significativa, afirma que para ocorrer a aprendizagem significativa, são necessários quatro fatores: o educando deve possuir conhecimentos prévios relevantes a construção do novo conhecimento; deve estar motivado a aprender; o professor deve estimular; ajudar o educando, atuando como mediador ou facilitador no processo de aprendizagem do conteúdo; e o material de ensino deve ser potencialmente significativo. Grande parte dos educandos possuem dificuldade<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Neste texto, a utilização da palavra "dificuldade" significa que o educando não está conseguindo se apropriar adequadamente de toda a temática abordada devido a diversos fatores, que vão desde os físicos e psicológicos até, e talvez principalmente, os metodológicos e didáticos inerentes ao processo de ensino e de aprendizagem.

em Matemática, fato que pode ser observado ao analisarmos avaliações realizadas em âmbito nacional, como é o caso do SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica) e do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), nos quais os educandos têm apresentado baixo desempenho quando comparado as metas do governo (MOURA; MATTOS, 2014) (ALMEIDA, 2006) (MONTEIRO; GROENWALD, 2013). Dentre os conteúdos do currículo matemático, Monteiro e Groenwald (2013) ressaltam a dificuldade da aprendizagem de frações. Esta tem sido foco de pesquisas, como (PATRONO, 2011), (PONTE; QUARESMA, 2011) e (MOREIRA et al., 2010), que tentam identificá-las.

Uma das possibilidades para o ensino da Matemática que pode diminuir essas dificuldades é a Metodologia de Ensino da Resolução de Problemas, que apregoa que um tema matemático se inicia por meio de problemas. Na proposta de Onuchic (1999), o início é dado por um problema gerador que abrange o tema que o educador pretende abordar. Os educandos são incentivados a resolvê-lo em grupo, e o professor trabalha como mediador, oferecendo auxílio caso necessário e os incentivando na resolução do problema. Esta metodologia pode ser utilizada para ensinar diferentes tópicos matemáticos, incluindo frações.

Quando nos referimos a Informática, pesquisas recentes têm demonstrado que sua utilização é uma relevante ferramenta na superação de obstáculos oriundos da aprendizagem (VALENTE, 1999). Mesmo Valente (1999) afirmando isso em 1999, após 18 anos essa proposição continua sendo verdade, como observamos nas pesquisas de (ZHUANG et al., 2017), (SILVA; SILVA; COELHO, 2016), (HENDERSON; SELWYN; ASTON, 2015), (HUANG et al., 2016) e (TESCH, 2017) que destacam a melhora na aprendizagem de educandos ao utilizarem tecnologias. Huang et al. (2016) ainda destaca como Sistemas Tutores Inteligentes podem diminuir lacunas e diferenças de aprendizagem existentes entre gêneros, classes sociais e diferentes escolas na Matemática e Tesch (2017), apresenta como o uso das tecnologias podem auxiliar no aprendizado de frações.

Tendo em vista as dificuldades apresentadas pelos educandos na aprendizagem de conceitos matemáticos e os meios encontrados para tornar mais eficaz o seu ensino, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma primeira versão de um Sistema Tutor Inteligente visando mitigar estas dificuldades, utilizando a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968) e a Metodologia de Ensino da Resolução de Problemas de Onuchic (1999).

Esse documento está organizado em capítulos. O Capítulo 2 apresenta a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a Metodologia de Resolução de Problemas proposta por Onuchic às quais este trabalho embasa seu desenvolvimento. No Capítulo 3 é apresentado o que são Sistemas Tutores Inteligentes, como funcionam, sua história e arquitetura, e ao final deste capítulo são apresentados os sistemas correlatos ao que foi desenvolvido neste trabalho. O Capítulo 4 apresenta o fluxo do tutor "Lara e as Frações; como ele se relaciona com a fundamentação teórica da Aprendizagem Significativa e metodológica da Resolução de Problemas, as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema *web*, a arquitetura, e a apresentação do que são agentes e o que é Rede Bayesiana e como estes foram implementados. No Capítulo 5 são apresentadas as telas do sistema desenvolvido. O Capítulo 6 relata como foi realizada a avaliação do sistema e é realizada a análise dessa avaliação. No último capítulo, Capítulo 7, faz-se a conclusão do trabalho e são apresentados perspectivas de trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

### 2.1 Aprendizagem Significativa

Novak (2015) divide a teoria de aprendizagem de Ausubel em seis princípios básicos essenciais:

1. Aprendizagem Mecânica
2. Aprendizagem Significativa
3. Subsunção
4. Assimilação Obliteradora
5. Aprendizagem Significativa Superordenada
6. Reconciliação Integradora

O primeiro princípio citado é a Aprendizagem Mecânica. Ela ocorre quando o educando faz pouco ou nenhum esforço para relacionar o novo conhecimento com o que ele já possui. Já a Aprendizagem Significativa, segundo princípio, ocorre quando o educando consegue relacionar, de forma intencional e consciente, este novo conhecimento a conceitos e proposições já existentes em sua estrutura cognitiva, ou seja, quando o educando assim atua, ainda que inconscientemente, ele pode ter um aprendizado significativo. No entanto, existem estratégias para encorajar e incentivar este tipo de aprendizado. Ausubel acreditava que as aprendizagens significativa e mecânica eram diferentes e que formavam um contínuo, como podemos ver na Figura 2.1 adaptada de (NOVAK, 2015).

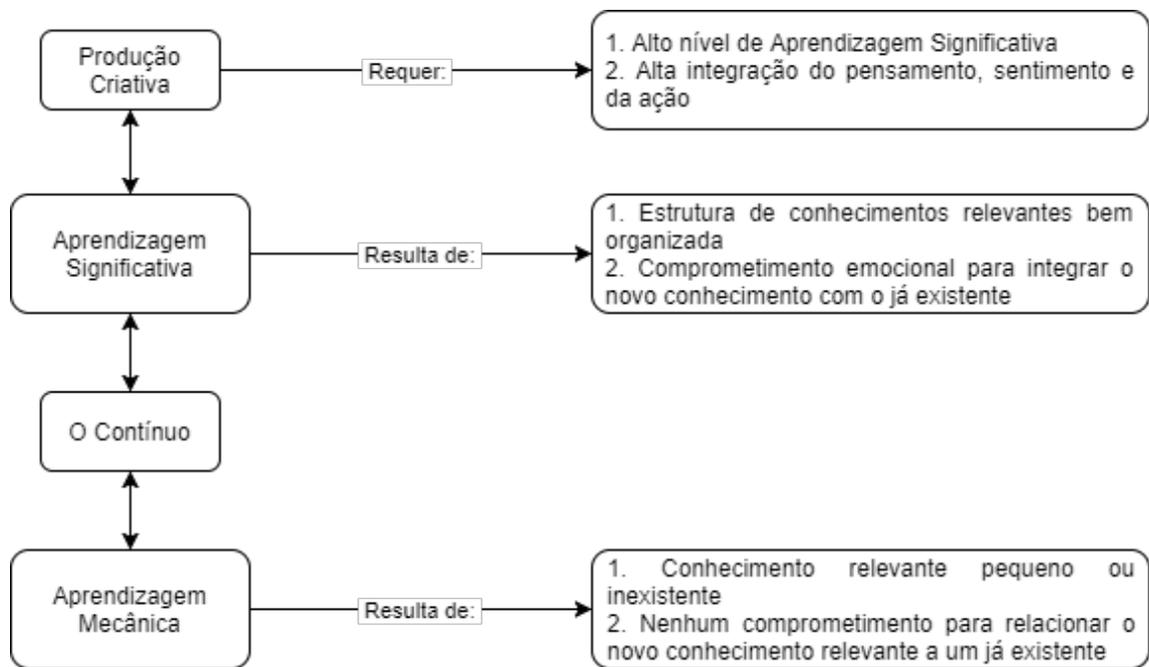


Figura 2.1: Contínuo da aprendizagem mecânica-significativa.

A subsunção, terceiro princípio elencado por Novak, ocorre quando novos conceitos e proposições são incorporadas a conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do educando e ambos se modificam, adquirindo novos significados e maior estabilidade cognitiva. Este conhecimento prévio era chamado por Ausubel de subsunçor ou ideia-âncora, pois serve de âncora para dar novos significados aos conhecimentos recém adquiridos pelo educando (NOVAK, 2015) (MOREIRA, 2012).

Com o passar do tempo pode ocorrer que um subsunçor se oblitere, isto é, seus significados, que antes eram claros e estáveis, se tornem confusos, não sendo mais possível discernir-los claramente. Este esquecimento é chamado de assimilação obliteradora e é uma continuação natural da aprendizagem significativa, ocorrendo quando um subsunçor não é frequentemente utilizado. Porém, em se tratando de Aprendizagem Significativa a reaprendizagem é possível e rápida, diferentemente do que ocorreria caso ela fosse mecânica, na qual haveria maior probabilidade de esquecimento e não apenas uma perda de discriminabilidade (NOVAK, 2015) (MOREIRA, 2012).

Outro importante princípio é a aprendizagem superordenada, que ocorre quando pequenos conceitos e proposições são identificadas como sendo unidades subordinadas de alguma ideia

ou conceito maior e mais inclusivo. Um exemplo disso é quando as crianças aprendem o que são cachorros, porcos e vacas, e posteriormente adquirem o conceito superordenado de mamíferos enriquecendo o significado individual de cada um mamífero previamente conhecido (NOVAK, 2015).

O último princípio trata da reconciliação integradora, que consiste em eliminar diferenças aparentes entre conhecimentos, integrando seus significados. Um exemplo disso é quando a criança percebe que uma multiplicação nada mais é que a forma de uma adição repetida, ou seja, que  $2 \cdot 3$  é equivalente a  $2 + 2 + 2$ , integrando assim os significados de adição e multiplicação (NOVAK, 2015).

Segundo Novak (2015), não é trivial entender os 6 princípios, já que para isso é necessário ter conhecimento teórico sobre. Isso se deve ao fato de que eles estão todos relacionados. Não é possível entender um sem que os outros estejam claros.

Complementarmente, por meio dos textos de Novak (2015) e Moreira (2012) é possível identificar quatro elementos que devem existir para que ocorra a Aprendizagem Significativa, estes são: o educando deve estar motivado a aprender; o material deve ser potencialmente significativo, ou seja, devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada); o professor deve estimular o educando e atuar como mediador na obtenção do novo conteúdo; e, principalmente, devem existir conhecimentos prévios relevantes e relacionados a este novo conteúdo na estrutura cognitiva do educando.

## **2.2 Resolução de Problemas**

É muito comum as pessoas trabalharem com problemas para ensinar Matemática sem que tenham a clareza do que realmente é um problema. Por este motivo, vale ressaltar a definição de problema de Onuchic e Allevato (2011). No contexto do presente trabalho, concebe-se problema como "tudo aquilo que não se sabe fazer, mas que se está interessado em fazer". Baseado nessa ideia que o Grupo de Trabalho e Estudos em Resolução de Problemas (GTERP) coordenado à época pela Profa. Dra. Lourdes de la Rosa Onuchic concebiam a Resolução de Problemas (RP). Este trabalho utiliza da metodologia de RP de acordo com o que é proposto nas pesquisas deste grupo e por isso se dará foco a eles.

Antes dos anos 60, a Resolução de Problemas era trabalhada de forma que a criança deveria

exercitar-se exaustivamente na solução de uma grande quantidade de problemas do mesmo tipo, de maneira que a solução viesse a partir de um estímulo-resposta (ONUChIC, 1999).

Nos anos 70, sob influência de Polya nos Estados Unidos, a Resolução de Problemas (RP) começou a ser investigada como campo de pesquisa em Educação Matemática. Foi então que iniciou o trabalho no processo envolvido na RP, centrando o ensino no uso de diferentes estratégias. A nova tendência da RP, passa a considerar os estudantes como participantes ativos, os problemas como instrumentos precisos e bem definidos e a atividade na resolução de problemas como uma coordenação complexa e paralela de vários níveis de atividade (ONUChIC, 1999).

Sob outra perspectiva, quando se ensina matemática por meio da RP, os problemas passam a ser considerados o primeiro passo na aprendizagem da matemática, ou seja, o ensino-aprendizagem de um tópico matemático se inicia por meio de uma situação problema que indica aspectos chave do tópico sendo trabalhado. Dessa forma, o aprendizado passa a ser visto como um movimento do concreto para o abstrato, isto é, um problema do mundo real, que serve como exemplo para o problema inicial, passa a ser uma representação simbólica de uma classe de problemas, ao qual são apresentadas técnicas para o educando operar com esses símbolos (ONUChIC, 1999).

Nesta metodologia, ao resolver o problema, o educando deve fazer conexões entre diferentes ramos da Matemática, gerando e construindo novos conceitos e conteúdos. O educando passa a ser o co-construtor do seu próprio conhecimento, sendo o professor responsável por conduzi-lo durante esse processo (ONUChIC; ALLEVATO, 2011).

A aplicação da Resolução de Problemas não se restringe apenas as técnicas e aos conceitos matemáticos, ela também engloba as relações entre os princípios fundamentais que os unificam. A compreensão da matemática por parte do educando, envolve o princípio de que entender é essencialmente relacionar e aumenta quando o educando consegue relacionar uma ideia matemática em uma grande variedade de contextos e quando consegue relacionar um problema a diversas ideias matemáticas implícitas nele. As indicações de que um estudante entende ou não, interpreta mal ou não compreende as ideias matemáticas específicas surgem, com frequência, quando ele resolve um problema (ONUChIC, 1999).

Seguindo a concepção da Resolução de Problemas, o grupo GTERP propôs um roteiro ao qual o objeto matemático fosse trabalhado visando um ensino-aprendizagem acompanhado de

compreensão e significado. A proposta serve de orientação a professores na condução de suas aulas e inclui as seguintes etapas (ONUChic, 2013):

- **Preparação do problema:** encontrar ou desenvolver um problema com o objetivo de introduzir um novo conceito, princípio ou procedimento. Este problema é chamado de Problema Gerador;
- **Leitura individual:** cada educando recebe uma cópia do problema para que realize a leitura do mesmo;
- **Leitura em conjunto:** são formados grupos e uma nova leitura é realizada. Caso encontrem dificuldade em interpretar o problema o professor deve auxiliá-los eliminando as dúvidas. O mesmo ocorre quando são encontradas por exemplo, palavras desconhecidas no texto;
- **Resolução do problema:** a partir do momento em que todas as dúvidas foram sanadas, dá-se início a resolução do problema nos grupos formados de modo colaborativo e cooperativo. O Problema Gerador conduzirá os educandos na construção de novos conteúdos planejados pelo professor naquela aula;
- **Observar e incentivar:** nessa etapa, o papel do professor deixa de ser o de transmissor do conhecimento para se tornar um mediador. Ele deve analisar e observar o comportamento dos educandos, estimulando o trabalho colaborativo e incentivando a troca de ideias. O professor incentiva a utilização dos conhecimentos prévios e técnicas operatórias já conhecidas. Atende as dificuldades, colocando-se como interventor e questionador e os ajuda a resolver problemas secundários, como notação, passagem do texto para a linguagem matemática, conceitos relacionados e técnicas operatórias, para que possam dar continuidade no trabalho;
- **Registro das resoluções na lousa:** um educando de cada grupo é convidado a escrever a resolução do grupo no quadro. Todas as respostas devem ser apresentadas, mesmo que não totalmente corretas, para que sejam analisadas e discutidas;
- **Plenária:** durante esta etapa, todos os educandos participam, discutindo as diferentes resoluções propostas pelos outros grupos, e defendem seus pontos de vista. O profes-

sor coloca-se como guia e mediador das discussões, incentivando a participação ativa de todos;

- **Busca de consenso:** depois de analisadas todas as perguntas e sanadas as dúvidas, o professor incentiva a turma a chegar em um consenso sobre qual seria o resultado correto;
- **Formalização do conteúdo:** neste momento, o professor apresenta na lousa a formalização do problema, de forma organizada e estruturada em linguagem matemática, padronizando os conceitos, princípios e procedimentos construídos pela resolução do problema.

Assim, pode-se dizer que a Resolução de Problemas é uma metodologia bastante promissora no que diz respeito ao ensino e à aprendizagem de Matemática. Oferece um conjunto de atividades que norteiam a prática docente em sala de aula visando a aprendizagem do educando. E para além disso, considerando que o objetivo principal é um ensino-aprendizagem acompanhado de compreensão e significado, se justifica a fundamentação na Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Portanto, neste trabalho, procurou-se articular essas concepções, tanto na proposição dos desafios propostos, quanto no funcionamento do Tutor implementado.

## Capítulo 3

# Sistemas Tutores Inteligentes

O objetivo da pesquisa em Inteligência Artificial (IA) é construir programas de computador que apresentem um "comportamento inteligente", podendo estar inspirado no comportamento observado nos seres humanos, na tentativa de que eles realizem atividades que, no momento, as pessoas fazem melhor (RICH; KNIGHT, 1994) (FEIGENBAUM; FELDMAN, 1963). Baseado nesse pensamento, Carbonell (1970) propôs, no início da década de 70, a inserção da IA nos CAI (*Computer Assisted Instruction* – Instrução Assistida por Computador) no intuito de fazer com que os programas voltados à aprendizagem deixassem de ser meros viradores de páginas, como eram descritos os CAIs, para se tornarem elementos ativos no processo de interação com o educando.

Carbonell identificou diversas limitações existentes nos CAIs, como a falta de iniciativa do educando e o não uso de linguagem natural nas respostas. Ele argumentava que a única solução encontrada para mitigar estes problemas seria a utilização de técnicas de IA (CARBONELL, 1970). Foi neste contexto que surgiu o SCHOLAR, sistema considerado o primeiro CAI Inteligente (ICAI) ou Sistema Tutor Inteligente (STI).

A Tabela 3.1 de Giraffa (2001) apresenta algumas diferenças entre os CAIs e os STI em termos de origem, bases teóricas, estruturação e funções, estruturação do conhecimento, modelagem do educando e modalidades que abrange. Como pode ser observado, os CAIs têm como base teórica o Behaviorismo, no qual é verificada uma mudança de comportamento por meio da repetição; o educando responderia tantos exercícios que a resolução acabaria se tornando automática. Já o STI tem como base o cognitivismo, que utiliza as mudanças de comportamento do educando como indicador essencial para o aprendizado. A expectativa nos STIs é que eles levem em conta o processo de aquisição do conhecimento por parte do educando e, por meio da

IA, usem essas informações para se adaptarem às características do educando, interagindo com ele, oferecendo-lhe *feedbacks* e conseqüentemente, melhorando o processo de tutoria. Neste contexto, o professor atua como facilitador e por meio da interação com o educando, o estimula e impulsiona para que seu aprendizado seja mais eficaz.

Tabela 3.1: CAI x STI adaptado de Giraffa (2001)

	CAI	STI
<b>Origem</b>	Educação	Ciência da Computação
<b>Bases Teóricas</b>	Skinner (behaviorista)	Psicologia Cognitivista
<b>Estruturação e Funções</b>	Uma única estrutura algoritmicamente pré-definida, onde o educando não influi na sequenciação.	Estrutura subdividida em módulos cuja sequenciação se dá em função das respostas do educando.
<b>Estruturação do Conhecimento</b>	Algorítmica	Heurística
<b>Modelagem do educando</b>	Avaliam a última resposta.	Tentam avaliar todas as respostas do educando durante a interação.
<b>Modalidades</b>	Tutorial, exercício e prática, simulação e jogos educativos	Socrático, ambiente interativo, diálogo bidirecional e guia.

Neste capítulo é realizada uma apresentação sobre o que são Sistemas Tutores Inteligentes, as diferenças quando comparados com os CAIs e a sua arquitetura tradicional. Ao final são apresentados Sistemas computacionais, incluindo tutores, pertinentes e relacionados ao presente trabalho.

### 3.1 Sistemas Tutores Inteligentes

Segundo Nwana (1990), Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são programas de computador elaborados utilizando técnicas de Inteligência Artificial (IA) com a intenção de saberem o que ensinam, a quem e como o fazem. Eles têm como principal objetivo proporcionar conteúdo e método de instrução adaptados ao educando, superando problemas mais cruciais dos *softwares* educativos, que provêm um ensino padronizado sem levar em conta, por exemplo, interações com o educando, incluindo sugestões sobre como melhor utilizar os próprios recursos do tutor. Para isso, os STIs tentam apresentar um comportamento mais próximo ao de um professor humano, quando orienta individualmente seu educando. Porém essa realidade ainda está longe de ser alcançada visto que ainda existem barreiras tecnológicas a serem superadas.

Devido a limitações a nível de *hardware* e *software*, não há condição, por exemplo, de se

trabalhar aspectos relativos aos sentidos do olfato, tato e visão. Um professor humano pode utilizar estes sentidos como fonte de informações importantes para seu método de ensino ou obtenção de *feedback*, por exemplo: a utilização do tato para ensinar frações por meio do Material Dourado e da visão para interpretar a feição de dúvida apresentada pelo educando quando este não compreende o conteúdo. O fato é que a ciência ainda não elucidou completamente a maneira com que nós humanos efetivamente aprendemos e como utilizamos este aprendizado (GIRAFFA, 2001). Vale ressaltar que os STI não tem como objetivo substituir o papel do professor humano, mas sim, atuar na sua ausência, visando colaborar e complementar na aprendizagem do educando.

Projetos educacionais se caracterizam por abranger diversas disciplinas, desde o conteúdo a ser lecionado até a metodologia de ensino utilizada, isto deve ser levado em consideração na construção dos STI. Para Nwana (1990) o projeto e desenvolvimento do STI se encontra na intersecção entre as áreas de Ciência da Computação, Psicologia Cognitiva, e Educação. Esta área de intersecção é normalmente referenciada como Ciência Cognitiva. A Figura 3.1 adaptada de (NWANA, 1990) representa esta intersecção. A Ciência Cognitiva foca em coletar o conhecimento de diversas áreas acadêmicas se beneficiando de partições de cada área, que compartilham seus dados e seus conhecimentos, como se pode analisar na Figura 3.2 (GERRIG et al., 2015).



Figura 3.1: Domínio STI adaptada de (NWANA, 1990)

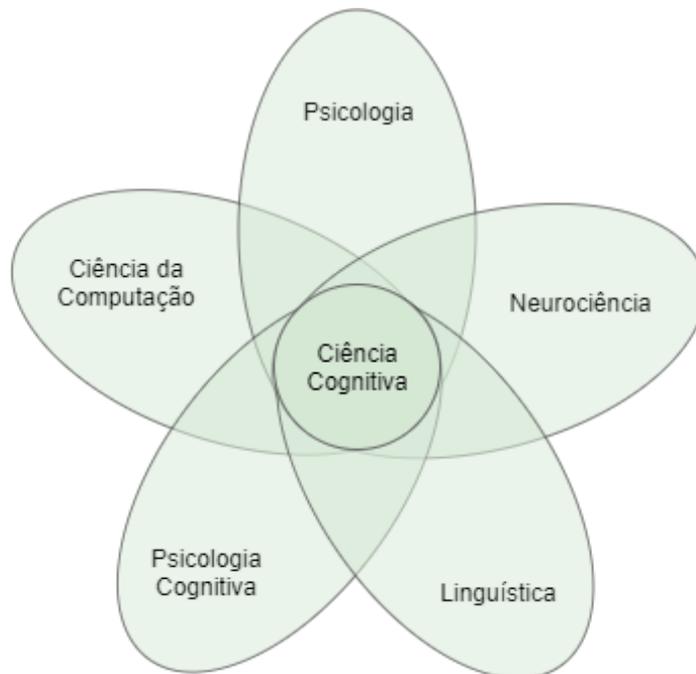


Figura 3.2: Ciência Cognitiva adaptada de (GERRIG et al., 2015)

Esta multidisciplinaridade torna necessária uma equipe de especialistas que deem suporte a construção do sistema. Como exemplo cientistas da computação para desenvolver as funcionalidades computacionais, pedagogos e psicólogos para definir o ambiente, foco, temática e a linguagem adequada ao público alvo e até mesmo especialistas em programação visual, para definir a usabilidade do sistema (GIRAFFA, 2001).

### 3.1.1 Arquitetura Tradicional do STI

Devido a natureza experimental das pesquisas nessa área, as arquiteturas dos STIs tendem a variar de uma para a outra, se tornando raro encontrar dois sistemas com a mesma arquitetura (YAZDANI, 1986) (NWANA, 1990). Porém, observou-se uma organização básica, com componentes comuns na maioria dos casos, gerando assim uma "arquitetura tradicional" também chamada de clássica, que contém os módulos básicos de um STI. Estes são apresentados na Figura 3.3 e descritos a seguir (NWANA, 1990) (GOULART; GIRAFFA, 2001) (NKAMBOU; BOURDEAU; MIZOGUCHI, 2010).

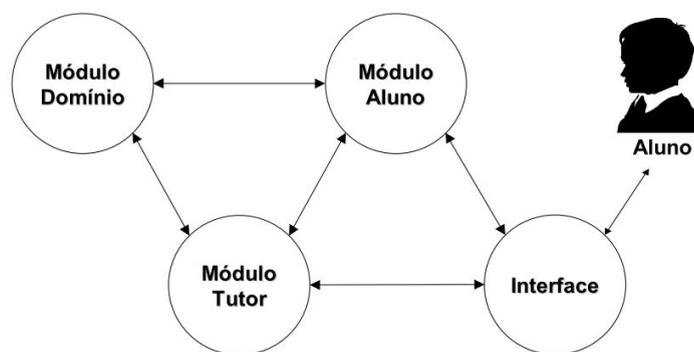


Figura 3.3: Arquitetura tradicional de um STI, adaptado de Goulart e Giraffa (2001)

- **Módulo do Aluno:** responsável por armazenar e modelar as características individuais do educando, como os conhecimentos e habilidades adquiridas sobre o domínio. Nenhum STI pode existir sem que haja esse entendimento do educando.
- **Módulo do Tutor:** Usa o conhecimento e desempenho individual de cada educando e seus próprios objetivos e técnicas de ensino para decidir que atividade pedagógica irá apresentar, como dicas, explicações e suporte.
- **Módulo de Domínio:** detêm fatos e regras do domínio em particular que será aprendido pelo educando, ou seja, o conteúdo que será apresentado a ele.
- **Interface:** é o componente do STI que faz a comunicação entre o educando e o resto do sistema.

Self (1999) associou a essa arquitetura um modelo de arquitetura tripartida que se refere ao comportamento e relacionamento do módulo do tutor, do aluno e do domínio. Este modelo é apresentado na Figura 3.4 e seus módulos podem ser definidos como (SELF, 1999):

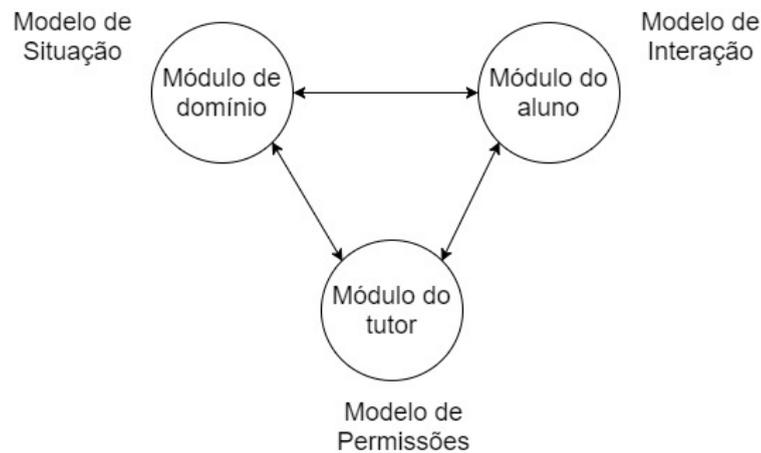


Figura 3.4: Arquitetura tripartida de um STI (Adaptada de Self (1999))

- **Modelo de Situação:** O módulo de domínio não contém apenas as descrições dos conhecimentos sobre o domínio que são passados de forma incremental, mas passa a levar em conta o contexto e as interações do educando. Assim, passa a conter representações do conhecimento ao qual o educando pode acessar durante as interações.
- **Modelo de Interação:** O módulo do aluno não mais somente relaciona as interações do educando com o domínio, mas passa a buscar contextualizá-las em função do educando, considerando suas ações, o contexto em que ocorrem e a estrutura cognitiva dele no momento da interação.
- **Modelo de permissões:** O módulo do tutor deixa de ser responsável por selecionar os conteúdos e as estratégias e passa a ser aquele que conduz o educando de acordo com os objetivos e desafios educacionais proporcionados pelo ambiente.

Esta arquitetura acarretou grandes avanços na modelagem de ambientes educacionais, separando o domínio a seu meio de manipulação, viabilizando que estratégias de ensino se associassem em função de informações vindas da modelagem do educando (GOULART; GIRAFFA, 2001).

Na literatura, é possível encontrar outras arquiteturas como as de Anderson, de Hartley e Sleeman e de O'Shea, que são descritos em Nwana (1990) e também em Gavidia e Andrade (2003)

## 3.2 Sistemas Correlatos

Este trabalho tem como foco o desenvolvimento de uma primeira versão de um Sistema Tutor Inteligente (STI) voltado ao ensino da Matemática, mais especificamente o conteúdo de frações. Por este motivo, o levantamento dos sistemas correlatos buscou identificar STIs em geral e sistemas para o ensino de matemática. Para realizar a síntese a seguir foram realizadas diversas pesquisas em bibliografias e na Internet, em particular utilizando o Google (2017a). As principais características buscadas nos sistemas foram: o conteúdo abordado era sobre frações, se o sistema desenvolvido era um Sistema Tutor Inteligente, se possuía técnicas interessantes para lidar com o educando (por exemplo, oferecia dicas ou havia um agente pedagógico), se era *web* e se era gratuito ou não.

Destes sistemas encontrados, buscou-se identificar sistemas que possuem maior semelhança ao proposto neste trabalho: um Sistema Tutor Inteligente em português, *web* e gratuito, que aborda o conteúdo de frações e utiliza um agente pedagógico. Entendemos agentes pedagógicos como agentes modelados para fins educacionais, que tem como objetivo auxiliar no processo de ensino-aprendizagem do educando, observando suas ações e interagindo com ele. Muitas vezes são animados e causam um forte apelo motivacional (FROZZA et al., 2009).

A apresentação dos sistemas correlatos se apresenta por sua relevância e prioridade a este trabalho. Inicialmente se prioriza Sistemas Tutores Inteligentes que trabalham frações (ALEKS e MATHia), sistemas que trabalham com frações mas não são STI (JFractionLab) e para finalizar são apresentados STI que, apesar de trabalharem com outras áreas, contribuem a este trabalho por serem sistemas tutores inteligentes em português, como: Pat2Math que trabalha com equações de segundo grau, STI Cônicas que ensina cônicas, Tutorial de Fisiologia que trabalha com o ensino da fisiologia e STI Blop que ensina lógica de programação. Ao final desta seção é apresentada uma tabela sintetizando as principais características desses sistemas.

### 3.2.1 ALEKS

ALEKS (MCGRAW-HILL, 2017) é um STI *web* de Matemática, Química, Introdução a Estatística e Negócios, que aborda o conteúdo de frações. Foi desenvolvido inicialmente na Universidade de Califórnia (*University of California*), em uma equipe liderada pelo Dr. Jean-Claude Falmagne. Este sistema é capaz de identificar o perfil do educando para dar *feedbacks*

imediatos para suas respostas. Utiliza *hiperlinks* para lembrar o educando de termos aprendidos anteriormente e também oferece revisões do conteúdo. Este tutor é embasado na Teoria do Espaço do Conhecimento (*Knowledge Space Theory*). Apesar de sua qualidade, o sistema é pago e está em língua inglesa ou espanhola, dificultando, senão impossibilitando, a utilização nas escolas brasileiras. A Figura 3.5 apresenta a interface do sistema no qual podemos ver o *feedback* e os *hiperlinks*.

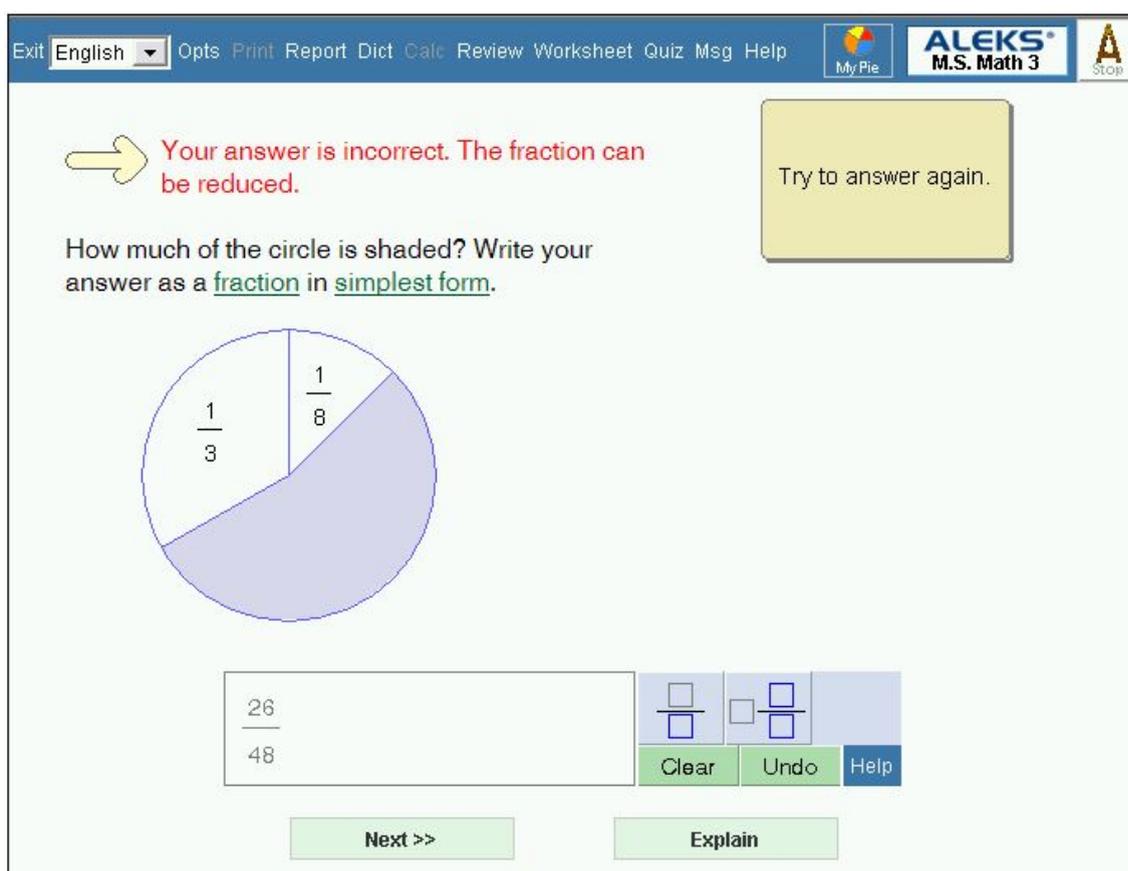


Figura 3.5: Tela do STI ALEKS

### 3.2.2 MATHia

MATHia (LEARNING, 2017) é um STI *web* para o ensino de matemática do ensino fundamental e médio, incluindo frações. Foi desenvolvido pela Carnegie Learning que possui um grupo de pesquisa que inclui pesquisadores cognitivos, cientistas de dados e pesquisadores de aprendizagem. Entre as principais ferramentas estão: dicas que aparecem quando o educando responde uma questão incorretamente; dicas que o educando pode solicitar; passo-a-passo de

questões e assistência ao usuário que ensina a utilizar o tutor. Este STI também está em inglês e é pago. A Figura 3.6 apresenta a tela do tutor.

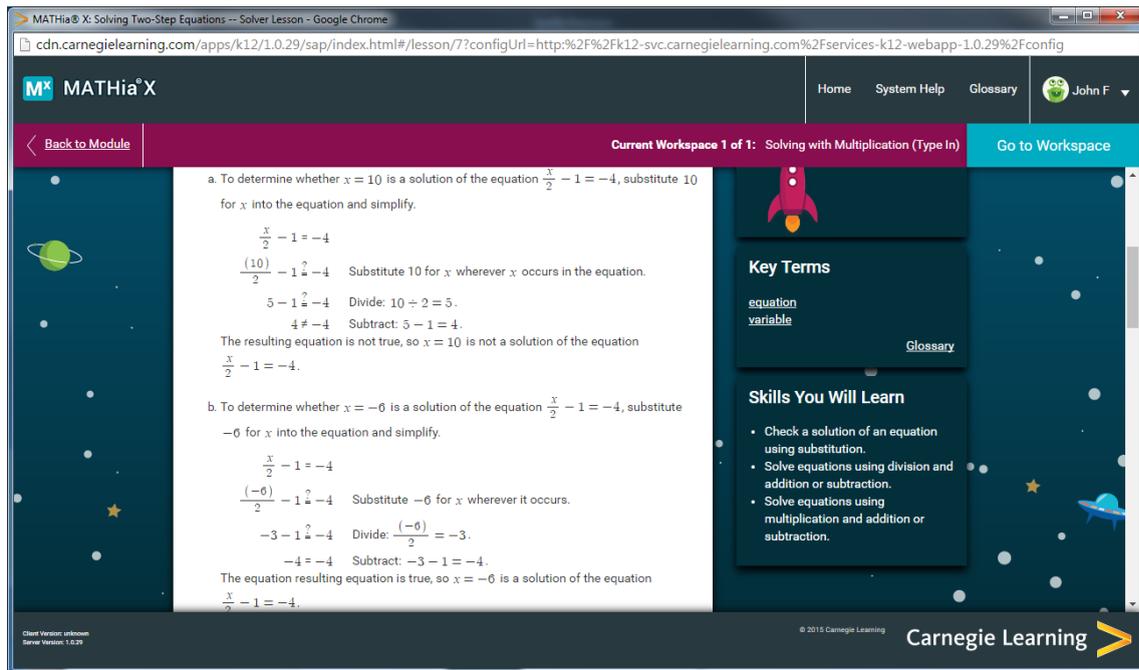


Figura 3.6: Tela do STI MATHia

### 3.2.3 JFractionLab

O JFractionLab (GEORGES, 2005) é um sistema *desktop* voltado ao ensino de frações, ou seja, ele deve ser instalado no computador e funciona localmente. Foi desenvolvido por Jochen Georges, é licenciado por GNU GPL, permitindo o uso gratuito, sua comercialização e a visualização e modificação do código-fonte desde que todas as modificações estejam sob as condições da mesma licença. Foi desenvolvido na linguagem Java e dispõe de exercícios e conteúdos sobre frações. Quando o educando erra ele oferece *feedback* com dicas e caso ele acerte ele dá pontos. Este tutor está disponível em diversos idiomas, incluindo o português. Apesar de possuir ajudas ao educando e *feedbacks*, não fica claro se o autor o desenvolveu como um STI. A Figura 3.7 apresenta a tela de menu do sistema e um exercício.

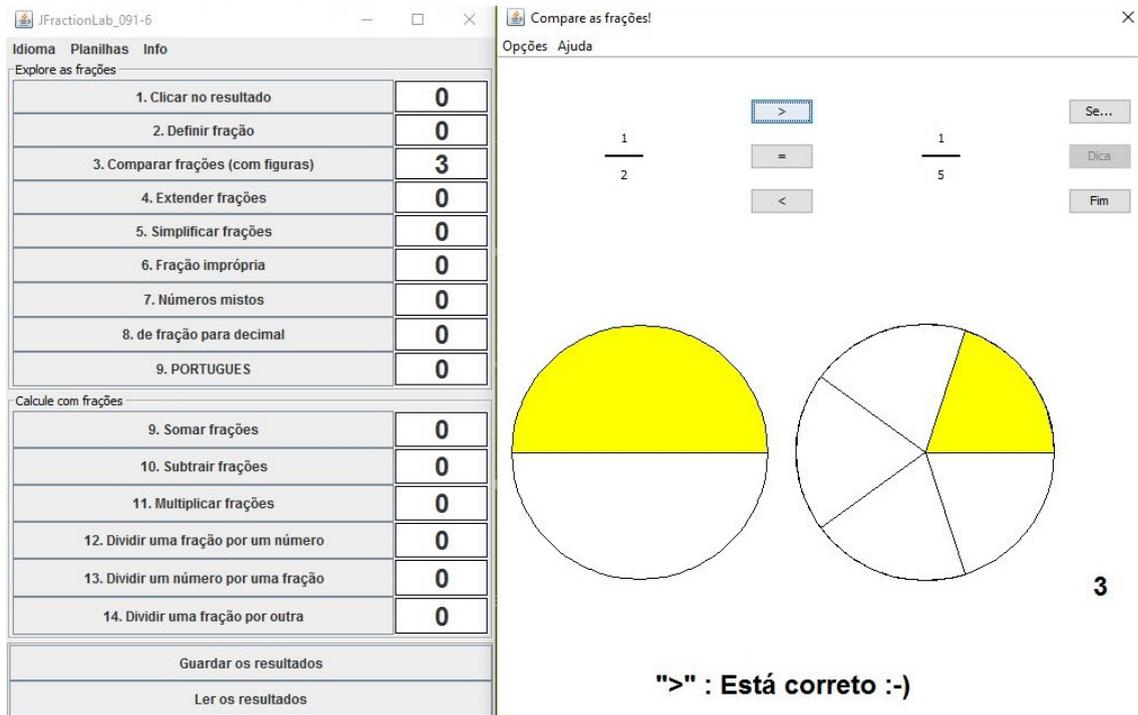


Figura 3.7: Tela do Sistema JFractionLab

### 3.2.4 Pat2Math

Pat2Math (SEFFRIN et al., 2013) é um STI *web* que visa assistir os estudantes na resolução de equações de 1º e 2º grau. Está sendo desenvolvido por graduandos, mestrandos e doutorandos em Computação no Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada da UNISINOS com a orientação da Profª Drª Patrícia Jaques e conta com a colaboração de professores de matemática na elaboração do material pedagógico. Sua interface é agradável e limpa. Quanto ao *feedback*, ele oferece uma opção de ajuda na hora de resolver os exercícios. Estas ajudas são apresentadas em níveis de abstração, ou seja, a cada pedido de ajuda na mesma questão, o sistema vai detalhando cada vez mais a ajuda, até chegar na resposta. Quando o educando acerta a questão ele ganha pontos e o próximo exercício é liberado. A Figura 3.8 apresenta a interface do Pat2Math com uma dica, localizada no centro superior da imagem, exibida após um erro.

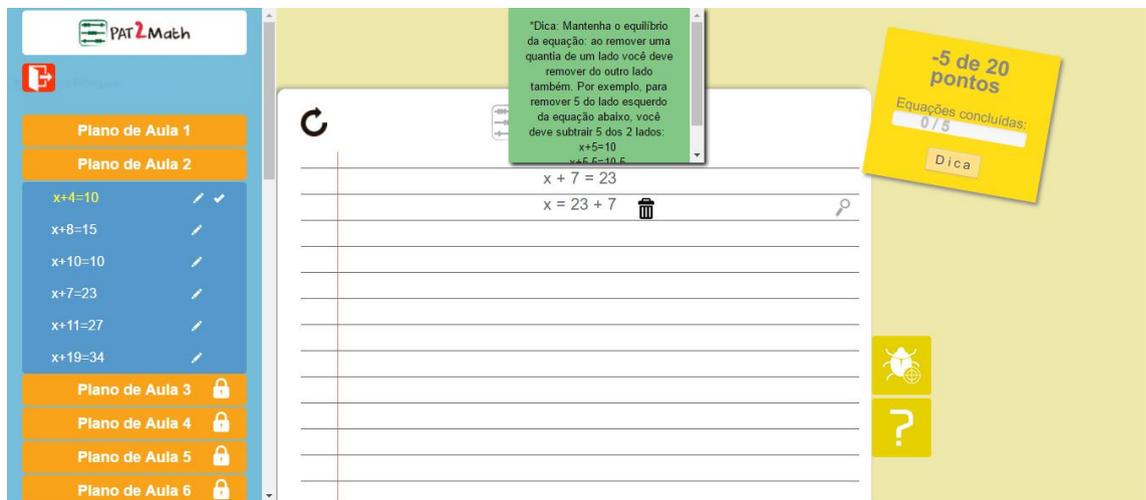


Figura 3.8: Tela do STI Pat2Math

### 3.2.5 STI Cônicas

O STI Cônicas (ZEFERINO, 2003) é um tutor *desktop* na área da Matemática voltado ao ensino de cônicas. Foi desenvolvido na linguagem Java por Luiz H. Zeferino em sua dissertação de mestrado. Diferente dos outros tutores descritos, neste trabalho, o tutor dialoga com o educando por meio de linguagem natural, por exemplo, apresentando na área de Diálogo, onde a fala do "Assistente" representa a fala do tutor, e diz: "Leia o texto explicativo com dicas sobre a questão, em seguida retorne ao exercício". Caso o educando erre a pergunta ele oferece uma sugestão ou indica uma ação que o educando pode realizar. Em caso de dúvidas em algum exercício o educando pode solicitar dicas de como resolver o problema e pode pedir um exemplo. A Figura 3.9 apresenta a tela do tutor, demonstrando o diálogo com o educando e um exemplo.

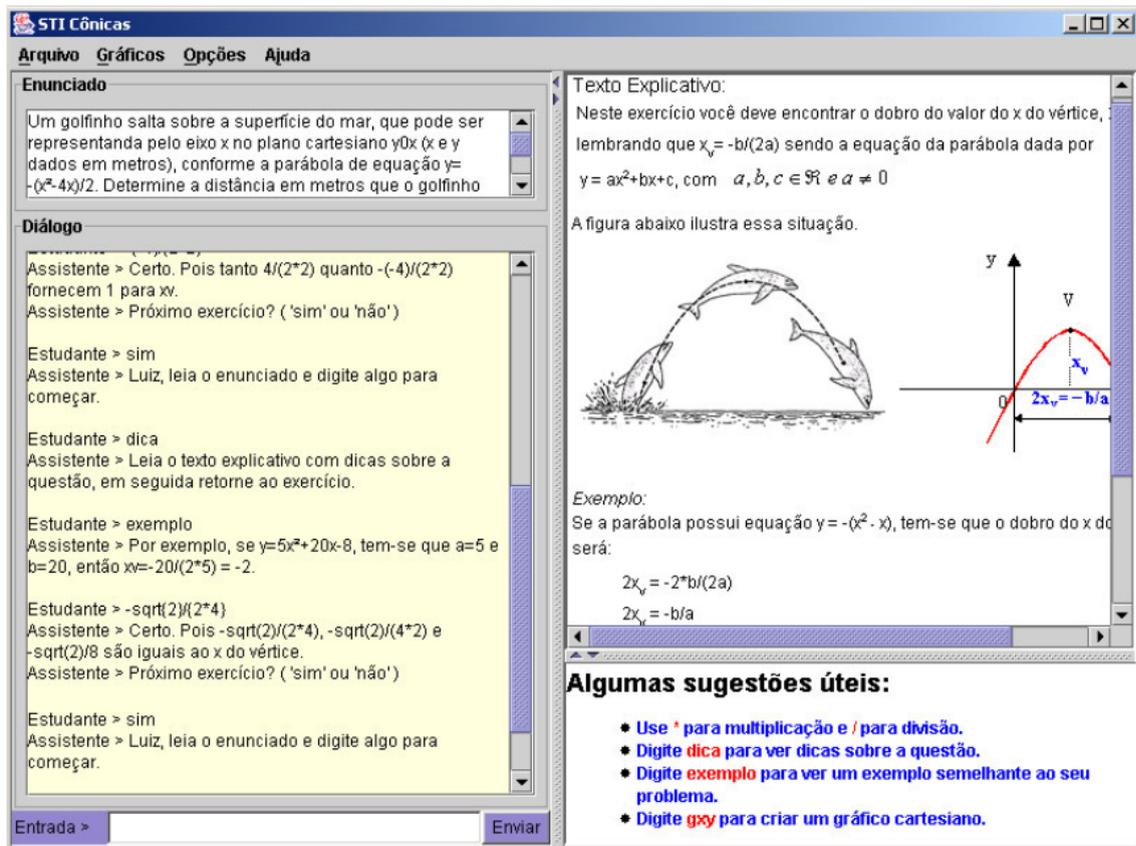


Figura 3.9: Tela do STI Cônicas

### 3.2.6 Tutorial de Fisiologia

O Tutorial de Fisiologia (DETERS; OLDONI; FERNANDES, 2006) é um STI que tem como foco o ensino da neurofisiologia a estudantes de Medicina. A equipe de criação de conteúdo é composta por pessoas das áreas de ciência da computação design e saúde e está sendo desenvolvido dentro do projeto "Sistemas Virtuais de Ensino Baseados na Internet para Suporte à Educação e Treinamento na Área da Saúde" do Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina. Ele é *web* e utiliza um agente pedagógico animado que oferece dicas e *feedback* durante as atividades e incentiva o educando a estudar. A Figura 3.10 apresenta a tela do tutor, na qual é possível ver o tutor incentivando o educando a continuar.

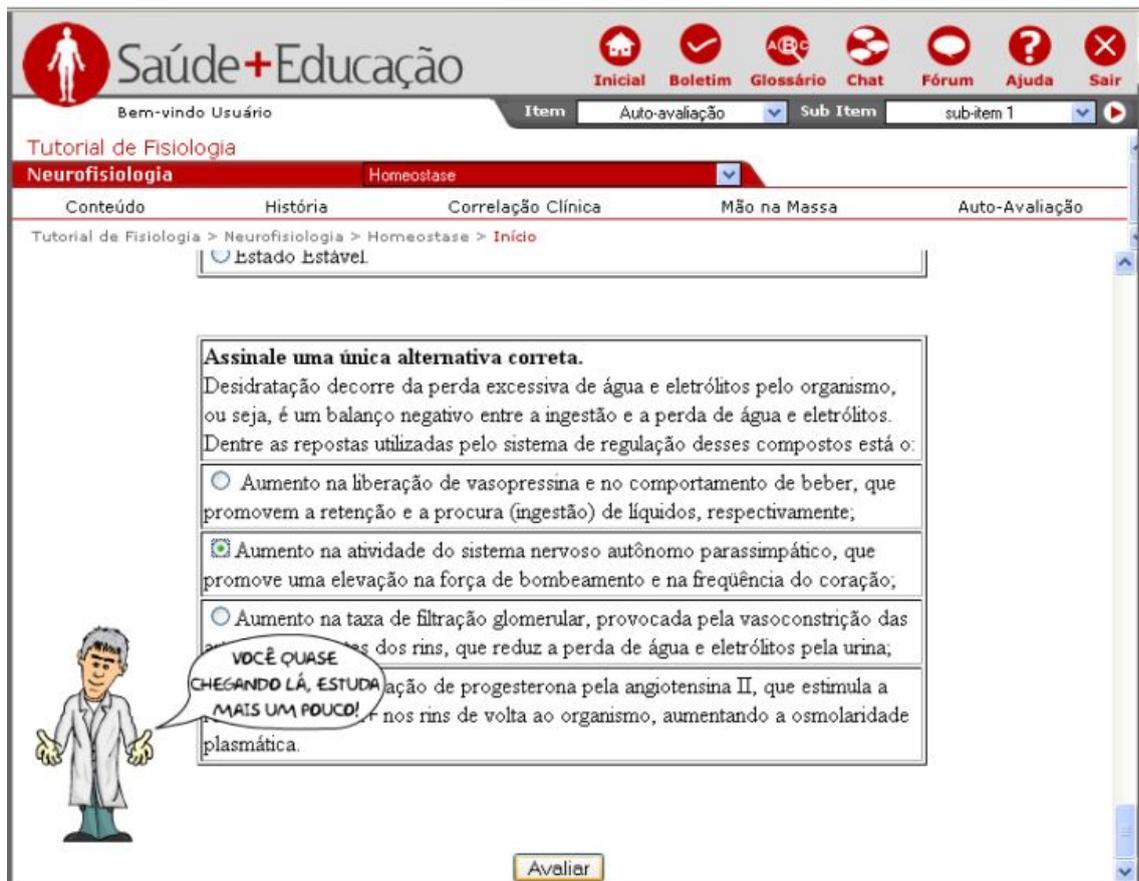


Figura 3.10: Tela do STI de Neurofisiologia

### 3.2.7 STI BLOP

O Blop (SILVA; FONSECA; SILVA, 2015) é um STI *web* para o Ensino no domínio de Lógica de Programação. Foi desenvolvido por acadêmicos da Universidade Estadual do Maranhão. Neste sistema, quando o educando submete uma resposta o sistema busca outras resoluções em sua base de dados para dizer se a resposta está correta e para dar um *feedback* a ele. Ele também oferece uma opção de ajuda, que traz páginas que explicam como utilizar o sistema. O sistema orienta cada educando a temas que são mais adequados a ele. Esta orientação é realizada por meio de uma lista de exercícios que está organizada por ordem de adequação. A Figura 3.11 apresenta a tela do tutor.

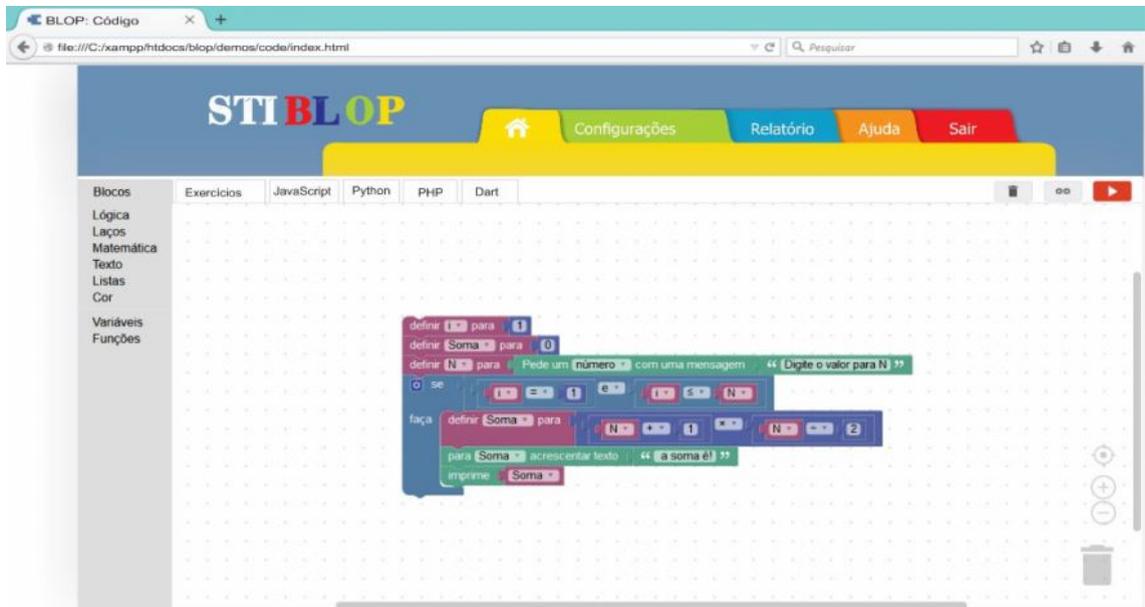


Figura 3.11: Tela do STI Blop

### 3.2.8 Síntese

A pesquisa realizada não identificou nenhum STI com as mesmas características que as propostas no presente trabalho. Porém, ela foi importante, no âmbito deste trabalho, para fornecer informações sobre como os sistemas foram desenvolvidos, seus principais objetivos, como ofertavam *feedback* e se comunicavam com o educando.

Um ponto importante nesta revisão foi a não identificação explícita da fundamentação teórica e metodológica dos sistemas em questão. O único deles que apresentou utilizar foi o Aleks, que é embasado na Teoria do Espaço do Conhecimento. Este é um aspecto fundamental na proposição e desenvolvimento de um sistema educacional e em particular, de um sistema tutor. Neste sentido, cabe destacar a preocupação e o esforço em contemplar neste trabalho, desde a concepção até sua utilização, de clareza na fundamentação teórica e metodológica utilizada.

Outro ponto relevante é que os dois STIs de frações encontrados não estão em português e são pagos, o que limita a sua utilização aqui no Brasil. Na Tabela 3.2 é apresentada uma síntese das principais características dos Sistemas correlatos encontrados, comparando a área que ele abrange, se é um STI, se é ser pago, se a sua utilização se da na *web*, se utiliza alguma metodologia de ensino e se está em português. Na ultima linha da Tabela 3.2 pode ser identificado o tutor "Lara e as Frações", que é o tutor desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso.

Tabela 3.2: Sistemas Correlatos

<b>Nome</b>	<b>Área</b>	<b>STI</b>	<b>Pago</b>	<b>Web</b>	<b>Ensino</b>	<b>Português</b>
ALEKS	Matemática Geral	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
MATHia	Matemática Geral	Sim	Sim	Sim	Não	Não
JFractionLab	Frações	Não	Não	Não	Não	Sim
Pat2Math	Eq. 1º e 2º grau	Sim	Não	Sim	Não	Sim
STI Cônicas	Cônicas	Sim	Não	Não	Não	Sim
Tutorial de Fisiologia	Neurofisiologia	Sim	Não	Sim	Não	Sim
STI Blop	Lógica de Programação	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Lara e as Frações	Frações	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

## Capítulo 4

# Modelagem e Tecnologias

Este trabalho tem como objetivo desenvolver o primeiro protótipo um Sistema Tutor Inteligente para a aprendizagem de frações. O sistema recebeu o nome de "Lara e as frações". Lara foi escolhida para ser o agente pedagógico do sistema e seu objetivo é acompanhar o educando, oferecendo auxílio, *feedback*, dicas e incentivos. A Figura 4.1 é representação gráfica da agente Lara.



Figura 4.1: Agente Pedagógico Lara

O tutor, tal como planejado e quando completamente concluído, estará disponível em uma página da *internet* dividida em três áreas: a área de acesso e as áreas do educando e do professor. A área de acesso é aberta a todos os visitantes e conta com informações sobre o tutor, como artigos e documentação, com informações do grupo e materiais desenvolvidos por ele — como atividades envolvendo os conhecimentos prévios da área de frações. Também conta com uma área para realizar o cadastro e o *login*. O fluxo do sistema na visão do educando é apresentado

no diagrama da Figura 4.2.

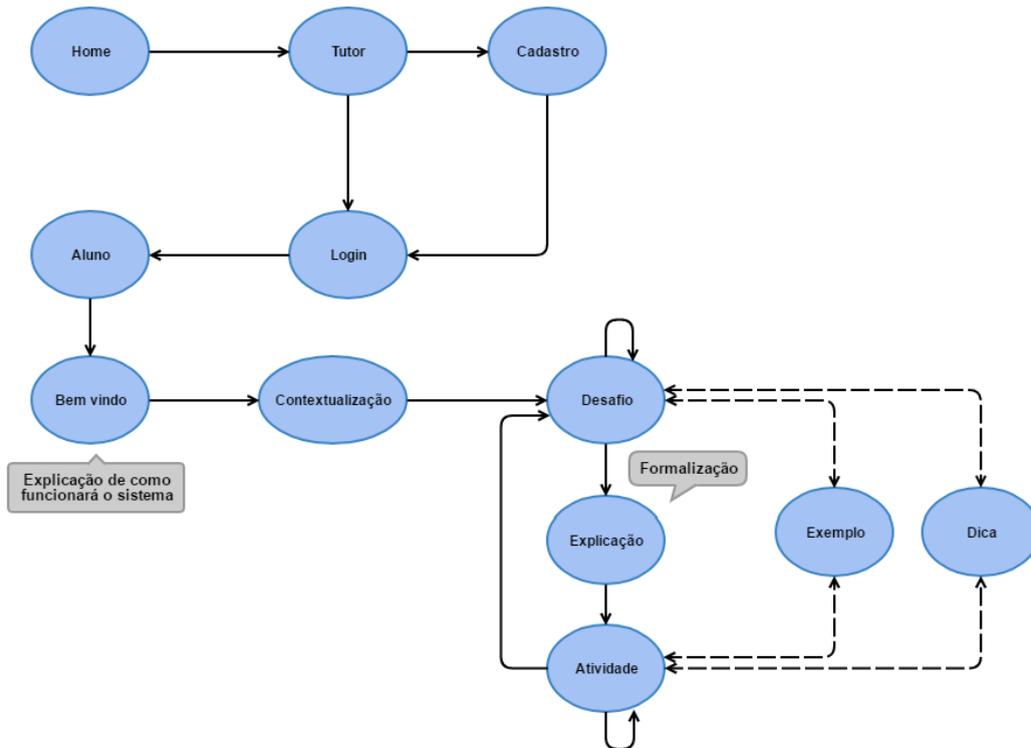


Figura 4.2: Fluxo do sistema Lara e as frações na visão do educando

As áreas do educando e do professor são restritas e apenas podem ser acessadas após a realização do *login*. Caso o usuário não possua uma conta, ele deve realizar o cadastro como educando ou como professor para conseguir entrar em sua área. O cadastro do professor permite que ele crie uma turma e acompanhe o desempenho de cada educando. Já o do educando permite que ele se vincule, por meio de um código criado pelo professor, à sua turma. No entanto, caso o educando não esteja associado a uma turma, ainda assim poderá usar o sistema. Neste caso, basta realizar o cadastro e utilizar o tutor independentemente. A conta é necessária para armazenar as informações do usuário que serão utilizadas pela Lara e pelo professor para realizar o acompanhamento.

Após o *login*, o educando será redirecionado à página inicial do tutor, representado no diagrama pelo balão "Bem vindo", onde será explicado o funcionamento do tutor. Em seguida, na "Contextualização", lhe será apresentado o Problema Gerador que pode ser visualizado na

Figura 4.3. Sua utilização está relacionada à metodologia de Resolução de Problemas proposta por Onuchic e Allevato (2011) e adotada neste trabalho. Todos os desafios e questões criadas para o tutor se fundamentam neste problema.

A turma de 28 alunos do sexto ano B do *Curso e Colégio Fera*, de Cascavel no Paraná, foi se divertir no Parque Aquático, situado na cidade de Foz do Iguaçu que dista, aproximadamente, 150 km de Cascavel. Os alunos se organizaram para pagar as despesas com o ônibus, pedágio, ingresso e alimentação.

Para acompanhá-los e tratar das questões do transporte, da entrada e das paradas, as duas professoras de Matemática do Fundamental II do Colégio foram com eles no passeio. Elas discutiram sobre o percurso e a viagem e, como os alunos gostaram muito das aulas de frações, cujo conteúdo acabou de ser concluído, as professoras aproveitaram a viagem, as paradas e as brincadeiras no parque aquático para propor atividades matemáticas centradas em frações, como forma de passar o tempo e de aproveitar para revisar os conteúdos, já que na próxima semana os alunos farão uma avaliação.

Você deve supor que era um dos alunos que estava na viagem e responder os desafios disponibilizados no tutor “Lara e as frações”.

Figura 4.3: Contextualização do Problema Gerador

As atividades e conteúdos do sistema são divididos e contemplam os seguintes tópicos de frações:

- Leitura de frações
- Comparação de frações
- Frações equivalentes
- Simplificação de frações
- Adição e subtração de frações
- Multiplicação de número natural por fração
- Multiplicação de fração por fração
- Frações próprias, impróprias e números na forma mista

Cada tópico possui a mesma estrutura e é subdividido em: "Desafios", "Formalização", "Atividades" e "Questões Finais". Na seção "Desafios", o educando é estimulado a realizar atividades utilizando seus conhecimentos prévios. Em seguida, na seção "Formalização", ocorre a formalização matemática do tópico em questão. Na seção "Atividades", o educando deve utilizar os formalismos aprendidos para solucionar atividades. Para finalizar, a seção "Questões Finais" solicita que o educando escreva uma questão sobre o conteúdo do módulo e que ele o resuma. Durante os desafios e as atividades, o educando pode solicitar à tutora Lara um exemplo para ajudá-lo a resolver o problema e também pode solicitar dicas. A área do professor contará com uma área de cadastro de turma e uma área de cada turma onde será possível ver seu desempenho e o de cada educando individualmente. Isso viabiliza ao professor realizar o acompanhamento de seus educandos, possibilitando que ele identifique as dificuldades de cada um e auxilie na aprendizagem.

As questões e atividades foram desenvolvidas em conjunto com a orientadora desse trabalho e, avaliadas e corrigidas por professores de Matemática e acadêmicos do curso de Licenciatura em Matemática da Unioeste, vinculados ao Grupo de Estudos em Educação Matemática e Informática (EM&I) também da Unioeste. Já a parte de formalização foi utilizado conteúdo presente no livro *Vontade de Saber* da editora FTD (SOUZA; PATARO, 2015) que disponibilizou e autorizou a utilização.

## **4.1 Aprendizagem Significativa e Resolução de Problemas**

Este trabalho fundamentou-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968) e utiliza a Metodologia de Resolução de Problemas proposta por Onuchic e Allevato (2011) para a construção do conhecimento. Por isso, é relevante apresentar as ligações entre o tutor e elas, o que é realizado nas próximas duas subseções.

### **4.1.1 O Tutor e a Aprendizagem Significativa**

Na Seção 2.1 foram apresentados os quatro elementos principais que devem existir para que a Aprendizagem Significativa ocorra: o educando deve querer aprender, o material deve ser potencialmente significativo, o professor deve estimular o educando e servir como mediador na obtenção do novo conteúdo e, principalmente, devem existir conhecimentos prévios relevantes

a aprendizagem do novo conceito na estrutura cognitiva do educando. Nesta seção, apresenta-se sinteticamente, os principais aspectos de como se relacionam cada um desses elementos com o tutor desenvolvido.

**Interesse do educando:** Apesar deste ser um elemento que deve ser oriundo do educando, o sistema pode apresentar características que estimulem este interesse. Para isso, o Sistema Tutor está sendo desenvolvido de modo que tenha uma interface limpa e agradável ao público alvo (geralmente entre 10 e 12 anos), desafiadora e que seja fácil de usar. O educando também será estimulado a cumprir as atividades, que contarão com desenhos e animações, que contribuirão para aumentar seu interesse nas atividades propostas.

**Material potencialmente Significativo:** "Lara e as frações" está sendo desenvolvido para que seja um material potencialmente significativo, tal como enunciado por Moreira (2011). Neste contexto, estruturou-se o Tutor de maneira que o conteúdo relativo a frações foi sendo aprofundado gradativamente, em momentos específicos e diferenciados. Isso engloba a necessidade de que o Tutor possa estimular o educando a ter interesse no sistema e que o conteúdo seja de qualidade, ou seja, que esteja correto e escrito de forma que o educando possa compreender. Para estimular o educando utilizamos as técnicas apresentadas no tópico anterior. Para que o segundo ocorra, as atividades e as formalizações foram e estão sendo desenvolvidos com auxílio de professores da Área da Matemática. O tutor está organizado de maneira clara e a tutora Lara irá auxiliar o educando na construção do seu conhecimento, tirando suas dúvidas, oferecendo *feedback* e ajudas, além de apresentar mensagens de incentivo. Detalhes e exemplos a este respeito serão dados no próximo capítulo. Nota-se, no entanto, o destaque ao problema gerador e aos demais problemas desenvolvidos especificamente para a tutora Lara. Como citado por Moreira (2011), são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos. Elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do educando para que a aprendizagem ocorra e seja significativa.

**O Professor:** o professor pode contribuir em duas situações. Na primeira os educandos estão inseridos em uma turma criada no sistema pelo professor. Neste caso, ele poderá acompanhar o desempenho dos educandos por meio do sistema e auxiliá-los quando identificar que estão com dificuldade em algum tópico. Na segunda situação o educando está utilizando o tutor por conta própria, sem estar vinculado a uma turma. Neste caso a tutora Lara deve emular o

papel do professor e, como dito anteriormente, oferecer dicas, *feedback*, ajudas e incentiva-lo a cumprir as atividades.

**O Conhecimento Prévio:** cabe assinalar, como já dito anteriormente, a importância do conhecimento prévio relevante ao novo conteúdo que o educando já possui. Embora haja ciência deste fato, nesta versão da "Lara e as frações", o foco esteve mais na estruturação e construção geral do Sistema. Ainda assim, nesta versão, as atividades, a tutora Lara e os exercícios apresentarão explicações e lembretes para que o educando relembre seus conhecimentos prévios ou para que ele associe novos conhecimentos aos que já possui. Cabe dizer que outros integrantes do Grupo de Estudos Educação Matemática e Informática (EM&I) da Unioeste, ao qual a autora se vincula, estão trabalhando especificamente em atividades que retomem conhecimentos prévios e os vincule à frações. Dentre as ações em andamento, estão o desenvolvimento de atividades lúdicas, utilizando ou não recursos computacionais, a exemplo de palavras cruzadas, jogos de plataforma, baralho de cartas e outros, especificamente dedicados a esta finalidade. Como essas são atividades que estão em andamento, inclusive com previsão para serem aplicadas e avaliadas na prática, é projeto futuro integrá-las diretamente no Tutor.

Pode-se notar que estes elementos: interesse do educando, material potencialmente significativo, o papel do professor e o conhecimento prévio, estão todos interligados. A ocorrência de um depende e influencia na de outros e a ocorrência de todos os elementos contribui para que a aprendizagem Significativa ocorra. Outra característica da teoria a qual tutor se baseia é que, ao final de cada tópico, o educando deve propor uma questão e deve também escrever o que aprendeu. Este aspecto está diretamente relacionado à tentativa de avaliar a aprendizagem. Neste contexto, como citado por Moreira (2011), como a Aprendizagem Significativa é progressiva, sua avaliação deve ser feita em termos de buscas de evidências de sua efetivação. Dentre essas evidências, além do sucesso na resolução dos problemas, dissertar sobre frações e propor um exercício requer, a princípio, compreensão da temática. A avaliação dessas respostas descritivas será realizada por um professor na "Área do Professor", que será implementada como trabalho futuro.

### 4.1.2 O tutor e a Resolução de Problemas

A metodologia de Resolução de Problemas apresentada em Onuchic e Allevato (2011) é indicada principalmente ao ensino em sala de aula, impossibilitando que o tutor seja capaz de cobrir totalmente as etapas propostas. Por isso, a ideia é que o uso do tutor esteja proposto pelo professor que desenvolve uma sequência didática para a aprendizagem de frações, a exemplo do que está sendo proposto e desenvolvido pelo Grupo de Estudos EM&I da Unioeste<sup>1</sup>, que também utiliza a Resolução de Problemas como metodologia de ensino. Em sendo assim, as atividades interativas desenvolvidas em sala de aula com a participação do professor e seus educandos atenderiam todas as etapas de maneira mais eficaz. Neste caso, o uso do tutor seria recomendado para o educando como uma atividade individual, como tarefa de casa. O tutor por si é capaz de apresentar a sequência de etapas, como será apresentado a seguir:

1. **Preparação do Problema:** o problema gerador proposto, apresentado na Figura 4.3, trata de uma turma do sexto ano que está indo fazer um passeio no Parque Aquático próximo à cidade de Foz do Iguaçu.
2. **Leitura individual:** logo após o educando acessar sua página restrita, lhe é apresentado o Problema Gerador para que ele o leia e entenda o contexto dos desafios que serão propostos.
3. **Leitura em conjunto:** esta etapa não é realizada, pois as atividades são desenvolvidas individualmente. Uma proposta de trabalhos futuros é a inserção de um bate-papo no tutor, para que o educando possa conversar com seus colegas de turma, porém, nessa versão, ainda não contará com esta funcionalidade.
4. **Resolução do problema:** para resolver o problema – ajudar os educandos a irem ao parque aquático –, o educando deverá resolver diversos subproblemas, que serão os desafios.
5. **Observar e incentivar:** enquanto o educando resolve os subproblemas, a tutora Lara irá acompanhá-lo, oferecendo dicas e o incentivando a solucioná-los.

---

<sup>1</sup>Este material ainda está em desenvolvimento, quando concluído estará disponível em <http://www.inf.unioeste.br/ie/>

6. **Registro das resoluções na lousa:** é neste momento que o educando escreve a resposta que encontrou no campo resposta do tutor.
7. **Plenária:** após o educando inserir a resposta e clicar para continuar, Lara irá avaliar a resposta e parabenizá-lo caso esteja correta. Se a resposta estiver incorreta, ela irá apresentar um *feedback* e dicas com informações com o intuito de ajudar o educando a compreender melhor a questão. Também como trabalho futuro, está sendo considerada a implementação de uma funcionalidade em que o educando, após realizar seu desafio, tenha acesso às respostas de outros educandos.
8. **Busca de consenso:** não se aplica ao tutor.
9. **Formalização do conteúdo:** após a resolução dos desafios é apresentada a formalização do conceito recém aprendido pelo educando.

Após a formalização, novas atividades são propostas, para que o educando resolva utilizando os conceitos aprendidos.

Ao final, foram acrescentadas duas atividades: a proposição de um exercício e uma auto avaliação em relação ao conteúdo que aprendeu. Elas se justificam porque, admite-se que quando o educando é capaz de propor uma nova questão sobre a temática que está estudando, significa que houve avanços na sua compreensão sobre ela. No âmbito da Aprendizagem Significativa, corresponde à concepção de que as ideias sobre frações, expressas simbolicamente, interagiram com o que o educando já sabia contribuindo para ele expressar aspectos deste resultado.

Além disso, caso este educando esteja vinculado a uma turma, o professor poderá utilizar as questões propostas por ele para avaliar a compreensão do educando e, caso corretas, permite que ele as utilize, por exemplo, como material didático para ser trabalhado em sala de aula.

## 4.2 Tecnologias Utilizadas

O sistema Tutor funciona via *internet*. Esta escolha foi realizada devido a facilidade da utilização, possibilitando que o usuário acesse sua conta de qualquer computador, *smartphone* ou *tablet* que possua acesso a *internet*. Para isso, as tecnologias utilizadas no desenvolvimento devem refletir esta escolha. Um sistema *web* pode ser separado em duas partes: *front-end* e

*back-end*. O primeiro é o lado do usuário, também denominado cliente e pode ser representado pela interface. O segundo é onde se encontra o servidor, responsável por manter arquivos e processar as entradas do sistema.

Para desenvolver o *front-end* é utilizado o Bootstrap (2017) que emprega o HTML (W3C, 2014), o JavaScript (2017) (Jquery (2017)) e o CSS (W3C, 2017). Ele foi escolhido por facilitar a construção do *website*, e por tornar o site estilizado e responsivo. Também é utilizada na interface a biblioteca de JavaScript MathJax (2017) que permite a inserção de equações matemáticas de todos os tipos no HTML, como no exemplo apresentado na Figura 4.4.

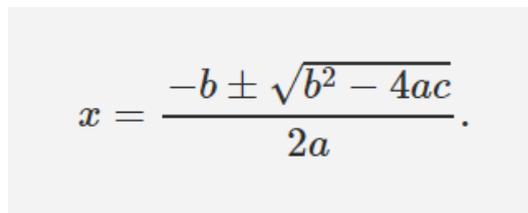

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

Figura 4.4: Fórmula utilizando o MathJax

Já no *back-end* é utilizado o Node.js (2009) que é uma plataforma para construir aplicações *web* escaláveis de alta performance usando JavaScript. Isso permite a utilização da mesma linguagem tanto no lado do servidor como do cliente, conseqüentemente torna-se mais fácil a manutenção do projeto. Utilizamos também o *framework* Sails.js (2012), um *framework* possui um conjunto de códigos que implementam funções comuns visando a agilizar/facilitar o desenvolvimento de um sistema, podendo conter, por exemplo, um código para acesso ao banco de dados. O Sails.js (2012) possui diversas funcionalidades úteis e que facilitam o desenvolvimento. Entre as mais importantes utilizadas nesse projeto estão:

1. **Estrutura modelo-visão-controlador (MVC):** esta estrutura é um padrão de arquitetura de software. O modelo armazena as funções e a estrutura dos dados, a visão é a representação desses dados na interface e o controlador faz a ligação entre o banco de dados e o modelo.
2. **Mapeamento objeto-relacional (ORM):** esta técnica de desenvolvimento permite a representação de objetos do sistema sejam representados em um banco de dados relacional, no qual as tabelas do banco de dados são representadas pelas classes e os seus registros

são instâncias do banco de dados. O Sails.js utiliza para isso o Waterline (MCNEIL; SAILS.JS, 2012), que funciona com diversos Bancos de dados como MySQL, Postgree e Mongo DB, permitindo a fácil alteração do banco de dados.

3. **Documentação:** além de possuir documentação própria, existe uma grande quantidade de tutoriais disponíveis na *internet*, entre eles, vale destacar Nathan (2015), utilizado no desenvolvimento da base deste sistema.

O banco de dados escolhido foi o MySQL (ORACLE, 2017), por ser de código aberto, fácil utilização além de ser o utilizado no servidor em que o sistema estará inserido.

Para a criação e teste da Rede Bayesiana presente neste trabalho utilizou-se a ferramenta GeNIe Modeler (BAYESFUSION, 1998) em sua versão acadêmica, que é gratuita e que proporciona uma interface gráfica de clicar e arrastar para a criação de modelos de decisão. Esta interface atua como intermediário para o SMILE (BAYESFUSION, 1997), que é uma biblioteca na linguagem C++ que implementa a rede criada no GeNIe e que também pode ser utilizada em Java e .NET. Porém, como o sistema está sendo desenvolvido em JavaScript, optou-se pela utilização da biblioteca jsbayes (VANG, 2016) que possibilita a criação e utilização de Redes Bayesianas e que pode ser usada tanto no lado do cliente quanto do lado do servidor. Esta biblioteca utiliza como ferramenta de inferência o algoritmo *likelihood weight*.

### 4.3 Arquitetura e Inteligência Artificial

A arquitetura escolhida para o tutor será a clássica apresentada no Capítulo 3, contendo: interface, módulo do aluno, módulo do tutor e módulo domínio. Algumas características de cada módulo podem ser vistas na sequência:

- **Interface:** a interface *web* apresentará os desafios, formalizações e atividades ao educando de forma textual, utilizando de imagens para ilustrar. Possibilitará que o educando insira suas respostas, fazendo assim a comunicação com o Módulo do Aluno. E, por meio da utilização da agente pedagógica Lara, o Módulo do Tutor se comunicará com o educando apresentando mensagens, dicas e *feedbacks*.
- **Módulo do Aluno:** é responsável por armazenar informações relativas ao educando,

como questões já realizadas, questões faltantes, erros cometidos, tempo que demorou para finalizar a questão e número de dicas solicitadas.

- **Módulo do Tutor:** com base no módulo do aluno e em suas técnicas de ensino, o tutor decide que material deve ser apresentado ao educando, como dicas, explicações, exemplos.
- **Módulo Domínio:** armazena fatos e regras sobre frações.

### 4.3.1 Inteligência Artificial da Lara

O STI "Lara e as Frações" utiliza duas técnicas de Inteligência Artificial (IA): Agentes Computacionais e Redes Bayesianas.

Os Agentes Computacionais são entidades capazes de identificar o meio em que estão inseridos e agir sobre ele, ou seja, são capazes de executar ações autônomas e agir orientados ao domínio em que estão (RUSSELL; NORVIG, 1995).

Existem quatro tipos básicos de agentes:

- **Agentes Reativos Simples:** Estes agentes realizam ações, reagem ao ambiente, apenas com base na situação atual, ignorando o histórico.
- **Agentes Reativos Baseados em Modelo:** Estes agentes mantêm um estado interno que contém histórico sobre suas ações. Quando recebe novas informações, considera esse histórico para decidir como agir.
- **Agentes Baseados em Objetivos:** Estes agentes mantêm dados a respeito do ambiente em que estão inseridos bem como sobre seus objetivos e as considera para decidir quais ações o levaram a atingir estes objetivos.
- **Agentes Baseados em Utilidade:** Estes agentes utilizam o modelo do mundo junto com a função de utilidade e então escolhem uma ação que levará a melhor utilidade esperada. Eles tentam maximizar suas expectativas e ponderam a probabilidade de sucesso em relação à importância de objetivos

Quando um sistema utiliza mais de um agente, este sistema é considerado um sistema multiagentes. Este tipo de sistema se caracteriza por possuir dois ou mais agentes autônomos e

inteligentes, capazes de trabalhar em conjunto e colaborar entre si com o objetivo de resolver algum problema e cumprir o objetivo do sistema (JUCHEM; BASTOS, 2001).

Redes Bayesianas são fundamentadas no teorema de Bayes, que avalia a probabilidade de um evento em particular ocorrer, dado algum conjunto de observações que tenham ocorrido. Elas se constituem de um grafo orientado, no qual cada nó representa uma variável e os arcos representam a influência que uma variável tem sobre outra. Quando uma das variáveis muda, as demais também se alteram, adaptando-se, para manter a coerência nas relações (PEROTTO, 2001).

O teorema de Bayes pode ser expresso matematicamente pela seguinte equação, onde  $P(A_i) > 0$  e  $P(B) > 0$  (FERREIRA, 2016):

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i) \cdot P(B|A_i)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot P(B|A_i)}$$

Em que:

- $B$  é um acontecimento qualquer do espaço amostral.
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  são eventos mutuamente excludentes que representam uma partição do espaço amostral.
- $P(A_i|B)$  é a probabilidade do acontecimento A quando B tiver ocorrido.

Este tutor trabalha com um sistema multiagentes composto de Agentes Reativos Baseados em Modelo, que manterão o histórico de outras sessões e atividades já realizadas pelo educando no tutor e irão reagir de acordo com um conjunto de variáveis. Para isso serão utilizados quatro agentes: o agente Progresso, Módulo, Questão e Lara, cuja relação é mostrada na Figura 4.5:.

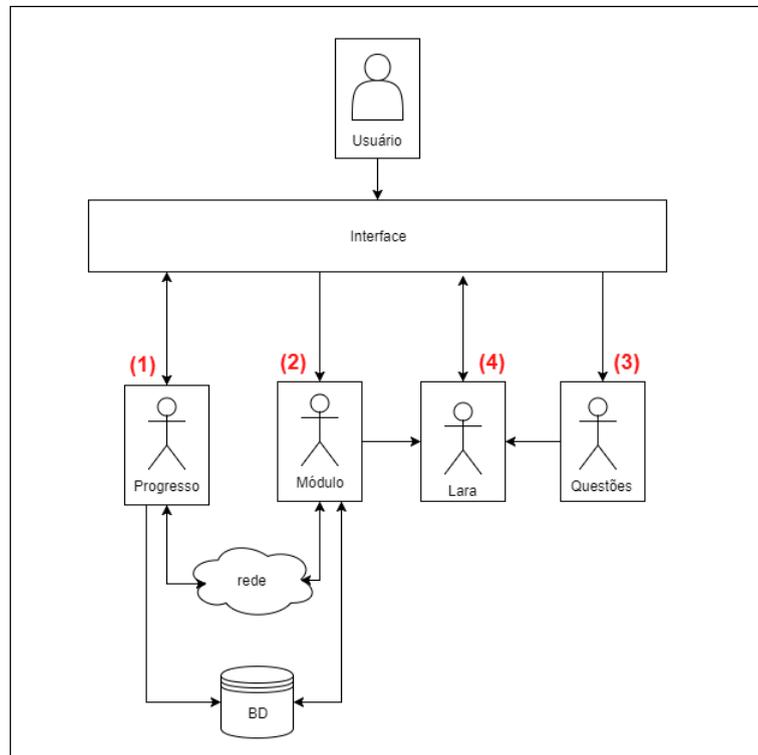


Figura 4.5: Agentes contidos no Sistema

- **Agente Progresso:** Este acessa os dados armazenados no banco de dados e os encaminha a uma Rede Bayesiana. A rede retorna a probabilidade de o educando ter aprendido um módulo. Com esta probabilidade o agente atualiza as barras de progresso presentes na interface. Ele pode ser identificado pelo (1) no diagrama da Figura 4.5.
- **Agente Módulo:** Este agente utiliza informações armazenadas no banco de dados e na rede para gerar mensagens ao final do módulo, procurando avaliar quanto o educando aprendeu do módulo e quais atividades ainda estão pendentes. Estas mensagens têm o objetivo de incentivar o educando a finalizar o módulo por completo e encaminhar à Lara para que as apresente na interface. Ele pode ser identificado pelo (2) no diagrama da Figura 4.5.
- **Agente Questão:** Este agente captura as ações do usuário quando está completando uma questão ou atividade. Por meio de regras, ele gera dicas que são repassadas à Lara. Um exemplo de sua utilização é quando o educando tenta pedir três dicas seguidas; ao tentar a terceira vez o agente gera uma mensagem lembrando-o que ele ainda tem um exemplo.

Ele pode ser identificado pelo (3) no diagrama da Figura 4.5.

- **Agente Lara:** a agente Lara recebe as mensagens geradas pelo Agente questão e Agente módulo e as apresenta na interface ao usuário. Ele pode ser identificado pelo (4) no diagrama da Figura 4.5.

As Redes Bayesianas são utilizadas no contexto deste trabalho para calcular a probabilidade de o educando saber um determinado tópico, com base em variáveis oferecidas pelo sistema. A rede foi construída utilizando a ferramenta GeNIe Modeler e utiliza cinco variáveis que são adquiridas e armazenadas por agentes durante a utilização do sistema:

- **Questões:** representa a fração do número de questões feitas de cada módulo, podendo assumir os valores de “zero” onde nenhuma questão foi resolvida, “um\_quarto”, na qual o educando finalizou  $\frac{1}{4}$  das questões e assim por diante, até chegar em “quatro\_quartos”, que seriam todas as questões completas e corretas.
- **Formalização:** representa se o educando leu a formalização do módulo ou não, podendo assumir os valores de verdadeiro caso o educando tenha lido e falso caso contrário.
- **Entendeu:** representa se o educando considera que entendeu o conteúdo ou não. Essa informação também pode assumir o valor verdadeiro e falso e será obtida por meio de uma pergunta direta feita ao educando, apresentada na interface.
- **Escreveu Questão:** ao final do módulo é solicitado ao educando que proponha uma questão que abranja o conteúdo do módulo. Essa variável armazena se ele realizou essa atividade ou não, e assume os valores de verdadeiro e falso.
- **Escreveu Resumo:** ao final do módulo é solicitado ao educando que resuma o que aprendeu no módulo. Essa variável armazena se ele realizou essa atividade ou não e assume os valores de verdadeiro e falso.

A probabilidade de o educando aprender vai depender dessas cinco variáveis e seu diagrama pode ser visto na Figura 4.6.

Tabela 4.1: Pesos da Rede

Etapa do módulo	Peso
Questões	0,20
Formalização	0,10
Entendeu	0,20
Escreveu questão	0,25
Escreveu resumo	0,25

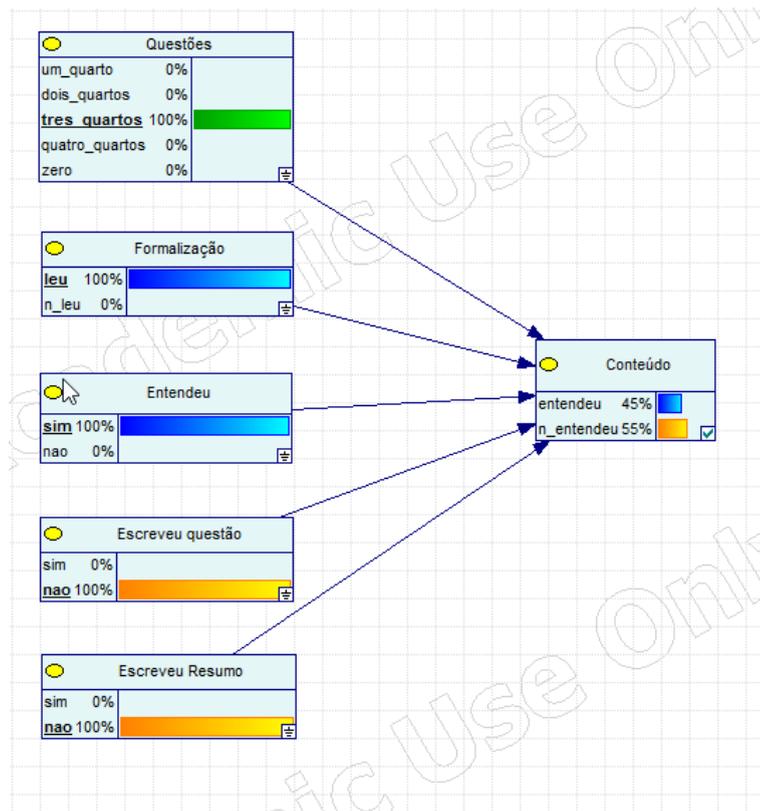


Figura 4.6: Rede Bayesiana criada pela ferramenta GeNIe

Após a definição das variáveis, é necessário inserir pesos a cada uma. Os pesos utilizados podem ser vistos na Tabela 4.1. Na Tabela 4.2 o peso de questões foi dividido para cada valor ela que pode assumir.

Para calcular probabilidade foi realizada a soma dos pesos de cada valor assumido. Para exemplificar utilizaremos a Figura 4.6. Na Tabela 4.3 apresentamos o valor assumido pelas variáveis e seu respectivo peso. Em total os pesos são somados, gerando assim a probabilidade de o educando ter entendido o módulo, que é 0,45 ou 45%.

Tabela 4.2: Pesos referentes as questões

<b>Questões</b>	<b>Peso</b>
um_quarto	0,05
dois_quartos	0,10
tres_quartos	0,15
quatro_quartos	0,20
zero	0,00

Tabela 4.3: Exemplo da soma dos pesos

<b>Variável</b>	<b>Valor</b>	<b>Peso</b>
Questões	tres_quartos	0,15
Formalização	leu (verdadeiro)	0,10
Entendeu	sim (verdadeiro)	0,20
Escreveu questão	não (falso)	0,00
Escreveu resumo	não (falso)	0,00
<b>Total</b>		<b>0,45</b>

Com essas informações o Agente Progresso será capaz de atualizar a barra de progresso e o Agente Módulo irá avaliar a melhor mensagem para passar a Agente Lara.

A utilização de agentes em conjunto com a Rede Bayesiana fará com que o sistema seja capaz de fornecer, a partir do comportamento do educando no processo de interação com o tutor, um ensino individualizado e personalizado, propondo atividades, diálogos e interações específicas para cada um dos usuários. Esta personalização da aprendizagem é, segundo Santillana (2014), uma tendência da educação.

# Capítulo 5

## Lara e as frações

Este capítulo tem como objetivo apresentar o tutor como um todo, apresentando suas telas, funcionalidades e seu fluxo.

### 5.1 O Tutor

Para ter acesso ao Tutor o educando deve criar primeiramente uma conta. Este cadastro solicita algumas informações básicas do educando e pode ser visto na Figura 5.1. Após a criação o educando será redirecionado a sua tela inicial. Caso já tenha feito o cadastro ele pode ir diretamente a área de *login*. A primeira tela do educando, após o cadastro, é um tutorial com a explicação do funcionamento do sistema, e seguido dela é apresentado o Problema Gerador, como apresentado na Figura 5.2. Note-se que na Figura 5.2, o Problema Gerador foi sobreposto à tela do Tutor e por este motivo ele aparece em destaque, deixando em segundo plano a tela em que o educando estava naquele momento, o que explica a tela cinza no fundo.

Após a leitura, é apresentada a sua tela de perfil, na qual o educando pode ver o progresso geral e de cada módulo por meio de barras de progresso, como apresentado na Figura 5.3.

Os módulos podem ser acessados por meio do menu lateral ou por meio do botão “Ver mais” ao lado do nome de cada módulo. Quando o módulo foi escolhido, lhe é apresentado uma listagem das atividades contidas nele, permitindo que o educando acesse diretamente a atividade que parou. A Figura 5.4 apresenta esta listagem.

O módulo sempre inicia com desafios, nos quais espera-se que o educando responda as questões utilizando o seu conhecimento prévio, e por isso as questões são mais simples, e não exigem formalismos. Um exemplo de desafio pode ser visto na Figura 5.5.

Sistema Tutor Inteligente Cadastro

Nome

Tipo  
Aluno

Email

Senha

Confirmação de senha

Cadastrar

Mais informações | Contato

© 2017 Lyssa Scherer. UNIOESTE

Figura 5.1: Tela de Cadastro

Problema Gerador

A turma de 28 alunos do sexto ano B do Curso e Colégio Fera, de Cascavel no Paraná, foi se divertir no Parque Aquático, situado na cidade de Foz do Iguaçu que dista, aproximadamente, 150 km de Cascavel. Os alunos se organizaram para pagar as despesas com o ônibus, pedágio, ingresso e alimentação.

Para acompanhá-los e tratar das questões do transporte, da entrada e das paradas, as duas professoras de Matemática do Fundamental II do Colégio foram com eles no passeio. Elas discutiram sobre o percurso e a viagem e, como os alunos gostaram muito das aulas de frações, cujo conteúdo acabou de ser concluído, as professoras aproveitaram a viagem, as paradas e as brincadeiras no parque aquático para propor atividades matemáticas centradas em frações, como forma de passar o tempo e de aproveitar para revisar os conteúdos, já que na próxima semana os alunos farão uma avaliação.

Você deve supor que era um dos alunos que estava na viagem e responder os desafios disponibilizados no tutor "Lara e as frações".

Começar

3. Frações equivalentes Ver mais

Figura 5.2: Problema Gerador

Após os desafios é apresentada a formalização do conteúdo matemático. Vale lembrar que as formalizações presentes neste tutor são oriundas do livro *Vontade do Saber Matemática* da editora FTD (SOUZA; PATARO, 2015), que gentilmente autorizou a utilização do conteúdo. Neste momento são repassados ao educando os formalismos matemáticos necessários para que ele entenda o conteúdo presente no módulo, como o apresentado na Figura 5.6.

Em seguida dá-se início às atividades. Esta é a parte do tutor em que o educando deve utilizar os formalismos aprendidos para responder as perguntas. Um exemplo de atividade pode

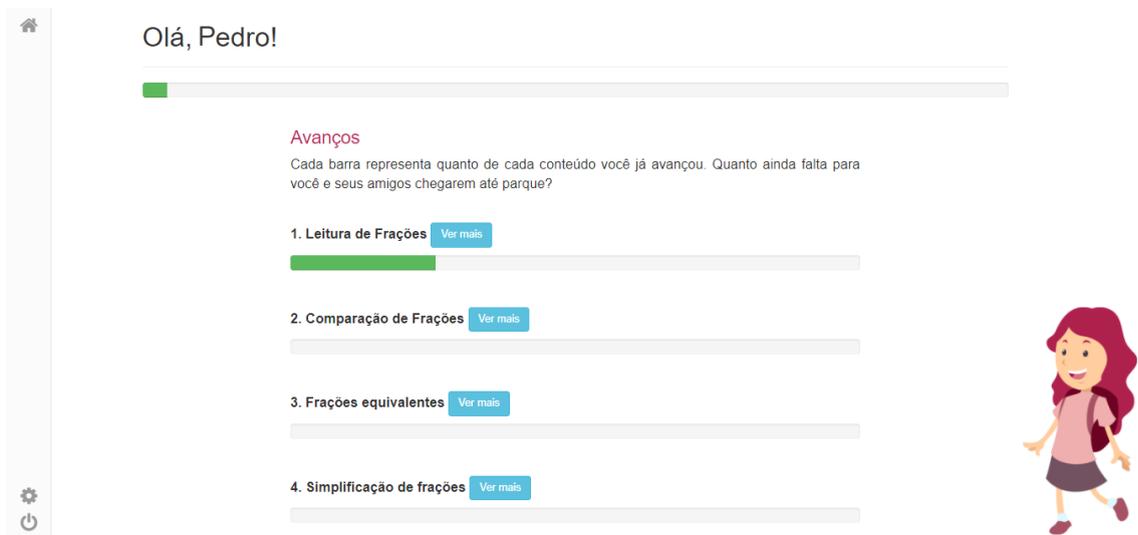


Figura 5.3: Perfil do educando



Figura 5.4: Listagem das Atividades

ser visto na Figura 5.7.

Ao final de cada módulo é solicitado que o educando escreva uma questão sobre o módulo e que resuma o que aprendeu no mesmo, como apresentado na Figura 5.8. Apesar de estas respostas não serem validadas pelo tutor, elas serão armazenadas e em uma versão futura, serão apresentadas ao professor para que ele as avalie, permitindo que ele identifique caso o educando tenha entendido algo de forma equivocada ou não tenha entendido o módulo, podendo assim resgatar o conteúdo em sala de aula.

**Leitura de Frações**

**Desafio 2**

Ainda com relação a questão anterior, que fração representa a distância que falta percorrer? Escreva por extenso como é feita a leitura dessa fração.

Como é a fração?

Como se lê?

OK!

Voltar Dica Exemplo Continuar

Figura 5.5: Desafio

**Leitura de Frações**

**Formalização**

Na leitura de uma fração, primeiro lemos o numerador e depois o denominador. De acordo com o denominador, a fração pode receber nomes especiais.

- Quando o denominador for menor do que 10.
 

$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{9}{5}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{9}$
um meio	dois terços	um quarto	nove quintos	cinco sextos	quatro sétimos	três oitavos	sete nonos
- Quando o denominador for uma potência de 10.
 

$\frac{12}{10}$	$\frac{4}{100}$	$\frac{1}{1000}$
doze décimos	quatro centésimos	um milésimo
- Quando o denominador for maior do que 10 e não for uma potência de 10.
 

$\frac{5}{11}$	$\frac{25}{31}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{7}{30}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{9}{400}$
cinco onze avos	vinte e cinco trinta e um avos	um quinze avos	sete trinta avos	setenta noventa avos	nove quatrocentos avos

Nesse caso, lemos o numerador e o denominador seguido da palavra avos.

Figura 5.6: Formalização

Nos desafios e atividades, o educando pode solicitar à tutora Lara três dicas e um exemplo por meio dos botões “Dica” e “Exemplo” destacados em cor vermelha na Figura 5.9. Outra funcionalidade existente é a exibição de *pop-ups* que apresentam lembretes de conceitos já aprendidos, como o conceito de “numerador” na Figura 5.10.

Durante cada atividade o Agente Questão irá validar as entradas e solicitações do educando e gerar mensagens com dicas, que são apresentadas pela Agente Lara, como podemos visualizar na Figura 5.11, que representa a dica apresentada após o educando solicitar três dicas

Leitura de Frações

**Atividade 1**

Agora que você aprendeu a ler e representar frações, vamos ajudar Maria. Ela e os amigos estão comendo pizza. A imagem abaixo apresenta a pizza que estão comendo. Como se lê a fração que representa o número de fatias que sobraram?

Como se lê?

OK!

Figura 5.7: Atividade

Leitura de Frações

**Questões Finais**

Ajude a Lara. Escreva uma questão sobre leitura de frações. A Lara irá analisa-la, junto com as questões propostas por outros alunos. As melhores poderão ser inseridas neste tutor!

OK!

Voltar Dica Exemplo Continuar

Figura 5.8: Questões Finais

consecutivas.

Enquanto o educando realiza as etapas do módulo, o Agente Progresso acessa a rede para saber a probabilidade de o educando ter aprendido e atualiza a barra de progresso apresentada no topo da página na Figura 5.9. O Agente Módulo analisa as informações do que o educando já concluiu e ao final do módulo gera uma mensagem de incentivo para que o educando finalize o módulo por completo. Esta mensagem é repassada a Agente Lara, que a apresenta ao educando, como pode ser visto na Figura 5.12.

Leitura de Frações

**Desafio 4**  
 Numa das paradas, João comprou um pastel e quer dividir igualmente com Pedro e Larissa. Qual a fração do salgado que cada um vai receber? Como se lê esta fração?

Como é a fração?

Como se lê?

OK

Voltar Dica Exemplo Continuar



Figura 5.9: Botão Dica e Exemplo

O numerador indica quantas partes foram consideradas do inteiro!

o numerador. Por exemplo só comeu 3, isto represen

fração  $\frac{3}{8}$

Figura 5.10: Pop-up

Caminho percorrido

Lara

Dica: Por que não pede um exemplo?

Entendi



Figura 5.11: Dica Lara



Figura 5.12: Dica ao final do Módulo

# Capítulo 6

## Avaliação

Neste capítulo será apresentada a avaliação realizada do Sistema.

### 6.1 Metodologias de Avaliação

O Sistema Tutor Inteligente foi avaliado sob três aspectos: a avaliação da Rede Bayesiana e as dicas oriundas dela, a avaliação da interface e do seu fluxo e a avaliação das questões.

Após o desenvolvimento das questões, as mesmas foram repassadas a duas professoras de Matemática para críticas, correções e sugestões. Algumas incorreções foram identificadas e corrigidas. Outro ponto discutido durante a avaliação era que os desafios estavam muito objetivos, ou seja, curtos/simples, e que uma contextualização poderia contribuir para o melhor entendimento por parte do educando. Embora este aspecto seja relevante, no âmbito deste trabalho, por serem muitas questões, houve tempo apenas para melhorar algumas delas e outras foram deixadas como estavam. No entanto, há intenção de que, em uma próxima versão elas sejam revisadas e reavaliadas.

Para a avaliação da rede, foi desenvolvida uma página *web*, apresentada na Figura 6.1, que permite alterar as variáveis de entrada da rede. Após defini-las e clicar no botão "Testar" a rede é ativada e retorna a probabilidade de o educando ter aprendido o módulo. Também é apresentada a mensagem gerada pelo Agente Módulo. Esta página está disponível em (SCHERER, 2017).

A avaliação do sistema se deu por meio de vídeos realizados da interface que apresentavam as principais funcionalidades e páginas do sistema, como: cadastro, *login*, tutorial e apresentação do problema gerador, perfil do educando, listagem das atividades do módulo, apresentação de um módulo, *feedbacks* da Lara durante o desenvolvimento de uma questão e ao final do

## Rede

Questões feitas:

Leu formalização?

Disse que entendeu?

Escreveu a questão?

Escreveu o resumo?

Entendeu conteúdo: 0%  
Não entendeu conteúdo: 100%  
Dica da Lara: Vamos começar?

Figura 6.1: Site para avaliação da rede.

módulo.

Para avaliar o sistema tanto os vídeos como a página foram repassados a acadêmicos do curso de Ciência da Computação da Unioeste de Cascavel e ao grupo EM&I, também da Unioeste. Estes, preencheram um formulário que possuía questões em que solicitava que o avaliador desse a sua opinião sobre o sistema e sobre a interface. As perguntas do formulário serão descritas e comentadas na próxima seção. Na Figura 6.2 é possível ver a apresentação que contem o vídeo e na Figura 6.3 podemos ver um trecho do formulário, que é exibido por completo no Apêndice A.

## 6.2 Resultados da Avaliação

Ao todo, 11 acadêmicos participaram da pesquisa, dentre elas 10 eram do Curso de Computação e 1 do curso de Matemática da Unioeste do campus de Cascavel, com idades entre 19 a 24 anos.

Na primeira seção do formulário foram realizadas duas perguntas referentes a avaliação da rede com as opções de resposta "Sim" e "Não". Também foi oferecido um espaço para que o avaliador desse sua opinião sobre a rede e dicas para melhorar. As duas perguntas são apresentadas

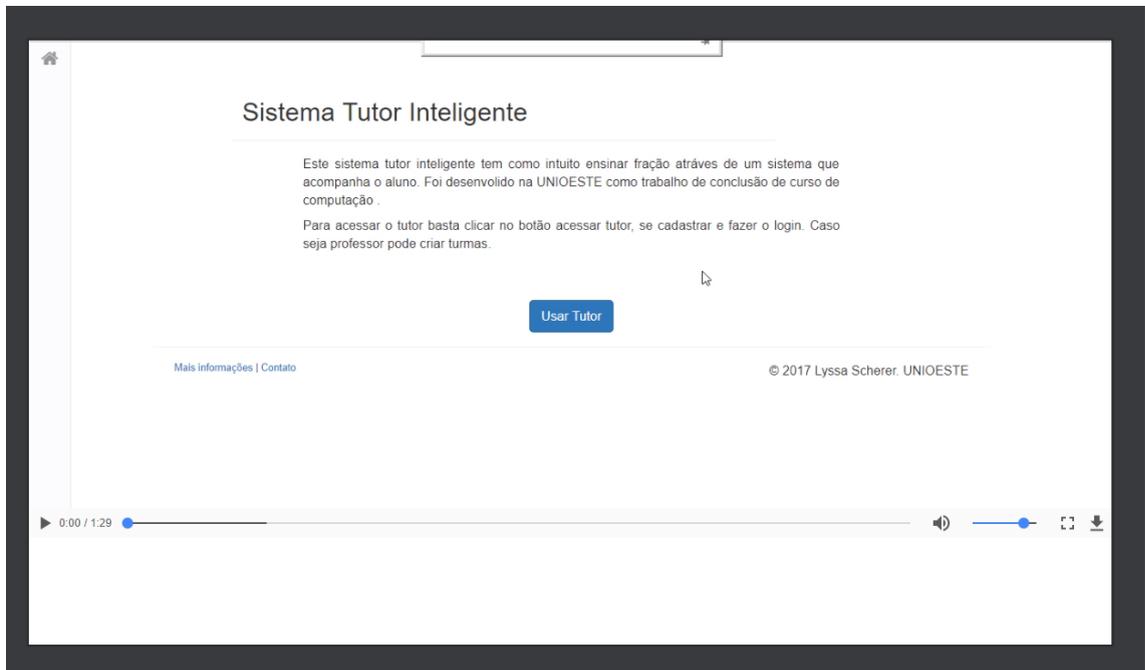
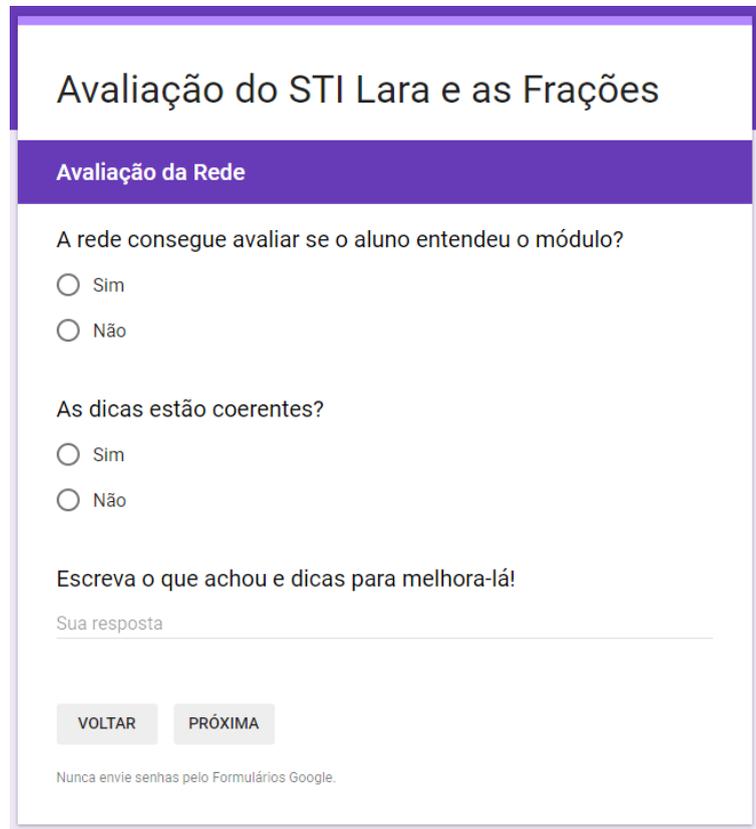


Figura 6.2: Apresentação contendo vídeo do Sistema.

a seguir:

- A rede consegue avaliar se o educando entendeu o módulo?
- As dicas estão coerentes?

Em ambas, 100% dos avaliadores responderam que sim, logo pode-se dizer que a rede está cumprindo o seu objetivo, calcular a probabilidade do educando saber o módulo, e que as dicas geradas pelo Agente Módulo estão coerentes com a rede. No espaço para opiniões e dicas foi dito que o educando escrever o resumo não garante que tenha, realmente, aprendido, já que o sistema não garante a corretude do mesmo. O trabalho atual não valida esta resposta, mas, na próxima versão, o professor terá a oportunidade de corrigi-los. Outro avaliador aconselhou a revisão dos pesos, para ele o educando responder corretamente as questões representa maior entendimento do que ler a formalização por exemplo, pois a realização da leitura não significa que o educando compreendeu. A definição dos pesos é importante e é necessário o desenvolvimento de experimentos com educandos para ver qual variável mais afeta na sua aprendizagem. Este é um processo incremental de aprimoramento, e que devido ao tempo não foi possível realizar, porém é considerado um trabalho futuro necessário para garantir o melhor funcionamento da



Avaliação do STI Lara e as Frações

**Avaliação da Rede**

A rede consegue avaliar se o aluno entendeu o módulo?

Sim

Não

As dicas estão coerentes?

Sim

Não

Escreva o que achou e dicas para melhorá-la!

Sua resposta

VOLTAR PRÓXIMA

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Figura 6.3: Trecho do formulário respondido pelos avaliadores.

rede.

Na segunda seção foram apresentadas 6 afirmações ao avaliador, este deveria escolher um número em uma escala de um a cinco, na qual um significa que o avaliador discorda fortemente da afirmação e cinco que ele concorda fortemente. A seguir são apresentadas as afirmações e as respostas.

A primeira afirmação, apresentada na Figura 6.4, trata das cores do tutor. Os avaliadores em sua maioria (dez) concordaram com a afirmação, sendo que sete destes concordaram fortemente, e apenas uma pessoa se sentiu indiferente. Logo, podemos afirmar que as cores do sistema são agradáveis.

A segunda afirmação, apresentada na Figura 6.5, avalia a facilidade de compreender os ícones. Todos os avaliadores concordaram com a afirmação, sendo que nove concordaram fortemente. Isto simboliza que os ícones utilizados no tutor são compreensíveis.

Da mesma forma que na anterior a terceira afirmação, apresentada na Figura 6.6, esta tam-

As cores do jogo são agradáveis

11 respostas

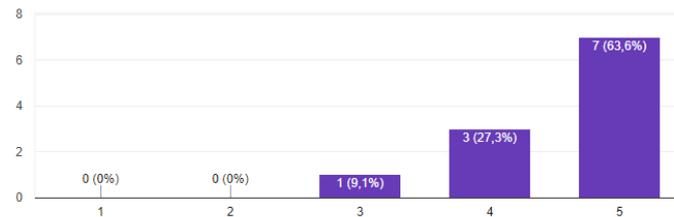


Figura 6.4: Afirmação 1

Entendi o que cada ícone representa

11 respostas

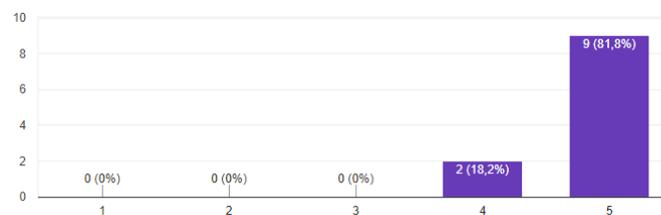


Figura 6.5: Afirmação 2

bém foi aceita por todos os avaliadores, indicando que as informações presentes na interface são de fácil entendimento.

A interface possui informações de fácil entendimento

11 respostas

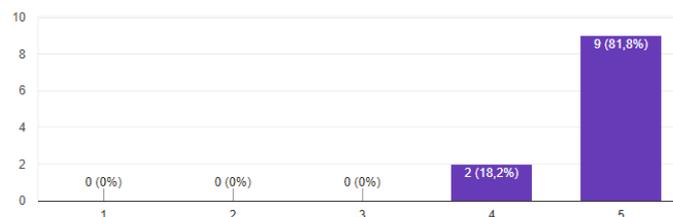


Figura 6.6: Afirmação 3

A afirmação quatro, apresentada na Figura 6.7, diz respeito aos conteúdos da tutora. Apesar de o resultado ter sido positivo, 9 concordaram e 2 foram indiferentes, percebeu-se que apenas com a apresentação dos vídeos do funcionamento do tutor não é possível avaliar esta afirmação,

já que apresentam apenas partes de um módulo. Por isso, essa afirmação deve ser reavaliada, de maneira que o avaliador possa analisar todo o conteúdo presente no sistema.

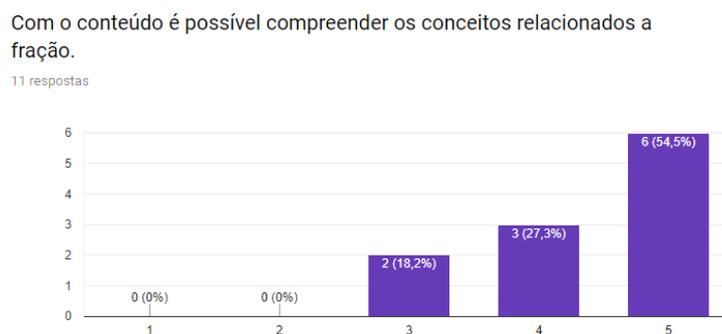


Figura 6.7: Afirmação 4

O mesmo ocorre na afirmação cinco, apresentada na Figura 6.8, na qual avalia-se as dicas. Como não são apresentadas todas as dicas do tutor, fica difícil avaliar a eficiência delas.

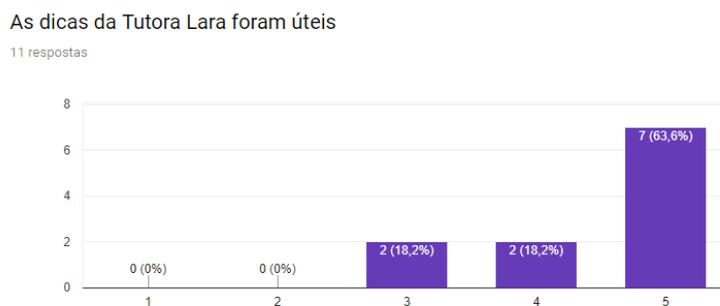


Figura 6.8: Afirmação 5

A sexta e última afirmação, apresentada na Figura 6.9, trata da avaliação do tutorial apresentado no primeiro acesso do educando no sistema. Nesta, todos os avaliadores concordaram com a afirmação.

A última seção solicitou a opinião dos avaliadores, as perguntas são listadas a seguir:

- O que você mais gostou?
- O que você menos gostou?
- Você acha que o tutor é útil no ensino de frações?

O tutorial no início do tutor, foi suficiente para entender o funcionamento do sistema.

11 respostas

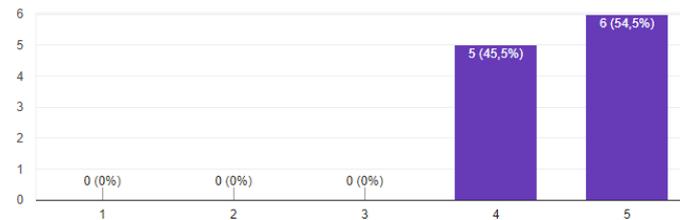


Figura 6.9: Afirmação 6

- Qual sugestão você daria para melhorar o tutor?
- O que você recomendaria para trabalhos futuros?

Entre os itens que os avaliadores mais gostaram está a interface simples e de fácil usabilidade, e a tutora Lara com suas dicas. No que não gostaram um dos avaliadores comentou que o tutorial está muito longo e sugeriu que fosse dividido ao longo do sistema, no momento que o educando necessitasse. Outro afirma que apesar de ótima, a interface pode ser melhorada em versões futuras. Todos os avaliadores julgaram que o tutor é útil no ensino de frações.

Como dicas e trabalhos futuros foi recomendada a adição de som durante as atividades, o desenvolvimento dos módulos de modo a proporcionar acessibilidade para deficientes visuais, a criação de atividades mais interativas, a expansão do tutor para outros conteúdos e melhorias no *design*.

# Capítulo 7

## Conclusão e Trabalhos Futuros

### 7.1 Conclusão

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo desenvolver um protótipo funcional de um sistema tutor inteligente voltado ao ensino de frações fundamentado na teoria da Aprendizagem Significativa e na Resolução de Problemas. Para isso, fez-se necessário a apresentação de conceitos relevantes a esta teoria e metodologia de ensino e sobre Sistemas Tutores Inteligentes, realizando um resgate de seu surgimento, arquitetura e identificação de sistemas disponíveis.

Após a realização da revisão bibliográfica dos STI, foi possível perceber a escassez de tutores gratuitos e em português voltados a frações. Outro ponto importante identificado na revisão foi a falta de fundamentação teórica e metodológica na construção dos sistemas educacionais identificados, algo considerado de suma importância no contexto da Informática na Educação. O sistema desenvolvido neste trabalho atende a esses três requisitos, entendidos como deficiências encontradas na revisão bibliográfica realizada, caracterizando assim um diferencial significativo. A Aprendizagem Significativa e a Resolução de Problemas são utilizadas como fundamentação teórica e metodológica e todas as ferramentas utilizadas são de uso gratuito, permitindo que os educandos aprendam sem custo, na língua portuguesa.

Também foi realizado nesse trabalho uma revisão bibliográfica sobre tecnologias *web* que viabilizassem a construção de um sistema tutor inteligente em matemática. Após a identificação destas, as mesmas tiveram que ser testadas e escolhidas. Por fim, as tecnologias selecionadas foram descritas e utilizadas. Estas, além de bem documentadas, agilizaram o processo de desenvolvimento, gerando um sistema organizado estruturalmente e de fácil expansão. A inserção

de agentes e da Rede Bayesiana permitiram a criação de um sistema inteligente, capaz de se adaptar ao educando, proporcionando um ensino personalizado.

O sistema proposto foi especificado considerando sua arquitetura, sua inteligência e sua dinâmica (fluxo). O conteúdo do tutor também foi detalhado, sendo que as questões foram desenvolvidas e avaliadas e as formalizações de cada módulo foram disponibilizados pela editora FTD.

Ao final, foi desenvolvido protótipos funcionais do tutor, os quais foram apresentados por meio de imagens e avaliados por onze acadêmicos.

## **7.2 Trabalhos Futuros**

Este trabalho gera diversas oportunidades de trabalhos futuros. Abaixo é apresentada uma listagem com algumas ideias, que abrangem desde melhoras no sistema até avaliação de sua efetividade na educação do educando. Um desses trabalhos, de realização mais imediata, é a utilização do tutor com educandos do sexto ano, objetivando ainda aprimorá-lo, sob a ótica do educando. Trata-se de um trabalho mais imediato visto que é de interesse a escrita de um artigo sintetizando o presente trabalho, mas já adicionando a ele aspectos desta avaliação específica.

- **Área do Professor:** desenvolvimento da área destinada ao professor, na qual ele poderá criar turmas e acompanhá-las. Também deverá ser possível avaliar a questão e o resumo dos módulos criados pelos educandos e permite que o professor identifique possíveis equívocos do educando na compreensão do conteúdo, conseqüentemente melhorando a sua aprendizagem.
- **Aprimoramento dos desafios:** como comentado durante as avaliações dos desafios, algumas poderiam estar melhor contextualizados, podem ser reescritas e acompanhadas de ilustrações exclusivas objetivando para que chamem mais atenção do educando e contribuam em sua pré-disposição de aprender.
- **Inserção de um bate-papo:** na metodologia de Resolução de Problemas é proposto que os educandos se reúnam em grupos para tentarem resolver o Problema Gerador. A inserção do bate-papo permitiria esta interação entre os educandos da mesma sala, permitindo que tirem suas dúvidas com os colegas e encontrem uma solução.

- Adição de áudio: durante a avaliação do sistema, alguns participantes indicaram que seria interessante que o sistema tivesse sons para chamar a atenção do educando.
- Criação de recompensas: estas recompensas serviriam para estimular o educando a completar os módulos. Vale destacar que, caso implementado, estas recompensas devem ser sempre positivas, ou seja, o educando não as perderá caso erre a questão. Um exemplo de recompensa seria receber moedas que permitem o educando customizar seus avatares.
- Aprimoramento da inteligência: durante a elaboração deste trabalho foram identificados outras técnicas de inteligência que podem ser testadas e usadas para intensificar a aprendizagem do educando. Logo, um trabalho futuro é o estudo mais aprofundados dessas técnicas.
- Avaliação do sistema: um possível trabalho futuro seria avaliar o aprendizado efetivo dos educandos que utilizam o STI, podendo fazer uma comparação entre uma turma que utiliza-o e outra que não.

# Apêndice A

## Formulário de Avaliação

A seguir é apresentado o formulário desenvolvido para a avaliação do Sistema. Ele foi gerado no Google Forms (GOOGLE, 2017b) e era acessado por meio de um *link* disponibilizado aos avaliadores.

### Avaliação do STI Lara e as Frações

\*Obrigatório

1. Idade \*

---

2. Profissão \*

*Marcar apenas uma oval.*

Estudante

Professor

3. Curso

---

### Avaliação da Rede

4. A rede consegue avaliar se o aluno entendeu o módulo?

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

**5. As dicas estão coerentes?**

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Não

**6. Escreva o que achou e dicas para melhora-lá!**

---

---

---

---

---

**Para cada questão, selecione a resposta que mais representa o que sentiu ao ver o tutor.**

1 - Discordo fortemente, 2 - Discordo, 3 - Indeciso, 4 - Concordo, 5 - Concordo Fortemente

**7. As cores do jogo são agradáveis \***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Fortemente	<input type="radio"/>	Concordo fortemente				

**8. Entendi o que cada ícone representa \***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Fortemente	<input type="radio"/>	Concordo Fortemente				

**9. A interface possui informações de fácil entendimento \***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Fortemente	<input type="radio"/>	Concordo Fortemente				

**10. Com o conteúdo é possível compreender os conceitos relacionados a fração. \***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Fortemente	<input type="radio"/>	Concordo Fortemente				

**11. As dicas da Tutora Lara foram úteis \***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Fortemente	<input type="radio"/>	Concordo Fortemente				

**12. O tutorial no início do tutor, foi suficiente para entender o funcionamento do sistema. \***

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo Fortemente	<input type="radio"/>	Concordo Fortemente				

**Responda com a sua opinião.**

13. O que você MAIS gostou? \*

---

---

---

---

---

14. O que você MENOS gostou? \*

---

---

---

---

---

15. Você acha que o tutor é útil no ensino de frações? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

16. Qual sugestão você daria para melhorar o tutor?

---

---

---

---

---

17. O que você recomendaria para trabalhos futuros?

---

---

---

---

---

# Referências Bibliográficas

ALMEIDA, C. S. de. *Dificuldades de aprendizagem em matemática e a percepção dos professores em relação a fatores associados ao insucesso nesta área*. Dissertação (Monografia) — Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2006.

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. 1. ed. [S.l.]: Holt, Rinehart and Winston of Canada Ltd, 1968.

BAYESFUSION, L. *SMILE: Structural Modeling, Inference, and Learning Engine*. 1997. Disponível em: <<https://www.bayesfusion.com/smile-engine>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.

BAYESFUSION, L. *GeNIe Modeler*. 1998. Disponível em: <<https://www.bayesfusion.com/genie-modeler>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.

BOOTSTRAP. *Bootstrap is the most popular HTML, CSS, and JS framework for developing responsive, mobile first projects on the web*. 2017. Disponível em: <<http://getbootstrap.com/>>. Consultado na Internet em: 01/05/2017.

CARBONELL, J. R. Ai in cai: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *Ieee Transactions on Man-Machine Systems*, v. 11, n. 4, p. 190–202, Dezembro 1970.

DETERS, J. I.; OLDONI, A.; FERNANDES, A. M. da R. Bernardo - agente pedagógico do sistema tutor inteligente aplicado a neurofisiologia. In: *XVII SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Brasília - DF: [s.n.], 2006. p. 240–247.

FEIGENBAUM, E. A.; FELDMAN, J. *Computers and Thought*. 1. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1963.

FERREIRA, A. M. A. *Conhecendo o Teorema de Bayes: Sugestão de aplicação ao Ensino Médio*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal do Tocantins, Palmas - TO, Agosto 2016.

FROZZA, R. et al. Dóris 3d : Agente pedagógico baseado em emoções. In: *XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Florianópolis: [s.n.], 2009. p. 1–10.

GAVIDIA, J. J. Z.; ANDRADE, L. C. V. de. *Sistemas Tutores Inteligentes*. Dissertação (Trabalho de conclusão da disciplina) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Junho 2003.

- GEORGES, J. *JFractionLab*. 2005. Consultado na Internet: <http://jfractionlab.sourceforge.net/>, em 19/06/2017.
- GERRIG, R. J. et al. *Psychology and Life*. 2. ed. [S.l.]: Pearson Higher Education, 2015.
- GIRAFFA, L. M. M. *Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais*. Tese (Tese de Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Maio 1999.
- GIRAFFA, L. M. M. *Fundamentos de Sistemas Tutores Inteligentes*. Porto Alegre, RS, 2001.
- GOOGLE. *Google Acadêmico*. 2017. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Consultado na Internet em: 17/08/2017.
- GOOGLE. *Google Forms*. 2017. Disponível em: <<https://www.google.com/forms/about/>>. Consultado na Internet em: 30/11/2017.
- GOULART, R. R. V.; GIRAFFA, L. M. M. *Arquiteturas de Sistemas Tutores Inteligentes*. Porto Alegre, RS, 2001.
- HENDERSON, M.; SELWYN, N.; ASTON, R. What works and why? student perceptions of ?useful? digital technology in university teaching and learning. *Studies in Higher Education*, v. 42, n. 8, p. 1567–1579, 2015.
- HUANG, X. et al. Intelligent tutoring systems work as a math gap reducer in 6th grade after-school program. *Learning and Individual Differences*, v. 47, n. 1, p. 258?265, Fevereiro 2016.
- JAVASCRIPT. *JavaScript Tutorial*. 2017. Disponível em: <<http://www.w3schools.com/js/>>. Consultado na Internet em: 01/05/2017.
- JQUERY. *Jquery, write less, do more*. 2017. Disponível em: <<https://jquery.com/>>. Consultado na Internet em: 16/08/2017.
- JUCHEM, M.; BASTOS, R. M. *Arquiteturas de Agentes*. Porto Alegre, RS, 2001.
- LEARNING, C. *MATHia*. 2017. Consultado na Internet: <http://www.carnegielearning.com/products/software-platform/mathia-learning-software/>.
- MATHJAX. *Beautiful math in all browsers*. 2017. Disponível em: <<https://www.mathjax.org/>>. Consultado na Internet em: 01/05/2017.
- MCGRAW-HILL. *ALEKS*. 2017. Consultado na Internet: <https://www.aleks.com/k12>, em: 04/06/2017.
- MCNEIL, M.; SAILS.JS. *Waterline is a new kind of storage and retrieval engine*. 2012. Disponível em: <<http://waterlinejs.org/>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.
- MONTEIRO, A. B.; GROENWALD, C. L. O. Estudos de recuperação do conteúdo de frações com o uso de uma sequência didática eletrônica. In: *VI Congresso Internacional de Ensino de Matemática*. Canoas - RS: [s.n.], 2013. p. 1–14.

- MOREIRA, I. M. B. et al. Adição e subtração de frações com denominadores diferentes a partir de situações-problemas. In: *X Encontro Nacional de Educação Matemática*. Salvador: [s.n.], 2010. p. 1–10.
- MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas - ueps. *Aprendizagem Significativa*, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011.
- MOREIRA, M. A. ¿al final qué es aprendizaje significativo? *Revista Currículum*, Espanha, v. 25, n. 1, p. 25–56, Março 2012.
- MOURA, G. R. S.; MATTOS, A. C. de. Conhecimento matemático dos estudantes dos ensinos fundamental e médio: análise do contexto de ensino e aprendizagem em frações, decimais e porcentagem. *Educere*, v. 14, n. 2, p. 167–200, Julho 2014.
- NATHAN, I. *WactivityOverlord v2.0*. 2015. Disponível em: <<https://github.com/irlnathan/activityoverlord20>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.
- NKAMBOU, R.; BOURDEAU, J.; MIZOGUCHI, R. *Advances in Intelligent Tutoring Systems*. 1. ed. [S.l.]: Springer-Verlag, 2010.
- NODE.JS. *Node.js*. 2009. Disponível em: <<https://nodejs.org/en/>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.
- NOVAK, J. D. In: \_\_\_\_\_. *Encyclopedia of Science Education*. [S.l.]: Springer, 2015. cap. Ausubelian Theory of Learning, p. 104–111.
- NWANA, H. S. Intelligent tutoring systems: an overview. *Artificial Intelligence Review*, v. 4, n. 4, p. 251–277, 1990.
- ONUCHIC, L. d. I. R. In: \_\_\_\_\_. *Pesquisa em Educação Matemática: Concepções e Perspectivas*. São Paulo: UNESP, 1999. cap. Ensino-Aprendizagem de Matemática Através da Resolução de Problemas, p. 199–218.
- ONUCHIC, L. d. I. R. A resolução de problemas na educação matemática: onde estamos e para onde iremos ? *Espaço Pedagógico*, 2013.
- ONUCHIC, L. d. L. R.; ALLEVATO, N. S. G. Pesquisa em Resolução de Problemas : caminhos , avanços e novas perspectivas. *Bolema*, Rio Claro, v. 25, n. 41, p. 73–98, Dezembro 2011.
- ORACLE. *MySQL*. 2017. Disponível em: <<https://www.mysql.com/>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.
- PATRONO, R. M. *A aprendizagem de números racionais na forma fracionária no 6º ano do ensino fundamental : análise de uma proposta de ensino*. Dissertação (Dissertação) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.
- PEROTTO, F. S. Modelagem do conhecimento, sistemas especialistas e o projeto seamed. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica (REIC)*, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2001.

- PONTE, J. P. da; QUARESMA, M. A construção das partes e a reconstrução da unidade na compreensão dos números racionais. In: *XXII Seminário de Investigação em Educação Matemática*. Lisboa: [s.n.], 2011. p. 253–268.
- RICH, E.; KNIGHT, K. *Inteligencia artificial*. 2. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 1994.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
- SAILS.JS. *Sails, the web framework of your dreams*. 2012. Disponível em: <<https://sailsjs.com/>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.
- SANTILLANA, F. Tecnologias para a transformação da educação: experiências de sucesso e expectativas. In: *Seminário Internacional Tecnologias para a transformação da educação: experiências de sucesso e expectativas*. São Paulo: [s.n.], 2014. p. 1–70.
- SCHERER, L. *Avaliação da Rede Bayesiana do STI Lara e as Frações*. 2017. Disponível em: <<http://inf.unioeste.br/lyssa/rede.html>>. Consultado na Internet em: 29/11/2017.
- SEFFRIN, H. et al. Dicas inteligentes no sistema tutor inteligente pat2math. In: *23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], 2013.
- SELF, J. The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: Itss care, precisely. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 10, n. 4, p. 350–364, Dezembro 1999.
- SENA, D.; BURGOS, T. O computador e o telefone celular no processo ensino-aprendizagem da educação física escolar. In: UFPE. *VII Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação*. Pernambuco: UFPE, 2010. v. 3, p. 1–12.
- SILVA, I. C. da; FONSECA, L. C. C.; SILVA, R. de Jesus da. Um sistema tutor inteligente para o ensino no domínio de lógica de programação. In: *Congreso Internacional de Informática Educativa*. Chile: [s.n.], 2015. p. 486–491.
- SILVA, T. C.; SILVA, K. da; COELHO, M. A. P. O uso da tecnologia da informação e comunicação na educação básica. *Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online*, v. 5, n. 1, p. 1–5, 2016.
- SOUZA, J. R. de; PATARO, P. R. M. In: \_\_\_\_\_. *Vontade de Saber Matemática 6º ano*. São Paulo: FTD, 2015. p. 126–157.
- TESCH, S. *Math Technology: Assessing the Educational Value of a Supplemental Practice Program*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Northwestern College, Orange City - IA, Maio 2017.
- VALENTE, J. A. *O Computador na Sociedade do Conhecimento*. 1. ed. [S.l.]: NIED, 1999.
- VANG, J. *jsbays*. 2016. Disponível em: <<https://www.bayesfusion.com/smile-engine>>. Consultado na Internet em: 28/11/2017.

W3C. *HTML5*. 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/html5/>>. Consultado na Internet em: 01/05/2017.

W3C. *CSS Current Status*. 2017. Disponível em: <<https://www.w3.org/standards/techs/css>>. Consultado na Internet em: 01/05/2017.

YAZDANI, M. Intelligent tutoring systems: an overview. *Expert Systems*, v. 3, n. 3, p. 154–163, Julho 1986.

ZEFERINO, L. H. *Um Assistente Inteligente para o Ensino das Seções Cônicas: Modelagem e Prototipação*. Dissertação (Monografia) — Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ, Junho 2003.

ZHUANG, Y. et al. In: \_\_\_\_\_. *Emerging Technologies for Education: First International Symposium*. [S.l.]: Springer International Publishing, 2017. cap. When Innovation Meets Evolution: An Extensive Study of Emerging e-Learning Technologies for Higher Education in Hong Kong, p. 574–584.