

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA**

**ELAI: INTELLIGENT AGENT ADAPTIVE TO  
THE LEVEL OF EXPERTISE OF STUDENTS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Fabrício Herpich**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

# **ELAI: INTELLIGENT AGENT ADAPTIVE TO THE LEVEL OF EXPERTISE OF STUDENTS**

**Fabício Herpich**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Programa de  
Pós-Graduação em Informática (PPGI), Área de Concentração em  
Computação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência da Computação**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Roseclea Duarte Medina**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2015**

Herpich, Fabrício

ELAI: Intelligent Agent adaptive to the Level of Expertise of Students / por Fabrício Herpich. – 2015.  
196 f.: il.; 30 cm.

Orientadora: Roseclea Duarte Medina  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria,  
Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Informática, RS,  
2015.

1. Agente Inteligente. 2. Inteligência Artificial. 3. Mundo Virtual.  
4. NPC. 5. Computação Ciente de Contexto. 6. ELAI. I. Duarte Medina, Roseclea. II. Título.

---

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Fabrício Herpich. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: [fabricao.herpich@gmail.com](mailto:fabricao.herpich@gmail.com) ; [fabricao\\_herpich@hotmail.com](mailto:fabricao_herpich@hotmail.com)

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Informática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ELAI: INTELLIGENT AGENT ADAPTIVE TO THE LEVEL OF  
EXPERTISE OF STUDENTS**

elaborada por  
**Fabício Herpich**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência da Computação**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Roseclea Duarte Medina, Dr<sup>a</sup>.**  
(Presidente/Orientadora)

**Giliane Bernardi, Dr<sup>a</sup>.** (Universidade Federal de Santa Maria)

**Marco Antônio Sandini Trentin, Dr.** (Universidade de Passo Fundo)

Santa Maria, 06 de Março de 2015.





## AGRADECIMENTOS

Em minha concepção, acredito que essa dissertação não retrata apenas um trabalho final de mestrado e, diante disso, os agradecimentos não poderiam limitar-se somente a essa etapa de minha vida, pois para mim representa muito mais. Demonstra um crescimento pessoal e profissional, que vem perdurando desde o curso técnico, passando pela minha graduação e acontecendo agora, após os vinte e quatro meses de muito esforço e persistência que tive para chegar até aqui.

Esse caminho não seria o mesmo ou talvez nem teria acontecido, se eu não tivesse apoio e amparo de pessoas que dedicaram um tempo de suas vidas para me ajudar a completar mais esta etapa. Então, primeiramente gostaria de agradecer à Deus, por sempre me iluminar e colocar estas pessoas em meu caminho.

Agradeço a minha mãe Marlise Schmitt, que sempre me apoiou e me incentivou a estudar; aos meus irmãos Francine e Maikon, que desde pequeno me serviram de exemplo; ao meu pai Vilson Herpich e a Geni de Souza, que sempre me incentivaram e auxiliaram em tudo que fosse necessário; e a Juliana Tramontina e familiares pelo apoio incondicional.

Aos meus colegas de mestrado e membros do GRECA, com os quais pude aprender muito ao longo destes dois anos e que puderam contribuir no meu crescimento profissional. Em especial aos meus amigos Felipe e ao Gleizer, os quais nunca mediram esforços para ajudar a entrar no ritmo de trabalho do grupo e auxiliar nos projetos realizados; a Rafaela que iniciou comigo o mestrado e a especialização, sempre sendo amiga e participativa nos trabalhos desenvolvidos; a Andreia e Camila que sempre foram parceiras e veteranas que muito me ajudaram em momentos de dúvidas; aos novos colegas Andressa, Aliane e Luiz, pelo apoio prestado; ao Victor, Giani, Taciano e Érico pela amizade e conselhos; ao Aderson, Vinícius, Ricardo e Nicolás, meu agradecimento pelo trabalho realizado e pela dedicação, essa conquista também é de vocês.

Ao Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) da UFSM, em especial aos professores Eduardo K. Piveta, Giliane Bernardi, Giovani R. Librelotto, Lisandra M. Fontoura, Ana Winck, Iara Augustin e o colaborador Josmar Nuernberg, pelos conhecimentos compartilhados em sala de aula e pelas contribuições proporcionadas durante a apresentação do seminário de andamento deste trabalho, as quais contribuíram muito para o desenvolvimento dessa dissertação.

Aos meus amigos do Grupo Centelha Nativa. Amigos que levarei para a vida toda, pois como já dizia o Marengo, tenho amigos que o tempo, por ser indelével, jamais separou. Dedico também aos meus amigos Jonatan Baú, Maikel Schmitt e a gurizada do Amigos do PEG. Muito obrigado pela amizade e parceria!

Gostaria de encerrar estes agradecimentos falando de uma das pessoas que mais me incentivaram e apoiaram durante toda esta jornada, minha orientadora Dra. Prof. Roseclea Duarte Medina, que sempre me aconselhou e guiou para realizar este trabalho da melhor forma possível. Muito obrigado pela dedicação e paciência ao longo destes dois anos.





## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Informática  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ELAI: INTELLIGENT AGENT ADAPTIVE TO THE LEVEL OF EXPERTISE OF STUDENTS**

AUTOR: FABRÍCIO HERPICH

ORIENTADORA: ROSECLEA DUARTE MEDINA

Local da Defesa e Data: Santa Maria, 06 de Março de 2015.

O uso de agentes inteligentes cientes das características individuais e de contexto dos estudantes, possibilita oferecer um suporte adequado as reais exigências dos mesmos. Aliado a isso, a implementação destes agentes em ambientes virtuais imersivos tridimensionais (3D), tende a transcender a potencialidade existente nas interações com os objetos de aprendizagem nele contidos e a ampliar as alternativas para a construção do conhecimento dos alunos. Nesse sentido, ao longo desse trabalho será apresentado o desenvolvimento do agente inteligente denominado de **Intelligent Agent adaptive to the Level of Expertise of Students (ELAI)**, por meio do uso da estratégia de **Non Player Character (NPC)** existente na plataforma de mundos virtuais **OpenSimulator**. O **ELAI** provê suporte para o ensino de **Redes de Computadores**, sendo sensível ao contexto dos aprendizes no que diz respeito ao nível de conhecimento (*expertise*) dos mesmos. De forma a maximizar a flexibilidade das interações entre o estudante, por meio de seu avatar e o **NPC**, foi estabelecida uma interconexão deste agente com um *chatbot*, cuja base de conhecimento foi incrementada com classes em **AIML** inerentes ao tópico de **Redes de Computadores**. Como resultados, foram realizados testes com estudantes da **Universidade Federal de Santa Maria**, participando alunos dos **Cursos de Graduação em Ciência da Computação, Sistemas de Informação e, Pós-Graduação em Ciência da Computação** em nível de **Mestrado**, onde os mesmos foram orientados a seguir um **Percurso Pedagógico**, a fim de manter uma **avaliação uniforme**. Posteriormente, os estudantes foram conduzidos a responderem três questionários, sendo eles: o **SUS**, que aferiu a usabilidade do agente inteligente implementado no ambiente virtual imersivo; na segunda avaliação, utilizou-se critérios de agentes inteligentes; e na terceira avaliação indagou-se os estudantes de maneira geral acerca do agente inteligente e as adaptações por ele proporcionadas. Os resultados obtidos durante as avaliações, evidenciam que o agente inteligente **ELAI** atendeu às expectativas dos avaliadores, visto que adquiriu a classificação "**73,04**" na escala do teste de usabilidade **SUS**, o que equivale a **Good (Bom)** na média de classificação e pontuação do método. Nos outros dois questionários foram aplicados o coeficiente **Alpha de Cronbach** para estimar a confiabilidade das respostas dos estudantes, onde obteve-se no primeiro questionário o valor de "**1,08**" e no segundo o valor de "**1,06**", os quais equivalem a "**Excelente**" na escala de classificação do coeficiente **Alpha de Cronbach**.

**Palavras-chave:** Agente Inteligente. Inteligência Artificial. Mundo Virtual. NPC. Computação Ciente de Contexto. ELAI.



## ABSTRACT

Master's Dissertation  
Post-Graduate Program in Informatics  
Federal University of Santa Maria

### **ELAI: INTELLIGENT AGENT ADAPTIVE TO THE LEVEL OF EXPERTISE OF STUDENTS**

AUTHOR: FABRÍCIO HERPICH

ADVISOR: ROSECLEA DUARTE MEDINA

Defense Place and Date: Santa Maria, March 06<sup>th</sup>, 2015.

The use of intelligent agents aware of the individual characteristics and context of students, allows us to offer a suitable support to the real requirements. Allied to this, the implementation of these agents in the three-dimensional immersive virtual environments (3D), tend to transcend the existing potential in the interactions with the learning objects it contains and also to expand the alternatives of building the students' knowledge. In this way, throughout this paper it will be presented the development of intelligent agent called The **Intelligent Agent** adaptive to the **Level of Expertise of Students**, by using the Non Player Character (NPC) strategy existing on the virtual world platform OpenSimulator. The ELAI provides support for teaching Computer Networking, being sensitive to the context of learners, regarding to their level of knowledge (expertise). In order to maximize the flexibility of interactions between the student, through the student's avatar and the NPC, an interconnection of this agent with a chatbot was established, whose knowledge base was increased by classes in AIML inherent to the topic of Computer Networks. As a result, tests were conducted with students of the Federal University of Santa Maria, participating students of undergraduate programs in Computer Science, Information Systems, and Post-Graduate in Computer Science at Masters Level, where they were instructed to follow an Educational journey in order to maintain a uniform investigation. Later, the students were conducted to answer three questionnaires, namely: the System Usability Scale (SUS), which received the usability of intelligent agent implemented in immersive virtual environment; in the second evaluation, it was used the intelligent agents criteria; and in the third evaluation it was asked to students in general about the intelligent agent and the adjustments provided for it. The results obtained during the evaluations show that the intelligent agent ELAI met to the expectations of the evaluators, analyzing that it was acquired the classification of "**73.04**" the in SUS usability testing range, which it is equivalent of "**Good**" in the classification and average score method. In the other two questionnaires it was administered the Cronbach's alpha coefficient to estimate reliability of students' responses, which obtained the value of "**1.08**" in the first questionnaire and the second the value of "**1.06**", resulting to "**Excellent**" in the Cronbach's alpha coefficient ranking.

**Keywords:** Intelligent Agent. Artificial Intelligence. Virtual Worlds. NPC. Context-Aware Computing. Context-Aware Computing. ELAI.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Concepção de Mark Weiser sobre Computação Ubíqua <i>versus</i> Realidade Virtual.....	27
Figura 2.2 – Características da Computação Ubíqua e Ciente de Contexto .....	28
Figura 2.3 – Características necessárias em ambientes <i>u-learning</i> sensíveis ao contexto ..	30
Figura 2.4 – Concepção de agentes em ambientes .....	36
Figura 3.1 – Agentes Inteligentes desempenhando o papel na equipe .....	42
Figura 3.2 – Tela inicial de Doroty: componente de diálogo.....	43
Figura 3.3 – Consulta e Visualização das Anotações do AAERO .....	44
Figura 3.4 – Arquitetura do Agente Mediado.....	45
Figura 3.5 – Professora Elektra: Exemplo de Resposta com Imagem .....	46
Figura 3.6 – Sistema Nervoso Central .....	47
Figura 3.7 – Chatterbot integrado ao OpenSimulator .....	48
Figura 5.1 – Trabalhos e Áreas Integrantes do ELAI.....	61
Figura 5.2 – Configurações para implementação de NPCs .....	63
Figura 5.3 – Codificando um NPC no OpenSim .....	64
Figura 5.4 – Definição de uma classe na notação AIML sobre um tópico específico de RC	66
Figura 5.5 – Classes na notação AIML hospedadas no PandoraBots .....	66
Figura 5.6 – Scripts implementados para o NPC.....	67
Figura 5.7 – Interação do estudante com o agente inteligente ELAI.....	68
Figura 5.8 – Definindo atividade contínua ao ELAI e estabelecendo o canal de comunicação .....	69
Figura 5.9 – ELAI respondendo os questionamentos ciente do nível de <i>expertise</i> .....	71
Figura 5.10 – Contribuições realizadas no TCN <sup>5</sup> .....	72
Figura 6.1 – Monitoramento de Recursos do VWM .....	81
Figura 6.2 – <i>Logs</i> do Eventos que ocorrem no Ambiente Virtual Imersivo .....	82
Figura 6.3 – Usuários conectados no Ambiente Virtual Imersivo .....	83
Figura 6.4 – Detalhes das regiões do Mundo Virtual .....	84
Figura 6.5 – Gráfico com informações sobre o consumo de memória no servidor pelo mundo virtual .....	85
Figura 6.6 – Gráfico com informações do servidor sobre o consumo de processamento pelo mundo virtual .....	86
Figura 6.7 – Gráfico de informações históricas sobre as regiões acessadas pelos estudantes no ambiente virtual imersivo .....	87
Figura 6.8 – Esclarecimentos sobre os campos do VWM .....	88
Figura 6.9 – Visão interna do prédio no ReactionGrid .....	91
Figura 6.10 – Visão externa do prédio no ReactionGrid .....	91
Figura 6.11 – Sandbox no Browser Chrome .....	94
Figura 6.12 – Sandbox no Browser IE .....	95
Figura 6.13 – Gráfico de pontuação dos Web Viewers.....	96
Figura 6.14 – Médias de classificação e pontuação do SUS.....	99
Figura 6.15 – Resultado final do SUS .....	100
Figura 6.16 – Equação para Aplicação do Alfa de Cronbach .....	105
Figura 6.17 – Escala de classificação do Coeficiente Alfa de Cronbach .....	105
Figura 6.18 – Resultado do Questionário sobre Requisitos de Agentes .....	107
Figura 6.19 – Resultado do Questionário Geral .....	115

Figura A.1 – Classe Roteador conceituado para o Nível Básico .....	153
Figura A.2 – Classe Roteador conceituado para o Nível Intermediário .....	154
Figura A.3 – Classe Roteador conceituado para o Nível Avançado .....	154
Figura A.1 – Questionário para o estilo cognitivo do estudante .....	193
Figura B.1 – Questionário para definir o nível de expertise do estudante .....	196

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Especificações técnicas dos dispositivos móveis utilizados nos testes .....	57
Tabela 5.1 – Framework avaliativo de web viewers .....	77
Tabela 6.1 – Comparativo entre a ferramentas de visualização para ambientes imersivos ..	90





## LISTA DE APÊNDICES

<b>APÊNDICE A – Classes na Notação AIML criadas para fomentar a base de conhecimento do ELAI .....</b>	<b>153</b>
<b>APÊNDICE B – Questionário de Avaliação de Usabilidade - SUS .....</b>	<b>155</b>
<b>APÊNDICE C – Respostas do Questionário de Avaliação de Usabilidade - SUS .....</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE D – Questionário de Avaliação de Agentes Inteligentes .....</b>	<b>161</b>
<b>APÊNDICE E – Respostas do Questionário de Avaliação de Agentes Inteligentes ....</b>	<b>165</b>
<b>APÊNDICE F – Questionário de Avaliação Geral sobre o ELAI .....</b>	<b>169</b>
<b>APÊNDICE G – Respostas do Questionário de Avaliação Geral sobre o ELAI .....</b>	<b>177</b>



## **LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO A – Questionário SEDECA - Estilos Cognitivos.....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXO B – Questionário SistEX.....</b>	<b>195</b>



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	23
<b>1.1 Motivação</b> .....	24
<b>1.2 Objetivo Geral</b> .....	25
<b>1.3 Organização do Texto</b> .....	26
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	27
<b>2.1 Computação Ubíqua e Sensível ao Contexto</b> .....	27
2.1.1 Ubiquitous Learning.....	29
<b>2.2 Mundos Virtuais (MVs)</b> .....	31
<b>2.3 Estilos Cognitivos</b> .....	34
<b>2.4 Inteligência Artificial</b> .....	35
2.4.1 Agentes Inteligentes.....	35
2.4.2 Non-player character (NPC).....	37
2.4.3 Chatterbots.....	38
<b>2.5 Considerações</b> .....	39
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	41
<b>3.1 Aplicação de agentes inteligentes capazes de desempenhar o papel de membros na execução de trabalhos em equipe, em ambiente virtual 3D OpenSimulator</b> ....	41
<b>3.2 Doroty: um chatterbot para Treinamento de Profissionais Atuantes no Gerenciamento de Redes de Computadores</b> .....	42
<b>3.3 AAERO: ambiente de aprendizado para o ensino de redes de computadores orientado a problemas</b> .....	43
<b>3.4 Agente pedagógico animado para interagir afetivamente com os estudantes</b> .....	44
<b>3.5 Elektra: Um Chatterbot para Uso em Ambiente Educacional</b> .....	46
<b>3.6 Tutor Inteligente Adaptável Conforme às Preferências do Aprendiz</b> .....	47
<b>3.7 Interação com artefatos e personagens artificiais em mundos virtuais</b> .....	48
<b>3.8 Considerações Parciais</b> .....	49
<b>4 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	53
<b>4.1 Etapas da Pesquisa</b> .....	53
4.1.1 Delineamento da Proposta.....	53
4.1.2 Implementação do Agente Inteligente ELAI.....	55
4.1.3 Indexamento dos conteúdos educacionais no ambiente TCN <sup>5</sup> .....	56
4.1.4 Análise comparativa das ferramentas de visualização do ambiente.....	56
4.1.5 Desenvolvimento da Ferramenta de Gerenciamento do Mundo Virtual.....	56
4.1.6 Avaliação e Discussão dos Resultados obtidos com o agente inteligente ELAI.....	57
<b>5 MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DO AGENTE INTELIGENTE ELAI..</b>	61
<b>5.1 Interconexão do NPC com a base de conhecimento do chatterbot</b> .....	62
<b>5.2 Web Viewers</b> .....	73
5.2.1 Seleção dos Web Viewers.....	74
5.2.2 Proposta de Framework Avaliativo.....	76
<b>6 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	79
<b>6.1 Virtual World Manager (VWM)</b> .....	80
<b>6.2 Análise dos Web Viewers e Resultados</b> .....	89
<b>6.3 Avaliação do Agente Inteligente ELAI</b> .....	97
6.3.1 Avaliação de Usabilidade com o método SUS.....	97
6.3.2 Avaliação do Agente Inteligente ELAI e Alfa de Cronbach.....	104

6.3.2.1 Avaliação usando critérios de Agentes Inteligentes .....	106
6.3.2.2 <i>Framework</i> avaliativo elaborado a partir de diversos autores .....	114
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>135</b>
<b>7.1 Resumo do trabalho .....</b>	<b>135</b>
<b>7.2 Contribuições do Trabalho .....</b>	<b>136</b>
<b>7.3 Trabalhos Futuros .....</b>	<b>137</b>
<b>7.4 Considerações Finais .....</b>	<b>138</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>141</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>151</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>189</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Com o crescente uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no âmbito educacional, diversas exigências foram surgindo e alterando os cenários atuais, fazendo-se necessária a reflexão sobre novos paradigmas da computação na educação. Diante desta conjuntura, pesquisas acerca de agentes inteligentes em ambientes imersivos aplicados a educação tornam-se fundamentais, como é destacado em trabalhos realizados por Iglesias e Luengo (2004), Callaghan et al. (2009), Vilela (2011) e Sgobbi (2014), uma vez que são capazes de proporcionar aos estudantes a capacidade de estarem imersos no ambiente e interagirem com os objetos de aprendizagem, além de possibilitar o apoio inteligente aos alunos, auxiliando o processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.

Na mesma linha de pesquisa, Silva, Bernardi e Muller (2011), Piovesan et al. (2013) e Nunes et al. (2013), discutem e defendem a criação de ambientes virtuais imersivos voltados a educação. A implementação destes ambientes demanda que diversos fatores sejam considerados para o seu desenvolvimento, e.g. objetivos pedagógicos, estratégias de ensino com base em teorias de aprendizagem, *design* amigável, objetos capazes de incentivar a interação e atividades que busquem aumentar a colaboração entre os estudantes. Pois, segundo Medina (2004), à aprendizagem obtida através das experiências pessoais dos participantes e das suas interações com outros participantes, tornam-se mais produtivas, consolidadas e dinâmicas.

Os agentes inteligentes por sua vez, integram-se plenamente ao desenvolvimento desses ambientes virtuais imersivos, uma vez que oferecem suporte aos seus usuários. A relevância de agentes inteligentes voltados à educação é discutida por Soliman e Guetl (2010), no qual os autores afirmam que em ambientes virtuais de aprendizagem, os estudantes têm uma grande flexibilidade diante de inúmeras oportunidades de aprendizagem e, para tanto, faz-se necessário um apoio e uma orientação inteligente. Nesse sentido, conforme Russel e Norvig (1995), os agentes inteligentes devem ter a capacidade de perceber o ambiente ao qual estão inseridos e, através de sensores, atuarem adotando as melhores ações possíveis para resolverem dadas situações.

Além disso, as experiências imersivas tendem a envolver ainda mais os estudantes com os objetivos propostos no ambiente, e dessa forma, é possível afirmar que o agente inteligente poderá contribuir significativamente no processo de aprendizagem dos alunos. De acordo com Soliman e Guetl (2010), o agente pode atuar como professor, facilitador da aprendizagem ou até

mesmo como um colega em ambientes colaborativos. O agente pode interagir com o aluno em diferentes momentos e lugares, orientando o estudante no ambiente virtual, explicando tópicos, fazendo perguntas, dando *feedback*, ajudando o aluno a colaborar com os outros estudantes, dando apoio a aprendizagem personalizada.

## 1.1 Motivação

O desenvolvimento e a utilização de ambientes virtuais imersivos voltados ao ensino, busca aprimorar e facilitar a interação dos usuários com os conteúdos vistos em sala de aula. Através destes ambientes, é possível estender às práticas de experimentação para além do ambiente normal de aprendizagem, favorecendo a comunicação entre os estudantes para a resolução de problemas. Neste contexto, a fim de enriquecer as experiências imersivas, pretende-se disponibilizar um agente inteligente ciente de contexto e das idiossincrasias de cada estudante, considerando principalmente o estilo cognitivo e o nível de *expertise*, tornando esse ambiente mais atrativo aos usuários, devido suas características e proximidades com as preferências individuais dos estudantes.

A implementação de agentes inteligentes com o emprego de regras de inteligência artificial, possibilita oferecer um suporte ciente das reais exigências dos estudantes no que diz respeito ao seu nível de experiência, fazendo com que os conteúdos programáticos, atividades e exercícios conduzidos no ambiente virtual imersivo, sejam direcionados de acordo com o nível de conhecimento do usuário. Diante disso, o principal impacto proporcionado por essas adaptações concerne, positivamente, sob o aprendizado dos estudantes que fazem uso do mesmo, uma vez que permite uma melhor utilização dos conteúdos educacionais disponibilizados no ambiente. Onde o aluno está construindo seu conhecimento, com a presença e atuação do agente inteligente, que é capaz de detectar o nível de conhecimento do mesmo, auxiliando-o de forma dinâmica quanto a acessibilidade de conteúdos que melhor se adéquam ao seu nível de experiência.

Esta adaptação, segundo Pozzebon (2003), justifica-se uma vez que o ensino mediado por computador utilizando-se de técnicas de IA aumenta a eficiência do aprendizado, permitindo ao estudante selecionar variáveis como de conteúdo, tempo, lugar e volume de matéria a ser aprendida. Além disso, Soliman e Guetl (2010), afirmam que em ambientes virtuais de aprendizagem os estudantes tem uma grande flexibilidade, diante de inúmeras oportunidades de aprendizagem e, para tanto, faz-se necessário um apoio e orientação inteligente.



Outro fator motivacional para a realização deste trabalho é a oportunidade de continuar as pesquisas realizadas pelos integrantes do grupo, os quais foram citados anteriormente. Além disso, com as constantes atualizações da plataforma OpenSim, a versão utilizada por Voss (2014) já não é a mais recente, sendo necessária uma atualização, para que fosse possível contemplar às novas funcionalidades introduzidas na plataforma. E também fez-se necessário um avanço no desenvolvimento do ambiente virtual imersivo, atribuindo a capacidade das regiões serem cientes dos níveis de *expertise*, não somente do estilo cognitivo do estudante.

## 1.2 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal a implantação de um agente inteligente denominado ELAI, ao qual são integrados agentes conversacionais (*chatbots*) e características inerentes a agentes inteligentes, sendo o mesmo desenvolvido através do uso de Non-Player Character (NPC) e inserido por meio de um avatar no ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup>. Este agente tem suas características ciente do contexto de nível de *expertise* do educando visando o ensino de Redes de Computadores.

Portanto, para alcançar este objetivo serão necessários as seguintes etapas:

1. Desenvolver um agente inteligente com características de *context-aware computing* ao nível de conhecimento dos estudantes;
2. Adaptar as regras de identificação do nível de *expertise* apresentadas por POSSOBOM (2014), para que seja possível formular essa informação contextual do estudante, a fim de tornar o agente inteligente ELAI e o ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> sensíveis ao contexto dos níveis de experiência de seus usuários;
3. Desenvolver regras para que o agente inteligente capture o nível de experiência do estudante e possa oferecer o apoio com sensibilidade a este contexto;
4. Analisar e desenvolver regras de inteligência artificial (IA) para incrementar a base de conhecimento do agente inteligente, mais especificamente com foco em Redes de Computadores e aos três níveis de *expertise*: básico, intermediário e avançado;
5. Complementar o desenvolvimento do ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> provendo características de *context-aware computing* e tornando o ambiente ciente da *expertise* do educando;

6. Visando buscar alternativas para o acesso dos estudantes ao ambiente TCN<sup>5</sup>, pretende-se analisar e comparar as diferentes ferramentas disponíveis para a visualização (*viewers*) do ambiente imersivo, tanto local quanto *web* e para dispositivos móveis;
7. Desenvolver uma ferramenta para monitorar os recursos computacionais consumidos pelo ambiente virtual imersivo no servidor;
8. Avaliação do agente inteligente e do ambiente com estudantes da Universidade Federal de Santa Maria, em cursos presenciais.

### **1.3 Organização do Texto**

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: no capítulo dois são apresentados os conceitos que embasam a pesquisa científica realizada, expondo a conceituação de Inteligência Artificial, Agentes Inteligentes, Ambientes Virtuais Imersivos e Mundos Virtuais, Computação Ubíqua e Sensível ao Contexto; no capítulo três são apresentados os trabalhos correlacionados de ambientes virtuais imersivos que empregam o uso de agentes inteligentes e também de sistemas adaptativos; no capítulo quatro é apresentado o método de pesquisa que foi adotado para o desenvolvimento desse trabalho; no capítulo cinco é apresentado todo o desenvolvimento realizado para alcançar os objetivos do trabalho; no capítulo seis são apresentados os resultados obtidos com as avaliações realizadas com os estudantes, no qual também são expostas as discussões desses resultados; por fim, o capítulo sete concentra as considerações finais obtidas e os trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão discutidos assuntos relacionados a pesquisa científica apresentada nesta dissertação, portanto, são contextualizados tópicos como computação ubíqua e sensível ao contexto; ambientes virtuais imersivos; *chatterbots*; NPCs; agentes inteligentes e inteligência artificial.

### 2.1 Computação Ubíqua e Sensível ao Contexto

A computação ubíqua é a área de pesquisa referente a integração da computação às ações, atitudes e/ou comportamentos inerentes aos seres humanos, objetivando tornar a Interação Humano-Computador (IHC) invisível. Nesse sentido, Portella (2008) afirma que um dos objetivos da computação ubíqua é tornar os recursos computacionais onipresentes e integrados ao cotidiano da vida contemporânea.

O termo foi cunhado por Weiser (1991), que afirmava: "As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se entrelaçam com o cotidiano até que se tornem indistinguíveis dele" (WEISER, 1991). A essência dessa visão, de acordo com Portella (2008), é a criação de ambientes com inúmeros recursos computacionais e de comunicação, integrados de modo transparente às pessoas (Figura 2.1).

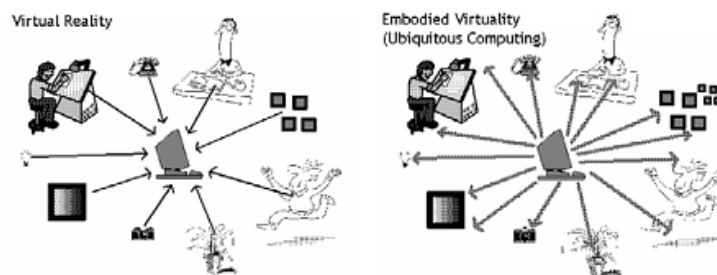


Figura 2.1 – Concepção de Mark Weiser sobre Computação Ubíqua *versus* Realidade Virtual  
Fonte: WEISER (1991) apud SYMONDS (2010, p. 62)

Já a computação sensível ao contexto, conforme Dey (2001), é qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de entidades que sejam consideradas relevantes para a interação entre um usuário e uma aplicação. Segundo Herpich et al. (2014, A), *Context-Aware Computing* caracteriza-se por realizar a coleta de diversas informações que envolvem o usuário, i.e., contexto computacional, físico e de tempo. Dessa forma, são coletadas informações sobre

o ambiente no qual se encontra, sua localização e o dispositivo computacional utilizado, por exemplo.

Estas aplicações utilizam informações de contextos para fornecer serviços personalizados aos usuários, como realizar a adaptação de conteúdos e ferramentas de acordo com as preferências dos mesmos, sendo considerado assim um ambiente sensível ao contexto (HERPICH et al., 2014, A). Para Baldauf, Dustdar e Rosenberg (2007), estes ambientes são aptos a adaptar suas operações para o contexto atual sem explicitamente necessitar da intervenção do usuário, buscando assim maximizar a sua usabilidade e efetividade, tendo em conta o contexto ambiental. Como exemplo de aplicações é possível identificar guias de turismo, de restaurantes, casas inteligentes, dentre outros.

Neste sentido, conforme Knappmeyer (2013), é denominada como consciência de contexto a capacidade de serviços ou aplicações se adaptarem a um contexto específico. E para tanto, essas informações que são adaptadas devem percorrer um ciclo de vida definido pelo autor como: aquisição, raciocínio, apresentação, organização, e por fim, a aplicação ou serviço age sobre ela.

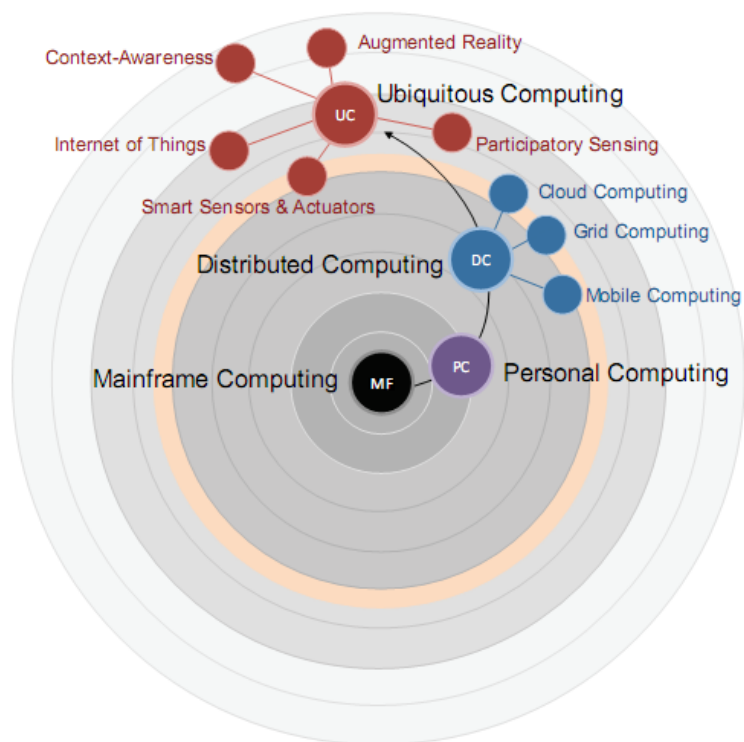


Figura 2.2 – Características da Computação Ubíqua e Ciente de Contexto  
Fonte: KNAPPMAYER et al. (2013)

Ainda segundo Knappmeyer (2013), a área de consciência de contexto pode ser considerada como um campo interdisciplinar de pesquisas (Figura 2.2), envolvendo comunicação e informática, sensores, Inteligência Artificial, mobilidade, IHC, entre outros, nos quais diversas pesquisas têm sido realizadas para superar os desafios existentes, e.g., na educação, turismo, comércio eletrônico, jogos, entretenimento e saúde.

### 2.1.1 Ubiquitous Learning

Também conhecida como *u-learning*, a aprendizagem ubíqua é definida por Sakamura e Koshizuka (2005) como aquela na qual aprendemos sobre qualquer coisa, a qualquer hora e em qualquer lugar, utilizando a tecnologia de computação ubíqua e de infra-estrutura. Entretanto, conforme Sung (2009), a aprendizagem ubíqua é mais do que apenas um método inovador de ensino, pois sua essência se traduz em uma visão de aprendizagem que está diretamente ligada no dia-a-dia dos usuários, não se limitando somente em salas de aula, mas e.g., em casa, no trabalho, na biblioteca, no museu e nas interações diárias do usuário.

Yahya, Ahmad e Jalil (2010) consideram a *u-learning* um novo paradigma de aprendizagem, que incorpora as características de *e-learning* e *m-learning*. E a definem como uma aprendizagem que ocorre em um ambiente de computação ubíqua, o qual permite aprender a coisa certa, no lugar, no momento e no caminho certo. Além disso, os autores realizaram um levantamento sobre as diferentes características apontadas pelos pesquisadores da área, apresentando-as em uma breve síntese, como segue:

- **Permanência:** A informação permanece disponível, a não ser que os alunos propositalmente removem-a.
- **Acessibilidade:** A informação está disponível sempre que os alunos precisam utilizá-la, acessando-as através de diferentes dispositivos.
- **Imediatismo:** A informação pode ser obtida pelos estudantes imediatamente.
- **Interatividade:** Os alunos podem interagir com os colegas, professores e especialistas com eficiência e eficácia através de diferentes meios de comunicação.
- **Consciência do contexto:** o ambiente pode adaptar-se à situação real dos aprendizes, para fornecer informações adequadas para os alunos.

Conforme Piovesan et al. (2011), tornar ambientes educacionais adequados aos estudantes, considerando inclusive as características individuais, é atualmente algo fundamental. Uma vez que, o uso das características de *u-learning*, permite prover acesso aos recursos educacionais com total mobilidade e adaptação do sistema aos diferentes contextos dos estudantes, e.g. ao contexto computacional.

Relacionado a *u-learning*, Yang et al. (2006) estabelecem um modelo para definir formalmente os contextos referentes as necessidades dos estudantes em ambientes *u-learning*. Os autores elencam cinco fatores de *context-aware* que precisam ser considerados nestes ambientes, os quais são: quem (*who*), onde (*where*), quando (*when*), como (*how*) e o quê (*what*). Relacionando quem é o aluno, suas preferências, capacidade de conhecimento, entre outras particularidades dos aprendizes.

Context-aware	learning environment	context model
who	learner	personnel, preference, social, accessibility, expertise
where	learner	location, devices, network
when	learner	calendar
how	learning content	content profile, service profile
what	learning content	content profile, service profile

Figura 2.3 – Características necessárias em ambientes *u-learning* sensíveis ao contexto  
Fonte: YANG et al. (2006)

Para representar o modelo, Yang et al. (2006) segmentam em três entidades envolvidas, sendo elas os fatores citados anteriormente, o ambiente de aprendizagem e o modelo de contexto (Figura 2.3). Além disso, apresenta as especificidades de cada entidade envolvida e os papéis atribuídos a cada uma:

- **Quem (*who*):** o ambiente de aprendizagem considera como sendo o aluno (*learner*), definindo o modelo de contexto com as características pessoais do aluno, suas preferências, relações sociais, acessibilidade e experiências.
- **Onde (*where*):** o ambiente de aprendizagem considera como sendo o aluno e interpreta

o modelo de contexto com informações de localização, dispositivos e a rede que os estudantes estão utilizando.

- **Quando (*when*):** o ambiente de aprendizagem considera como sendo o aluno, definindo o modelo de contexto como o calendário deste estudante.
- **Como (*how*) e O quê (*what*):** o ambiente de aprendizagem considera como sendo os conteúdos de aprendizagem dos alunos e define o modelo de contexto como o perfil deste conteúdo e a descrição do serviço que será oferecido.

## 2.2 Mundos Virtuais (MVs)

Também conhecidos como ambientes virtuais imersivos e metaversos, são ferramentas que simulam o mundo real em um ambiente tridimensional (3D), proporcionando aos usuários um ambiente controlado com inúmeras possibilidades e experiências. Schlemmer e Backes (2008) corroboram afirmando que Mundo Virtual é uma representação em 3D, modelada computacionalmente por meio de técnicas de computação gráfica e usado para representar a parte visual de um sistema de realidade virtual.

Nestes ciberespaços, conforme Marcelino et al. (2013), os alunos tem a liberdade de buscar novas formas de abstração de conteúdos imerso em um processo de descoberta, exploração e de alteração da realidade atual, além da infindável construção do conhecimento. Os autores também afirmam que os mundos virtuais 3D proporcionam a sensação do estudante vivenciar as experiências sensoriais, que por sua vez não são vivenciadas nos tradicionais ambientes de aprendizagem. E enfatizam algumas das experiências sensoriais que justificam a ideia de imersão:

- A imersão dos alunos em ambiente virtual fornecido, criando o sentimento de estar dentro do ambiente;
- Facilitar a interatividade com objetos no ambiente virtual, como mover objetos e abrir portas. Bem como, permitir a navegação pelo ambiente virtual na direção que desejar;
- Motivar alunos e professores para que haja interação, e desta forma o estímulo a participação ativa de todos;
- Promover a realização de experiências em três dimensões através da criação de novos objetos e espaços dentro do mundo virtual;

- Desenvolver atividades que possam ser aplicadas de forma diferenciada, dependendo do ritmo de cada um;
- Garantir que não exista a restrição de prosseguimento de experiências ao término do período regular de aula;
- Permitir trocas de experiências e conhecimentos *online*;
- Criar um espaço onde os alunos possam expressar sua individualidade através da construção de avatares.

A intensificação do uso de Mundos Virtuais em diferentes campos possibilitou a sua inserção também no âmbito educacional, do qual emergem novas possibilidades de uso destes recursos computacionais como elemento de apoio e até mesmo de motivação no processo educacional. Nesse contexto, Tarouco, Konrath e Grandó (2005) afirmam que as oportunidades evidenciadas a partir da utilização desta tecnologia na educação dos estudantes, contribuem para sua aprendizagem, pois:

O processo educacional está sendo afetado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e dessa forma, alguns professores que têm computadores a sua disposição começaram a utilizá-los no contexto educacional de forma que seu aluno pudesse construir seu conhecimento – enfatizando a participação e experimentação desse sujeito na construção de seu próprio conhecimento, por meio de suas interações, modificando as relações entre professor-aluno e também a sua abordagem pedagógica. (TAROUCO; KONRATH; GRANDÓ, 2005, p. 2).

Os MVs possibilitam a realização de uma série de atividades, entre elas, tarefas de cunho educacional e de treinamento. Conforme Valente e Mattar (2007), mundos virtuais 3D permitem a inclusão e a prática de atividades para o aprendizado experimental, simulação, modelagem de cenários complexos, entre outros, com oportunidade de colaboração e co-criação que não podem ser facilmente experimentadas em outras plataformas. Voss et al. (2013) corroboram afirmando que os MVs permitem que os usuários desenvolvam tarefas, como interação com experimentos simulados, entretanto sem riscos e consequências de quando realizadas em laboratórios reais. Essas interações ocorrem, segundo Nelson e Erlandson (2012), com os usuários podendo explorar tanto em primeira quanto em terceira pessoa, sendo esta segunda, através da representação gráfica do usuário em um avatar.

Conforme explanação de Brainbridge (2010), os mundos virtuais são ambientes *online* persistentes (ou seja, continuam existindo mesmo depois que os usuários saem dele e as mudanças realizadas pelos mesmos são de certa forma permanentes) gerados por computador onde as pessoas podem interagir, seja para o trabalho ou lazer, de forma comparável ao mundo real.



Segundo Greis e Reategui (2010), o conceito de mundos virtuais pressupõe características de imersão, interação e navegação. Book (2004) apud Greis e Reategui (2010) caracteriza os mundos virtuais com os seguintes aspectos:

- Espaço partilhado: vários usuários congregados num mesmo espaço de tempo;
- Interface gráfica: existência de um ambiente virtual em 3 dimensões;
- Imediaticidade: interação ocorre em tempo real;
- Interatividade: possibilidade do usuário alterar e criar conteúdos;
- Persistência: usuários continuam permanentes no mundo, mesmo estando o utilizador *offline*;
- Socialização/Comunidade: formação de comunidades de interesse.

Uma forma de se aproveitar este tipo de tecnologia a favor da educação é por meio da construção de laboratórios virtuais de ensino. Conforme Dizeró, Vicente e Kirner (1998), consistem num ambiente tridimensional modelado de tal forma a fornecer ao aluno a sensação de se estar em um laboratório real, permitindo a ele manipular objetos, simular efeitos, entre outras experiências, muitas delas até mesmo impossíveis de serem realizadas em um laboratório real.

Neste sentido, Nunes et al. (2014) reforçam afirmando que além de proporcionar a experimentação prática aos estudantes, os laboratórios virtuais também viabilizam-se devido a outros fatores, e.g., a extensão de laboratórios reais, oferecendo assim, novas oportunidades, sem custos e riscos; a operação de equipamentos virtuais em ambientes controlados; o acesso facilitado por tratar-se de um ambiente disponível à todo momento; o *feedback* imediato; a *expertise* distribuída entre os estudantes, onde é possível a troca de experiências uns com os outros; o ensino centrado no aluno; e também, o incentivo à prática de autoria.

Todos esses fatores, além do avanço tecnológico, levaram à construção de uma vasta gama de laboratórios virtuais aplicados a diferentes áreas do conhecimento (e.g., Física, Química, Matemática, Medicina, entre outros). Para tanto, algumas opções de plataformas de desenvolvimento de mundos virtuais existentes atualmente são o pioneiro Second Life (SL)<sup>1</sup>, o OpenSimulator (OpenSim)<sup>2</sup> e o OpenWonderland<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Página oficial do Second Life: <http://secondlife.com/>

<sup>2</sup> Página oficial do OpenSimulator: <http://opensimulator.org/>

<sup>3</sup> Página oficial do OpenWonderland: <http://openwonderland.org/>

No âmbito deste trabalho, foi utilizada a plataforma de desenvolvimento de mundos virtuais OpenSim, aliado a ferramenta Sloodle<sup>4</sup>, que tem como objetivo combinar duas tecnologias distintas: o ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) Moodle<sup>5</sup> e o mundo virtual TCN<sup>5</sup> (Voss, 2014). Isso ocorre através da interligação proporcionada pelo Sloodle, o qual permite inserir conteúdos presentes no Moodle dentro do mundo virtual. Essa ferramenta possui inúmeros recursos, como é o caso do Sloodle Tracker, que auxilia o professor a monitorar e rastrear as atividades dos estudantes, permitindo que o educador acompanhe as trajetórias percorridas pelos alunos.

### 2.3 Estilos Cognitivos

Os estilos cognitivos podem ser definidos como as preferências ou às características próprias do estudante, tendo como aspectos relevantes, a forma que ocorre o processamento destas informações, bem como, as características do modo de pensar. Conforme Messick (1970) apud Chang, Weng e Zakharova (2013), representam os comportamentos que uma pessoa percebe, pensa, e usa para resolver problemas, e eles podem afetar as atitudes da pessoa, valores e hábitos de aprendizagem.

Já Witkin e Goodenough (1981) simplifica afirmando que tratam-se das diferenças individuais em como as pessoas percebem as informações e resolvem os problemas. Ford e Chen (2001) também corroboram afirmando que o estilo cognitivo constitui o modo particular de perceber uma informação durante o processo de aprendizagem.

Diante disso, determinar essas informações de estilos cognitivos vai de encontro ao que tange a objetividade na educação destes indivíduos, pois segundo Geller, Tarouco e Franco (2004), essas informações podem influenciar o modo como os alunos aprendem, como os professores ensinam e como juntos eles interagem. Conforme Dias, Gasparini e Kemczinski (2009) existem diversas características individuais dos alunos e elas podem ser apresentadas de diferentes formas, algumas estão relacionadas com a aprendizagem, referindo-se ao modo como os alunos aprendem e se o resultado obtido é satisfatório.

Segundo Mozzaquatro e Medina (2010), identificar o estilo cognitivo do aluno é uma peça fundamental para aprimorar suas experiências de acordo com seus interesses, tornando-o o centro de sua própria aprendizagem e garantindo o seu sucesso acadêmico. Nesse sentido,

---

<sup>4</sup> Página oficial do Sloodle: <https://www.sloodle.org/>

<sup>5</sup> Página oficial do Moodle: <https://moodle.org/>

conforme Lazzarotto (2010) ao conhecer o perfil cognitivo dos seus estudantes, o professor pode buscar alternativas para melhorar a elaboração e a aplicação das várias atividades pedagógicas, por exemplo.

## 2.4 Inteligência Artificial

O termo Inteligência Artificial (IA) foi utilizado por McCarthy et al. (1956), e trata-se de uma área da computação que durante anos têm se dedicado à propor métodos, técnicas e ferramentas que possam ser capazes de representar o conhecimento humano em sistemas artificiais. Neste sentido, Barr e Feigenbaum (1981) afirmam que IA se preocupa em desenvolver sistemas computacionais inteligentes e citam como exemplo disso, a compreensão da linguagem, o aprendizado, o raciocínio, a resolução de problemas, entre outros.

Além disso, conforme Liu, Diao e Tu (2010), a IA é uma ciência de investigação, concepção e aplicação de máquinas ou sistemas inteligentes para simular as capacidades dos humanos e estender a inteligência humana.

Nesse sentido, sua aplicabilidade pode ser vista em diversas áreas, entre elas está a área educacional, onde sua utilização, segundo Pozzebon (2003), pode contribuir para uma melhora significativa no processo de ensino e aprendizagem:

O ensino mediado pelo computador com a utilização de técnicas de Inteligência Artificial (IA) aumenta a eficiência do aprendizado, permitindo ao estudante selecionar variáveis como o conteúdo, tempo, lugar e volume da matéria a ser aprendida. A informação transmitida pode ser direcionada dependendo do nível de conhecimento do usuário. (POZZEBON, 2003, p. 5)

Os benefícios provenientes do emprego de técnicas de IA na educação, segundo Leitão (2003), são diferentes daqueles obtidos pelos sistemas tradicionais, por tratar-se de sistemas dotados de inteligência e conhecimento, que aplicam estratégias de raciocínio para a compreensão das informações oriundas das diversas fontes de informação.

### 2.4.1 Agentes Inteligentes

Os agentes inteligentes são considerados uma subárea da Inteligência Artificial e podem ser definidos como os responsáveis por adotarem a melhor ação, dentre inúmeras possíveis, para realizar algo sobre uma situação. De acordo com Silva (2004), surgiram na década de 90 como uma evolução da programação orientada a objetos.

Entretanto, muitos autores divergem sobre quais são as reais características que definem

um agente inteligente, devido à isso, existem diversas conceituações, definições e categorizações sobre o assunto. Para Wooldridge e Jennings (1995), um agente trata-se de um sistema computacional que está situado em um ambiente e que é capaz de ações autônomas neste ambiente, tendo como finalidade alcançar seus objetivos de projeto. Já Russel e Norvig (1995), abordam que um agente inteligente pode ser descrito como qualquer coisa que seja capaz de perceber o seu ambiente através de sensores e agir sobre o mesmo com seus efetores (Figura 2.4).

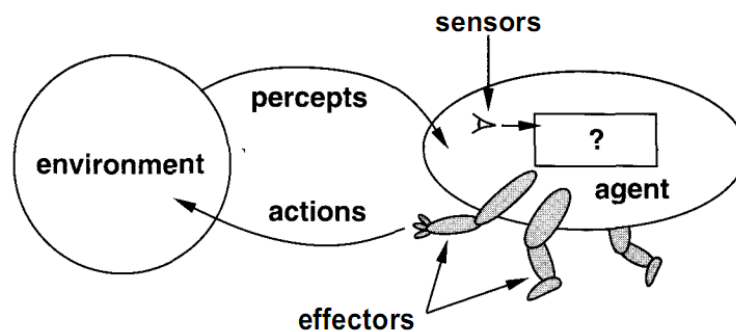


Figura 2.4 – Concepção de agentes em ambientes  
Fonte: RUSSEL; NORVIG (1995)

Uma definição mais aprofundada é apresentada por Hayes-Roth (1995), em que a autora afirma que os agentes inteligentes realizam continuamente três funções, as quais são: percepção das condições dinâmicas do ambiente; ação para alterar as condições do ambiente; e o raciocínio para interpretar percepções, resolver problemas, fazer inferências e determinar ações.

Assim como diversos são os conceitos sobre o assunto, também são inúmeras as propriedades e características que um agente possui. Franklin e Graesser (1996) listam estas propriedades de agentes e, afirmam que, para serem considerados efetivamente agentes, devem atender às quatro primeiras propriedades dentre as oito listadas, que são:

- **Autonomia:** operam sem intervenção direta de humanos e têm algum tipo de controle sobre suas ações e estados internos;
- **Interação:** podem interagir com outros agentes ou seres humanos;
- **Reatividade:** podem perceber seu ambiente e responde às mudanças que ocorrem nele;
- **Pró-atividade:** não necessitam agir apenas em resposta a um estímulo, mas sim tomando iniciativa;

- **Atividade contínua:** o agente está em contínuo processo de atividade;
- **Adaptação:** pode mudar seu comportamento com base em alguma informação;
- **Mobilidade:** capacidade de poder se mover ou transportar-se;
- **Personalidade:** capacidade em transmitir estados emocionais;

Diante disso, os agentes inteligentes no contexto educacional, são amplamente utilizados como ferramentas de apoio aos estudantes com o objetivo de oferecer suporte na interação com o ambiente que estão situados, proporcionando uma aprendizagem personalizada, como pode ser visto em Rissoli e Santos (2013), Dos Santos (2003) e Aguiar, Tarouco e Reategui (2011). Conforme Tyugu (2011), os agentes inteligentes são componentes de *softwares* que possuem algumas características de comportamento inteligente que os torna especiais: pró atividade, compreensão de uma linguagem de comunicação de agente (ACL), reatividade através da capacidade de tomar algumas decisões e agir.

Segundo Soliman e Guetl (2010) e Garrido et al. (2010), os agentes inteligentes utilizados na área educacional são conhecidos como Intelligent Pedagogical Agents (IPAs), que, segundo Soliman e Guetl (2010) combinam diferentes características, incluindo capacidade de IA para enriquecer o ambiente de aprendizagem. E Garrido et al. (2010) afirma que são agentes de *software* que têm fins educacionais, capazes de se comunicar, colaborar, discutir e orientar outros estudantes ou agentes.

#### 2.4.2 Non-player character (NPC)

Tratam-se de personagens não interpretados pelos usuários, sendo assim, o NPC é um "Personagem Sem Jogador" (Fraga e Pedroso 2006). São personagens autônomos controlados pelo computador e, segundo Cunha e Giraffa (2001), compartilham das mesmas características fundamentais de agentes (apresentadas na seção 2.4.1). São bastante utilizados em jogos como personagens virtuais, tornando estes jogos mais interativos, reais e desafiadores.

No contexto de mundos virtuais, tratam-se de entidades programáveis e representadas por um avatar, que podem ser implementadas através da inserção de *scripts*, com o objetivo de realizarem atividades pré-definidas. Para a programação dos NPCs, segundo Vecino et al. (2012), pode-se utilizar a linguagem de *script* OSSL do OpenSim, que são basicamente, funções específicas para a gestão e controle das ações dos NPCs.

Essas entidades autônomas podem ser utilizadas em diversas situações, seja para fornecer orientações e informações para outros avatares de usuários reais, proporcionando maior interação, ou incorporando novas funcionalidades, e.g. movimentos, sensores, comunicação, execução de tarefas, simulação do comportamento humano, integração com outros recursos e até dispor de alguma inteligência, através da implementação de regras em inteligência artificial.

### 2.4.3 Chatterbots

Os *chatterbots* são entidades artificiais capazes de interação conversacional, também conhecidos como agentes conversacionais, robôs de conversação e *chatbot*. Conforme Pilastrri e Brega (2009), são programas de computador que tentam simular conversações com os usuários, com objetivo de pelo menos temporariamente, levar um ser humano a pensar que está conversando com outra pessoa.

Segundo Sganderla, Ferrari e Geyer (2003), os *chatterbots* são agentes inteligentes desenvolvidos para simular uma conversa através da troca de mensagens de texto e/ou áudio, semelhante aos bate-papos virtuais. E de acordo com Comarella e Café (2008), são utilizados com os mais diversos propósitos, desde para um relacionamento, como um "amigo virtual", até para uso comercial.

Para desempenhar este papel de dialogar com o usuário, o *chatterbot* possui uma base de conhecimento na qual realiza diversas consultas, filtrando essas buscas por meio de palavras-chave definidas na notação estabelecida pela linguagem Artificial Intelligence Markup Language (AIML). Sendo assim, quando o agente conversacional detém o conhecimento que está sendo debatido, o mesmo processa a requisição e expressa sua resposta de acordo com aquilo que sua pesquisa retornou. Porém, nas circunstâncias em que o *chatterbot* não dispor de determinada informação em sua base de dados, o mesmo irá empenhar-se em conduzir a conversação, portanto, ao invés de responder ao usuário irá questioná-lo com o intuito de que o usuário reformule a sua pergunta, até que as expressões utilizadas pelo ele sejam encontradas na base de conhecimento do agente conversacional.

É possível citar como exemplo de *chatterbots* os agentes: ALICE.<sup>6</sup>, Eliza<sup>7</sup>, Prof. Elektra<sup>8</sup>, CyberPoty (Alencar e Netto, 2010) e o Siri da Apple<sup>9</sup>. No contexto desse trabalho, utilizou-

<sup>6</sup> Página oficial da ALICE: <http://alice.pandorabots.com/>

<sup>7</sup> Página oficial da Eliza: <http://nlp-addiction.com/eliza/>

<sup>8</sup> Página oficial da Elektra: <http://penta3.ufrgs.br:2002/>

<sup>9</sup> Página oficial do Siri: <https://www.apple.com/ios/siri/>

se o PandoraBots<sup>10</sup>, que oferece serviços gratuitos para criação, gerenciamento e desenvolvimento do *chatbot* e sua base de conhecimento, além de hospedar os códigos fontes e disponibilizar o serviço de conversação em um espaço alocado no servidor.

## 2.5 Considerações

Ao longo do capítulo 2. Revisão Bibliográfica, foram conceituados diversos tópicos que envolvem as áreas contempladas no presente trabalho. Nesse sentido, primeiramente, iniciou-se abordando o tópico de Computação Ubíqua e Sensível ao Contexto, que neste trabalho tem um papel fundamental, visto que trata-se da captura de informações contextuais dos estudantes, para assim prover adaptações cientes das reais exigências dos mesmos. Essas informações contextuais, foram consideradas neste trabalho como o nível de *expertise* e o estilo cognitivo do aluno.

Também conceituou-se acerca de ambientes virtuais imersivos, que neste trabalho esta representado pelo mundo virtual TCN<sup>5</sup> (Voss, 2014), no qual o agente inteligente ELAI esta inserido. E, assim como o ELAI atende ao nível de *expertise* dos estudantes, o TCN<sup>5</sup> é ciente das características do estilo cognitivo do aluno, para melhor atender as idiossincrasias do mesmo.

Os conceitos de agentes inteligentes e NPCs foram incorporados no ELAI, sendo que o mesmo foi implementado no mundo virtual TCN<sup>5</sup> através de personagens NPCs e contemplando características de agentes inteligentes. No que diz respeito a área de inteligência artificial e *chatbots*, incorporou-se junto ao ELAI a capacidade do mesmo responder os questionamentos dos estudantes sobre Redes de Computadores. Para tanto, implementou-se um agente conversacional (*chatbot*), o qual foi desenvolvido com regras de inteligência artificial na notação AIML.

---

<sup>10</sup> Página oficial do PandoraBots: <http://pandorabots.com/>





### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem muitas pesquisas científicas que empregam a utilização de agentes inteligentes em suas diretrizes, com o intuito de complementar de forma mais eficaz o processo de ensino e aprendizagem. Aliado a isso, com a crescente implementação de ambientes virtuais imersivos 3D, novas propostas e objetos de pesquisas foram surgindo, incorporando conceitos de inteligência artificial junto a estes metaversos, entretanto a inserção destes conceitos em mundos virtuais é algo relativamente novo. Diante desse panorama, buscou-se alguns trabalhos que relatem o uso destas técnicas e, ao mesmo tempo dão aporte a proposta discutida nesta dissertação. Os trabalhos relacionados abordam tanto o uso dessas técnicas em AVAs, quanto em ambientes virtuais imersivos 3D, e foram subdivididos em seções, como segue:

#### **3.1 Aplicação de agentes inteligentes capazes de desempenhar o papel de membros na execução de trabalhos em equipe, em ambiente virtual 3D OpenSimulator**

Vilela (2011) apresenta uma proposta que tem como intuito validar abordagens que permitam resolver questões relacionadas ao treinamento individual de integrantes em tarefas realizadas em equipe. Para tanto, faz o uso de agentes inteligentes capazes de desempenharem os papéis de membros da equipe na execução de tais tarefas, os quais foram desenvolvidos em um espaço virtual 3D, com a utilização da ferramenta OpenSimulator.

Nesta perspectiva, a pesquisa foi aplicada em um estudo de caso para a formação de mecânicos da Força Aérea Portuguesa, em operações para a manutenção de motores de aeronaves no modelo F-16, assim como pode ser visto na Figura 3.1. Para que o objetivo fosse alcançado, foram desenvolvidos além dos agentes inteligentes, objetos 3D referentes às peças e componentes específicos das aeronaves, e.g. fuselagens, parafusos, motores, entre outros.

O autor ressalta ainda, que foi possível alcançar os objetivos previstos no escopo da pesquisa, evidenciando que a aplicação de agentes inteligentes contribuem na resolução de questões relacionadas a limitações de membros em tarefas de equipes. Além disso, constitui-se em uma ferramenta de grande valia para a formação e ensino profissional.



Figura 3.1 – Agentes Inteligentes desempenhando o papel na equipe  
 Fonte: VILELA (2011)

### 3.2 Doroty: um chatterbot para Treinamento de Profissionais Atuantes no Gerenciamento de Redes de Computadores

A pesquisa de Leonhardt (2005) é apresentada como uma solução para o problema da falta de capacitação e treinamento de profissionais que atuam no gerenciamento de redes em grandes corporações.

Para tanto, a autora propõe a utilização de um *chatterbot* denominado Doroty, verificando o impacto de seu uso como ferramenta para a capacitação de profissionais em áreas que exigem conhecimento técnico aprofundado, neste caso, o gerenciamento de redes de computadores (Figura 3.2). Além disso, a autora demonstra a importância das técnicas de IA utilizadas com objetivos alinhavados para a área educacional.

O *chatterbot* Doroty foi arquitetado e implementado perfazendo diversos módulos. Nesse sentido, a interface foi desenvolvida utilizando HTML, sendo necessário o uso de um navegador para garantir o acesso dos usuários. Estes usuários foram divididos em três papéis: (i) engenheiro de conhecimento, (ii) usuários e (iii) gerente(s) experiente(s). O engenheiro e o gerente são responsáveis pela inclusão ou alteração das classes na base de conhecimento AIML. E os usuários são os profissionais que interagem com o *chatterbot* em busca do conhecimento almejado.

Essa arquitetura também é composta pela ALICE, que é quem detêm a base dos conhe-

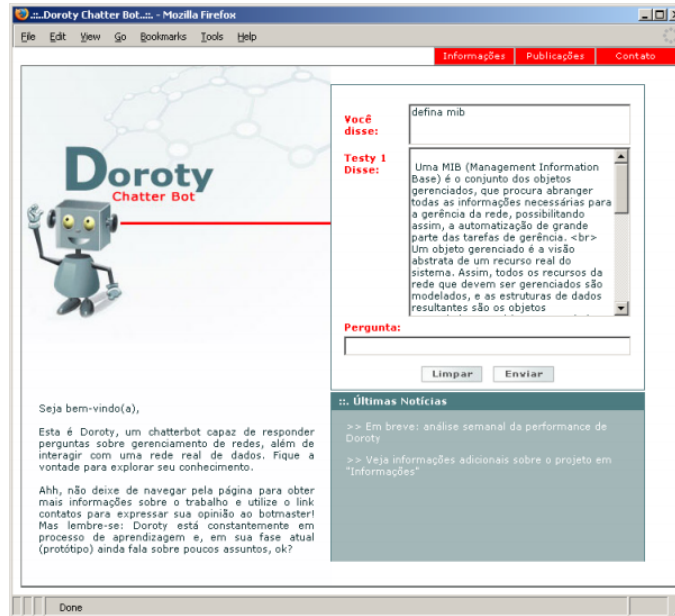


Figura 3.2 – Tela inicial de Doroty: componente de diálogo  
Fonte: LEONHARDT (2005)

cimentos teóricos em notação AIML e a máquina de inferência (Graphmaster), responsável por realizar a busca na base e inferir o conhecimento aos usuários. Outro componente incorporado a esta pesquisa é relacionado ao módulo coletor, que fica incumbido de atualizar os históricos, armazenando os registros em um banco de dados, para que a base com as regras esteja sempre atualizada.

Como resultado desta pesquisa, a autora afirma que o sistema contribuiu para a capacitação e treinamento do público alvo estabelecido no trabalho, sendo capaz de levar as informações sobre gerenciamento de redes aos usuários sem nenhum conhecimento na área. Justificativa essa apontada pela autora como o principal benefício, visto que a vantagem de sua utilização encontra-se no fato de que o usuário não necessita de conhecimento prévio para utilizar a ferramenta e interagir com a rede na qual irá gerenciar/trabalhar.

### 3.3 AAERO: ambiente de aprendizado para o ensino de redes de computadores orientado a problemas

Em Dutra (2002) é descrito o desenvolvimento do Ambiente de Aprendizado para Ensino de Redes de Computadores orientado a Problemas (AAERO), como visto na Figura 3.3. Essa pesquisa consiste em um ambiente de aprendizado construtivista para o ensino de Redes de Computadores baseado em problemas e, para tanto, utiliza-se da metodologia Problem Ba-

sed Learning (PBL), ou Aprendizagem Baseada em Problema, que contem áreas de problemas, casos relacionados, recursos de informação, ferramentas cognitivas e de colaboração.

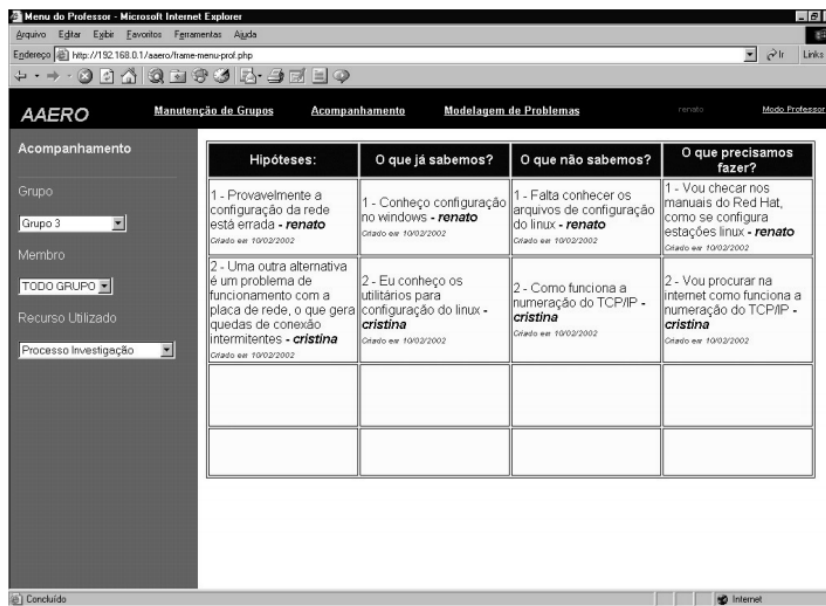


Figura 3.3 – Consulta e Visualização das Anotações do AAERO  
Fonte: DUTRA (2002)

Este trabalho foi desenvolvido em três módulos: Módulo de Autenticação, Módulo do Aluno e Módulo do Professor. Sendo que os módulos do professor e do aluno realizam a integração com o sistema Case-Based Reasoning (CBR) DUMBO, onde através dessa, é permitido ao professor a utilização dos dados de um caso real de domínio de Redes de Computadores para modelar um problema que melhor se adapte ao domínio proposto e disponibiliza aos alunos a consulta de casos já finalizados e a simulação de novos casos diretamente na ferramenta DUMBO.

O trabalho buscou proporcionar o aprendizado na prática, além de desenvolver habilidades de auto-aprendizado e incentivar o trabalho em grupo. Portanto utilizou-se dos princípios construtivistas, levando em consideração a construção do conhecimento através da interação com problemas e pela aprendizagem colaborativa.

### 3.4 Agente pedagógico animado para interagir afetivamente com os estudantes

Na pesquisa de Jaques (2004), a autora apresenta um agente pedagógico afetivo e animado que fornece suporte emocional ao aluno, motivando, encorajando e incentivando-o a acreditar em suas habilidades, visando promover um estado de espírito positivo no aluno, que se-

gundo a mesma, é favorável e adequado para o aprendizado do mesmo. O apoio do agente é expressado por meio de comportamentos emotivos e mensagens encorajadoras, através de táticas afetivas, das quais o agente deve conhecer e inclusive estar ciente das emoções individuais de cada estudante.

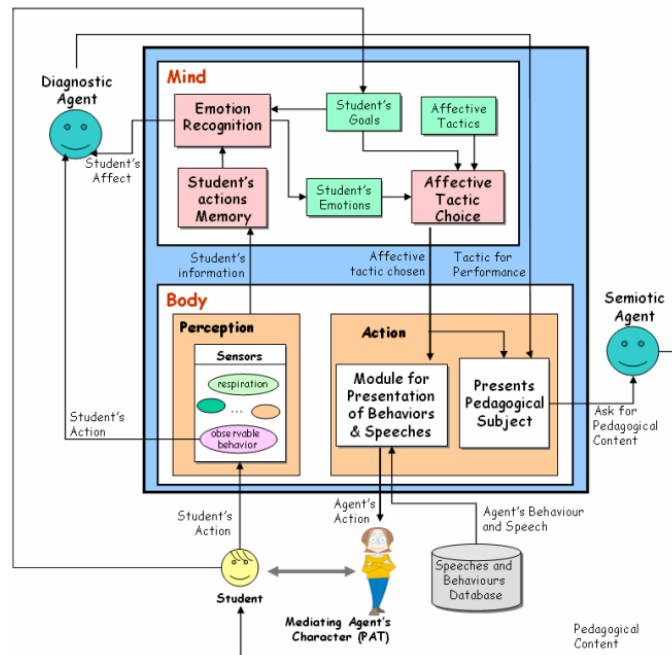


Figura 3.4 – Arquitetura do Agente Mediado

Fonte: JAQUES (2004)

Jaques (2004) explica que o agente proposto infere as emoções do aluno, e.g. alegria ou tristeza, satisfação ou frustração, raiva ou gratidão, até mesmo vergonha. Tudo isso a partir da observação das ações e comportamentos dos estudantes para com a interface do ambiente educacional. Baseando-se também, na teoria cognitiva das emoções, mais especificamente, com o modelo psicológico Ortony, Clore e Collins (OCC), o qual utiliza-se da abordagem cognitivista das emoções para realizar a inferência das emoções do aluno.

O agente pedagógico animado foi desenvolvido utilizando a abordagem Belief– desire–intention (BDI), devido a grande dinamicidade das informações à respeito do estado afetivo do aluno, possibilitando assim, a definição de modelos e diagnósticos afetivos dos mesmos. A partir da modelagem em BDI, a autora relata que o agente consegue deduzir/estimular a apreciação (*appraisal*) do estudante e a partir disso, fazer inferências quanto as suas emoções. O agente foi implementado como uma interface para o agente pedagógico Mediador do ambiente Multi-agent Architecture for an Collaborative Educacional System (MACES), que é um sistema

educacional colaborativo à distância, modelado segundo a abordagem multiagente e constitui-se em uma sociedade de agentes de colaboração.

### 3.5 Elektra: Um *Chatterbot* para Uso em Ambiente Educacional

Os autores apresentam um trabalho desenvolvido e denominado Prof<sup>a</sup>. Elektra (Leohnardt, 2003). Este estudo aborda a utilização de *chatterbots*, como robôs de conversação ou agentes, que trabalham para um usuário ou sistema simulando a atividade humana. Neste trabalho, o *chatterbot* é direcionado ao uso educacional como um tutor virtual e tem como principal objetivo a complementação no aprendizado dos estudantes de cursos à distância.

PROFESSORA  
ELEKTRA

Você Disse:

Professora Elektra:

*O que é internet*

*Conjunto global de redes, interliga mais de 100 países. Tem duas peculiaridades que espantam as pessoas: não tem dono e não é administrada por nenhum órgão central.*


 Pergunte

Você está falando com Elektra de penta3.  
Elektra é a Professora Elektra UFRGS - Brasil.

Figura 3.5 – Professora Elektra: Exemplo de Resposta com Imagem

Fonte: Site oficial da Prof<sup>a</sup>. Elektra

O *chatterbot* Elektra<sup>11</sup> foi desenvolvido baseado em uma versão do *chatterbot* ALICE, utilizando inteligência artificial e a notação AIML. Inicialmente visou responder perguntas e dúvidas sobre Física dos estudantes do ensino secundário que estavam se preparando para o vestibular. Posteriormente, estendeu-se sua utilização a alunos do curso de especialização à

<sup>11</sup> Professora Elektra, disponível em: <http://penta3.ufrgs.br:2002/>

distância em Informática na Educação, na disciplina de Internet para Educadores. Dessa forma, acrescentando em sua base de conhecimento, novas classes com dados e informações sobre Redes de Computadores e Internet (Figura 3.5), através de um esforço conjunto de professores e tutores para esta modelagem inicial, através da análise das dúvidas recorrentes dos estudantes, tornando a interação do *chatterbot* com os estudantes mais amigável e com diversas funcionalidades.

### 3.6 Tutor Inteligente Adaptável Conforme às Preferências do Aprendiz

O trabalho desenvolvido por Pozzebon (2003), constitui-se na apresentação de um tutor inteligente adaptável, utilizando-se de regras de Inteligência Artificial, conforme as preferências do aprendiz. De acordo com a autora, conhecendo-se as preferências do aprendiz pode-se adequar o sistema para que ele facilite a aprendizagem e promova um aprendizado individualizado com a efetiva construção de conhecimentos do aprendiz. Para tanto, foram utilizadas regras de produção para identificar as preferências dos usuários e realizar as adaptações, às quais foram obtidas através das respostas em questionários.

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo de caso voltado para o ensino de conceitos básicos em neurofisiologia (Figura 3.6). A autora utilizou-se dos sistemas tutores inteligentes adaptáveis através da interação de autômatos (representando o raciocínio do aprendiz) com a modelagem hipertômatos (representando a base de conhecimento) para apresentar um protótipo voltado a um assunto específico.

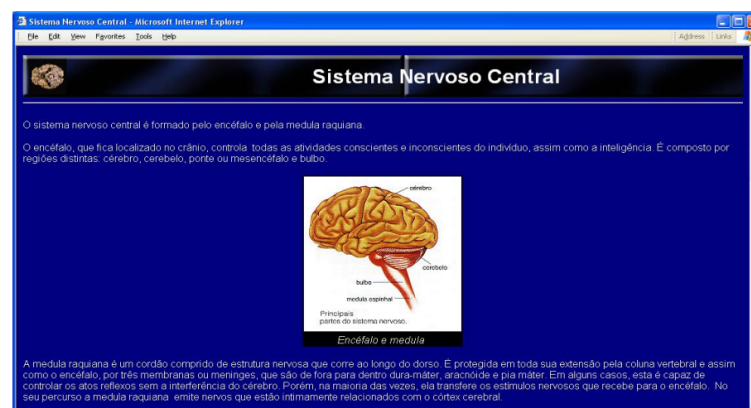


Figura 3.6 – Sistema Nervoso Central  
Fonte: POZZEBON (2003)

Com as respostas do questionário, foi possível conhecer o perfil do aprendiz e realizar

a adaptação do conteúdo, o qual exhibe a teoria a respeito da anatomia e fisiologia do sistema nervoso adaptada conforme as preferências do aprendiz, por meio de imagens, animações e vídeos que representam o conteúdo estudado. O trabalho foi concebido em dois tipos de adaptação (preferência por gráfico ou texto), entretanto a autora enfatiza que pode ser adaptável para outros tipos de experiências, e.g., aprendizagem com sons, música, analogias, textos, histórias, simulações, jogos, entre outros.

### 3.7 Interação com artefatos e personagens artificiais em mundos virtuais

Os autores apresentam um trabalho cuja proposta vislumbra organizar os ambientes imersivos para viabilizar atividades de aprendizagem, utilizando artefatos virtuais com o apoio de personagens artificiais. Sgobbi et al. (2014), abordam a utilização da plataforma OpenSimulator para o desenvolvimento dos artefatos virtuais, bem como a implementação de agentes, como visto na Figura 3.7.



Figura 3.7 – Chatterbot integrado ao OpenSimulator

Fonte: SGOBBI et al. (2014)

Para realizar a interação dos estudantes (representados por seus avatares) com os artefatos disponibilizados no ambiente e também com o agente, os autores apresentam uma série de comandos que devem ser utilizados ao longo da implementação.

Além disso, apresentam métodos utilizados para interligar o personagem artificial com um *chatterbot* externo, cuja base de conhecimento foi definida em AIML e hospedada no ser-



viço PandoraBots. Através dessa conexão, atribui-se ao personagem artificial a capacidade do mesmo manter um diálogo com o estudante, podendo inclusive, abordar tópicos específicos e relacionados aos artefatos virtuais dispostos no ambiente.

### 3.8 Considerações Parciais

Além dos AVAs e dos ambientes virtuais imersivos 3D citados anteriormente, é possível citar como exemplos os trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa do autor, e.g.:

- O Laboratório Virtual para Ensino de Engenharia de Software (Herpich, 2014, B), que possibilita a prática da modelagem UML para Processos de Software através de uma ferramenta denominada GenMyModel<sup>12</sup> e da exposição de problemas através da metodologia PBL utilizando-se da plataforma OpenSim.
- O Laboratório Virtual de Algoritmos (Nunes et al., 2013), que apresenta e expõe diversos exercícios, materiais, conteúdos e atividades para que os estudantes possam responder e testar seus conhecimentos através do desenvolvimento de lógicas de programação em uma ferramenta *online*, conhecida como IDEOne<sup>13</sup>. O laboratório foi implementado utilizando a ferramenta OpenSim e validado em uma turma de graduação, na disciplina de Algoritmos.
- O Laboratório de Química (Nunes et al., 2014): que viabiliza um espaço com diversos conteúdos e problemáticas relacionados a Química, onde os estudantes estão imersos e podem interagir com vídeos, *slides*, objetos 3D, *chats*, questionários e experimentos práticos, com o auxílio de um NPC, que tem o papel de orientar e guiar a navegação e a realização das atividades pelos estudantes.

Os trabalhos apresentados nos itens anteriores possuem características técnicas semelhantes ao trabalho proposto nesta dissertação. Entretanto o escopo do projeto e os objetivos abrangidos por cada uma das soluções são distintos, como segue:

Vilela (2011) apresenta uma solução para o treinamento individual de membros de uma equipe, com o intuito de capacitá-los em operações para a manutenção de motores de aeronaves da Força Aérea Portuguesa. Para tanto, alia o ambiente virtual imersivo 3D à agentes inteligentes, os quais possuem o papel de simular os outros membros da equipe. Entretanto, o trabalho

<sup>12</sup> Página oficial do GenMyModel: <<http://www.genmymodel.com/>>.

<sup>13</sup> Página oficial do IDEOne: <<http://ideone.com/>>.

proposto nesta dissertação aborda o uso de agentes inteligentes como guias, a fim de orientar os estudantes no ambiente e também responder suas dúvidas sobre assuntos relacionados às redes de computadores, além de adaptar-se ao nível de conhecimento destes estudantes.

Leonhardt (2005) e Dutra (2002) apresentam propostas para o ensino e aprendizagem em Redes de Computadores. Leonhardt (2005) implementa um *chatbot* para a capacitação e treinamento de profissionais que atuam no gerenciamento de redes em grandes corporações. Já Dutra (2002) desenvolve um ambiente de aprendizagem construtivista baseado em problema, utilizando a metodologia PBL. Ambos são diferentes da proposta apresentada neste trabalho, que propõe um agente inteligente inserido em um ambiente virtual imersivo 3D e com um estudo de caso voltado ao ensino de Redes de Computadores.

No trabalho de Jaques (2004), é apresentado um agente pedagógico afetivo e animado, que segundo a autora é mais favorável para o aprendizado, fornecendo inclusive suporte emocional ao aluno, encorajando e incentivando o estudante a acreditar em suas habilidades. Diferente disso, o trabalho apresentado nesta dissertação não visa discutir assuntos relacionados à afetividade, em contrapartida, o agente inteligente possui a habilidade de comunicar-se com os estudantes ciente do seu nível de conhecimento, abordando diferentes assuntos e passando aos alunos tanto conhecimentos quanto a sensação de estarem amparados e orientados na realização de suas atividades.

Leonhardt (2003) desenvolveu um robô de conversação para uso em ambiente educacional. O *chatbot* foi direcionado ao uso educacional como um tutor virtual e tem como principal objetivo a complementação no aprendizado dos estudantes de cursos à distância. Inicialmente teve o objetivo de instruir os estudantes sobre física, mas posteriormente seus conhecimentos foram ampliados, abrangendo assuntos referentes à disciplina de Internet para Educadores, sendo adicionadas informações sobre Redes e Internet. O trabalho exposto nesta dissertação também desenvolve e faz uso de um *chatbot* com conhecimentos em Redes de Computadores, porém o mesmo está interligado a um NPC imerso no ambiente virtual imersivo 3D, tornando a interação aluno-NPC mais interessante e tangível, visto que o mesmo é representado por um avatar.

Pozzebon (2003) expõe a implementação de um tutor inteligente adaptável às preferências do aprendiz, que segundo a autora facilita e promove o aprendizado, com a efetiva construção de conhecimento do aluno. Para prover estas adaptações, foram implementadas regras de inteligência artificial. Embora o estudo de caso de Pozzebon (2003) seja voltado ao

ensino de conceitos básicos em neurofisiologia, muito se aproxima do trabalho proposto nesta dissertação, por tratar-se de um agente inteligente que se adapta ao nível de conhecimento do estudante. Entretanto, o agente inteligente ELAI está inserido em um ambiente virtual imersivo 3D, que provê a adaptação de seus recursos ao estilo cognitivo de seus usuários.

Sgobbi et al. (2014) desenvolveram um ambiente imersivo com o intuito de viabilizar atividades de aprendizagem ativa através de artefatos virtuais com o apoio de personagens artificiais. No entanto, a pesquisa desenvolvida pelos autores supracitados, teve uma ênfase em aspectos intrínsecos a implementação e desenvolvimento destes personagens artificiais. Enquanto a pesquisa apresentada ao longo dessa dissertação, buscou implementar, fundamentar e avaliar o uso de NPCs com características de agentes inteligentes no processo de ensino e aprendizagem de tópicos relacionados a Redes de Computadores.



## 4 MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho aborda a implementação de um agente inteligente denominado **ELAI**, acrônimo para **I**ntelligent **A**gent adaptive to the **L**evel of **E**xpertise of **S**tudents, da sigla em português Agente Inteligente adaptável ao Nível de Expertise dos Estudantes, o qual será explicado na seção 5. Esta seção tem o intuito de apresentar os procedimentos adotados para a implementação e desenvolvimento dos objetivos especificados na Seção 1.2, os quais são intrínsecos a esta dissertação.

Para tanto, este trabalho foi elaborado através do emprego da metodologia de pesquisa experimental, que segundo Wazlawick (2009), implica em provocar alterações no ambiente a ser pesquisado de forma a observar se cada intervenção produz os resultados esperados.

O ELAI está inserido em um ambiente virtual imersivo denominado TCN<sup>5</sup> (Voss, 2014), o qual é voltado ao ensino de Redes de Computadores e possui características de *context-aware*, sendo sensível ao contexto do estilo cognitivo dos estudantes, respeitando as características e adequando seus conteúdos conforme às preferências dos usuários. Assim como ao TCN<sup>5</sup>, esta dissertação propõe-se a dar seguimento as demais pesquisas realizadas no Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Portanto, para a desenvolvimento desta pesquisa, elaborou-se um conjunto de etapas as quais foram adotadas para a sua implementação, sendo descritas na Seção 4.1.

### 4.1 Etapas da Pesquisa

Nas seções abaixo serão descritas as etapas envolvidas nesta pesquisa, as quais foram desenvolvidas com o intuito de elucidar as especificidades intrínseca a cada processo adotado ao longo de sua realização, bem como esclarecer as formas de avaliações estabelecidas.

#### 4.1.1 Delineamento da Proposta

A primeira etapa se caracterizou pela definição dos objetivos que este trabalho contempla, bem como a revisão bibliográfica sobre os assuntos abordados, a fim de embasar e aprofundar os conhecimentos relacionados. Posteriormente, foram definidas as ferramentas utilizadas e os recursos de infraestrutura tecnológica utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, as quais são descritas a seguir:

- O SEDECA (Mozzaquatro, 2010) trata-se de um sistema para diagnosticar estilos de aprendizagem buscando realizar adaptações no Moodle e seus conteúdos ao estilo cognitivo do aluno. No presente trabalho, utilizou-se o estudo de Mozzaquatro (2010) para identificar os estilos cognitivos dos estudantes, para que assim fosse possível definir à qual região o mesmo deveria ser direcionado.
- O SistEX (Possobom, 2014) apresenta um sistema dinâmico para a detecção da experiência do aluno e posteriormente a adaptação dos conteúdos apresentados no Moodle a estes estudantes. Estas adaptações ocorrem por meio do uso da Hipermissão Adaptativa e utilizam como base as informações denominadas de nível de conhecimento, sendo estas: básico, intermediário e avançado. O trabalho de Possobom (2014) foi adaptado e utilizado nesta pesquisa com o intuito de identificar o nível de *expertise* individual de cada estudante, para que assim fosse possível direcionar o aprendiz ao seu estilo cognitivo e nível de experiência adequado.
- O mundo virtual TCN<sup>5</sup> (Teaching Computer Networks in a Free Immersive Virtual Environment) (Voss, 2014), que desenvolveu um Ambiente Virtual Imersivo para ensino de Redes de Computadores, o qual leva em consideração o estilo cognitivo do estudante, fazendo com que o ambiente se adapte ao contexto cognitivo do aluno através do direcionamento para a Região mais adequada, sendo elas: Reflexiva, Serialista, Divergente e Holista. Para aferir estas informações contextuais a respeito do estilo cognitivo do estudante, Voss (2014) adaptou o método utilizado pelo SEDECA (Mozzaquatro, 2010).
- O Sloodle, que além de estabelecer a integração entre o ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> e o ambiente virtual de aprendizagem Moodle, também permite a utilização da ferramenta Sloodle Tracker, para rastrear as atividades do estudante dentro do mundo virtual, proporcionando um *feedback* das ações nele realizadas tanto ao aprendiz quanto ao professor;
- O *viewer* Firestorm, que possibilita a visualização e interação dos usuários com o ambiente virtual imersivo, além de ser gratuito e amplamente utilizado nos projetos do grupo de pesquisa do autor;
- O PandoraBots, que disponibiliza uma plataforma para a criação e implementação de *chatterbots* gratuitos, além de possibilitar a hospedagens dos códigos fontes em notação AIML e também viabilizar a edição *online* destes códigos;

- O Wamp Server, que hospeda as aplicações necessárias para o funcionamento do ambiente virtual imersivo e também da ferramenta de monitoramento, além disso, por ser gratuito e incorporar três elementos: MySQL, PHP e Apache. Através dele é criado um servidor local, o qual hospeda o banco de dados MySQL da aplicação OpenSim e do ambiente de ensino Moodle, sendo esses acessados por meio do servidor Apache que está integrado ao Wamp Server.
- Todos os tópicos supracitados foram hospedados em um servidor, contemplando assim os recursos de infraestrutura tecnológica e atendendo requisitos tanto de *software* quanto de *hardware* necessários para realizar o desenvolvimento deste estudo. Para tanto, foi utilizado um servidor com processador Intel(R) Xeon(R) CPU E5520 @ 2.27Ghz (8 *processors*) e memória RAM de 8 GB, com o sistema operacional Windows Server 2008 R2 Enterprise (64-bit), configurado com endereço de IP público.

#### 4.1.2 Implementação do Agente Inteligente ELAI

No decorrer da segunda etapa, houve o desenvolvimento do agente inteligente ELAI, para tanto, ocorreu a implementação através da codificação de personagens NPCs no ambiente virtual imersivo. Além disso, efetuou-se a elaboração de novas classes de conhecimentos em AIML, a fim de deixá-lo especialista nos tópicos de Redes de Computadores.

Para viabilizar a construção destas classes, utilizou-se o AVEA Moodle da disciplina de Redes de Computadores no curso de Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria, sendo disponibilizado aos estudantes uma atividade na forma de glossário, onde os mesmos deveriam conceituar um tópico de livre escolha referente a Segurança da Informação. Essa conceituação deveria ser realizada em três níveis, para que assim fosse possível implementar as classes desenvolvidas no ELAI, bastando apenas transcrevê-las para a notação AIML. Ao final desta etapa, os conceitos foram transcritos para a notação AIML, obtendo-se um total de 70 classes incorporadas ao agente inteligente (Apêndice A). Os três níveis foram considerados como: básico, intermediário e avançado, os quais são interpretados nesta pesquisa como os níveis de *expertise* dos estudantes.

Ainda durante a segunda etapa, deu-se continuidade a implementação do ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> na plataforma OpenSimulator, sendo adicionado a capacidade de adaptar-se aos níveis de *expertise* dos estudantes. Portanto, acrescentou-se nas cinco regiões (Redes de Computadores, Serialista, Holista, Divergente e Reflexivo) desenvolvidas por Voss (2014),

os níveis de experiências básico, intermediário e avançado. Além disso, houve a criação e importação de objetos 3D, prédios e conteúdos referentes a Redes de Computadores cientes a estes níveis de *expertise*. Ambos foram desenvolvidos respeitando as características adaptáveis, tanto do ambiente quanto do agente inteligente, ou seja, de acordo com o estilo cognitivo e o nível de *expertise* do aprendiz. E por fim, para realizar a captura destas informações de contexto, utilizou-se como base os trabalhos integrados a esta pesquisa: o SEDECA (Mozzaquatro, 2010), o TCN<sup>5</sup> (Voss, 2014) e o SistEX (Possobom, 2014).

#### 4.1.3 Indexamento dos conteúdos educacionais no ambiente TCN<sup>5</sup>

Durante a terceira etapa foram inseridos conteúdos e atividades referentes a Redes de Computadores em cada região cognitiva. Esses materiais educacionais foram adicionados respeitando os níveis de *expertise*, sendo esses classificados como: básico, intermediário e avançado. Considerando as disparidades entre os níveis de experiência, buscou-se disponibilizar um maior número de recursos educacionais aos estudantes, bem como a factibilidade de avaliá-los durante a realização destas atividades.

#### 4.1.4 Análise comparativa das ferramentas de visualização do ambiente

Já na quarta etapa foi realizada uma análise e discussão qualitativa e tecnológica sobre as ferramentas *web* disponíveis para acesso aos ambientes virtuais imersivos, denominados *viewers*, a fim de evidenciar e elencar as tecnologias disponíveis, bem como, demonstrar sua importância e abordar os avanços que têm sido alcançados nos últimos anos. Neste sentido, esta análise comparativa abordou ferramentas para acesso mediante plataformas móveis e *web*, dando continuidade a pesquisa de *viewers desktop* (*softwares* instaláveis em computadores), realizada pelo grupo de pesquisa deste autor e apresentada em outra oportunidade, i.e. Nunes et al. (2013).

Para tanto, os dispositivos móveis utilizados são apresentados na Tabela 4.1:

#### 4.1.5 Desenvolvimento da Ferramenta de Gerenciamento do Mundo Virtual

A quinta etapa constitui-se no desenvolvimento de uma ferramenta baseada na plataforma *web* para o monitoramento dos recursos computacionais consumidos pelo ambiente virtual imersivo e suas demandas. Portanto, foi implementada a ferramenta **Virtual World**



Tabela 4.1 – Especificações técnicas dos dispositivos móveis utilizados nos testes

<b>Dispositivos</b>	<b>Galaxy Duos 2</b>	<b>Galaxy S3</b>	<b>Tablet 10.1</b>
<b>Critérios</b>			
<b>Fabricante</b>	Samsung	Samsung	Samsung
<b>Modelo</b>	GT-S7582	GT-19300	GT-N8000
<b>Versão</b>	Android 4.2	Android 4.0	Android 4.1.2
<b>Ecrã</b>	4.0"	4.8"	10,1"
<b>Memória RAM</b>	4 GB	16 GB	2 GB
<b>Processador</b>	Dual Core 1,2 GHz	Dual Core 1,4 GHz	Quad Core 1,4 GHz

Manager (VWM), acrônimo em inglês para Gerenciador de Mundo Virtual, a qual disponibiliza ao administrador inúmeras informações relevantes sobre o funcionamento do ambiente virtual imersivo e suas especificidades, que serão discutidas na seção 6.1.

#### 4.1.6 Avaliação e Discussão dos Resultados obtidos com o agente inteligente ELAI

Já a sexta etapa responsabilizou-se pela avaliação, a qual foi realizada por meio de questionários aplicados aos estudantes dos Cursos de Graduação em Ciência da Computação e Sistemas de Informação e também aos alunos da Pós-Graduação no Mestrado em Ciência da Computação da UFSM, perfazendo um total de catorze estudantes da Área de Computação envolvidos na avaliação.

Nesta mensuração foram considerados aspectos tanto que dizem respeito à efetividade do agente inteligente ELAI quanto ao ambiente virtual imersivo com as novas atualizações relacionadas aos níveis de *expertise*. Dessa forma, implementou-se uma avaliação com relação a interação dos estudantes com o ELAI, sua usabilidade, se atendeu às características de agentes inteligentes apontadas na Seção 2.4.1 e se o agente inteligente forneceu as adaptações com base na informação contextual relacionada ao nível de *expertise* do estudante.

Para realizar essa avaliação seguiu-se um breve roteiro a fim de manter uma averiguação uniforme com os envolvidos, definiu-se portanto um Percorso Pedagógico, o qual, segundo Bassani e Behar (2005), possibilita a apropriação e acompanhamento do processo de construção do conhecimento. Este percurso é constituído das seguintes etapas:

1. **Acesso ao AVA Moodle:** Na primeira etapa o estudante deve realizar o acesso ao ambiente virtual de aprendizagem Moodle. Ao acessá-lo pela primeira vez, o estudante é direcionado a uma página onde deve responder a dois questionários (Anexos A e B), sendo que o primeiro questionário é responsável por definir o estilo cognitivo do mesmo

e o segundo por estabelecer o nível de *expertise*, para que então o estudante possa ter acesso ao conteúdo disposto no Moodle.

2. **Acesso ao TCN<sup>5</sup>:** Na segunda etapa o estudante deve realizar o acesso ao ambiente virtual imersivo com as credenciais que lhe foram indicadas. Neste momento o estudante é direcionado a região que corresponde as suas informações contextuais, ou seja, o seu estilo cognitivo e nível de *expertise* apropriado ao seu conhecimento em Redes de Computadores, informações estas que foram obtidas na primeira etapa.
3. **Reg Enrol booth do SLoodle:** Uma vez imerso no ambiente TCN<sup>5</sup>, a terceira etapa consiste no estudante realizar o credenciamento de seu avatar junto ao Moodle. Portanto, o aluno deve dirigir-se até o totem e realizar o acesso com seu usuário e senha. A partir deste procedimento, o aluno tem acesso aos materiais e atividades incorporadas do Moodle para o Mundo Virtual e, caso o mesmo realize alguma das atividades, seus resultados individuais serão automaticamente armazenados no AVA Moodle, proporcionando assim tanto um *feedback* em tempo real no TCN<sup>5</sup> como também a possibilidade de consultas futuras no ambiente Moodle.
4. **Conhecendo o ambiente TCN<sup>5</sup>:** A quarta etapa consiste em utilizar os recursos educacionais disponíveis no ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup>, para isso o aluno é orientado a acessar os vídeos, *slides*, páginas com conteúdos, questionários e visitar os outros níveis de experiência. Também é solicitado que o estudante utilize as opções disponibilizadas pelo próprio ambiente, e.g. voar, correr e caminhar com seu avatar, para que o mesmo conheça as opções oferecidas pelo ambiente.
5. **Simulação com o ELAI:** A quinta etapa baseia-se em uma simulação de dúvida do estudante com o agente inteligente ELAI. Neste sentido, os estudantes foram instruídos a simular dúvidas com o ELAI por meio do *chat* (canal de comunicação utilizado pelo agente) e verificar as respostas disponibilizadas por ele, com o intuito de proporcionar esta interação de aluno - agente, para que assim seja possível avaliar a desenvoltura como um todo do agente inteligente.

Ao término deste percurso pedagógico, aplicou-se um teste de usabilidade como forma de avaliação do agente inteligente ELAI, denominado como método System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996), o qual disponibiliza um questionário composto por dez questões de

múltipla escolha (Apêndice B) e utiliza uma lógica própria para estimar e aferir o nível de usabilidade tendo como base as respostas obtidas nos questionários.

Na sequência, outros dois questionários foram aplicados aos estudantes (Apêndices D e F). Os resultados dos mesmos foram submetidos a um teste de validação, afim de garantir a credibilidade das informações obtidas. O método utilizado é denominado Coeficiente Alfa de Cronbach (Cronbach, 1951), que propõe estimar a confiabilidade de questionários aplicados em pesquisas. O Coeficiente Alfa mede a correlação existente entre respostas obtidas em questionários, por meio da análise de perfil das mesmas, ou seja, trata-se da correlação média entre as perguntas (HORA; MONTEIRO; ARICA, 2010).

Os questionários disponibilizados aos estudantes foram compostos por questões de múltipla escolha, as quais permitiram as seguintes opções de respostas, com seus respectivos valores: Discordo Totalmente (1), Discordo Parcialmente (2), Indiferente (3), Concordo Parcialmente (4) e Concordo Totalmente (5). Essa escala de respostas foi baseada na Escala Likert, que permite inferir o quanto alguém concorda ou discorda, aprova ou reprovava, acredita que seja verdadeiro ou falso, determinada afirmação (Likert, 1932). Os resultados destas análises são apresentados na Seção 6 - Avaliação e Discussão dos Resultados.



## 5 MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DO AGENTE INTELIGENTE ELAI

Este capítulo apresenta detalhadamente os aspectos envolvidos na implementação do agente inteligente ELAI, apresentando minuciosamente as particularidades para a elaboração de NPCs na plataforma de desenvolvimento de mundos virtuais OpenSimulator e, inclusive, expondo como aprimorar os *scripts* OSSL para atribuir aos NPCs às características de agentes inteligentes.

Além disso, este capítulo expõe diversos trabalhos específicos que foram realizados concomitante a este estudo e de alguma forma, tanto diretamente quanto indiretamente, cooperam com a desenvolvimento desta pesquisa. Juntamente a estas especificidades, instigou-se durante sua elaboração a integração de outros trabalhos realizados no Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA), como forma de aproveitar os conhecimentos já obtidos e explorar novas perspectivas, como é possível ser observado na Figura 5.1.

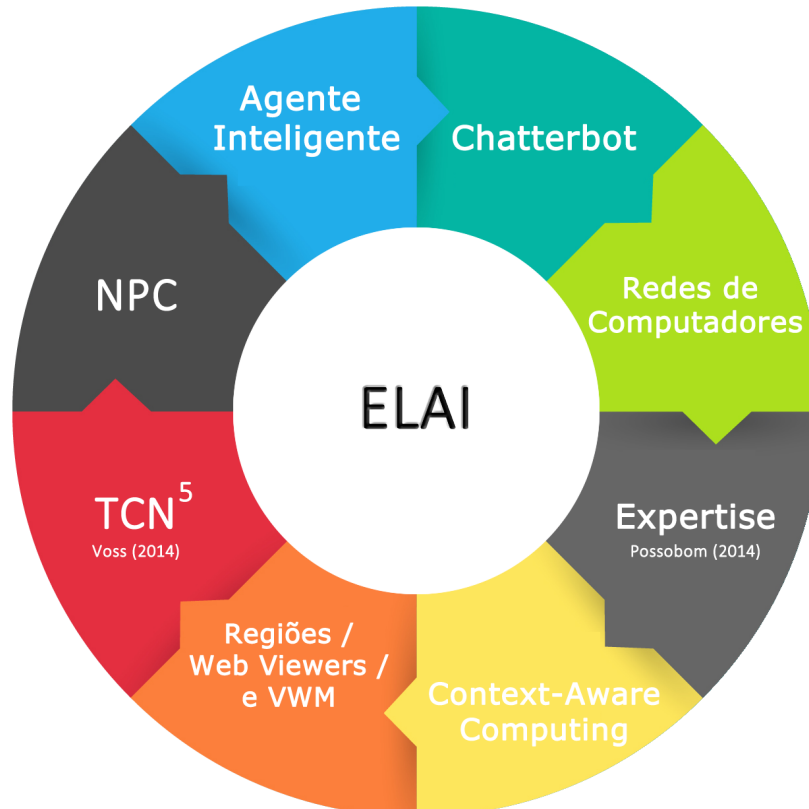


Figura 5.1 – Trabalhos e Áreas Integrantes do ELAI

Como visto na Figura 5.1, este trabalho utilizou parcialmente os seguintes trabalhos realizados anteriormente no Grupo de Pesquisa GRECA, ao qual o autor pertence:

- **TCN<sup>5</sup>**: Tomou-se como base o trabalho realizado por Voss (2014), onde o autor implementou um ambiente virtual imersivo 3D para o ensino de Redes de Computadores. Para tanto, o autor desenvolveu um ambiente ciente ao contexto do estilo cognitivo dos estudantes, proporcionando assim ferramentas e materiais adaptados aos estilos dos seus usuários, sendo contemplados os estilos: Holista, Reflexivo, Divergente e Serialista. No TCN<sup>5</sup> foi instalado o agente inteligente ELAI, onde foram mantidas as características originais do ambiente e acrescentadas novas opções, como é o caso dos níveis de *expertise* e o agente inteligente propriamente dito.
- **SistEX**: Integrou-se do trabalho de Possobom (2014) os níveis de *expertise* básico, intermediário e avançado. Estas três classes de conhecimentos foram inseridas neste trabalho com o intuito de constatar o grau de experiência que cada estudante possuía e para obter esta informação utilizou-se um questionário com indagações sobre Redes de Computadores. No contexto deste trabalho, utilizou-se estes níveis para direcionar os estudantes para o estilo cognitivo adequado (conforme a pesquisa de Voss (2014)) e concentrar seu ensino conforme o nível/situação de conhecimento atual do estudante, podendo assim prover conteúdos e materiais cientes tanto das preferências quanto do coeficiente de experiência do aluno.

Como descrito anteriormente, nesta pesquisa foram realizados alguns trabalhos específicos a fim de aprimorar o estudo aqui apresentado e também contribuir para o aperfeiçoamento das pesquisas realizadas no Grupo de Pesquisa GRECA, agregando novas ferramentas e instruções capazes de elucidarem muitas informações sobre a plataforma OpenSim e a elaboração de NPCs, que por muitas vezes são vagas e insuficientes. Para tanto, foram divididos em subseções os tópicos onde são aclarados os processos de implementação do NPC e a atribuição das características de agentes inteligentes, como também o estudo sobre os visualizadores de ambientes virtuais imersivos para a plataforma *web*.

## 5.1 Interconexão do NPC com a base de conhecimento do chatterbot

O estudo em questão tem como objetivo demonstrar o processo relacionado à implantação de um Non-Player Character (NPC) no mundo virtual OpenSimulator e a sua interconexão

com uma base de conhecimento de um *chatterbot* externo, hospedado no *site* PandoraBots. Assim como demonstrar detalhadamente os passos necessários para que a base de conhecimento possa ser adaptada, por meio da inserção de novos termos relacionados a área de interesse abordada pelo usuário.

Para obter êxito no desenvolvimento desta pesquisa, primeiramente foi instalado o metaverso OpenSim em um servidor, para então, posteriormente, realizar as configurações necessárias que possibilitam a implementação de NPCs e habilitam os comandos e as funções inerentes a estes personagens. Para tanto, primeiramente é necessário efetuar algumas modificações em determinadas linhas de código no arquivo "OpenSim.ini", conforme mencionado na página oficial do OpenSimulator<sup>14</sup>, as quais são demonstradas na Figura 5.2.

```

752 L;; Required changes to source code OpenSim.ini
753 [XEngine]
754     Enabled = true
755     AllowOSFunctions = true
756     OSFunctionThreatLevel = VeryLow
757 [NPC]
758     Enabled = true

```

Figura 5.2 – Configurações para implementação de NPCs

Cabe ressaltar que incluindo estes comandos ao código fonte do "OpenSim.ini", o usuário estará realizando alterações que impactam na configuração e, conseqüentemente, no funcionamento do mundo virtual, portanto é necessário saber exatamente quais mudanças devem ser realizadas. Ao utilizar a expressão "Enable = true", o usuário ativa o mecanismo de *script* XEngine e, com o comando "AllowOSFunctions = true" habilita a utilização das funções da linguagem OSSL, possibilitando a criação dos NPCs. Quanto à expressão "OSFunctionThreatLevel = VeryLow", esta é utilizada para definir o nível de ameaça (*threat level*), sendo sua atribuição necessária para a execução dos *scripts* implementados. Nesta caso, o nível foi definido como muito baixo, para que não houvesse nenhuma obstrução de segurança por parte da plataforma OpenSimulator, visto que alguns *scripts*, e.g. criação dos NPCs, são bloqueados quando não configurado com o nível correto.

Ao término da instalação e configuração do metaverso OpenSim, foi possível iniciar o processo de criação do NPC, que consiste no desenvolvimento de *scripts* OSSL, os quais permitem tanto controlar o personagem como também adicionar movimentos, animações, aparências

<sup>14</sup> Página Oficial do OpenSim com funções em OSSL para NPCs: <http://opensimulator.org/wiki/OSSLNPC>

e diversas ações em resposta ao ambiente e aos seus usuários. Para realizar a implementação do NPC é necessário previamente a criação de um "prim", definição para um objeto 3D (e.g. caixas, retângulos, entre outros), para que então seja possível codificar e anexar os *scripts* a este objeto, como é possível visualizar na Figura 5.3.

```

76 state_entry()
77 {
78     initPos = llGetPos() + <1,1,1>;
79 |     npc = osNpcCreate("Intelligent Agent", "", initPos, masterKey);
80     osNpcSay(npc, "Hi, " + name);
81 }

```

Figura 5.3 – Codificando um NPC no OpenSim

A expressão "initPos" está relacionada à posição inicial do NPC, ou seja, o local onde o personagem irá aparecer ao ser criado no mundo virtual. Neste caso definiu-se a posição com o valor de "1" ponto de distância do objeto 3D (prim) que contém o *script*. A variável "npc" contém o comando "osNpcCreate", que efetua a criação do NPC no mundo virtual, neste caso sendo atribuído o nome ELAI a ele, com a posição inicial definida anteriormente.

No momento de sua criação, o NPC irá falar no *chat* interno do mundo virtual uma mensagem previamente definida por meio do comando "osNpcSay", que neste caso foi um "Olá" com o nome do avatar mais próximo a ele. Com este processo realizado, ele estará criado no metaverso e realizará as ações que foram definidas no *script* desenvolvido. Tais ações podem ser classificadas como movimentações, falas e reações do NPC de acordo com informações provenientes de sensores que detectam a presença de algum avatar no seu campo de ação e através dessa detecção, o NPC é capaz de trocar mensagens com os avatares dos estudantes.

Como descrito na Figura 5.3, o comando "OsNpcSay" possibilita inserir textos previamente definidas que serão explicitadas pelo NPC por meio do *chat* interno. Quanto às movimentações, estas também podem ser definidas por meio desta linguagem OSSL, que define qual a posição que o NPC deverá se deslocar ou demais ações de movimentação que podem ser incluídas (e.g., correr, pular, voar, dançar, entre outras).

Quanto à questão envolvendo o uso de sensores, as informações de posição podem ser alteradas com base em alguma informação do próprio ambiente ou de seus usuários, por exemplo. Os *scripts* possibilitam também a implementação de funções sensoriais ao NPC, nas quais é possível capturar informações de usuários quando os mesmos adentrarem no raio de ação do sensor e executar determinadas ações, como caminhar ao encontro do usuário, emitir uma



mensagem pelo *chat* ou por voz, fazer algum gesto ou animação.

Outra possibilidade proporcionada por estas implementações envolvendo o uso de *scripts* consiste na capacidade do NPC realizar requisições externas ao ambiente, permitindo assim, a consulta de informações em diferentes locais, e.g. base de dados, repositórios de conteúdos *online* ou até mesmo buscando alguma informação sobre o usuário com o qual esta interagindo. Nesse sentido, abre-se a possibilidade de interligar o NPC com um agente conversacional (*chat-terbot*), potencializando a capacidade de interação entre os usuários e o NPC, além de atribuir também a aptidão de responder aos estudantes de forma mais complementar e detalhada. Diante disso, o ambiente e a recomendação proporcionada dos materiais educacionais, além do diálogo do ELAI, estarão baseados no nível de conhecimento desse aluno e, dessa forma para os alunos de graduação ele poderá apresentar um vídeo básico sobre roteamento e para estudantes de pós-graduação ele poderá expor os novos protocolos e as novas tecnologias para o roteamento, por exemplo.

A interligação com os agentes conversacionais ocorre também por meio de *scripts* na linguagem OSSL, para tanto, primeiramente é necessário a criação de um *chat-terbot*. Neste trabalho foi utilizado a ferramenta PandoraBots<sup>15</sup> por possibilitar a hospedagem do agente conversacional gratuitamente, permitir alterações *online*, oferecer informações dos acessos e *logs* das conversas, além de disponibilizar uma base de conhecimento *default* com classes AIML incorporadas do precursor ALICE Bot<sup>16</sup>.

A classe *default* que é fornecida como padrão contém dados gerais acerca de tópicos corriqueiros do dia-a-dia, sendo disponibilizada com o intuito de auxiliar o usuário de forma geral. Caso alguma pergunta seja feita ao NPC e ele não saiba esta resposta, a base está programada para induzir o usuário a lhe fazer outros questionamentos similares até que possa ser sanada a sua dúvida, mesmo que de forma geral.

Nos casos em que se deseja utilizar uma base de dados personalizada, com tópicos específicos acerca de um conteúdo, uma personalização dos dados contidos deve ser executada, inserindo os termos e seus significados conforme julgar necessário. No sentido de demonstrar tal adaptação da base de conhecimento, neste estudo foram criadas algumas classes na notação AIML com tópicos relacionados à área de Redes de Computadores, como é possível visualizar na Figura 5.4.

<sup>15</sup> Página Oficial do PandoraBots: <http://pandorabots.com/>

<sup>16</sup> Página Oficial do ALICE Bot: <http://alice.pandorabots.com/>

```

1  <aiml>
2  <category>
3    <pattern>Firewall</pattern>
4    <template>
5      The firewall is a devide of a computer network
6      that aims to apply a security policy to a point
7      on the network. The firewall can be the type
8      packet filters, proxy applications, etc.
9    </template>
10 </category>
11 </aiml>

```

Figura 5.4 – Definição de uma classe na notação AIML sobre um tópico específico de RC

Nesta classe representada na Figura 5.4, é possível visualizar um exemplo no qual é informada uma palavra-chave em `<pattern>` com a referência "Firewall" e o conhecimento sobre essa referência é relatada na `tag <template>`. Dessa maneira, quando o *chatterbot* for interrogado, será realizado uma filtragem utilizando uma palavra-chave, que neste caso é o termo "Firewall" e sua contrapartida será o conhecimento contido na `tag <template>`.

A Figura 5.5, representa as classes criadas na base de conhecimento do *chatterbot* e hospedadas no PandoraBots. Nesse contexto, as setenta classes criadas a partir da conceituação dos estudantes, foram carregadas na base de conhecimento do ELAI e através disso, quando uma pergunta for emitida pelo aluno, é nessas classes que o *chattebot* irá procurar.

Filename	Categories	Size	Last Modified
<a href="#">pickup.aiml</a>	1	536	07/28/2014 07:43:09 PM GMT
<a href="#">ai.aiml</a>	184	32,931	08/12/2014 06:24:31 PM GMT
<a href="#">biography.aiml</a>	533	84,535	08/12/2014 06:24:31 PM GMT
<a href="#">bot.aiml</a>	3,003	415,844	08/12/2014 06:24:31 PM GMT
<a href="#">computers.aiml</a>	136	21,925	08/12/2014 06:24:31 PM GMT
<a href="#">default.aiml</a>	4,614	623,077	08/12/2014 06:24:31 PM GMT
<a href="#">knowledge.aiml</a>	1,419	266,551	08/12/2014 06:25:12 PM GMT
<a href="#">predicates.aiml</a>	5	2,971	08/12/2014 06:25:12 PM GMT
<a href="#">router.aiml</a>	3	1,317	08/12/2014 06:25:12 PM GMT
<a href="#">firewall.aiml</a>	3	1,349	08/12/2014 06:25:12 PM GMT
<a href="#">that.aiml</a>	1,365	200,869	08/12/2014 06:25:12 PM GMT

Figura 5.5 – Classes na notação AIML hospedadas no PandoraBots

Além de oferecer o serviço de hospedagem gratuita, o PandoraBots também proporciona

a visualização de quantas categorias cada classe possui, além de apresentar quantas vezes as palavras chaves contidas nesta classe foram requisitadas nos questionamentos dos estudantes e também disponibilizar um histórico das perguntas efetuadas pelos alunos.

Com a criação do NPC e da base de conhecimento AIML personalizada, a interconexão dos NPCs com os *chatterbots* deve ser efetuada. Para tanto, foram utilizados os *scripts* da linguagem OSSL apresentados na página do OpenSim e também adaptados outras funções encontradas em repositórios *online*, e.g. Kenneth Rougeau (2014), Zadaroo (2014), OpenSim-Creations (2014) e FleepGrid Shop (2014). A Figura 5.6 apresenta o *script* de interconexão, no qual é possível verificar uma linha divisória, a qual segmenta em dois momentos o código para uma melhor interpretação.

```

120 string botid = "bc3c78cc7e3428e8";
121 requestid = llHTTPRequest("http://www.pandorabots.com/pandora/talk-xml?botid="
    +botid+"&input="+llEscapeURL(_msg)+"&custid="+cust,[HTTP_METHOD,"POST"], "");
122
123 cust_begin=llSubStringIndex(body, "custid=");
124 cust=llGetSubString(body, cust_begin+8, cust_begin+23);
125 that_begin = llSubStringIndex(body, "<that>");
126 that_end = llSubStringIndex(body, "</that>");
127 reply = llGetSubString(body, that_begin + 6, that_end - 1);
128 newreply = SearchAndReplace(reply, "%20", " ");
129 reply = newreply;
130 newreply = SearchAndReplace(reply, "&quot;", "\"");
131 reply = newreply;
132 newreply = SearchAndReplace(reply, "&lt;br&gt;", "\n");
133 reply = newreply;
134 newreply = SearchAndReplace(reply, "&gt;", ">");
135 reply = newreply;
136 newreply = SearchAndReplace(reply, "&lt;", "<");
137
138 osNpcSay (npc, newreply);

```

Figura 5.6 – Scripts implementados para o NPC  
Fonte: Adaptado de Kenneth Rougeau (2014)

No primeiro momento é informado o código identificador do *chatterbot* previamente implementado no PandoraBots, bem como realizada a requisição ao agente conversacional, portanto são enviados os parâmetros necessários: o código identificador do *chatterbot*, a mensagem em si e o método da requisição utilizado. Durante o segundo momento é realizado o tratamento das informações retornadas pelo *chatterbot*, com o intuito de repassar ao usuário somente a mensagem devolvida após a consulta na base de conhecimento do agente conversacional. Dessa forma, ao término dessa análise, é apresentada a mensagem ao usuário, por meio do comando "osNpcSay (npc, newreply)".

Posterior a todos estes procedimentos mencionados, quando o usuário interagir com

o NPC no mundo virtual, automaticamente estará interagindo com o agente conversacional implementado no PandoraBots, podendo assim, fazer questionamentos e tirar dúvidas sobre tópicos de Redes de Computadores. Para demonstrar a interligação descrita nesta seção, a Figura 5.7 apresenta uma interação entre o NPC e um avatar do usuário no mundo virtual.



Figura 5.7 – Interação do estudante com o agente inteligente ELAI

É possível visualizar que o usuário realizou por meio do canal "/16" do *chat* o seguinte questionamento: "What is a Firewall?"; e, o NPC por sua vez, fez uma requisição/consulta na base de conhecimento do *chatbot*, retornando a informação que havia sido definida anteriormente, conforme demonstrado na Figura 5.5.

A Figura 5.8, apresenta as características que foram atribuídas ao agente inteligente ELAI, as quais são fundamentais para a execução do mesmo em um ambiente virtual imersivo voltado à educação. Foram implementadas funções que contribuíam no processo contínuo das atividades realizadas pelo ELAI, além de viabilizar a capacidade do agente conversar com os estudantes por meio do *chat*. Para tanto, atribuí-se ao agente um canal de comunicação, no qual foi estipulado um prefixo para que o mesmo entendesse quando o usuário estivesse conversando com ele e não com outro avatar de um usuário qualquer.

Portanto, quando o estudante utilizar o prefixo "/16" no canal de comunicação (*chat*), o ELAI vai capturar as informações passadas na mensagem enviada pelo estudante, bem como as

identificações de quem a enviou.

```

1 state_entry() {
2     ...
3     listenChannel += llGetListLength(avatars);
4     llListen(listenChannel, "", NULL_KEY, "");
5
6     llSensorRepeat("", "", AGENT, 10.0, PI/2, 0.5);
7     //llSensorRepeat(name = "", id = "", type = "AGENT", range = 10.0, arc = PI/2, rate = 0.5);
8 }

```

Figura 5.8 – Definindo atividade contínua ao ELAI e estabelecendo o canal de comunicação

Além do canal de comunicação, na Figura 5.8 também é apresentada a função que estabelece a característica de atividade contínua do agente inteligente ELAI (`llSensorRepeat`<sup>17</sup><sup>18</sup>). Nesta função são definidas diversas variáveis importantes para a execução do sensor e consequentemente no desempenho do agente inteligente:

- **Name e Id:** as duas primeiras variáveis podem ser utilizadas para definir o nome e o código de identificação do avatar, possibilitando assim o sensor interaja somente com um determinado avatar/usuário, mas no caso do agente inteligente ELAI os campos foram deixados em branco, para que todos os avatares dos usuários pudessem interagir com o agente;
- **Type:** a terceira variável define quais os tipos/categorias de objetos que o agente poderá interagir (levando em consideração que o avatar é um objeto). Sendo assim, foi atribuído ao ELAI o valor "AGENT", que determina que o sensor acoplado ao agente poderá somente perceber e "ouvir" outros agentes e avatares de usuários;
- **Rage:** o quarto campo é utilizado para informar a distância máxima de atuação do sensor na unidade de metros. Sendo assim, foi atribuído ao ELAI o perímetro máximo que ele poderá agir, o qual foi definido em dez (10) metros. Um ponto a favor do OpenSimulator é que ele permite atribuir o valor de até mil (1000) metros, enquanto o SecondLife somente noventa e seis (96) metros;
- **Arc:** o quinto valor corresponde ao ângulo que o sensor irá atender. Usualmente, no mundo virtual, é atribuído a essa variável o valor de PI, que corresponde ao ângulo de 360o (graus), mas para o ELAI foi definido o valor de PI/2, atendendo somente 180o graus;

<sup>17</sup> Função Consultada na página oficial do OpenSimulator: [http://opensimulator.org/wiki/LSL\\_Status/Functions](http://opensimulator.org/wiki/LSL_Status/Functions)

<sup>18</sup> Função Consultada na página oficial do SeconLife: <http://wiki.secondlife.com/wiki/LLSensorRepeat>

- **Rate:** por fim, o sexto campo é referente ao tempo que o sensor deve realizar uma nova varredura em seu perímetro, no qual foi definido para o sensor do ELAI o valor de 0.5 segundos. Esse valor foi definido com base nos testes realizados pelo autor.

A partir do desenvolvimento destas funcionalidades, torna-se possível realizar diversas implementações com o intuito de melhorar as questões relacionadas à usabilidade e interatividade do NPC para com os usuários. Nesta perspectiva, também foi atribuído características de agentes inteligentes aos NPCs, tornando-os proficientes e hábeis na realização de múltiplas tarefas. Portanto, quando considerado os critérios elencados por Franklin e Graesser (1996) para agentes inteligentes, e.g. interação, autonomia, reatividade, pró-atividade, atividade contínua, adaptabilidade, mobilidade e personalidade, é possível expandir a eficácia dos NPCs.

Neste sentido, para atender aos requisitos elencados anteriormente, foi implementado junto ao NPC, funções sensoriais com o intuito de ativar estes recursos. Para efetuar sua ativação, uma função foi inserida para estabelecer um raio de cobertura para que o agente inteligente conseguisse capturar as movimentações dos usuários que entrassem neste perímetro, possibilitando inclusive a captura de informações destes usuários. Com base nisso, quando o usuário, por meio de seu avatar se aproximar do agente inteligente, o sensor possibilita a percepção do ambiente; a atuação sobre o próprio ambiente ou seus usuários; a autonomia para realizar determinadas atividades; a reatividade ao perceber o ambiente e responder às suas mudanças; a pró-atividade ao tomar iniciativa; a mobilidade relacionada a capacidade de se mover; e de atividade contínua sempre estando em processo de atividade.

Além de atender a estas características, o agente inteligente consegue atender os requisitos de mobilidade e reatividade, pois quando o estudante se aproxima e ingressa no raio de ação do NPC, o mesmo executa a reação de movimentar-se ao encontro da posição do estudante. Além disso, caso o estudante se movimente dentro desse perímetro, o agente inteligente irá segui-lo, de forma a proporcionar uma sensação de assistência e monitoramento, sendo possível lhe oferecer ajuda. No mesmo momento que o agente identifica a proximidade do estudante em seu perímetro, uma mensagem de boas-vindas é emitida, estabelecendo um canal de comunicação por meio do *chat* para proporcionar uma interação entre o usuário e o ELAI.

Dentre as características já elencadas, quando o estudante adentrar no raio de ação do agente, o mesmo captura informações sobre este usuário. Nesse sentido, juntamente ao agente inteligente ELAI foram implementados agentes conversacionais (*chatterbots*), a fim de possibilitar que os estudantes questionem e tirem suas dúvidas diretamente com o agente, sobre os



assuntos referentes a Redes de Computadores. Ao questionarem o ELAI, o mesmo realiza uma requisição externa ao *chatbot* hospedado no PandoraBots, que tem o papel de interpretar a requisição enviada (o que foi questionado pelo aluno) e inferir a resposta mais adequada.

Para aprimorar este recurso e atender a característica de adaptação, implementou-se a capacidade do ELAI identificar o nível de *expertise* do estudante, quando o aluno entra no raio de ação. Através disso, é possível viabilizar uma resposta ciente de contexto do nível em que o estudante encontra-se, como pode ser visto na Figura 5.9, onde são apresentados três testes, com diferentes estudantes e níveis de *expertise* (básico, intermediário e avançado). Sendo que cada um dos alunos realiza o mesmo questionamento ao ELAI e a resposta é diferente em cada uma das requisições, visto que cada um deles encontra-se em um nível diferente de experiência. A partir disso, é possível afirmar que o agente inteligente ELAI, atende às características de *context-aware computing* objetivadas no início do trabalho.



Figura 5.9 – ELAI respondendo os questionamentos ciente do nível de *expertise*

Com o intuito de intensificar as experiências imersivas dos estudantes, este agente inteli-

gente foi implementado no ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> (Voss, 2014), que tem a capacidade de adaptar-se ao estilo cognitivo do aluno, oferecendo cinco regiões para que os estudantes interajam com os objetos e recursos educacionais adequados as suas características, sendo as regiões disponíveis: Redes de Computadores, Reflexiva, Divergente, Holista e Serialista.

Para atender um dos objetivos elencados neste trabalho, que da conta da continuidade no desenvolvimento do ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup>, foram realizadas implementações no ambiente. O objetivo em questão tinha como propósito prover ao ambiente características de *context-aware computing*, tornando-o ciente de contexto ao nível de *expertise* do educando. Para alcançá-lo, em cada uma das regiões cognitivas já existentes, foram adicionados três prédios, nos quais cada um correspondia a um nível de experiência, e.g. Laboratório Serialista - Expertise Básica (Figura 5.10). Em cada um destes prédios, foram adicionados atividades e recursos educacionais conforme o nível indicado, além de ser incorporado o ELAI.



Figura 5.10 – Contribuições realizadas no TCN<sup>5</sup>



Finalizado o procedimento de implementação e interligação destas tecnologias, torna-se evidente tanto a complexidade quanto a potencialidade existente em sua utilização no âmbito educacional, portanto é importante mensurar e estimar sua relevância em situações reais, ponderando a interação dos usuários para com o agente inteligente.

## 5.2 Web Viewers

O agente inteligente ELAI desenvolvido neste trabalho, encontra-se hospedado em um mundo virtual denominado de TCN<sup>5</sup> e os mundos virtuais são aplicações que necessitam de um visualizador (*viewer*) para realizar a conexão e a conversão do código para a visualização gráfica pelos seus usuários. Conforme Nunes et al. (2013), os *viewers* são *softwares* específicos utilizados para efetuar o acesso aos ambientes virtuais, estabelecendo a conexão com o mundo virtual e permitindo a interação do usuário, através de seus avatares com os objetos e elementos fornecidos pelo metaverso. Já Herpich (2014, C) sustenta que os visualizadores têm o intuito de potencializar a navegação dos usuários no mundo virtual, mas além disso, também são incorporados outros diversos aspectos relacionados à Interação Humano-Computador (IHC), sustentando fundamentos de interface, usabilidade, interação, *design*, entre outros.

Estes visualizadores normalmente são instalados e configurados no computador, demandando tempo, conhecimento e manutenção por parte do usuário, situação que pode inibir a sua utilização. Nesta perspectiva, os *viewers* específicos para a *plataforma web* surgem como alternativas de grande potencial, tanto no que tange a facilidade de acesso proporcionada aos usuários, os quais não necessitam da instalação e configuração de *softwares* robustos em seus computadores, quanto também no que se refere à disponibilidade de *hardware* avançado e sistemas operacionais suportados pela ferramenta, provendo assim, o acesso de qualquer lugar, momento e plataforma, necessitando apenas de conexão banda larga.

Ainda nesta perspectiva, é possível a inserção de arquiteturas baseadas em *cloud computing*, possibilitando o compartilhamento em rede, sob demanda, de recursos como plataformas, servidores e aplicações. Essa característica reduz a necessidade de infraestrutura computacional ao usuário final, facilitando a utilização e permitindo a qualquer pessoa o acesso, independente do dispositivo escolhido, pois exige um mínimo ou nenhuma instalação de *software* adicional.

### 5.2.1 Seleção dos Web Viewers

A escolha dos visualizadores utilizados nos testes teve como referência a pesquisa de Falcade et al. (2014), que analisou inicialmente vinte ferramentas e apresentou seis delas como sendo *web viewers*. A pesquisa de Falcade et al. (2014) baseou-se nos trabalhos de Nunes et al. (2013), Voss et al. (2013), Ávila, Amaral e Tarouco (2013) e a página Hypergrid Business (2014). Portanto, os *web viewers* selecionados para compor este estudo foram:

- **TipoDean:** é uma empresa de tecnologia que disponibiliza regiões de livre acesso para testes, as quais são visualizadas na *web*, através do *plugin* Unity 3D (Unity3D - Game Engine, 2014). As vantagens desse *viewer* são: a facilidade de acesso, mesmo com um *hardware* inferior e com menor largura de banda; a possibilidade de integração com rede social; e a alta escalabilidade. Como desvantagem, as regiões disponibilizadas possuem limitações de ação do avatar, que só pode "caminhar pelo ambiente", essa característica pode acontecer devido à disponibilização limitada de versão que restringe as possibilidades do usuário.

Além das regiões de teste acessadas pelo *viewer*, o TipoDean disponibiliza uma ferramenta de conversão de mundos virtuais desenvolvidos em OpenSim e Second Life para Unity 3D. Essa conversão permite aos desenvolvedores acrescentar objetos dentro do ambiente sem perder as informações que ele já possuía. No contexto educacional, este *viewer* permite tanto a interação entre estudantes através de um ambiente tridimensional acessado pelo computador, quanto as instituições de ensino a utilização de seu próprio mundo virtual na *web* pela conversão em Unity 3D, desde que ele tenha sido desenvolvido em OpenSim ou Second Life.

- **SandBox:** de acordo com a página oficial do Sandbox (VW SandBox, 2014), trata-se de um projeto de Aprendizagem Distribuída Avançada que é desenvolvida em HTML5 e por isso dispensa a instalação de *plugins*. O *viewer* SandBox é construído em cima do Virtual World Framework e possui um *site* que proporciona a sua demonstração, onde o usuário pode ter uma noção de seu funcionamento.

O SandBox possibilita ao usuário criar o seu próprio mundo conforme suas necessidades, e.g. uma reunião ou palestra. Por ser amplo, possibilita ao usuário a implementação completa, pois possui ferramentas de criação de objetos, sendo uma característica muito

importante na utilização para fins educacionais, pois com esse visualizador, é possível criar e configurar um mundo virtual com a identidade de uma instituição educacional e com a aparência de um local específico, como laboratório, sala de aula ou campus universitário.

- **3DXplorer:** o 3DXplorer é um *viewer* 3D interativo, totalmente *web*, ou seja, não requer nenhum *download* ou instalação, funciona com qualquer navegador em qualquer computador (3D Xplorer, 2014). Também possui uma gama de serviços como eventos virtuais, *websites* 3D, *live meeting*, *web conferencing*, exposições virtuais, salas de aula virtuais, entre outros. Entretanto, ao criar uma conta no *site* do serviço é possível acessar somente uma região de teste, que pode ser um auditório ou uma conferência, e a mesma só fica disponível para testes por 30 dias.

No campo educacional, o 3DXplorer pode ser utilizado na realização de *web* conferências entre professores, alunos e comunidade de forma interativa, pois o conferencista dispõe de uma tela para apresentação de *slides* ou transmissão de áudio e vídeo em tempo real. Além disso, os estudantes podem conversar entre si por meio de *chat* de texto e voz e fazer indagações ao conferencista.

- **Cube3:** é um projeto que trabalha com *web viewers* e jogos Web 3D. Seus visualizadores são personalizados e podem ser acessados por navegadores *web* em qualquer computador ou *smartphone*, projetados para trabalhar com tecnologias multiusuário 3D e Java, utilizando o *plugin* Unity 3D. Duas regiões destacam-se: Officepodz, para apresentações de mundos virtuais corporativos e reuniões *online*; e o Campuspodz, para uso educacional, simulando as instalações físicas de uma universidade (CUBE3, 2014). Disponibiliza uma versão de testes do Officepodz, porém bastante restrita, possibilitando apenas visualização de um ambiente imersivo 3D, sem interatividade.

O *viewer* Cube3 possui configurações funcionais e de aparência pré-estabelecidas. Sendo assim, é indicado para aqueles que desejam utilizar um mundo virtual para um fim rápido, que não necessita de muita personalização ou interatividade. No mundo acadêmico, ele pode ser utilizado em uma aula demonstrativa de imagens 3D, computação gráfica, tecnologias educacionais, jogos, entre outros. Nesse caso, por estar na *web*, não há necessidade de conduzir a turma a um laboratório, pois pode ser acessado através de qualquer dispositivo com acesso à *internet*.

- **ReactionGrid:** é uma empresa de desenvolvimento de simuladores 3D multiusuário e projetos de *viewers*, com foco no ensino, uso comercial e entretenimento. A plataforma Jibe é a principal ferramenta da ReactionGrid para a construção e implantação de ambientes 3D na *web* e em dispositivos móveis, utilizando o *plugin* Unity 3D. Por meio do *kit* Jibe para desenvolvedores, é possível criar, publicar e gerenciar seu próprio mundo virtual personalizado, que pode ser incorporado em páginas *web* ou acessados a partir de dispositivos móveis. O desenvolvedor pode hospedar sua região na ReactionGrid ou em servidores próprios.

Esse visualizador também oferece, de forma gratuita para testes, ambientes virtuais imersivos pré-estabelecidos ou pré-configurados. Podem ser utilizados para proporcionar interatividade aos alunos, necessitando apenas da instalação do *plugin* Unity3D.

- **PixieViewer:** trata-se de um *viewer* baseado em navegadores *web* ainda em desenvolvimento, mas com grandes perspectivas de crescimento devido a sua rapidez e qualidade apresentada ao permitir o acesso de usuários às *grids* OpenSim sem instalar qualquer *software* ou *plugins*, além de ser responsivo e permitir acesso através de dispositivos móveis. É desenvolvido em HTML5 utilizando WebGL e funciona nos navegadores tradicionais, (e.g. Chrome, Firefox, Safari, entre outros). Além disso, possui funcionalidades básicas, como criação de objetos, texturização e *chat* (VOSS et al., 2013).

O PixieViewer desponta como uma potencial ferramenta educacional, pois permitirá o acesso à mundos virtuais e ambientes 3D que podem apoiar o processo de ensino e aprendizagem. Simulações, criação de laboratórios virtuais, jogos sérios, entre outras atividades poderão ser disponibilizadas por meio deste recurso, enriquecendo a proposta pedagógica de uma disciplina ou curso, especialmente em aulas práticas, onde a realização de testes é algo que requer muito investimento devido ao alto custo de equipamentos e instalações de laboratórios específicos.

### 5.2.2 Proposta de Framework Avaliativo

Para elaborar o *framework* avaliativo, foram estipulados alguns critérios apontados como relevantes em *viewers*, os quais foram observados nos trabalhos de Amaral, Ávila e Tarouco (2012), Ávila, Amaral e Tarouco (2013) e Nunes et al. (2013), onde buscou-se adaptar algumas características para esta pesquisa, elencando 10 critérios que devem ser contemplados pelos visualizadores de ambientes virtuais imersivos, os quais são apresentados na Tabela 5.1:

Critério	Descrição	Avaliação		
<b>Compatibilidade</b>	Permite aos usuários realizarem conexão em outros mundos virtuais de sua preferência, e.g. OpenSim e SecondLife.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Regiões com Livre acesso</b>	Oferece regiões para que os usuários testem e verifiquem o serviço antes de outras ações.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Serviços</b>	Oferece alguma funcionalidade inovadora, e.g. conversa por <i>chat</i> e áudio, NPCs, melhor experiência com gráficos tridimensionais.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Integração com as Redes Sociais</b>	Possibilita a integração com redes sociais, e.g. <i>Twitter</i> e <i>Facebook</i> .	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Visualização do Ambiente</b>	Possibilita a visualização do ambiente virtual imersivo corretamente, sem falhas durante o uso de diferentes navegadores e dispositivos, como também na importação de objetos de diferentes extensões.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Acesso em Navegadores</b>	Possui fundamentos de um <i>web design</i> responsivo diante de diferentes navegadores, oferecendo os mesmos serviços, com a mesma qualidade, independente do navegador utilizado pelo usuário para efetuar o acesso.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Acesso em Dispositivos Móveis</b>	Possui os fundamentos necessários para se adaptar às características do dispositivo móvel, e.g. tamanho de tela, capacidade de processamento, entre outras.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Importação de Objetos</b>	Funcionalidades que a ferramenta oferece, como permitir importação de objetos modelados em 3D ou de objetos encontrados em repositórios <i>online</i> , e.g. Google SketchUp e Zadaroo.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Criação de Objetos</b>	Capacidade de criação de objetos 3D relacionados ao conteúdo proposto no ambiente.	Sim (10 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (0 pontos)
<b>Download e Instalação de Plugin</b>	Requer outros <i>softwares</i> ou <i>plugins</i> para a execução, exigindo instalações ou configurações por parte do usuário.	Sim (0 pontos)	Parcialmente (5 pontos)	Não (10 pontos)

Tabela 5.1 – Framework avaliativo de web viewers

Fonte: Adaptado de FALCADE et al. (2014), AMARAL; AVILA; TAROUCO (2012), ÁVILA; AMARAL; TAROUCO (2013) e NUNES et al. (2013)

A arquitetura apresentada de *framework* avaliativo dos *web viewers* sintetiza os principais critérios e suas possibilidades de julgamento. As análises e comparações realizadas por meio da sua aplicação podem permitir identificar prós e contras dos *web viewers* para utilização no âmbito educacional, servindo como metodologia de apoio à decisão.

A escolha da ferramenta a ser utilizada deve refletir as demandas e a realidade de cada contexto acadêmico, de acordo com as principais funcionalidades que se pretende utilizar. A realidade em que o curso está inserido deve ser considerada, visando proporcionar uma melhor experiência ao usuário. Além disso, o *web viewer* adequado, ou seja, escolhido, deve refletir o nível de conhecimento do usuário, para que se obtenha o melhor aproveitamento da ferramenta de ensino disposta no MV, ou da própria experiência de imersão tridimensional.

A partir dos testes e das análises realizadas, foi possível auferir quais visualizadores melhor se adequavam aos critérios apontados nesta Seção. Já os resultados e a discussão dos mesmos, são apresentados na Seção 6.2 - Análise dos *Web Viewers* e Resultados.

## 6 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção é descrita de forma detalhada os testes e avaliações realizadas ao longo deste trabalho, bem como as discussões dos resultados que foram obtidos. Assim como elucidado no capítulo anterior (Capítulo 5), esta pesquisa não teve como único objetivo a implementação do agente inteligente **ELAI**, mas também a elaboração de outros trabalhos específicos realizados no Grupo de Pesquisa GRECA, os quais são considerados resultados significativos e fundamentais para o alcance das ambições pretendidas neste trabalho, uma vez que, tanto o desenvolvimento da ferramenta VWM, quanto o estudo sobre os visualizadores *web*, impactam diretamente na execução e desempenho do ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> e do ELAI.

Cientes desta observação, nas próximas seções serão discutidos os resultados pontuais obtidos em cada uma destas pesquisas realizadas. Com o intuito de aclarar esta análise, a discussão destes elementos será dividida em três contextos diferentes, como seguem descritos abaixo:

- 1- No primeiro contexto será apresentada a ferramenta para o gerenciamento de mundos virtuais, desenvolvida ao longo deste trabalho e denominada de Virtual World Manager (**VWM**), que tem o objetivo de monitorar e apresentar em detalhes quais os recursos que estão sendo consumidos do servidor pelo ambiente virtual imersivo, no qual foi integrado o agente inteligente ELAI.
- 2- O segundo contexto abordará um levantamento realizado sobre os diversos visualizadores (*Viewers*) para a plataforma *web*, os quais são utilizados para o acesso em ambientes virtuais imersivos. Além disso, neste contexto também serão apresentadas as características particulares de cada *viewer* e uma análise específica das vantagens e desvantagens individuais de cada ferramenta.
- 3- No terceiro contexto será exposta a avaliação do agente inteligente **ELAI** com os estudantes. A avaliação foi composta de três questionários (Apêndices B, D e F), os quais foram aplicados a catorze estudantes dos Cursos de Graduação em Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Curso de Pós-Graduação de Mestrado em Ciência da Computação da UFSM. Os questionários foram respondidos pelo alunos tendo como base a experiência obtida diante do Percorso Pedagógico realizado e descrito na Seção 4.

## 6.1 Virtual World Manager (VWM)

A partir de estudos prévios, realizados neste e também em demais trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa ao qual o autor pertence, constatou-se que o desempenho do servidor onde o mundo virtual encontra-se hospedado e a performance do ambiente virtual imersivo, são comprometidas quando um grande número de usuários conectam-se ao ambiente. O comprometimento do ambiente gerava impactos negativos aos usuários durante suas navegações no ambiente virtual imersivo, dificultando, por exemplo, sua interação com os vídeos e *slides*, os quais os processos não executavam adequadamente, acarretando na demora demasiada para o *loading* de vídeos e/ou para a troca de um *slide* para outro.

Diante desta perspectiva, uma das etapas presentes no escopo deste trabalho consiste na implementação de uma ferramenta *web* capaz de monitorar a quantidade total e média dos recursos consumidos no servidor pelo ambiente virtual imersivo e seus artefatos, abrangendo inclusive detalhes técnicos sobre o mundo virtual e seus usuários. Para o desenvolvimento da ferramenta VWM, acrônimo em inglês para Gerenciador de Mundo Virtual, utilizou-se diversos parâmetros apresentados na *página* oficial do OpenSimulator<sup>19 20</sup>, os quais serão explicados nos próximos parágrafos.

Na Figura 6.1 é possível visualizar três marcadores que apresentam valores de grande significância para o funcionamento adequado do ambiente virtual imersivo, como também da apropriada interação dos usuários com o mesmo. Portanto, é possível verificar que os valores apresentados nos dois primeiros marcadores estão definidos na medida de Frames Per Second (FPS), que transpassam o número de quadros por segundo que estão sendo enviados para os computadores e interpretados pelo *viewers* dos usuários conectados.

<sup>19</sup> Página oficial do OpenSimulator consultada: <http://opensimulator.org/wiki/Monitoring>

<sup>20</sup> Página oficial do OpenSimulator consultada: [http://opensimulator.org/wiki/Monitoring\\_Module](http://opensimulator.org/wiki/Monitoring_Module)



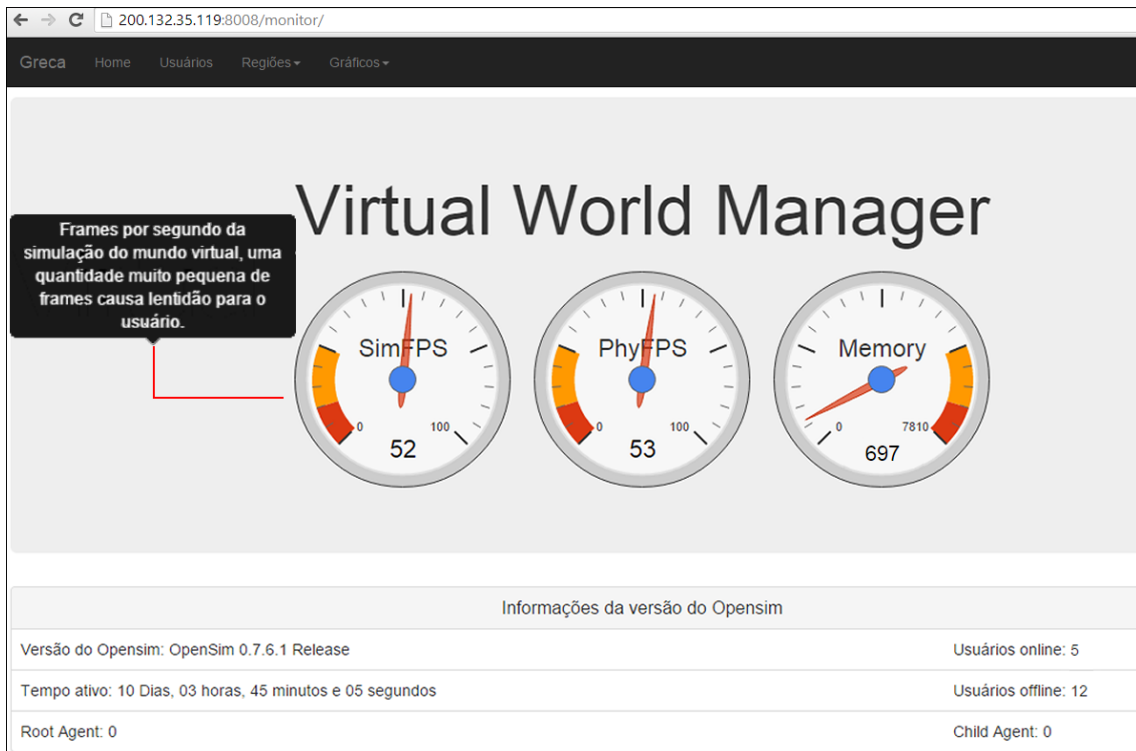


Figura 6.1 – Monitoramento de Recursos do VWM

A partir das informações disponibilizadas na página oficial do OpenSimulator<sup>21</sup>, é possível interpretar o significado de cada valor apresentado nos marcadores. Sendo que o primeiro (SimFPS) é, de forma geral, o responsável por medir a quantidade de *frames* passados por segundo aos usuários. Já o segundo marcador (PhyFPS), trata-se da quantidade de tempo necessário para concluir o processo físico intrínseco a cada quadro.

Como uma estimativa de valores apropriados, o OpenSimulator<sup>17</sup> também informa que o envio de cada quadro (*frame*) deve ser concluído em um tempo de aproximadamente 18,18 Milissegundos (ms), valor este que corresponde em torno de cinquenta e cinco quadros por segundo (55 FPS). Sendo assim, caso o tempo total de quadros por segundo seja maior que o indicado, conseqüentemente o número de quadros enviados irá diminuir.

Em decorrência disso, os usuários possivelmente serão prejudicados, tendo em vista o comprometimento tanto da visualização quanto da interação com o ambiente virtual imersivo e com o agente inteligente. Isso ocorre devido ao aumento do período de latência, que trata-se da diferença de tempo entre o início de uma ação e o momento em que seus efeitos tornam-se visíveis, o que provoca travamentos e/ou atrasos, demora para o personagem (avatar) responder aos comandos, inclusive podendo gerar procrastinação/atraso/demora nas ações do agente inte-

<sup>21</sup> Página oficial do OpenSimulator consultada: [http://opensimulator.org/wiki/Client\\_side\\_monitoring](http://opensimulator.org/wiki/Client_side_monitoring)

ligente **ELAI**, como exemplo, em sua capacidade de perceber o ambiente e de movimentar-se nele, ou o recurso de adaptar-se ao nível de *expertise* do estudante, bem como, a interação e a comunicação com os usuários através do *chatterbot*. Os dados apresentadas na Figura 6.1, correspondem as informações reais, que foram obtidas através de testes, onde cinco usuários encontravam-se conectados ao ambiente virtual imersivo.

Na Figura 6.2 é possível visualizar os *logs* de todos os eventos que ocorrem no ambiente virtual imersivo, tanto os episódios inerentes ao mundo virtual, quanto as ações executadas pelos usuários conectados. Por meio destas informações, o responsável pela administração do ambiente pode aumentar o controle sobre as ações executadas e verificar em tempo real o que está ocorrendo no MV, inclusive verificar o que cada usuário está acessando e em que região está navegando. Através desse artifício é possível identificar se o estudante esta realizando o Percurso Pedagógico previamente estabelecido, apontando com quais recursos o estudante esta interagindo, entre outros aspectos. Dessa forma, caso seja necessário obter alguma informação ou caso ocorra algum problema, o responsável pela administração poderá acessar estes dados e tomar alguma medida, tanto no que tange os recursos tecnológicos, e.g. *hardware* e servidor, com intuito de realizar melhorarias necessárias para o perfeito andamento do ambiente, quanto a respeito das questões pedagógicas, adequando o Percurso Pedagógico ou o Design Instrucional do ambiente e dos objetos 3D disposto nele.

Log de Eventos

ActiveLog

```

20:00:46 - [URL MODULE] : Releasing url http://WIN-44MFB0HMQ1T:9000/!shttp/89b50a14-a8b9-474b-b2dd-26c4cc089da1/ for 20fddb19-e03d-4c73-a47b-509aadaaf54a in
32af50d2-1757-4163-aa9b-53d8cfe1513d
→ 20:00:46 - [URL MODULE] : Set up incoming request url /!shttp/e96cd9de-2e47-4d1e-9b38-906f62333f21/ for 757296dc-7f63-442b-9e5e-84e9b2b81658 in SLOODLE
RegEnrol Booth 1175155344
→ 20:00:46 - [URL MODULE] : Set up incoming request url /!shttp/e7c3166a-2215-4f5d-a013-c4c2174bf472/ for ce563b33-854b-4df2-a194-4a4c5df2b4d5 in SLOODLE
Presenter 1175155354
→ 20:00:46 - [URL MODULE] : Set up incoming request url /!shttp/ba7d2659-25e5-466c-aa76-7c341d2f75a1/ for 04c746c2-9db3-40bf-b4e6-03218d43e036 in SLOODLE Quiz
Chair 1175155348
20:00:46 - [URL MODULE] : Set up incoming request url /!shttp/f1e1ab99-1eef-4231-8340-992c6ae40aaa/ for 20fddb19-e03d-4c73-a47b-509aadaaf54a in SLOODLE Quiz
Chair 1175155351
20:00:46 - [URL MODULE] : Releasing url http://WIN-44MFB0HMQ1T:9000/!shttp/9973fa4c-c04c-4c02-b083-4695d1e5604c/ for 6cd6d1b2-4f4d-4131-bc43-21a6d85893cc in
99e8fac8-3f54-45da-b6c6-710215e8588d
20:00:46 - [URL MODULE] : Set up incoming request url /!shttp/5fc40237-5df8-404c-8eb0-354a68cb30ea/ for 6cd6d1b2-4f4d-4131-bc43-21a6d85893cc in SLOODLE
RegEnrol Booth 1870590446
20:00:47 - [URL MODULE] : Releasing url http://WIN-44MFB0HMQ1T:9000/!shttp/2330e4a9-06cf-4eaa-945c-c3d6eed620b7/ for 9bd1b59c-b268-4b33-ac90-60bba6db0ad6 in
6ae98116-60a0-4349-bbd3-47d57faaf593
20:00:47 - [URL MODULE] : Set up incoming request url /!shttp/9717022f-cdd0-4888-a5f1-56878f9e9314/ for 9bd1b59c-b268-4b33-ac90-60bba6db0ad6 in SLOODLE
WebIntercom 2317052718

```

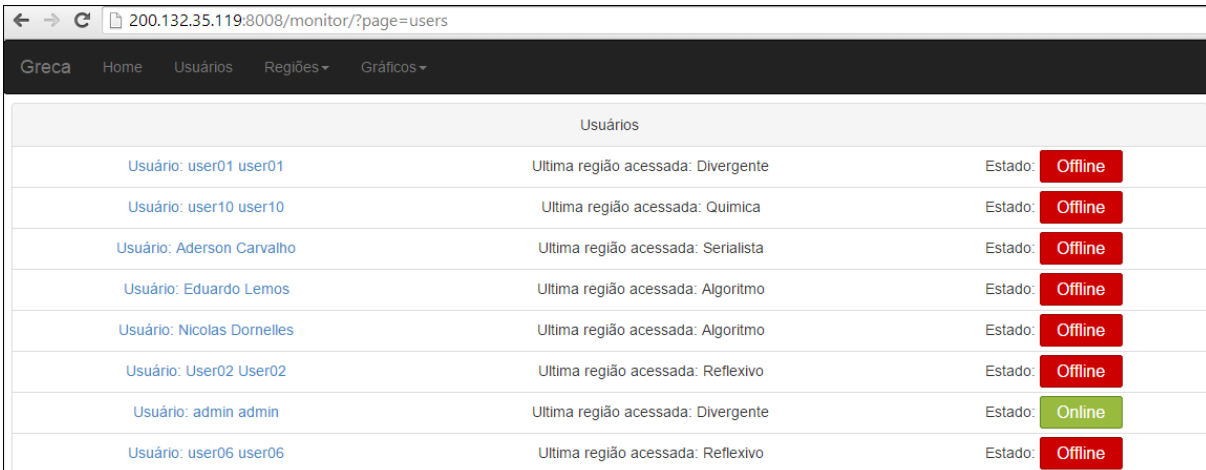
Figura 6.2 – *Logs* do Eventos que ocorrem no Ambiente Virtual Imersivo

Através das informações apresentadas nos *logs*, o responsável pela administração pode verificar os históricos em busca de qualquer ocorrência que sucedeu-se no ambiente. Nesse

sentido, o administrador detêm informações específicas que quando interpretadas esclarecem, por exemplo, quem está realizando o *login* no AVA Moodle. Isso é possível, por meio do objeto no formato de totem disponibilizado aos estudantes no ambiente virtual imersivo, como pode ser visto na seta em vermelho indicando o RegEnrol Booth (Figura 6.2). É possível verificar ainda, em qual *presenter* ou *quiz chair*, respectivamente relacionados aos *slides* e ao questionário, ambos adicionados no ambiente e vinculados com o Moodle, que houve solicitação de entrada, assim como é indicado pelas setas vermelhas na Figura 6.2.

A Figura 6.3 apresenta todos os usuários que estão conectados no ambiente virtual imersivo e os que estão desconectados, expondo inclusive a região em que cada usuário se encontra ou que acessou. Através disso é possível cruzar as informações apresentadas com a carga de recursos consumidos junto ao servidor e também visualizar os usuários que não estão conectados. Essa informação pode ser utilizada para averiguar o motivo pelos quais não estarem conectados, visto que o ambiente pode ser utilizado tanto no âmbito presencial de sala de aula como a distância.

Com o intuito de facilitar a comunicação do responsável pela administração do ambiente com os usuários, foi implementada a funcionalidade de clicar sob o nome do usuário para enviar-lhe um *e-mail*, o que pode ocasionar um sentimento de acompanhamento aos estudantes pelo professor no ambiente, onde ele poderá desenvolver melhor as suas habilidades. Além disso, outras informações específicas do ambiente e do usuário podem ser obtidas junto ao histórico de eventos do ambiente, disponibilizado junto aos *logs*, e.g. os usuários que entraram no ambiente e também as atividades acessadas por esses usuários.



The screenshot shows a web browser window with the URL 200.132.35.119:8008/monitor/?page=users. The page title is 'Greca' and the navigation menu includes 'Home', 'Usuários', 'Regiões', and 'Gráficos'. The main content area is titled 'Usuários' and displays a table with the following data:

Usuário	Ultima região acessada	Estado
Usuário: user01 user01	Ultima região acessada: Divergente	Offline
Usuário: user10 user10	Ultima região acessada: Quimica	Offline
Usuário: Aderson Carvalho	Ultima região acessada: Serialista	Offline
Usuário: Eduardo Lemos	Ultima região acessada: Algoritmo	Offline
Usuário: Nicolas Dornelles	Ultima região acessada: Algoritmo	Offline
Usuário: User02 User02	Ultima região acessada: Reflexivo	Offline
Usuário: admin admin	Ultima região acessada: Divergente	Online
Usuário: user06 user06	Ultima região acessada: Reflexivo	Offline

Figura 6.3 – Usuários conectados no Ambiente Virtual Imersivo

Acessando as informações de cada região (Figura 6.4) é possível obter um panorama detalhado e específico acerca dos dados intrínsecos a cada território, podendo verificar o número de avatares que estão conectados na região, quantos *scripts* estão sendo executados, quantos *frames* estão sendo processados pelo servidor e apontar o tempo decorrido desde o último *frame* enviado (determinando o valor da latência).

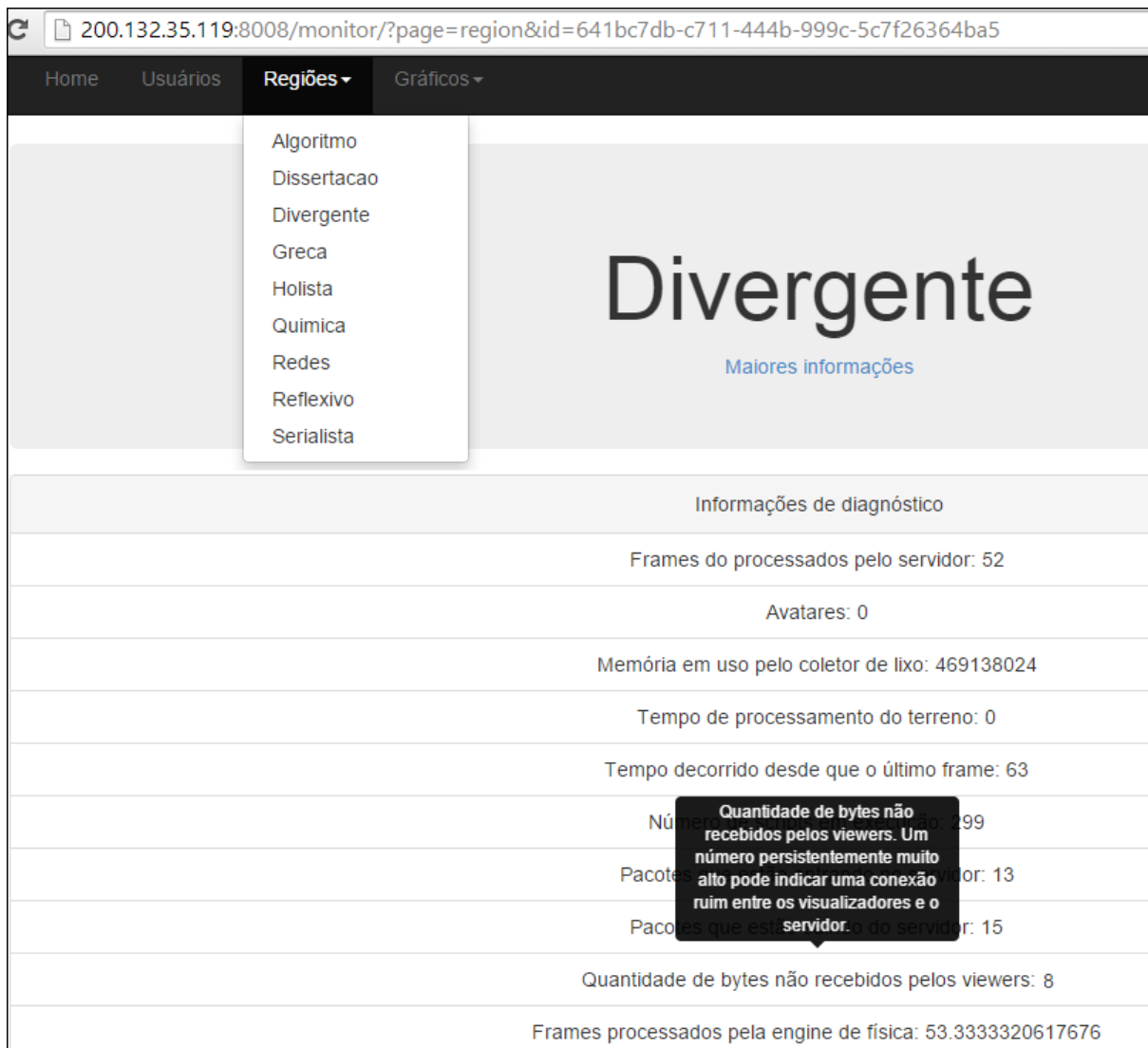


Figura 6.4 – Detalhes das regiões do Mundo Virtual

Considerando a estimativa de *bytes* enviados aos visualizadores dos estudantes (Figura 6.4), também é possível auferir a quantidade de *bytes* não recebidas pelos *viewers* dos usuários, as quais são informações fundamentais para a boa interação dos usuários com o ambiente e o agente inteligente ELAI, visto que pode impactar em todo o processo, acarretando na interrupção da navegação do usuário no ambiente, desestimulando sua interação ou até mesmo

dificultando a visualização das informações apresentadas pelo agente inteligente ELAI.

Essas informações implicam diretamente nas ações realizadas pelos professores junto ao ambiente virtual imersivo, visto que os mesmos, ao prepararem os materiais de apoio aos seus aprendizes, podem levar em consideração essas informações do número de usuários por região, fazendo com que os mesmos preparem seus conteúdos e atividades de acordo com as informações contextuais desses estudantes. E em relação a questão de desempenho, quanto mais estudantes em uma mesma região, maiores são as probabilidades da região ter um desempenho abaixo do esperado, visto que irá demandar mais recursos do servidor.

Junto a ferramenta VWM foram implementados alguns recursos para a apresentação de informações com maior relevância para o funcionamento do ambiente. Para tanto, utilizou-se os aspectos de gráficos, tornando possível a visualização das médias dos valores como a quantidade de memória (Figura 6.5) e processamento (Figura 6.6) utilizados pelo servidor para a execução do ambiente como um todo. Essas informações permitem o monitoramento por parte do usuário responsável pela administração, o qual pode adequar-se conforme as necessidades demandadas pelo ambiente virtual imersivo e pelo número de usuários conectados.

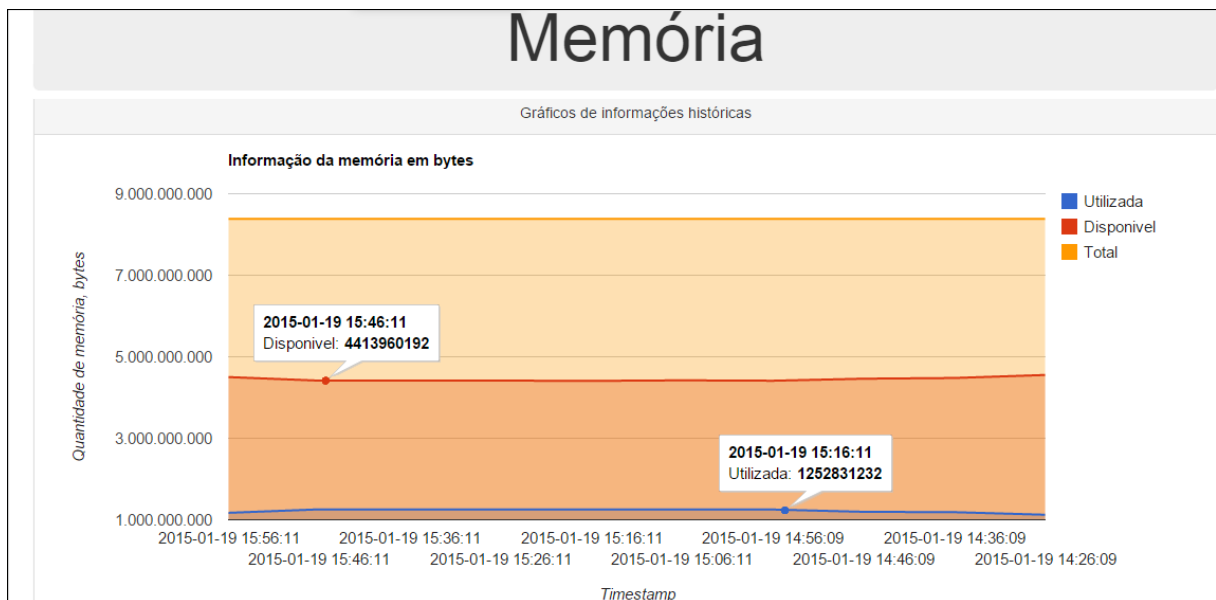


Figura 6.5 – Gráfico com informações sobre o consumo de memória no servidor pelo mundo virtual

Tanto na Figura 6.5 quanto na Figura 6.6, utilizou-se eixos X (horizontal) e Y (vertical) para expor de uma melhor forma as informações contidas nelas. No gráfico referente a memória consumida do servidor pelo mundo virtual, o eixo Y aborda a quantidade de informações que

estão sendo requeridas pelo ambiente e, no eixo X é apresentado o momento em que houve o consumo. Em meio a isso, existem três marcadores: Azul (indica a quantidade de memória em *bytes* que esta sendo utilizada), Vermelho (que aponta a quantidade de memória disponível) e Amarelo (apresenta o total de memória disponível no servidor). Ao manter o *mouse* sobre um dos pontos de consumo, o administrador tem a informação precisa sobre a quantidade e o momento de consumo.

A respeito do gráfico referente a quantidade de processamento, o eixo X representa o momento em que houve os consumos dos recursos e o eixo Y apresenta a quantidade consumida pelo ambiente. Além disso, são apresentadas em cores diferentes as informações individuais sobre o consumo do processamento, para tanto: em Azul são apresentadas as Threads que correspondem a cada processo relacionado ao mundo virtual que está sendo executado no servidor e em Vermelho são expostas as porcentagens da quantidade de consumo utilizado individualmente por cada Thread.



Figura 6.6 – Gráfico com informações do servidor sobre o consumo de processamento pelo mundo virtual

Posteriormente existe a possibilidade do administrador fazer a análise dessas informa-

ções e, com base nestes valores, o responsável pode organizar turmas e usuários, a fim de não impactar desfavoravelmente no andamento do servidor e no consumo de seus recursos, impedindo assim possíveis travamentos ou complicações. Caso o ambiente seja utilizado com um grande número de usuários, uma das vantagens do administrador possuir essas informações em tempo real é a possibilidade de organizar um balanceamento de carga, a fim do servidor atender a toda demanda requisitada.

Foram incorporados também, recursos gráficos para representar a quantidade de usuários em cada região do ambiente virtual imersivo em um determinado momento (Figura 6.7), com o intuito de viabilizar ao administrador uma rápida consulta a estas informações, possibilitando ao responsável, verificar a região exata visitada pelo aluno. Assim como nos gráficos anteriores, nesse gráfico separou-se as informações no eixo X e Y, sendo que o eixo Y apresenta o número de usuários em cada região e o eixo X apresenta o momento em que esses usuários estiveram conectados. As informações são apresentadas em diferentes cores, que indicam a região que foi acessada.



Figura 6.7 – Gráfico de informações históricas sobre as regiões acessadas pelos estudantes no ambiente virtual imersivo

A partir dos recursos apresentados, pretende-se possibilitar consultas sobre as localidades e regiões específicas visitadas individualmente por cada estudante. E com isso, elaborar um mapa preciso do trajeto percorrido pelo mesmo. Esse artifício será de grande valia no que diz respeito ao âmbito educacional do ambiente virtual imersivo, visto que, será possível apresentar aos responsáveis pela educação, se o percurso pedagógico realizado pelo aprendiz é o que havia sido proposto ou não. E a partir disso, apresentar informações pontuais que possam contribuir nas intervenções e melhoras no *design* instrucional do mundo virtual e de seus conteúdos educacionais.

Durante a utilização da ferramenta VWM, caso surja alguma dúvida a respeito dos parâmetros e valores que foram apresentados, implementou-se a opção de *hints* em cada um dos campos expostos, como pode ser visto na Figura 6.8. Estes *hints* transpassam breves esclarecimentos sobre a informação que está sendo apresentada aos usuários, evidenciando inclusive os valores que seriam esperados para o bom funcionamento do ambiente e do agente inteligente ELAI. Para visualizar essas informações, o usuário necessita apenas manter o *mouse* sobre a informação que deseja obter uma explicação.

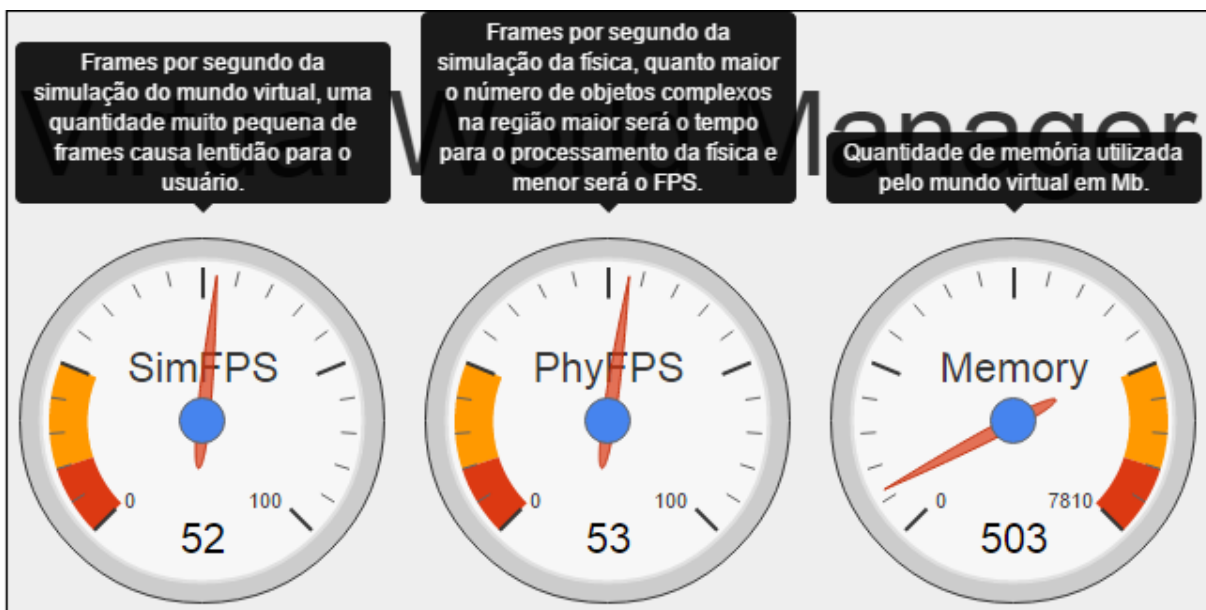


Figura 6.8 – Esclarecimentos sobre os campos do VWM

Por fim, o VWM tem um papel importante nesta pesquisa, visto que provê informações precisas sobre o funcionamento do ambiente virtual imersivo como um todo, subsídios esses que impactam diretamente na execução do agente inteligente ELAI e do mundo virtual. Nas pesquisas futuras, pretende-se implementar a possibilidade do responsável pela administração



tomar medidas para, por exemplo, conter o consumo de recursos pelo mundo virtual; possibilitar a inserção de novos usuários ao ambiente; desligar usuários que estejam ausentes; e habilitar o *upload* de objetos para facilitar o trabalho dos educadores no ambiente.

Além disso, através da ferramenta e suas informações apresentadas, o administrador deterá tanto um panorama geral sobre os recursos que estão sendo empregados pelo servidor, como também um panorama específico a respeito dos valores que o mundo virtual está consumindo. Outro ponto importante, é a possibilidade de verificar todos os eventos que aconteceram no mundo virtual e os que estão acontecendo, através dos históricos de *logs*.

## 6.2 Análise dos Web Viewers e Resultados

Os mundos virtuais são aplicações que necessitam de uma ferramenta para a sua visualização, os quais são denominados de *viewers*. Os *viewers* são responsáveis pela conversão do código para a visualização gráfica e devem ser instalados no computador, demandando tempo, conhecimento e manutenção por parte do usuário, situação essa, que pode inibir a sua utilização. Nesta perspectiva, os *viewers* para a *web* surgem como uma alternativa com grande potencial, pois permitem inclusive a inserção de arquiteturas baseadas em *cloud computing*, possibilitando o compartilhamento em rede, sob demanda de recursos, de plataformas, de servidores e de aplicações.

Com base no levantamento das ferramentas para a visualização de ambientes virtuais imersivos e os critérios relevantes que devem ser considerados em sua avaliação (Seção 5.2), foram analisadas inicialmente vinte (20) ferramentas e apresentadas seis (6) delas como sendo *web viewers*. Com isso foi possível dar um enfoque para a visualização de MV através da *internet* e a efetividade dessas novas abordagens.

Em consequência disso, nesta seção serão discutidos os resultados que foram alcançados nos testes realizados individualmente com cada ferramenta, apresentando observações significativas sobre as principais características e funcionalidades dos *viewers*, a potencialidade do uso desses ambientes virtuais imersivos no âmbito educacional, bem como a ferramenta que melhor atende aos requisitos elencados. Portanto, realizou-se um estudo comparativo, o qual é apresentado a seguir (Tabela 6.1):

<b>Critério / Viewer</b>	<b>TipoDean</b>	<b>3DXplorer</b>	<b>SandBox</b>	<b>Cube3</b>	<b>ReactionGrid</b>	<b>PixieViewer</b>
<b>Compatibilidade com MVs</b>	Sim*	Parcial	Parcial	Sim*	Sim*	Parcial
<b>Região (ões) com Livre acesso</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Oferece Serviços</b>	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim
<b>Integração com Redes Sociais</b>	Sim <sup>1</sup>	Sim	Não	Não	Não	Não
<b>Correta visualização do ambiente</b>	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial
<b>Acesso em navegadores</b>	Sim	Sim	Parcial	Parcial	Parcial	Sim
<b>Dispositivos móveis</b>	Não	Sim	Parcial	Não	Não	Parcial
<b>Importação de Objetos</b>	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
<b>Criação de objetos</b>	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
<b>Requer <i>download</i> ou instalação de <i>plugin</i></b>	Sim	Parcial	Não	Sim	Sim	Não

Tabela 6.1 – Comparativo entre as ferramentas de visualização para ambientes imersivos  
 \* Informações disponíveis nos *sites* oficiais: (TIPODEAN, 2014), (CUBE3, 2014) e (Reaction Grid, 2014).

A partir dos atributos apontados como relevantes para *viewers*, buscou-se adaptar algumas características para esta pesquisa. Na Tabela 6.1 são avaliados os critérios e as particularidades de cada visualizador, os quais foram apontados anteriormente na Seção 5.2 - Tabela 5.1. Como já mencionado, as respostas foram definidas como: Sim (10), Parcial (5) e Não (0), respectivamente, baseando-se na escala Likert (Likert, 1932) para avaliação posterior dos resultados.

Como podem ser visualizados na Tabela 6.1, todos os *viewers* analisados oferecem regiões de livre acesso, disponibilizados para teste, porém apresentam dificuldades de visualização e interação em algumas regiões. Por exemplo, na região do Tipodean o avatar não consegue subir escadas e entrar em prédios, sendo que esse fator ocorre, também com o *viewer* ReactionGrid e PixieViewer. No Tipodean ocorre ainda, a falta de interação com os objetos, pois o avatar possui somente a possibilidade de se locomover pela região. O mesmo ocorre no Reac-

tionGrid e Cube3. Acredita-se que este fato ocorra por ser uma versão de teste, somente para visualização do produto.

Já na região do *viewer* ReactionGrid há uma inconsistência no *grid*: em alguns locais o avatar consegue atravessar objetos e paredes e em outros não, o que também ocorre no visualizador 3DXplorer. No ReactionGrid algumas paredes não permanecem visíveis o tempo todo, dependendo da posição do avatar. O mesmo é observado no SandBox. Essa característica pode ser visualizada nas Figuras 6.9 e 6.10, onde o avatar está visualizando o mesmo prédio, sob duas perspectivas, interna e externa.



Figura 6.9 – Visão interna do prédio no ReactionGrid  
Fonte: (Reaction Grid, 2014)



Figura 6.10 – Visão externa do prédio no ReactionGrid  
Fonte: (Reaction Grid, 2014)

Características como boa visualização do ambiente e interação com objetos podem ser um diferencial na hora da escolha de um *web viewer*, pois quanto mais completo o cenário e quanto maior a sensação de imersão do usuário dentro do MV melhor será a sua impressão para uma utilização futura, o que só acontece quando o ambiente é mostrado na íntegra e com detalhes.

Os *viewers* 3DXplorer, SandBox e PixieViewer, fornecem câmeras que permitem a visualização do ambiente através de diferentes perspectivas. Além disso, fornecem interação com outros avatares por meio de *chat* e voz, e interação com os objetos, e.g. clicar e realizar ações pré-definidas, por exemplo, sentar e levantar. O SandBox possibilita alterar a linguagem e o modo de visualização de tela, de normal para estéreo (duplicação de telas) e modo Tablet (tela cheia), o que permite ao usuário escolher a forma que melhor atende as suas necessidades. Já o 3DXplorer, por ser um *viewer de web conference*, permite envio de arquivo para apresentação de *slides*, compartilhamento da área de trabalho, transmissão de vídeos e o uso de apontadores de *laser*. Apesar das limitações apontadas, os *viewers* ReactionGrid, PixieViewer e 3DXplorer apresentaram boa aparência gráfica, maior quantidade de informação e melhor interação no ambiente.

Sobre a avaliação acerca da possibilidade de acesso a outros mundos virtuais, atribuiu-se o valor "Sim" para os *viewers* que acessam mais de um metaverso. São eles: Tipodean, Cube3 e ReactionGrid, os quais disponibilizam acesso ao OpenSim e Second Life. Em contraponto, atribuiu-se "Parcial" aos *viewers* que permitem acesso apenas ao seu próprio mundo virtual. São eles: 3DXplorer, SandBox e PixieViewer. Quando há opção de escolher o mundo virtual a que se tem preferência, sendo Second Life, OpenSim, ou outro, a possibilidade de escolha desse *viewer* se torna maior, devido à flexibilidade e adaptabilidade às exigências e necessidades do usuário.

Outra característica é a disponibilidade de serviços adicionais, encontrados nos *viewers* Tipodean, PixieViewer e Sandbox. O Tipodean realiza a conversão do MV para a plataforma *web* Unity 3D. A vantagem desse serviço é a possibilidade de portabilizar um mundo virtual, disponibilizando-o na *web*, preservando todas as características, funcionalidades e objetos. Já o adicional do PixieViewer é oferecer a opção de impressão dos objetos em três dimensões diretamente do *viewer*, tornando essa impressão prática, não sendo necessária a instalação de um *software* ou *plugin*, pois o PixieViewer já é preparado para essa funcionalidade. Ou seja,

permite construir o objeto em 3D e imprimi-lo diretamente do *viewer*, necessitando apenas de uma impressora 3D. O Sandbox, por sua vez, permite a criação de novas regiões de testes passíveis de alterações, com criação e importações de objetos. Essa funcionalidade permite que os usuários conheçam as limitações e possibilidades de criação para a construção de seu próprio mundo virtual.

Criar e importar objetos diretamente dentro do *viewer*, modificando o ambiente, é uma característica que está presente nos visualizadores convencionais mais utilizados, como o FireStorm e o Imprudence. Essa característica também está presente nos *web viewers* SandBox e PixieViewer, que permitem a criação de formas pré-definidas, e.g. círculos, retângulos, linhas, cilindros, quadrados, entre outros. Possibilitam também, modificá-los, alterando sua posição e tamanho. Quanto à importação, o Sandbox aceita o *upload* de modelos tridimensionais em arquivo "zip", contendo as extensões ".dae", ".fbx", ".obj", ".3ds" ou ".skp". Além disso, oferece uma loja de repositórios que permite ao usuário comprar e baixar objetos e texturas para o *viewer*. Essa característica é fundamental, por permitir caracterizar e modificar a região diretamente no ambiente gráfico, sem a necessidade de conhecimento específico em programação, exigida na formulação dos mundos virtuais através das plataformas de desenvolvimento para *desktop*.

No último item da tabela sobre a requisição de *download* ou instalação de *plugin*, os valores referentes às respostas "sim" e "não" foram invertidos, visto que no contexto deste estudo são tratados como fatores negativos, pois o que se busca com o *viewer web* é a flexibilidade de um serviço que não necessita de ferramentas e mecanismos adicionais para funcionar, ou seja, totalmente portátil, não exigindo qualquer tipo de instalação nos dispositivos dos usuários.

Os testes mostraram que os *viewers* Tipodean, Cube3 e ReactionGrid necessitam da instalação do *plugin* Unity 3D. Esse fator, além de ser negativo para o quesito facilidade de acesso, também impediu os mesmos de serem visualizados nos dispositivos móveis Galaxy Duos 2, Galaxy S3 e Tablet 10.1 (disponíveis para os testes e avaliações nesta pesquisa), pois os aparelhos não suportam o *plugin*. Já o 3DXplorer possibilita o acesso de duas formas, através de HTML5 (Modo Padrão) e também por meio do *plugin* Java (Modo 3D imersivo para usuários avançados). Nos dispositivos móveis testados, ele só foi acessado pelo HTML5, pois os mesmos não tinham suporte ao *plugin* Java.

Os *viewers* SandBox, e PixieViewer não exigem instalação de *software* ou *plugin*. Porém, o Sandbox não permitiu a completa visualização através dos dispositivos móveis testados,

não terminando o carregamento da região, apresentando erro de *login*. O PixieViewer não pode ser visualizado através dos dispositivos móveis Galaxy Duos 2 e Galaxy S3, apesar de o *site* oficial apresentar que ele pode ser acessado por qualquer aparelho. Contudo ele pode ser acessado através do Tablet 10.1, uma vez que apresentava maior número de núcleos de processamento, já que o PixieViewer exige alta capacidade para a renderização (VOSS et al., 2013).

No teste com os navegadores, os *viewers* Tipodean, 3DXplorer e PixieViewer podem ser acessados normalmente pelos três *browsers* (Firefox, Chrome e Internet Explorer). Já os *viewers* ReactionGrid e Cube3 não podem ser acessados pelo navegador IE, devido incompatibilidade com o *plugin* Unity 3D, ou seja, mesmo o *plugin* já estando instalado no computador, o *browser* não o reconhece.

O *viewer* SandBox, apesar de ter sido acessado pelos três navegadores, apresentou diferenças de visualização entre eles. No IE o SandBox teve suas cores verdes modificadas para o azul, como podem ser visualizadas nas Figuras 6.11 e 6.12. Já no Firefox a movimentação do avatar foi impedida.



Figura 6.11 – Sandbox no Browser Chrome  
Fonte: (VW SandBox, 2014)

Com base na pesquisa do StatCounter Globals Stats (2014), sabe-se que há uma diferenciação na escolha do navegador, seja por preferência ou por funcionalidade. Portanto, o *viewer* que se adapta a um maior número de *browsers*, tem maior chance de ser escolhido para utilização.

Com relação à integração dos *viewers* às redes sociais, apenas o Tipodean e o 3DXplorer



Figura 6.12 – Sandbox no Browser IE  
Fonte: (VW SandBox, 2014)

permitem que os usuários utilizem suas contas de Twitter, Google e Facebook para acessá-los. Essa vantagem facilita a utilização do ambiente, pois agiliza o acesso, resgatando os dados já informados na conta da rede social.

Para melhor compreender a eficiência e as características de cada visualizador, as respostas da Tabela 6.1 foram transformadas em valores, sendo assim, aos os requisitos totalmente atendidos atribui-se o conceito de "Sim", o qual equivale ao peso de dez. Aos requisitos parcialmente atendidos foi atribuído o conceito de "Parcial", equivalente ao valor de cinco e aos requisitos não atendidos o conceito "Não", com o peso equivalente a zero.

Através do gráfico representado na Figura 6.13, pode-se observar que o PixieViewer foi o que obteve maior pontuação (75) seguido do *viewer* SandBox (70). Isso ocorre porque ambos os *viewers* oferecem um amplo número de funcionalidades, entre elas, importação e criação de objetos, além de disponibilizarem serviços e oferecer boa portabilidade.

Já os *viewers* Tipodean e 3D Xplorer obtiveram uma pontuação mediana (55). O Tipodean requer instalação adicional do *plugin* Unity 3D, enquanto que o 3D Xplorer pode ser visualizado, tanto por HTML5 quanto pelo *plugin* Java Player. Ambos deixam a desejar no quesito gráfico, como comentado no desenvolvimento. Além disso, não permitem a criação e importação de objetos. Entre as vantagens, destacam-se o serviço adicional que o Tipodean oferece (Conversão para acesso via Unity 3D) e o acesso via dispositivos móveis, possibilitado pelo 3DXplorer através do HTML5.

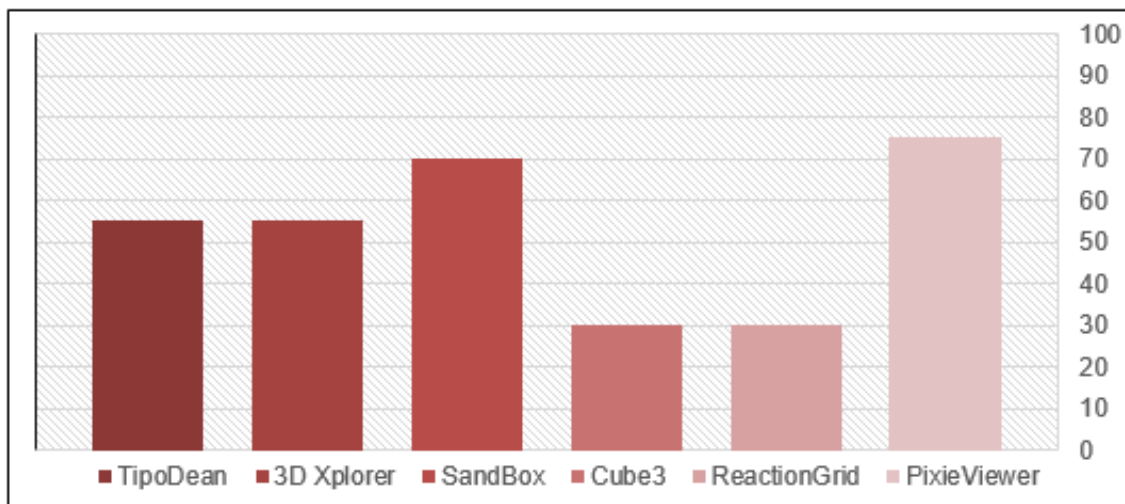


Figura 6.13 – Gráfico de pontuação dos Web Viewers

Os *viewers* Cube3 e ReactionGrid ficaram com a menor pontuação (30). Isso reflete suas limitações, pois não oferecem a maioria das funcionalidades encontradas em outros visualizadores, como serviços adicionais e acesso por dispositivos móveis. Possuem menor portabilidade, além de possuir uma visualização de menor qualidade.

Por meio da análise e comparações realizadas neste estudo destaca-se a portabilidade, como sendo a principal característica dos *viewers* SandBox e PixieViewer, que não requerem instalações de *plugins* adicionais. O 3DXplorer destacou-se por permitir acesso a dispositivos móveis através do HTML5. Características como, manipulação de objetos através da importação e modificação dos mesmos, foram encontradas nos *viewers* SandBox e PixieViewer. Todos os visualizadores analisados possuem regiões de livre acesso para teste e demonstram facilidade de navegação em pelo menos um dos *browsers* utilizados neste estudo, apesar de apresentarem algumas limitações de visualização e interação com o cenário.

Como desvantagem, alguns dos visualizadores testados (Tipodean, ReactionGrid e Cube3) não permitiram o acesso via dispositivos móveis, tornando-se uma limitação quanto ao uso desses visualizadores. Sabendo que os dispositivos móveis estão em todos os lugares, essa característica se torna fundamental, visto que a sociedade está cada vez mais conectada e busca as facilidades de acesso, considerando que até a metade de 2013 a *internet* móvel alcançou 77,4 milhões de acesso (VOSS et al., 2013).

Os *web viewers* são alternativas para instituições educacionais que possuem infraestrutura reduzida e não podem hospedar *viewers* em seus laboratórios, uma vez que, para utilizar essa tecnologia necessitam apenas de acesso à *internet*. Além disso, otimizam-se as conexões



de rede e as interligações geográficas, no momento em que coloca seus mundos virtuais e visualizadores na rede.

Nesse sentido, a ferramenta que obteve melhor a pontuação foi o PixieViewer (75 pontos), sendo esse o visualizador que melhor se adapta ao âmbito desse trabalho. Além de proporcionar o acesso via plataforma *web*, permite inclusive a interconexão com a plataforma de mundos virtuais OpenSimulator, sem a necessidade da instalação de *plugins* ou *softwares* adicionais e, proporciona ainda o acesso via dispositivos móveis. Todavia, é importante ressaltar que o PixieViewer está em processo de desenvolvimento e ainda não permite a conexão com outros mundos virtuais à não ser a região disponibilizada por padrão.

Em vista disso, optou-se por utilizar a ferramenta de visualização Firestorm, que requer instalação no computador e não permite acesso via navegador. No entanto, por tratar-se de um *viewer* já consolidado e estável, com inúmeras funcionalidades e proporcionar boa interação, foi selecionada para ser utilizada ao longo dos testes com os estudantes.

### **6.3 Avaliação do Agente Inteligente ELAI**

A fim de mensurar a opinião dos estudantes sobre o trabalho desenvolvido, foram aplicados questionários que visaram avaliar as características relacionadas aos requisitos de agentes inteligentes, a usabilidade e a interação dos alunos tanto com o agente inteligente **ELAI**, quanto com às complementações realizadas junto ao TCN<sup>5</sup>, bem como verificar as adaptações realizadas ao contexto do aprendiz.

Neste sentido, foram divididos em dois grupos os resultados obtidos com os testes executados. No primeiro grupo (Seção 6.3.1), encontram-se os resultados das questões aplicadas para avaliar a usabilidade do agente, no qual utilizou-se o método SUS (Brooke, 1996). E no segundo grupo (Seção 6.3.2.1 e 6.3.2.2), estão os resultados obtidos em questões acerca das características específicas de agentes inteligentes e de computação ciente do contexto, os quais foram submetidos ao coeficiente Alfa de Cronbach (Peterson, 1994) para verificar a confiabilidade das respostas e garantir uma maior credibilidade aos resultados obtidos.

#### **6.3.1 Avaliação de Usabilidade com o método SUS**

Na avaliação responsável por auferir a facilidade de uso do trabalho desenvolvido, optou-se pela utilização da escala de usabilidade denominada de System Usability Scale (SUS), a qual

segundo Brooke (1996), trata-se de uma escala composta por dez questões (Apêndice B), com uma perspectiva global de avaliações subjetivas de usabilidade. Para avaliar a concordância ou discordância do usuário respondente, utilizou-se a escala Likert (LIKERT, 1932).

Sendo assim, os usuários tiveram cinco alternativas como opções de respostas e cada uma com o seu respectivo valor: Discordo Totalmente (1), Discordo Parcialmente (2), Indiferente (3), Concordo Parcialmente (4) e Concordo Totalmente (5).

A escolha da escala SUS não ocorreu apenas por disponibilizar um questionário com questões e alternativas prontas, mas sim, por contar com um método e uma lógica capaz de contornar as avaliações muito positivas dos respondentes, bem como, as muito negativas, com o intuito de apurar e alcançar um resultado ainda mais expressivo e considerável do trabalho avaliado.

Nesse sentido, para atingir esse indicativo, o SUS possui uma forma própria de calcular sua pontuação. Brooke (1996) expõe em sua pesquisa, que primeiramente é preciso realizar a subtração dos seguintes valores:

- **Questões de Número Ímpar (1, 3, 5, 7 e 9):** a pontuação é estabelecida através do valor informado na resposta do usuário, sendo subtraído a quantia de 1 (Resposta do Usuário - 1);
- **Questões de Número Par (2, 4, 6, 8 e 10):** a pontuação é composta da quantia definida em 5 e subtraído o valor da resposta informada pelo usuário (5 - Resposta do Usuário).

Ou seja, caso o respondente tenha atribuído para a questão 1 à alternativa "Concordo Totalmente", que tem o valor definido em 5, ao ser realizado o cálculo da pontuação o resultado será 4, pois o usuário respondeu com o valor de 5 uma questão que é de número ímpar, logo:  $5 - 1 = 4$ . Este processo é realizado para todas as demais questões, respeitando a regra para as questões de números ímpares e pares.

Posteriormente ao cálculo realizado, são somadas todas as pontuações obtidas das questões respondidas pelo usuário e esse resultado é multiplicado por 2,5, para que assim, seja possível estimar o valor global do SUS. Esses valores globais do SUS são definidos de 0 a 100 e divididos em uma escala de sete adjetivos de classificação, com o intuito de avaliar o resultado obtido, como pode ser visto na Figura 6.14.

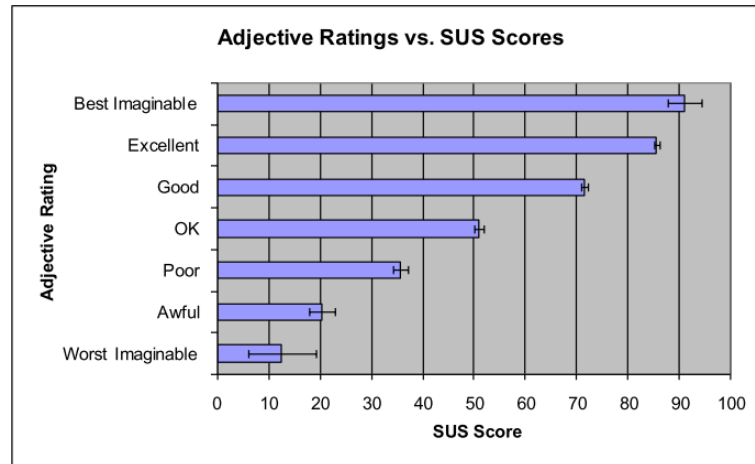


Figura 6.14 – Médias de classificação e pontuação do SUS  
 Fonte: BANGOR; KORTUM; MILLER (2009)

Em relação as médias de classificação e pontuação do SUS (Figura 6.14), Bangor, Kortum, Miller (2009) apresentam sete possibilidades com intervalos entre os valores, os quais podem ser atribuídas ao trabalho avaliado, sendo elas: *Best Imaginable* (Melhor Imaginável), *Excellent* (Excelente), *Good* (Bom), *OK* (Aceitável), *Poor* (Pobre), *Awful* (Horrível) e *Worst Imaginable* (Pior Imaginável).

Na avaliação desse trabalho, como houve catorze usuários envolvidos na avaliação, realizou-se a soma de todas as questões de cada usuário (Coluna "Soma das respostas por Usuário" na Figura 6.15) e posteriormente a multiplicação pelo valor de 2,5, determinando assim o valor global do SUS para cada um dos mesmos (Coluna "SUS" na Figura 6.15). Ao término desta multiplicação, foi realizada uma média para definir o valor final do SUS, portanto executou-se a soma de todos os valores globais individuais de cada estudante e a divisão pelo número total de usuários participantes da avaliação.

A partir disso, obteve-se o resultado final do SUS equivalente a **73,04**. O qual corresponde ao conceito **Good (Bom)** na média de classificações e pontuações do SUS apresentada por Bangor, Kortum, Miller (2009). O panorama geral dos resultados, tanto por aluno como por questão pode ser visto na Figura 6.15.

A respeito da primeira questão (Q1), os usuários foram questionados se gostariam de utilizar o agente inteligente ELAI frequentemente no ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup>. Do total de catorze estudantes, cinco foram categóricos ao afirmarem positivamente que gostariam de utilizá-lo e oito assinalaram concordarem parcialmente com o seu uso frequentemente.

Estas respostas transpassam resultados um tanto quanto positivos sobre o trabalho pro-

posto, pois expõem a disposição dos usuários em utilizar frequentemente o agente inteligente ELAI. Somente um dos avaliados assinalou algo que não fosse "Concordo Totalmente" ou "Concordo Parcialmente", no qual utilizou a opção "Indiferente", que trata-se de uma alternativa neutra, ou seja, não sendo nem positivo nem negativamente relacionado ao trabalho proposto. No que diz respeito aos oito estudantes que concordaram parcialmente, possivelmente o fato de suas avaliações serem parciais esteja atribuído a novidade imposta pelo trabalho em seu cotidiano, sendo que os mesmos passam a trabalhar com um avatar lhe acompanhando e orientando ao longo deste processo.

Questões / Usuários	Q1	S	Q2	S	Q3	S	Q4	S	Q5	S	Q6	S	Q7	S	Q8	S	Q9	S	Q10	S	Soma das respostas por usuário	SUS
1	5	4	4	1	2	1	4	1	3	2	3	2	4	3	2	3	4	3	2	3	23	57,5
2	4	3	2	3	4	3	4	1	5	4	2	3	2	1	4	1	3	2	2	3	24	60,0
3	5	4	1	4	5	4	1	4	3	2	3	2	4	3	2	3	3	2	1	4	32	80,0
4	4	3	3	2	4	3	4	1	3	2	4	1	5	4	3	2	3	2	4	1	21	52,5
5	5	4	2	3	5	4	2	3	4	3	2	3	5	4	2	3	4	3	2	3	33	82,5
6	4	3	1	4	5	4	1	4	4	3	1	4	5	4	1	4	5	4	1	4	38	95,0
7	3	2	2	3	4	3	2	3	3	2	3	2	4	3	3	2	4	3	1	4	27	67,5
8	4	3	1	4	5	4	2	3	4	3	1	4	4	3	2	3	3	2	2	3	32	80,0
9	5	4	1	4	5	4	1	4	4	3	2	3	5	4	5	0	4	3	1	4	33	82,5
10	4	3	2	3	5	4	1	4	5	4	2	3	5	4	2	3	5	4	2	3	35	87,5
11	5	4	1	4	5	4	2	3	5	4	1	4	5	4	1	4	5	4	2	3	38	95,0
12	4	3	2	3	4	3	4	1	5	4	3	2	4	3	3	2	4	3	2	3	27	67,5
13	4	3	1	4	2	1	4	1	4	3	1	4	3	2	4	1	5	4	4	1	24	60,0
14	4	3	5	0	2	1	4	1	5	4	3	2	5	4	4	1	5	4	3	2	22	55,0
Soma total das respostas		46		42		43		34		43		39		46		32		43		41		73,04

Figura 6.15 – Resultado final do SUS

Em relação a questão de número dois (Q2), foi questionado aos usuários se achavam o ELAI desnecessariamente complexo. Neste sentido, os respondentes em sua maioria, informaram que discordavam em relação a isso (11 usuários). Entretanto, um dos usuários informou ser "Indiferente", outro informou "Concordar Parcialmente" e outro "Concordar Totalmente".

Em sua maioria os estudantes discordaram em achar desnecessariamente complexo o agente inteligente ELAI, no entanto é compreensível o retorno apresentado pelos usuários que o acharam demasiadamente complicado, visto que o agente está inserido em um ambiente tridimensional com diversos objetos e recursos, o que para muitos ainda trata-se de uma novidade e requer certo tempo para a devida adaptação. Além disso, a interação com o agente se dá através de um canal de comunicação que utiliza a expressão "/16" expressão esta utilizada para que o ELAI entenda que o estudante está se comunicando com ele e não com outro avatar de outro aluno e ainda, parte desse diálogo é realizada em inglês, o que pode ter acarretado em uma

maior dificuldade aos estudantes.

O fato do ELAI dialogar com os estudantes, em alguns tópicos, na língua inglesa, ocorreu em função do projeto de internacionalização da UFSM, que prevê inclusive aulas presenciais ministradas em inglês. Aliado a isso, os autores tem como objetivo torná-lo acessível internacionalmente, disponibilizando-o em bases e repositórios *online*, para ampla utilização e, ocasionalmente, a obtenção do *feedback* de usuários, para que possam ser observados em trabalhos futuros.

Essas dificuldades que possivelmente prejudicaram a interação com o agente inteligente ELAI, respondem em parte a terceira questão (Q3), onde os usuários foram indagados se acharam o ELAI fácil de usar. Neste quesito três usuários assinalaram opção "Discordo Parcialmente", sendo contrários a facilidade de utilização do agente, o que remete a acreditar que tiveram os mesmos entraves apontados na questão dois. Entretanto, prevaleceu a opinião da maioria em consentir com a afirmação, achando o agente entendível e descomplicado.

Em referência a quarta questão (Q4), os respondentes foram interpelados sobre se precisariam de apoio técnico para utilizar o agente inteligente ELAI. A respeito desse questionamento, quatro estudantes apontaram "Discordar Totalmente" e outros quatro "Discordar Parcialmente", todavia seis usuários indicaram "Concordar Parcialmente".

Nessa questão, foi possível observar que houve heterogeneidade quanto as opiniões dadas pelos estudantes. Isso ocorreu porque muitos dos estudantes nunca haviam tido contato com um ambiente virtual imersivo, que por ser voltado ao ensino, torna-se diferente de ambientes corriqueiros ao cotidiano dos usuários, e.g. *video games* e demais jogos, sendo uma experiência nova, com objetivos e inspirações diferentes. Apesar disso, a maioria discordou em precisar de apoio técnico para utilizar o agente inteligente novamente, mas cabe ressaltar que essa opinião pode ter sido influenciada pelo simples fato dos usuários terem realizado o percurso estipulado sendo supervisionados pelo autor deste trabalho, a fim de esclarecer as possíveis dúvidas dos mesmos.

No que concerne a questão de número cinco (Q5), questionou-se aos usuários o que os mesmos acharam sobre as várias funcionalidades do ELAI e se essas estavam bem integradas. Neste questionamento, quatro usuários se mostraram "Indiferentes", cinco "Concordaram Parcialmente" e outros cinco "Concordaram Totalmente".

Para essa questão, houve uma predominância positiva ao trabalho apresentado, visto que os estudantes foram apresentados a todas funcionalidades do agente inteligente ELAI. Dado

que os mesmos se comunicaram com o ELAI, sendo que estavam cientes que tratava-se de um *chatbot* interligado ao agente e, além disso, foram notificados que o ELAI era capaz de identificar o seu nível de *expertise* e adaptar a conversa para o nível indicado. Evitando assim frustrar o usuário com um assunto muito avançado ou chateá-lo com um assunto muito básico. Por fim, os estudantes também puderam visualizar quão satisfatória era a integração do ELAI com o próprio ambiente TCN<sup>5</sup>, que tem grande importância na realização desse trabalho.

Entretanto, nesta circunstância quatro estudantes assinalaram a opção "Indiferente", esse fato também remete positivamente, visto que essa escolha pode ter ocorrido devido a "invisibilidade" dessas funcionalidades que estão intrínsecas ao trabalho, uma vez que as mesmas funcionam em *background*, pois apoiam-se no principal conceito da computação ubíqua: tornar a interação humano-computador invisível. Além do mais, todos os processos são realizados através da codificação de *scripts*, o que pouco contribuiria o usuário na visualização da integração das funcionalidades.

No que diz respeito a questão número seis (Q6), os estudantes foram questionados sobre se haviam demasiadas inconsistências no agente inteligente ELAI. Diante de tal questão, prevaleceu a opinião de oito usuários que discordaram, sendo que quatro marcaram a opção "Discordo Totalmente" e outros quatro "Discordo Parcialmente". Mas também houve cinco usuários que optaram em manter-se imparcial, assinalando a opção "Indiferente" e somente um usuário marcou a opção "Concordo Parcialmente".

Relacionado a questão de inconsistência, muitos fatores podem ter sido considerados pelos usuários. Em geral, as opiniões dos usuários mostraram-se favoráveis ao trabalho apresentado, discordando por vezes. Essas opiniões possivelmente foram ocasionadas em consequência do *chatbot* ter parte de sua base de conhecimento em português e parte em inglês, favorecendo muitas vezes a inconsistência ou não entendimento tanto das perguntas efetuadas pelos usuários quanto das respostas elaboradas pelo agente, fazendo com que este último oferecesse respostas sobre outros assuntos ou até mesmo indagando o estudante para fornecer mais informações sobre o tópico abordado, a fim de aprofundar sua busca na base de conhecimento.

Em relação a sétima questão (Q7), os alunos foram indagados se em sua opinião a maioria das pessoas aprenderiam a usar rapidamente o ELAI. Diante disso, quase que a totalidade optou em afirmar positivamente, que os usuários teriam facilidade em aprender a utilizá-lo, sendo que sete estudantes assinalaram "Concordo Totalmente", cinco "Concordo Parcialmente", um optou pela imparcialidade ao anotar "Indiferente" e outro "Discordo Parcialmente".

O predomínio positivo evidenciado com as respostas dos usuários, pode ter ocorrido devido ao suporte prestado pelo autor deste trabalho durante a execução dos testes. Podendo inclusive, ter impactado na opinião dos usuários e causado a sensação dos estudantes estarem entendendo tanto ambiente como também o funcionamento do agente inteligente ELAI. Entretanto, um dos estudantes assinalou negativamente e outro imparcial, provavelmente estes usuários depararam-se com um ambiente complexo, com muitas novidades e detalhes para serem adquiridos rapidamente, assim como foi o teste.

Na oitava questão (Q8), os estudantes foram questionados se acharam que o ELAI não era trivial de se utilizar. Portanto, neste quesito sete estudantes responderam de forma positiva, ou seja, dois marcaram "Discordo Totalmente" e outros cinco "Discordo Parcialmente", afirmando que a utilização do ELAI é simples e usual. Entre os demais respondentes, três assinalaram "Indiferente", outros três "Concordo Parcialmente" e um "Concordo Totalmente". As opiniões contrárias podem ser sustentadas pelo fato de ser um mundo virtual em três dimensões, que muitos usuários nunca haviam tido experiência, ou pelo seu tamanho em extensão, ou conteúdo sobre Redes de Computadores apresentado ou, também pelo fato da interação com o agente inteligente ser em inglês.

Em referência a questão de número nove (Q9), os avaliadores foram questionados se em sua opinião sentiram-se confiantes para utilizarem o agente inteligente ELAI. Nesse sentido, a maioria dos usuários mostrou-se otimista ao fazer o uso do agente, pois cinco estudantes assinalaram a opção "Concordo Totalmente" e outros cinco "Concordo Parcialmente". Entretanto, quatro usuários optaram por apontar a alternativa "Indiferente".

Essa preferência transpassa que mesmo a maioria positiva dos estudantes sentirem-se confiantes, alguns usuários mantiveram-se neutros, o que é um indicativo de que os mesmos podiam não estar confiantes para utilizarem o agente. Essa desconfiança, pode ser um resultado da falta de experiência dos usuários em ambientes virtuais imersivos 3D ou em interações com agentes inteligentes, ou também pela grande quantidade de recursos educacionais, com um roteiro pedagógico que devia ser mantido.

Já a questão de número dez (Q10), os respondentes foram questionados se precisariam aprender muito antes de poder utilizarem o agente inteligente ELAI. Diante dessa pergunta, a opinião dos estudantes prevaleceu em discordar, afirmando que não careciam aprender muito antes do seu uso. Portanto, quatro estudantes assinalaram "Discordo Totalmente", sete apontaram "Discordo Parcialmente", um permaneceu neutro afirmando ser "Indiferente" e dois marca-

ram "Concordo Parcialmente".

No entanto, mesmo a grande maioria discordando, dois usuários acreditaram ser necessário aprender muito antes de poder utilizá-lo. Isso ocorre devido a grande quantidade de informações que os usuários receberam ao realizar o teste, causando assim a sensação de necessitarem aprender mais para poderem utilizar o agente inteligente sozinhos. Além disso, o próprio ambiente muitas vezes, por tratar-se de algo novo e em 3D, causa uma certa incerteza e insegurança dos usuários no que diz respeito a sua utilização, baseando-se no fato que a maioria dos estudantes não tinham experiência com mundos virtuais, que neste caso possui diversas alternativas de ensino e objetos 3D para interação.

Essa seção buscou detalhar a avaliação realizada com a escala de usabilidade SUS, apresentando as especificidades de cada questão e relacionando com o trabalho aqui apresentado. Portanto, o resultado obtido com o SUS foi equivalente a **73,04**. Valor este que, segundo a média de pontuação apresentada por Bangor, Kortum, Miller (2009), corresponde ao conceito "**Good (Bom)**". A partir dessa concepção dos estudantes sobre o trabalho, é possível indicar que o agente inteligente ELAI atendeu aos anseios dos usuários em questões relacionadas a usabilidade, as quais tiveram o intuito de estimar o quanto os usuários ficaram satisfeitos ou insatisfeitos em relação a facilidade e praticidade no uso do trabalho proposto.

Entre as respostas analisadas, sobressaiu-se os *feedback* sobre a complexidade que envolve o uso do agente inteligente ELAI, onde alguns estudantes encontraram dificuldade na sua utilização e inclusive afirmaram que necessitariam de um apoio técnico para outras interações. Visto que, os usuários que assinalaram não acreditar que a maioria das pessoas aprenderiam a usá-lo rapidamente, também assinalaram que não acharam o ELAI trivial de ser utilizado. Diante disso, é necessário repensar e reprogramar formas que facilitem as ações que os estudantes apontaram como difíceis de serem realizadas, tornando o desempenho do agente inteligente ELAI o quanto mais transparente possível ao entendimento dos usuários.

### 6.3.2 Avaliação do Agente Inteligente ELAI e Alfa de Cronbach

Ao longo desta seção, serão apresentados os procedimentos realizados para a avaliação do agente inteligente ELAI, na qual foram utilizadas questões apontadas por Franklin e Graesser (1996), que compõem a primeira avaliação. E, por conseguinte, foi elaborado um *framework*, que no contexto desse trabalho é abordado como uma compilação de alguns questionamentos de diversos autores sobre agentes, os quais foram selecionados e classificados, caracterizando a



segunda avaliação do agente inteligente.

Em vista da confiável reprodução dos resultados obtidos com os questionários mencionados acima, ao término dessas avaliações, as respostas dos estudantes foram submetidas ao coeficiente Alpha de Cronbach (Cronbach, 1951), o qual tem o intuito de estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa, expressando por meio de um fator, o grau de confiabilidade das respostas decorrentes de um questionário.

Segundo Hora, Monteiro e Arica (2010), para definir um grau de confiabilidade, o alfa mede a correlação entre as respostas em um questionário através da análise do perfil das respostas dadas pelos respondentes, realizando uma correlação média entre as respostas das perguntas. Para tanto, utiliza uma mesma escala de medição, o coeficiente alpha é calculado a partir da variância dos itens individuais e da variância da soma dos itens de cada avaliador através de uma equação (Figura 6.16).

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right)$$

Figura 6.16 – Equação para Aplicação do Alfa de Cronbach

Fonte: HORA; MONTEIRO; ARICA (2010)

A equação apresentada na Figura 6.16, é representada pelos seguintes valores:

**K** = número de itens (perguntas) do questionário;

**S<sup>2</sup><sub>i</sub>** = variância do i-ésimo item (i = 1, ..., k);

**S<sup>2</sup>** = variância do total T<sub>j</sub> de cada indivíduo j nos k itens.

Valor de Alfa	Confiabilidade
Maior do que 0,9	Excelente
0,8 - 0,9	Bom
0,7 - 0,8	Aceitável
0,6 - 0,7	Questionável
0,5 - 0,6	Pobre
Menor do que 0,5	Inaceitável

Figura 6.17 – Escala de classificação do Coeficiente Alfa de Cronbach

Fonte: GEORGE; MALLERY (2003).

Com base nisso, foi aplicado o alfa de Cronbach nos questionários desenvolvidos e que serão apresentados nas próximas seções (Seção 6.3.2.1 e 6.3.2.2), com o objetivo de verificar a sua confiabilidade. Para isso, os resultados obtidos foram convertidos utilizando a escala Likert (Likert, 1932), na qual a resposta Discordo Totalmente correspondeu ao valor 1, seguindo em ordem crescente até a opção Concordo Totalmente, que foi definida com o valor 5.

Com relação a escala de classificação do coeficiente Alpha de Cronbach, as Figuras 6.18 e 6.19 apresentam os dados e cálculos efetuados para determinar o coeficiente alpha. Em cada questionário aplicou-se o coeficiente de Cronbach independentemente, visto que cada um possuía questões que visavam estimar a avaliação de diferentes tópicos relacionados ao trabalho. Por fim, os resultados obtidos devem levar em consideração a escala de classificação dos valores, conforme visto na Figura 6.17. Este resultado obtido gera maiores garantias de que o questionário aplicado ao grupo de usuários foi válido e os valores inseridos por eles podem ser considerados confiáveis no aspecto relacionado à avaliação tanto do agente inteligente quanto do ambiente virtual imersivo.

#### 6.3.2.1 Avaliação usando critérios de Agentes Inteligentes

Foi realizada uma avaliação com foco nas interações e orientações proporcionadas pelo agente inteligente aos estudantes. Para tanto, foi aplicado um questionário composto de diversos critérios relacionados as características de agentes, bem como, ao seu papel exercido no ambiente (Apêndice D), no qual foram implementadas cinco opções de resposta, seguindo a mesma lógica apresentada na avaliação anterior (Seção 6.3.1) e com a mesma pontuação, que baseou-se na escala Likert (1932).

Deste modo, foram elencados alguns critérios pelo autor desta pesquisa e também outros verificados nas características qualificadas por Franklin e Graesser (1996) para agentes, sendo então respondidos pelos estudantes e submetidos ao coeficiente de Cronbach, como apresentado na Figura 6.18.

As questões envolvidas nesta avaliação serão apresentadas abaixo, juntamente com a discussão dos seus resultados:

**Eficácia nas respostas:** foi avaliado no âmbito deste trabalho como a capacidade do agente inteligente ELAI responder às perguntas dos estudantes com competência ou suficientemente bem.

Em relação a primeira questão (Q1), a maioria dos estudantes avaliou positivamente o

agente, sendo que três usuários assinalaram a opção "Concordo Totalmente", dez "Concordo Parcialmente" e um "Discordo Parcialmente". Assegurando assim, a eficácia nas respostas do ELAI aos estudantes. Entretanto, a insatisfação de um usuário ao assinalar "Discordo Parcialmente", remete a um problema que pode ter ocorrido durante a realização dos testes. Essa adversidade ocorre quando o usuário realiza uma pergunta ao agente e este não consegue interpretar a classe na qual encontra-se a informação.

Questão / Usuário	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	$(\sum x)^2$	$\sum x^2$
Usu. 01	4	3	2	1	1	5	5	3	3	3	2	3	3	4	4	46,00	2.116,00
Usu. 02	4	2	4	4	4	5	4	3	4	3	3	3	5	5	3	56,00	3.136,00
Usu. 03	5	2	4	1	5	3	4	4	4	3	2	5	3	3	4	52,00	2.704,00
Usu. 04	2	3	4	4	3	4	3	4	3	3	2	2	2	4	2	45,00	2.025,00
Usu. 05	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	2	53,00	2.809,00
Usu. 06	4	1	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	2	60,00	3.600,00
Usu. 07	4	3	4	1	2	5	3	5	5	5	4	3	3	5	5	57,00	3.249,00
Usu. 08	5	2	4	3	4	5	4	3	3	4	5	3	4	5	4	58,00	3.364,00
Usu. 09	5	1	4	5	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	64,00	4.096,00
Usu. 10	4	1	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	58,00	3.364,00
Usu. 11	4	4	3	4	3	5	4	2	3	4	5	4	4	5	5	59,00	3.481,00
Usu. 12	4	4	5	2	4	5	2	2	3	2	2	2	3	4	2	46,00	2.116,00
Usu. 13	4	2	2	4	2	4	4	1	3	2	2	5	3	5	4	47,00	2.209,00
Usu. 14	4	3	4	2	2	5	5	4	5	3	4	3	4	4	2	54,00	2.916,00
Variância	0,49	0,96	0,82	1,78	1,37	0,39	0,71	1,09	0,60	0,82	1,20	0,96	0,78	0,37	1,23	570,025,00	41.185,00
Soma das Variâncias ( $S^2$ ) =	13,58									$\alpha = 1,08$ (Excelente)							

Figura 6.18 – Resultado do Questionário sobre Requisitos de Agentes

Fonte: Autor deste trabalho e FRANKLIN; GRAESSER (1996)

**Leigo em assuntos específicos:** foi utilizado para estimar a opinião dos estudantes sobre o grau de conhecimento do agente inteligente ELAI, ou seja, se os usuários o interpretaram como desinformado em algum assunto específico relacionado a Redes de Computadores.

Em referência a segunda questão (Q2), os estudantes em sua predominância, discordaram da questão, endossando que o agente inteligente ELAI era conhecedor de assuntos específicos, no que tange o conteúdo de Redes de Computadores, sendo que três usuários assinalaram "Discordo Totalmente", quatro optaram pela opção "Discordo Parcialmente", cinco mantiveram a imparcialidade aderindo a opção "Indiferente" e dois selecionaram "Concordo Parcialmente". Mesmo obtendo avaliação positiva, alguns alunos tiveram opinião contrária, o que pode ser interpretado pela limitação do agente em alguns diálogos informais e também em assuntos específicos Redes de Computadores, visto que a base de conhecimento implementada no *chatbot* não está completa, pois criou-se somente setenta classes para a realização dos testes e essas 70 classes foram divididas de acordo com os níveis: básico, intermediário e avançado. Outro fator que pode ter influenciado a escolha desses usuários, é o fato do agente realizar parte de sua

comunicação em inglês, dificultando assim a interação com alguns estudantes.

**Motivacional:** avaliado como a capacidade do agente inteligente ELAI motivar os estudantes tanto a respeito da realização das atividades quanto no incentivo da interação com o ambiente virtual imersivo e seus objetos.

No que diz respeito ao fator motivacional do ELAI, a maioria dos estudantes responderam a questão de número três (Q3) afirmando que o agente é capaz de incentivar os alunos. Isso é o que transpassa as respostas dos mesmos, visto que um usuário assinalou "Concordo Totalmente" e nove optaram pela opção "Concordo Parcialmente". Outros três usuários foram opostos a tal característica, marcando "Discordo Parcialmente" e um optou em assinalar "Indiferente".

A partir dessas respostas é possível assumir o fato da maioria concordar que o ELAI incentiva e motiva na interação com o ambiente. Entretanto, as opiniões contrárias devem ser consideradas, visto que estas traduzem a insatisfação de alguns usuários no que se refere essa característica. Nesse sentido, os estudantes que não concordaram com tal habilidade, podem ter respondido de tal forma devido as poucas interações ou motivações que o agente ELAI proporcionou aos mesmos.

**Oferece Dicas:** no domínio deste trabalho avaliou-se a habilidade do agente inteligente ELAI apresentar sugestões sobre a realização das atividades e também sobre a navegação no ambiente virtual imersivo.

Na questão de número quatro (Q4), os respondentes foram questionados se o agente inteligente demonstrou a habilidade de apresentar dicas sobre a realização das atividades e também sobre a navegação no ambiente. Nesse sentido, uma pequena maioria assinalou positivamente às dicas oferecidas pelo ELAI, sendo que um optou em marcar a opção "Concordo Totalmente" e sete "Concordo Parcialmente". A minoria dos usuários anotou sua opinião contrariamente, nesse sentido três usuários marcaram "Discordo Totalmente", dois "Discordo Parcialmente" e um "Indiferente". Assim como na terceira questão, é provável que essa minoria respondeu negativamente devido às poucas dicas oferecidas pelo ELAI, isso é um indicativo que o agente precisa de uma complementação que vise oferecer melhores dicas, de acordo com a necessidade dos estudantes.

**Passo a Passo:** este critério foi utilizado para avaliar a capacidade do agente inteligente ELAI em instruir os estudantes sobre suas tarefas e a sequência que deveriam seguir no Percorso Pedagógico, evitando assim, que os mesmos se sentissem desamparados.

A respeito da questão número cinco (Q5), as respostas dos usuários traduziram grande discordância de opiniões, visto que essa questão tinha como objetivo obter a opinião dos estudantes se o ELAI havia demonstrado a capacidade de instruir os usuários sobre suas tarefas e a ordem em que deveriam segui-las, a fim de evitar que o usuário se sentisse desorientado.

Nesse sentido, uma breve maioria assinalou positivamente, afirmando que o agente disponibilizava um passo a passo aos seus usuários. Sendo que dois optaram pela opção "Concordo Totalmente" e seis "Concordo Parcialmente". Em contrapartida, um usuário assinalou "Discordo Totalmente", três "Discordo Parcialmente" e dois "Indiferente". É provável que as opiniões contrárias sejam decorrentes da ação do sensor de movimento vinculado ao agente inteligente ELAI, uma vez que o mesmo só reproduz essas informações de passo a passo aos estudantes quando os mesmos encontram-se dentro do raio de ação do agente.

Durante a realização dos testes, os estudantes foram orientados que deveriam permanecer dentro desse raio de ação do ELAI, para que assim pudessem usufruir das orientações por ele passadas e também tirar suas dúvidas. No entanto, os alunos podem ter ficado confusos quanto a estar ou não dentro desse perímetro coberto pelo ELAI, visto que a única forma do estudante saber, é observando se o agente o enviou uma mensagem de boas vindas ao laboratório e esta o acompanhando durante as interações.

**Representação em 3D:** foi utilizado para estimar a opinião e o entendimento dos estudantes quanto ao agente inteligente ELAI ser representado por um avatar 3D em um ambiente virtual imersivo.

No que diz respeito ao ELAI ser representado por um avatar em 3D, questão de número seis (Q6), os estudantes realçaram positivamente a esta característica, uma vez que cinco usuários optaram pela opção "Concordo Totalmente", quatro "Concordo Parcialmente" e um "Indiferente".

**Acompanhamento:** neste contexto foi avaliado a habilidade do agente inteligente ELAI em acompanhar o estudante durante sua navegação no ambiente virtual imersivo.

Em relação a questão de número sete (Q7), os respondentes foram questionados sobre a habilidade do ELAI acompanhá-los durante as suas interações com o ambiente. Em relação a isso, predominou as opiniões positivas sobre o agente, sendo que quatro usuários assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente" e sete "Concordo Parcialmente". Contudo, algumas avaliações não foram positivas quanto às demais, dois estudantes marcaram a opção "Indiferente" e um "Discordo Parcialmente". Essa dicotomia negativa ocorre devido ao agente inteligente

ELAI somente acompanhar os estudantes dentro do raio de ação coberto pelo sensor acoplado ao mesmo, no qual cada laboratório correspondente a cada nível possui um perímetro e fora deste espaço o agente não realiza o acompanhamento e retorna a sua posição de origem.

Sendo assim, o ELAI segue o estudante enquanto o mesmo manter-se dentro do perímetro de ação do sensor, como visto na Seção 5.1, onde o raio de cobertura foi definido em dez metros. Além disso, foram implementados dois agentes em cada um dos três laboratórios pertencentes a cada região cognitiva, pois alguns destes laboratórios eram maiores do que dez metros e, conseqüentemente, o ELAI não poderia atender aos alunos que estavam nas extremidades. Além disso, quando houvesse mais de um estudante, os mesmos não poderiam interagir e serem atendidos somente por um agente.

**Autonomia:** avaliado no contexto desse trabalho como a autossuficiência do agente inteligente ELAI em operar sem a intervenção direta de humanos, tendo assim, algum tipo de controle sobre suas ações.

Na questão número oito (Q8), os estudantes responderam sobre a autonomia do agente e se o mesmo possui alguma liberdade para agir sem quaisquer intervenção direta. Neste quesito os estudantes mostraram-se bastante divididos, visto que somente um assinalou a alternativa "Concordo Totalmente" e sete "Concordo Parcialmente", mas ainda assim, tratam-se de uma maioria positiva ao agente. De maneira contrária manifestou-se um estudante com a opção "Discordo Totalmente", dois com "Discordo Parcialmente" e três com a alternativa "Indiferente", dessa forma afirmando que não acreditaram que o ELAI possuía algum tipo de controle sobre as suas atividades realizadas no ambiente. Esse grande número de usuários contrários pode ter ocorrido devido falta de conhecimento do usuário sobre as ações realizadas pelo agente, visto que em nenhum momento foram explicadas as condutas tomadas pelo ELAI ou se esses procedimentos foram baseadas em alguma outra ação, o que pode ter ocasionado uma dificuldade para os estudantes responderem essa questão.

**Interação:** no âmbito deste trabalho, avaliou-se como a capacidade do agente inteligente ELAI relacionar-se com outros agentes e / ou com usuários (avatares).

Em referência a questão de número nove (Q9), os estudantes foram solicitados a responder se o agente inteligente possuía a capacidade de relacionar-se com outros agentes ou com os usuários (avatares). Nesse sentido, houve um grande número de alunos que se mostraram imparciais quanto a esta característica (seis assinalaram "Indiferente"), o que pode ter ocorrido devido, nos julgamentos dos avaliadores, poucas interações do agente ELAI. Mas ainda assim

predominou a avaliação positiva do agente pelos estudantes, sendo que três optaram em marcar a alternativa "Concordo Totalmente" e cinco a opção "Concordo Parcialmente".

Cabe ressaltar que os estudantes foram orientados a seguir um Percurso Pedagógico estabelecido, que é apresentado no Capítulo 4. No qual deveriam acessar o ambiente e no primeiro momento observar as ações que o agente executava, e posteriormente, interagir com o ELAI, simulando dúvidas e conversas informais.

**Reatividade:** no domínio deste trabalho avaliou-se como a aptidão do agente inteligente ELAI em perceber o ambiente virtual imersivo ao qual está inserido e ser capaz de responder às mudanças nele ocorridas.

A respeito da questão de número dez (Q10), os respondentes foram questionados se o agente inteligente possui a característica de perceber o ambiente e interpretar as mudanças ocorridas para executar ações. Nesse sentido, os estudantes responderam de forma positiva, visto que dois alunos optaram pela alternativa "Concordo Totalmente" e cinco pela opção "Concordo Parcialmente". Entretanto, houve dois usuários que assinalaram "Discordo Parcialmente" e, além disso, cinco usuários optaram em manterem-se neutros, marcando "Indiferente".

Acredita-se que o grande número de usuários que permaneceram imparciais ocorreu devido aos mesmos não compreenderem o objetivo da questão, pois quando os usuários adentravam aos seus respectivos prédios, o ELAI emitia um aviso sobre as a quantidade de atividades que cada estudante teria pendente e, quando o estudante realizava alguma delas, o ELAI era capaz de interpretar essa alteração e responder a estas mudanças, informando o número atualizado de atividades pendentes ao estudante, caracterizando assim a habilidade de reatividade.

**Pró-atividade:** foi utilizado no contexto desse trabalho para estimar a habilidade do agente inteligente ELAI em tomar iniciativas e não apenas responder aos estímulos vindos do ambiente virtual imersivo, de seus usuários ou de funções previamente definidas.

Na questão de número onze (Q11), os estudantes mantiveram-se divididos, sendo que dois optaram pela alternativa "Concordo Totalmente" e cinco pela opção "Concordo Parcialmente". Outros dois permaneceram neutros assinalando "Indiferente" e cinco avaliaram negativamente marcando "Discordo Parcialmente".

Diferentemente de autonomia, onde o ELAI necessita possuir algum tipo de controle sobre suas ações, a característica de pró-atividade apresentada no agente inteligente esta relacionada ao aspecto dele antecipar suas ações, sem que o estudante interaja diretamente com ele. Nesse sentido, o ELAI vai em direção do aluno para recepcioná-los na entrada do prédio e

acompanhá-los durante suas interações no ambiente. Contudo, alguns estudantes mostraram-se contrários a essa característica, o que pode ter ocorrido devido às poucas interações do agente com o aluno, ou até por ser algo que passou despercebido ao estudante.

**Atividade Contínua:** avaliado no contexto desse trabalho como a capacidade de continuidade dos processos de atividades do agente inteligente ELAI.

Em relação a questão de número doze (Q12), também houve grande fragmentação nas respostas dos estudantes, mas uma maioria mostrou-se positiva, visto que três assinalaram "Concordo Totalmente" e três "Concordo Parcialmente". Novamente houve um grande número de usuários que optaram pela imparcialidade, somando seis estudantes que marcaram a opção "Indiferente", além desses, dois marcaram "Discordo Parcialmente".

No âmbito desse trabalho, a atividade contínua pode ser interpretada pelos usuários, por exemplo, no fato do agente comunicar o estudante sobre as atividades que o mesmo deve realizar e, após o estudante completar alguma delas, o ELAI abordá-lo novamente e informá-lo sobre alguma outra atividade que esta pendente.

Com uma pequena vantagem, a maioria dos respondentes optou pela afirmativa de que o ELAI possuía uma continuidade nos processos por ele realizados. Somente dois usuários se opuseram, mas o que chamou atenção foram os seis usuários neutros, os quais podem ter tido dificuldades ao interpretar o que o ambiente oferecia de atividades e, portanto, não compreender a continuidade oferecida nestes processos.

**Adaptação:** no âmbito deste trabalho foi investigado a capacidade do agente inteligente ELAI em adaptar-se com embasamento em alguma informação, e.g. sobre o ambiente virtual imersivo ou usuário, alterando seu comportamento ou suas ações.

Na questão de número treze (Q13), os usuários evidenciaram de forma positiva as características de adaptação do ELAI, sendo que três estudantes assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente" e cinco a opção "Concordo Parcialmente". Assim como na última questão discutida, nessa também houve um grande número de usuários que optaram pela imparcialidade, marcando "Indiferente" e, somente um foi contrário a maioria, optando por "Discordo Parcialmente".

Essa imparcialidade dos usuários e até mesmo a pequena contrariedade, podem ser interpretadas de forma positiva, visto que a questão de adaptação apresentada pelo ELAI, de adaptar suas respostas conforme o nível de experiência dos estudantes, baseia-se nos fundamentos da computação ubíqua, a qual tem como um dos principais preceitos, tornar a computação e a inte-



ração invisível aos usuários. Além disso, outro motivo que pode ter gerado tanta imparcialidade, atribui-se ao fato de que o estudante pode não ter compreendido o que buscava-se avaliar com essa questão, ocasionando assim uma indiferença do mesmo nesse tópico avaliado.

**Mobilidade:** no domínio deste trabalho foi avaliado a habilidade do agente inteligente ELAI em movimentar-se ou teletransportar-se no ambiente virtual imersivo.

Em relação a questão de número catorze (Q14), a opinião dos estudantes predominaram positivamente durante a avaliação, sendo que seis assinalaram a opção "Concordo Totalmente", sete a alternativa "Concordo Parcialmente" e um marcou "Indiferente". A partir dessas respostas é possível concluir que a grande maioria visualizou essa característica durante a interação no ambiente com o agente inteligente ELAI.

**Personalidade:** no escopo deste trabalho avaliou-se como a capacidade do agente inteligente ELAI transmitir características comportamentais, de inteligência e de caráter que o distingue dos demais.

No âmbito desse trabalho, a personalidade do agente inteligente pode ser interpretada pelos usuários, por exemplo, no fato do ELAI emitir diferentes respostas para a mesma pergunta, tendo como base as informações contextuais dos estudantes.

Em relação a questão de número quinze (Q15), os estudantes mantiveram opiniões positivas, sendo que dois assinalaram a opção "Concordo Totalmente" e seis a alternativa "Concordo Parcialmente", afirmando terem compreendido a personalidade expressada pelo agente inteligente. No entanto, cinco usuários optaram pela opção "Discordo Parcialmente" e um optou em manter-se imparcial, com a alternativa "Indiferente". A avaliação negativa desses usuários provavelmente ocorreu devido às poucas interações com o ELAI, visto que o mesmo esta conectado com um *chatbot* e tem a capacidade de manter um diálogo com os estudantes, fato esse que expõe grande flexibilidade conversacional do ELAI e, além disso, também é capaz de identificar o nível de *expertise* dos mesmos, para que assim possa direcionar sua base de conhecimento para o nível de experiência que condiz com o do aprendiz.

Entre as respostas analisadas, sobressaiu-se os *feedback* sobre algumas características presentes no agente inteligente. Nesse sentido, alguns estudantes acreditaram que o agente possui algum grau de leiguice em assuntos específicos, o que pode ter ocorrido devido a base de conhecimento do *chatbot* não estar finalizada e também porque foram criadas apenas algumas classes para a realização dos testes. Esse problema é possível de ser resolvido, visto que esta em construção e constantemente recebendo novas informações.

Alguns estudantes acreditaram que o agente inteligente ELAI não possui fatores motivacionais que contribuem para a realização das atividades, além de não serem favoráveis quanto as dicas e passo a passo apresentado pelo agente. Através desse retorno, é possível implementar novas formas para que o agente seja mais incisivo quanto a motivação dos estudantes e também mais presente oferecendo dicas e passo a passo para que o estudante compreenda as atividades e como devem realizá-las.

Alguns estudantes também não concordaram com as características de reatividade e pró-atividade, as quais são compreendidas como a capacidade do agente reagir conforme ocorra alguma mudança no ambiente e também realizar ações sem que sejam necessárias essas mudanças. Nesse aspecto, foram implementadas algumas práticas ao ELAI, mas diante das avaliações dos usuários, é evidente que são necessárias alterações que permitam maior transparência nestas ações, para o entendimento dos estudantes quanto a característica presente no agente.

#### 6.3.2.2 *Framework* avaliativo elaborado a partir de diversos autores

Outra avaliação realizada foi composta por um *framework* de questões levantadas por diversos autores (Apêndice F), nas quais teve-se como objetivo avaliar de maneira mais ampla as interações dos estudantes com o agente inteligente ELAI, inclusive o conteúdo por ele apresentado, entre outros. A elaboração deste *framework*, baseou-se em uma compilação sobre alguns questionamentos realizados por diversos autores da área, sendo realizada uma seleção e classificação das questões pertinentes a esta dissertação. Da mesma forma que as avaliações anteriores (Seção 6.3.1 e 6.3.2.1), disponibilizou-se cinco opções de respostas aos avaliadores, seguindo a mesma lógica e pontuação, baseada na escala Likert (1932).

Para elaborar esse *framework*, foram consultadas pesquisas científicas de autores com estudos voltados a avaliação de ambientes virtuais imersivos, de agentes inteligentes e de jogos, sendo eles: Ogata e Yano (2004), Zaibon e Shiratuddin (2010), Gomez et al. (2013), Su, Liu e Huang (2013) e Medeiros e Schimiguel (2012). A partir desse levantamento, foram selecionadas trinta e nove questões, as quais compõem um questionário de múltipla escolha, que foram submetidas ao coeficiente Alpha de Cronbach (Figura 6.19) e os resultados obtidos serão discutidos ao longo dessa seção.

As questões envolvidas nesta avaliação serão apresentadas abaixo, juntamente com a discussão dos seus resultados:

Na primeira questão (Q1), os usuários foram questionados se eles acreditavam que o

Questão / Usuário	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22											
Usu. 01	5	5	4	2	5	3	4	3	4	5	5	4	4	4	5	3	5	4	4	5	5	5											
Usu. 02	4	5	4	4	4	2	5	3	1	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	3	4	5											
Usu. 03	4	3	3	4	4	4	3	4	1	4	5	4	5	5	4	4	2	3	2	4	4	4											
Usu. 04	4	3	3	2	3	4	5	4	3	4	4	5	4	4	4	4	5	3	3	4	4	4											
Usu. 05	4	4	3	4	4	4	4	2	2	3	3	3	4	3	3	3	3	4	2	4	3	4											
Usu. 06	4	4	3	5	5	4	5	4	1	5	4	3	5	4	5	3	3	5	4	5	4	5											
Usu. 07	4	3	4	5	2	5	4	3	4	5	4	3	5	4	5	4	3	4	3	4	4	4											
Usu. 08	4	5	5	5	4	4	4	3	2	5	4	5	5	4	4	4	4	4	3	5	5	5											
Usu. 09	5	5	5	5	5	4	5	2	1	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5											
Usu. 10	4	5	5	5	4	4	5	2	1	4	5	5	4	4	4	5	3	4	4	4	5	4											
Usu. 11	4	5	4	2	2	2	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4											
Usu. 12	4	4	4	2	5	2	1	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	5											
Usu. 13	4	5	4	2	3	2	2	4	1	4	4	3	5	4	4	3	2	3	2	4	4	5											
Usu. 14	3	4	3	5	5	5	3	2	1	5	4	4	5	4	5	3	4	3	3	4	4	4											
Variância	0,21	0,63	0,55	1,78	1,07	1,11	1,41	0,69	1,84	0,39	0,35	0,64	0,23	0,21	0,37	0,45	0,94	0,41	0,94	0,31	0,27	0,25											
<< Continuação >>																																	
Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q38	Q39	( $\sum x$ ) <sup>2</sup>	$\sum x^2$															
3	5	4	5	3	4	3	5	1	3	4	4	5	4	5	4	2	157,00	24.649,00															
4	5	2	4	1	5	5	5	3	3	4	4	5	5	5	4	4	155,00	24.025,00															
5	5	1	5	2	4	4	5	1	3	5	4	3	4	4	4	5	144,00	20.736,00															
4	1	2	5	5	4	5	3	5	1	5	2	4	3	5	4	3	144,00	20.736,00															
4	4	3	4	2	2	4	4	2	2	4	2	3	4	4	3	4	128,00	16.384,00															
5	4	1	5	5	4	4	5	1	1	5	3	4	5	5	4	3	154,00	23.716,00															
5	5	1	5	5	3	5	3	3	1	5	4	4	4	4	5	4	152,00	23.104,00															
4	4	1	5	4	5	5	5	1	1	5	4	4	4	4	4	4	157,00	24.649,00															
5	5	5	5	3	3	5	5	1	1	4	4	4	5	3	4	5	166,00	27.556,00															
5	5	2	5	4	3	3	4	1	1	4	4	3	4	5	5	4	152,00	23.104,00															
4	3	2	4	4	4	4	4	2	2	5	4	2	4	5	4	2	139,00	19.321,00															
4	2	4	5	2	1	5	4	3	3	4	2	4	4	5	4	2	147,00	21.609,00															
4	1	1	2	5	4	5	4	2	1	5	4	2	4	4	4	2	128,00	16.384,00															
5	4	1	5	3	3	5	4	2	3	5	4	2	4	4	4	5	146,00	21.316,00															
0,37	2,03	1,69	0,67	1,67	1,11	0,53	0,49	1,29	0,84	0,24	0,68	0,96	0,27	0,39	0,21	1,25	4.280.761,00	307.289,00															
Soma das Variâncias (S <sup>2</sup> ) =																	29,73																$\alpha = 1,06$ (Excelente)

Figura 6.19 – Resultado do Questionário Geral

agente inteligente ELAI era útil para a aprendizagem. E em resposta a essa questão, houve unanimidade dos estudantes em afirmar que o ELAI é conveniente e benéfico à aprendizagem dos mesmos, sendo que dois assinalaram a opção "Concordo Totalmente", onze "Concordo Parcialmente" e um optou pela imparcialidade marcando a alternativa "Indiferente". Isso ocorre devido às constantes interações realizadas pelo ELAI e a possibilidade do estudante tirar suas dúvidas diretamente com o agente, sem necessitar sair do ambiente para pesquisar na *internet*, por exemplo. E aliado a isso, esta o fato do ambiente virtual imersivo estar munido de diversos recursos educacionais para o ensino de Redes de Computadores.

Ao serem indagados se acharam o ELAI interessante na questão dois (Q2), novamente houve predominância positiva em relação ao agente. Pois sete estudantes escolheram a alternativa "Concordo Totalmente", quatro a opção "Concordo Parcialmente" e três "Indiferente". Esse resultado positivo deve-se ao fato de ser um novo conceito apresentado a esses estudantes, o da educação imersiva, visto que os mesmos nunca haviam tido contato com mundos virtuais

e com agentes inteligentes cientes do contexto, e que a partir dessa interação descobriram a potencialidade existente nesses ambientes e agentes, onde podem pensar, interagir, descobrir, transmitir e criar da forma que acharem mais sensato.

Em relação a questão de número três (Q3), os estudantes foram perguntados se iriam continuar a utilizar o agente inteligente ELAI. Houve um grande número positivo, três assinalaram "Concordo Totalmente" e seis "Concordo Parcialmente", afirmando que iriam desfrutar dos benefícios do agente. No entanto cinco usuário optaram pela escolha da alternativa "Indiferente", mantendo-se imparciais, o que pode ser considerado como negativo e interpretado como falta de dedicação pelos mesmos, necessitando de estímulos constantes, como notas e trabalhos por meio do ambiente virtual imersivo.

Quando confrontadas as respostas dos estudantes na questão Q3 com as respostas analisadas anteriormente na avaliação da usabilidade do método SUS, Seção 6.3.1 - Q1, que também tinha como objetivo avaliar se os estudantes gostariam de usar o ELAI frequentemente, houve uma incoerência no retorno dos avaliadores, visto que na avaliação do SUS foram 13 opiniões favoráveis e na Q3 somente nove, indicando assim que os usuários não possuíam total certeza quando responderam aos questionários, mas se analisado a média de todas as respostas, ainda trata-se de um retorno favorável ao trabalho apresentado.

Em referência a quarta pergunta (Q4) efetuada aos estudantes, buscou-se a opinião dos mesmos se haviam achado o ELAI fácil de se utilizar. Nesse sentido, houve grande disparidade nos resultados obtidos, visto que cinco usuários avaliaram de forma negativa o agente ao assinalarem "Discordo Parcialmente", no entanto, três optaram pela alternativa "Concordo Parcialmente" e seis por "Concordo Totalmente". Esse grande número de opiniões contrárias a facilidade do ELAI atribui-se ao fato do agente utilizar um canal de comunicação onde os estudantes necessitam digitar "/16" toda vez que querem estabelecer contato. Ademais, o fato de ser a primeira vez de muitos estudantes na interação com um ambiente virtual imersivo, pode ter causado uma certa dificuldade nos mesmos em relação a navegação.

Ao comparar os resultados obtidos na Q4 com os resultados obtidos na questão Q3 da avaliação de usabilidade do método SUS, Seção 6.3.1, grande parte dos usuários mantiveram-se coerentes com aquilo que haviam informado anteriormente, sendo 11 avaliações positivas e 3 negativas. No entanto, ao responderem a Q4, dois estudantes alteraram suas respostas, alterando assim para 9 positivos e cinco negativos, mas ainda assim prevaleceu as avaliações positiva.

Na questão de número cinco (Q5), os respondentes foram questionados se o ELAI ofe-

recia *feedback* sobre as ações realizadas pelo usuário. A análise das respostas aponta que a maioria concordou que o agente oferece tal característica, pois cinco usuários assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente" e outros cinco "Concordo Parcialmente".

Essa é uma das características mais relevantes do ELAI, visto que os estudantes realizam suas atividades e imediatamente recebem um parecer sobre as mesmas, por exemplo, ao realizarem uma atividade o ELAI prontamente proporciona um *feedback* sobre quantas questões o aluno acertou. Portanto é muito importante que os usuários conheçam e usufruam da mesma, por isso, destaca-se que dois usuários marcaram a opção "Discordo Parcialmente" e outros dois mantiveram-se neutros, optando por "Indiferente". As respostas negativas, obtidas da análise dos resultados, podem ter ocorrido devido aos poucos *feedback* realizados pelo agente ou a não realização das tarefas pelos estudantes, visto que os mesmos estão atrelados as atividades. Outro fator que pode ser considerado desfavorável, encontra-se no pouco tempo de apresentação desse *feedback*, dificultando a visualização por parte do estudante. Em relação a estes aspectos, as próximas versões do ELAI já irão contemplar as melhorias aqui apontadas.

Em relação a questão de número seis (Q6), os usuários foram indagados se o agente inteligente ELAI oferecia sugestões claras ou apoiava os usuários durante a interação com o ambiente. Nesse sentido, predominou a avaliação positiva do agente, sendo que dois estudantes marcaram a opção "Concordo Totalmente" e sete "Concordo Parcialmente". Contudo, também houveram avaliações negativas, onde um usuário assinalou "Indiferente" e quatro "Discordo Parcialmente". Mesmo tendo boa avaliação diante dessa característica, é preciso atentar às opiniões contrárias, visto que os mesmos não tiveram a mesma reação dos outros avaliadores. O que pode ter sido ocasionado devido às sugestões demasiadamente complicadas ou pouco apoio diante de possíveis dificuldades encontradas durante a navegação dos usuários no ambiente virtual imersivo. Outro fator que pode esclarecer estas avaliações negativas, é o fato de que durante a navegação, alguns usuários encontraram dificuldades em encontrar o "Totem" para realizar *login* no AVA Moodle, o qual havia sido sugerido pelo ELAI.

Em referência a sétima questão (Q7), questionou-se aos estudantes se a experiência de interagir pela primeira vez com o agente inteligente ELAI foi animadora. Como resposta dessa pergunta, a maioria dos alunos indicou ser uma experiência favorável, visto que cinco optaram pela alternativa "Concordo Totalmente" e outros cinco "Concordo Parcialmente". Além desses, dois usuários assinalaram "Indiferente", mantendo-se neutros, um optou por "Discordo Parcialmente" e outro aluno por "Discordo Totalmente".

O fato de alguns usuários não terem uma boa experiência com o ELAI pode ter sido motivado pelos aspectos que envolvem o ambiente virtual imersivo, o qual torna-se algo complexo para usuários iniciantes que nunca haviam navegado, devido a interação em 3D e a diversidade de recursos dispostos no mesmo.

Na questão de número oito (Q8), quando questionados sobre as ações do agente ELAI, se eram repetitivas ou maçantes, os usuários o avaliaram negativamente, sendo que seis assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente", afirmando que as atividades do agente eram reproduzidas constantemente e inconvenientemente. Em contrapartida, quatro usuários preferiram manterem-se neutros optando por "Indiferente" e outros quatro alunos escolheram a opção "Discordo Parcialmente", indicando que o agente era pertinente e interessante.

O fato da maioria dos estudantes terem avaliado o ELAI negativamente nessa característica, faz com que seja necessário repensar novas funcionalidades para serem implementadas nos próximos trabalhos, atribuindo assim, novas atividades e conseqüentemente, alcançando melhores resultados neste quesito.

Visto que os estudantes avaliaram somente a atuação da representação do ELAI no ambiente e não nas respostas que o mesmo reproduziu, as quais não são repetitivas, pois o mesmo possui uma função denominada "*random*" no motor que realiza a inferência para a classe que possui o conhecimento questionado. Essa funcionalidade é responsável por alternar as respostas, evitando assim repetições.

Em relação a questão número nove (Q9), os estudantes responderam se o ELAI havia travado ou interrompido a utilização do ambiente durante a navegação. De acordo com as respostas obtidas, os usuários em maioria discordaram, afirmando que o ELAI não havia travado, sendo que sete responderam "Discordo Totalmente", dois "Discordo Parcialmente" e outros dois "Indiferente".

No entanto, dois usuários optaram pela alternativa "Concordo Parcialmente" e um "Concordo Totalmente", indicando que os mesmos reportaram alguma interrupção durante a interação com o ELAI, o que pode ter ocorrido devido à problemas de conexão ou ao grande número de usuários conectados, que da mesma forma vista na Seção 6.1, quanto maior o número de usuários mais recursos serão consumidos pelo ambiente, o que pode diminuir o número de quadros por segundo passados aos usuários e impedir a correta visualização do ambiente e conseqüentemente do agente. Além disso, outro fator que pode ter influenciado as respostas dos usuários é o *chatbot* que esta vinculado ao agente, pois o mesmo está hospedado em um

servidor externo e muitas vezes ocorrem atrasos na comunicação entre ambos, o que pode ser ocasionado por inúmeros fatores que não tem relação com o presente trabalho.

Na questão número dez (Q10) os alunos foram questionados se o ELAI forneceu informações consideráveis e que poderiam ser úteis em sua aprendizagem. Em respostas a esta questão, houve quase unanimidade entre os respondentes, visto que sete assinalaram "Concordo Totalmente", seis "Concordo Parcialmente" e um mostrou-se imparcial, apontando "Indiferente".

Quando confrontadas as respostas dos estudantes na questão Q10 com as respostas analisadas anteriormente na avaliação que utilizou critérios de agentes inteligentes, Seção 6.3 - Q1 e Q2, as quais tinham como objetivo avaliar se o ELAI demonstrou capacidade em responder as perguntas dos usuários com competência e se o agente apresentou alguma desinformação sobre os assuntos específicos. Em referência a essas questões, houve coerência dos avaliadores em relação a avaliação da questão Q1, na qual foram 13 opiniões favoráveis, sendo que na Q10 também houveram 13 avaliações positivas. No entanto, ocorreram algumas alternâncias em relação a Q2, evidenciando que houve uma incoerência nas opiniões dos avaliadores, pois na Q2 foram somente 7 avaliações positivas, 2 negativas e 5 imparciais. Essa variação pode ter sido ocasionada devido ao fato dos avaliadores estimar na Q2 tópicos relacionadas a alguma desinformação no assunto específico de Redes de Computadores, enquanto na Q10 e Q1 os mesmos tiveram que analisar se o agente apresentou informações consideráveis ou suficientemente boas para a aprendizagem de uma maneira geral.

Já na questão de número onze (Q11), os respondentes foram indagados se os conteúdos apresentados pelo ELAI podem ser facilmente aprendidos. As respostas obtidas dos estudantes declinaram positivamente ao agente, sendo que cinco alunos optaram pela alternativa "Concordo Totalmente", oito pela opção "Concordo Parcialmente" e um manteve-se neutro "Indiferente". Dessa forma é possível auferir que os estudantes compactuam com a capacidade do agente inteligente ELAI apresentar os conteúdos sobre Redes de Computadores e os mesmos aprenderem facilmente. Além disso, envolvem também os laboratórios que o ambiente possui, os conteúdos preparados pelos professores de acordo com o estilo cognitivo do estudante e as respostas oferecidas pelo ELAI ciente do nível de experiência do estudante.

Em referência a questão número doze (Q12), os usuários deveriam responder se haviam alcançado o conhecimento pretendido ao utilizar tanto o ambiente virtual imersivo quanto o agente ELAI. Como resultado dessa consulta, os estudantes em sua maioria evidenciaram que

havia obtido o conhecimento almejado, visto que quatro marcaram a opção "Concordo Totalmente", cinco a alternativa "Concordo Parcialmente" e outros cinco mantiveram-se imparciais, optando por "Indiferente".

Esse indicativo transpassa que os estudantes estavam satisfeitos tanto com o ambiente como com o ELAI, mas o alto número de usuários imparciais realça que ainda existem aspectos à melhorar. Além disso, também ambientar os alunos que não estão preparados para utilizar esse novo conceito educacional, visto que nessa perspectiva são os estudantes que constroem os seus conhecimentos e que devem ir em busca dos mesmos, sendo independentes e constantemente ativos. Outro fator que pode ter influenciado as respostas dos usuários, diz respeito a qualidade do material educacional apresentado, entretanto, esse aspecto não está relacionado aos objetivos apontados nesta pesquisa, mas sim a aplicabilidade de fundamentos do *design* instrucional nestes materiais expostos, proporcionando uma maior qualidade em recursos educacionais oferecidos ao aluno.

Em relação a questão de número treze (Q13), os estudantes foram questionados se os recursos educativos do agente inteligente ELAI foram apresentados conforme a informação contextual referente ao nível de experiência do aluno.

Na Q13, todos os estudantes concordaram que os recursos apresentados eram adequados conforme a informação contextual, visto que nove assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente" e cinco "Concordo Parcialmente". Embora uma das características da computação ubíqua seja tornar invisível essas adaptações, para o perfeito entendimento dos estudantes sobre esse trabalho, ao realizarem os testes os mesmos foram apresentados a todos os recursos, mostrando-lhes as regiões referentes a cada estilo cognitivo, bem como os prédios pertencentes a cada um deles, os quais representam os níveis básico, intermediário e avançado de cada estilo.

Ao avaliarem a Q13, os estudantes estavam mensurando a adaptação no diálogo proporcionada pelo agente inteligente ELAI, o qual fornece essa característica com base no nível de conhecimento de cada aluno. Além disso, também avaliaram o fato do ambiente disponibilizar três laboratórios diferentes, cada um correspondente a um nível de *expertise*, nos quais tiveram contato com as adaptações proporcionadas pelo TCN<sup>5</sup> de acordo com o estilo cognitivo. Essa característica avaliada positivamente, impacta diretamente no processo de construção do conhecimento dos alunos, visto que os materiais educacionais com que os mesmos irão interagir, foram preparados para atender especificamente as suas características pessoais, potencializando assim o ensino obtido ao longo da navegação no ambiente e da interação com o agente inteli-



gente ELAI.

Também sobre os recursos educativos adaptados, a questão de número catorze (Q14) teve como objetivo obter a opinião dos estudante se estes recursos os ajudaram na realização das atividades de Redes de Computadores dispostas no ambiente virtual imersivo. Nesse sentido, sobressaíram-se as opiniões favoráveis dos estudantes, sendo que dois marcaram a opção "Concordo Totalmente" onze a alternativa "Concordo Parcialmente" e um permaneceu imparcial, selecionando a opção "Indiferente".

Além dos estudantes apresentarem suas opiniões sobre as atividades adaptadas de acordo com suas informações contextuais, também houve um momento em que foram indagados sobre os serviços de apoio disponíveis no ambiente juntamente com o agente ELAI. Portanto, na questão de número quinze (Q15), os usuários foram questionados se os serviços de apoio, e.g. *slides*, atividades e mensagens instantâneas, estavam de acordo com o nível de experiência dos mesmos.

Novamente houve uma predominância positiva de usuários junto ao trabalho avaliado, sendo que seis consentiram assinalando a opção "Concordo Totalmente", sete a alternativa "Concordo Parcialmente" e um optou em manter-se neutro marcando "Indiferente". Externando assim, a aprovação dos estudantes a respeito dos conteúdos dispostos tanto no ambiente virtual imersivo quanto no agente inteligente ELAI, visto que no ambiente estavam disponibilizados cada qual em uma região conforme o estilo cognitivo e no agente por meio do diálogo e mensagens trocadas com os estudantes ciente do nível de *expertise* dos mesmos. Nesse aspecto, cabe ressaltar a importância que essa característica possui ao responsável pela educação, o qual pode obter as opiniões dos estudantes para aprimorar os conteúdos disponibilizados no ambiente como também otimizar a base de conhecimento do ELAI.

Na questão número dezesseis (Q16), perguntou-se aos alunos se as ações executadas pelo agente inteligente ELAI no ambiente virtual imersivo corroboram para a incidência de uma aprendizagem colaborativa. Nesse sentido, a maioria dos estudantes opinaram sendo favoráveis ao agente ELAI, visto que dois marcaram a opção "Concordo Totalmente", sete a alternativa "Concordo Parcialmente" e houve cinco usuários que permaneceram imparciais, assinalando "Indiferente". Diante disso, é possível assumir que os estudantes entendem que eles próprios, em conjunto com o agente inteligente ELAI, possam estabelecer buscas, compreensões e interpretações de conhecimentos em assuntos relacionados a Redes de Computadores.

Quando confrontadas as respostas dos estudantes na questão Q16 com as respostas ana-

lisadas anteriormente na Q1, que também tinha como objetivo avaliar se os estudantes acreditavam que o ELAI era útil para a aprendizagem, houve uma pequena incoerência no retorno dos avaliadores, visto que na Q1 foram treze opiniões favoráveis e na Q16 somente nove, indicando que esses usuários não estavam confiantes para responder a respeito deste aspecto ou talvez ficaram em dúvida por conta da Q16 abordar aspectos relacionados a aprendizagem colaborativa.

Em relação a questão dezessete (Q17), os usuários foram questionados se ao utilizar o agente inteligente ELAI tiveram a oportunidade de criarem seu próprio conhecimento, tornando-se aprendizes autônomos. E quanto a questão dezoito (Q18), os alunos responderam se o ELAI iria melhorar o conhecimento dos mesmos.

Em ambos resultados obtidos houve a coincidência positiva ao agente, visto que na Q17 três usuários assinalaram "Concordo Totalmente", cinco "Concordo Parcialmente", quatro "Indiferente" e dois "Discordo Parcialmente". Já na Q18, dois optaram pela alternativa "Concordo Totalmente", oito pela opção "Concordo Parcialmente" e quatro mostraram-se imparciais "Indiferente".

Esses resultados transpassam a importância que o conceito da educação imersiva apresenta, visto que em ambas as questões os estudantes avaliaram positivamente. Dessa forma, é necessário que os usuários sejam autônomos na busca pelo conhecimento, para que assim possam melhorar, através do ambiente e do ELAI, seus entendimentos sobre Redes de Computadores.

A respeito a questão de número dezenove (Q19), buscou-se a opinião dos usuários se o agente inteligente ELAI fornecia uma aprendizagem ubíqua em suas interações com os alunos. As respostas foram fragmentadas, pois dois estudantes assinalaram "Concordo Totalmente" e quatro "Concordo Parcialmente", entretanto três marcaram a alternativa "Discordo Parcialmente" e cinco permaneceram imparciais, optando por "Indiferente".

Uma das características da computação ubíqua é tornar as interações humano-computador invisíveis, porém no caso da Q19 os estudantes receberam orientações sobre as atividades, evidenciando que as mesmas utilizavam informações contextuais para que assim o ambiente direcionasse o aluno para a região condizente com o seu estilo cognitivo e o ELAI possibilitasse o diálogo de acordo com o nível de experiência do mesmo.

Dito isso, o fato das opiniões serem divergentes esta atribuída aos estudantes terem poucas opções para absorver esse conceito apresentado no trabalho, visto que somente disponibilizou-se o direcionamento às regiões conforme o estilo cognitivo e a adaptação realizada pelo agente

ELAI, dificultando assim a compreensão dos estudantes da dimensão correta das potencialidades apresentadas pela computação ubíqua.

Em relação a questão de número vinte (Q20), os estudantes foram questionados se a integração do ELAI com o TCN<sup>5</sup> resultou em uma interface amigável. Dessa maneira, a análise dos resultados apontou que a maioria aprovou a integração, pois quatro usuários assinalaram "Concordo Totalmente", nove "Concordo Parcialmente" e somente um permaneceu imparcial, assinalando "Indiferente". Já na pergunta vinte e um (Q21), foi questionado se o estudante havia ficado satisfeito com o ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> e o agente inteligente ELAI. Em relação a isso, os alunos apontaram serem favoráveis, visto que três marcaram a opção "Concordo Totalmente", dez a alternativa "Concordo Parcialmente" e um manteve-se neutro "Indiferente". De forma geral, nas questões Q20 e Q21, as opiniões são de suma importância nas pretensões desse trabalho, pois realçam que uma das primeiras preocupações que surgiram durante o seu desenvolvimento, a qual foi superada e portanto os estudantes ficaram satisfeitos tanto com o ambiente quanto com o agente e esses resultados evidenciados dão indícios que a integração proporcionou uma facilidade e simplicidade de uso.

Ao serem questionados se utilizariam o ambiente virtual imersivo e o agente inteligente ELAI em outros cursos e/ou disciplinas, na questão vinte e dois (Q22), os alunos foram unanimemente adeptos, tanto que sete estudantes assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente" e outros sete a opção "Concordo Parcialmente", enfatizando ainda mais o fato dos usuários terem ficado satisfeitos com ambos. Além disso, transpassa que pode ser investido mais em materiais e arquiteturas pedagógicas que instiguem a utilização desses recursos tecnológicos.

A respeito do ELAI adaptar suas ações com base em alguma informação do estudante, os usuários foram questionados na questão vinte e três (Q23), se o agente havia interpretado corretamente suas informações de contexto, no que se refere o nível de conhecimento do aluno. Portanto, a grande maioria dos usuários se mostrou positiva, afirmando que o agente inteligente havia compreendido corretamente tal informação, sendo que seis assinalaram a opção "Concordo Totalmente", sete a alternativa "Concordo Parcialmente" e apenas um permaneceu imparcial, marcando "Indiferente".

Ao interpretar essa informação contextual, o ELAI proporcionava ao estudante um canal de comunicação por meio do *chat*, sendo ciente do nível de experiência do mesmo. Portanto, os estudantes foram questionados na questão vinte e quatro (Q24), se haviam gostado desse meio de comunicação implementado.

Os estudantes mostraram-se bem divididos, mas ainda assim houve mais avaliações positivas do que negativas, sendo que seis usuários assinalaram a opção "Concordo Totalmente" e quatro "Concordo Parcialmente". E negativamente houve dois alunos que optaram pela alternativa "Discordo Totalmente", um "Discordo Parcialmente" e outro manteve-se imparcial "Indiferente".

Mesmo tratando-se de uma avaliação positiva, alguns aspectos nas opiniões dos estudantes não foram satisfatórios, possivelmente devido ao fato de ser necessário informar o canal de comunicação em cada uma das mensagens enviadas ao agente inteligente ou também pela demora que as vezes era ocasionada pela lentidão em obter a resposta almejada, devido ao *chatbot* vinculado ao ELAI ser hospedado em um servidor externo. Outro aspecto relevante para a avaliação da Q24, é visto no *feedback* dos alunos na Q40, onde os mesmos tiveram a oportunidade de descrever o que modificariam no agente inteligente ELAI. Nesse sentido, um estudante apontou que modificaria a maneira dos avatares comunicarem-se com o ELAI, implementando e viabilizando uma interação via áudio, onde o estudante fala sua dúvida e o agente responde um áudio, ao invés de um texto.

Nessa perspectiva, na questão de número vinte e cinco (Q25) os estudantes foram questionados se houve demora nas respostas fornecidas pelo ELAI. Em sua maioria, os estudantes opinaram que não houve, sendo favoráveis ao agente inteligente, mas também houveram respostas negativas. Dos catorze usuários questionados, seis assinalaram a opção "Discordo Totalmente" e quatro "Discordo Parcialmente", mostrando-se em prol do agente, entretanto um usuário marcou a alternativa "Concordo Totalmente", dois "Concordo Parcialmente" e um manteve-se neutro optando por "Indiferente".

Assim como explicado na questão anterior, um número expressivo de usuários verificou em alguns momentos certa lentidão nas respostas do ELAI, a qual pode ser ocasionada por problemas que não tem relação direta com esse trabalho, pois foi constatado que se tratava do alto tempo de resposta que o servidor onde estava hospedado o *chatbot* apresentava, o qual esta hospedado no PandoraBots. Mas também não pode ser descartada a possibilidade do ambiente virtual imersivo ter impossibilitado que a resposta ao estudante fosse em tempo real, pois assim como visto na Seção 6.1, onde é apresentada a ferramenta VWM, diversos são os fatores que influenciam no desempenho do servidor e conseqüentemente na performance do ambiente.

Na questão de número vinte e seis (Q26), os estudantes foram indagados se as respostas

fornecidas pelo agente inteligente ELAI foram sobre o tópico ao qual o haviam questionado. Nesse sentido, treze estudantes, dos catorze avaliados, afirmaram que sim, sendo que dez assinalaram "Concordo Totalmente" e três "Concordo Parcialmente", houve uma opinião contrária, onde o estudante mostrou-se desfavorável apontando a alternativa "Discordo Parcialmente".

A análise dos resultados da questão Q26, mostram que o agente inteligente ELAI teve uma atuação positiva junto aos estudantes, fornecendo respostas precisas sobre os assuntos de Redes de Computadores questionados, o que pode contribuir no processo de ensino e aprendizagem dos mesmos. A respeito do estudante que mostrou-se insatisfeito, pode ter ocorrido do mesmo questionar um assunto que o ELAI não possuía em sua base de dados ou também de ter havido uma falha e o ELAI não ter conseguido acessar as informações contidas na classe AIML de sua base de conhecimento.

Quando comparadas as respostas dos estudantes na questão Q26 com as respostas analisadas anteriormente na avaliação apresentada na Seção 6.3.2.1 - Q1, que tinha como objetivo avaliar a eficácia nas respostas do ELAI, é constatado uma incoerência pela maioria dos avaliadores. De maneira geral, prevaleceram as respostas positivas em ambas as avaliações, entretanto na Q1 foram três usuários que assinalaram "Concordo Totalmente" e dez "Concordo Parcialmente", já na Q26 foi inverso, sendo que dez usuários assinalaram "Concordo Totalmente" e 3 "Concordo Parcialmente". Isso pode ter ocorrido devido as diferenças de propósitos objetivados pelas questões, visto que a Q1 questiona sobre a eficácia dessas respostas e a Q26 se as mesmas foram sobre o tópico questionado.

Em relação a isso, na questão de número vinte e sete (Q27), os estudantes foram questionados se o ELAI não soube responder algum dos tópicos que os mesmos o indagaram. A partir da análise dos resultados, houve sete alunos afirmando que o ELAI não respondeu algum tópico, sendo que quatro assinalaram "Concordo Totalmente" e três "Concordo Parcialmente". A favor do ELAI foram quatro estudantes, um optou por "Discordo Totalmente", três "Discordo Parcialmente" e outros três mantiveram-se neutros, assinalando "Indiferente".

Assim como discutido anteriormente, o fato do agente inteligente não responder ao questionamento do estudante, pode ter sido ocasionado por não possuir quaisquer informações sobre o assunto indagado em sua base de conhecimento, visto que a mesma encontra-se em construção, ou por ter ocorrido alguma falha no momento em que o ELAI buscou essa informação em sua base. Aliado a isso, o fato do agente ter algumas informações em inglês e outras em português, podem tanto tê-lo confundido quanto atrapalhado a interação do usuário.

Mas além desses fatores, também devem ser considerados possíveis erros cometidos pelos usuários, pois se ao questionarem o ELAI os mesmos informaram uma palavra errada, o agente pode ter ficado desorientado e conseqüentemente não ter encontrado a informação. Em situações como essa, o agente já possui contra medidas e age automaticamente questionando o usuário o que ele quis dizer ou até sugerindo a palavra correta, e.g. "Você quis dizer PALAVRA?".

Confrontando as respostas dos estudantes na questão Q27 com as respostas analisadas anteriormente na avaliação apresentada na Seção 6.3.2.1 - Q2, onde foram questionados se o agente havia demonstrado ser leigo quando perguntado sobre assuntos específicos. Diante da análise dos resultados, foi possível constatar que houve incoerência nas opiniões dos avaliadores, visto que na Q2 houveram sete avaliações a favor do ELAI, já na questão Q27 somente quatro opiniões positivas. Essa discrepância nas opiniões pode ter ocorrido em vista da Q27 questionar se o ELAI não soube responder algum tópico de maneira geral, diferentemente da Q2 que questionou especificamente a respeito das respostas sobre assuntos específicos.

Na questão de número vinte e oito (Q28), os usuários foram indagados se o fato de ter um NPC (ELAI) os acompanhando serviu como estímulo ao realizarem as atividades. Diante disso, prevaleceu a opinião favorável dos estudantes a essa característica do agente inteligente, sendo que dois assinalaram a opção "Concordo Totalmente" e seis "Concordo Parcialmente". Em contrapartida, um usuário marcou a opção "Discordo Totalmente", outro "Discordo Parcialmente" e quatro permaneceram imparciais, optando por "Indiferente".

Quando questionados sobre o ELAI avisar a respeito das atividades pendentes, na questão vinte e nove (Q29), prevaleceu a opinião favorável dos usuários, visto que oito assinalaram a opção "Concordo Totalmente", quatro "Concordo Parcialmente" e dois permaneceram neutros, marcando a opção "Indiferente". Esse resultado transpassa a confiança dos estudantes, no que diz respeito do agente passar informações precisas sobre o andamento das atividades dos mesmos.

E na questão de número trinta (Q30), os estudantes ao serem questionados se gostaram que o ELAI foi em sua direção e não ao contrário, mostraram-se favoráveis, visto que seis usuários marcaram a opção "Concordo Totalmente", outros seis "Concordo Parcialmente" e dois optaram pela imparcialidade, assinalando "Indiferente". Com isso, é possível afirmar que as características de Pró-atividade e Reatividade estão presentes nas atuações do ELAI, visto que o mesmo reconhece o ambiente ao qual está inserido e assim realiza a ação de ir ao encontro

do estudante (reatividade), além disso o fato de dirigir-se até o estudante e emitir uma mensagem de boas-vindas e também avisá-los sobre as atividades pendentes, o caracterizam com a característica de antecipar-se (Pró-atividade).

Ao serem questionados se acharam o agente inteligente ELAI irritante ou desagradável, por segui-los pelo ambiente virtual imersivo, na questão trinta e um (Q31), os estudantes mostraram-se contrários, visto que seis marcaram a alternativa "Discordo Totalmente", quatro "Discordo Parcialmente", três "Indiferentes" e um "Concordo Totalmente". Indicando que a abordagem realizada pelo ELAI é apreciada pela maioria dos estudantes, a qual foi implementada com o intuito de transmitir a sensação aos estudantes de estarem amparados, caso tenham dúvidas sobre o conteúdo referente a Redes de Computadores.

Ao confrontar as respostas dos estudantes na questão Q31 com as respostas analisadas anteriormente na Q2, onde os mesmos foram questionados se achavam o ELAI interessante, foi possível constatar que os avaliadores mantiveram-se coerentes, pois tanto a Q2 quanto a Q31 foram mantidos os mesmos resultados favoráveis ao agente, indicando assim um alto grau de concordância dos mesmos para com o critério avaliado.

Na questão de número trinta e dois (Q32), os estudantes foram questionados se durante a interação houve alguma sensação de monitoramento ou cobrança demasiada por parte do agente inteligente ELAI. Em resposta da Q32, os usuários discordaram em haver sensação de monitoramento ou muita cobrança, visto que sete alunos assinalaram a opção "Discordo Totalmente", dois "Discordo Parcialmente" e cinco mantiveram-se neutros, com a alternativa "Indiferente". Essa questão serve para verificar se o ELAI ou o ambiente não estão criando uma sobrecarga cognitiva ao aluno, pois ambos devem apresentar as informações de uma maneira consistente e transparente.

Em relação a questão de número trinta e três (Q33), os estudantes foram questionados se visitaram os outros prédios que possuíam os demais níveis de *expertise* no ambiente. Em resposta disso, houve uma unanimidade afirmando que conheceram, sendo que oito optaram pela alternativa "Concordo Totalmente" e seis "Concordo Parcialmente". Com isso, os estudantes tomaram ciência das demais regiões e níveis de experiência existentes no ambiente virtual imersivo, cada qual com seu estilo cognitivo e graus de conhecimento.

No quesito motivação, os avaliadores responderam na questão de número trinta e quatro (Q34), se o agente inteligente ELAI teria a capacidade de motivar o interesse dos estudantes. Nesse sentido, a maioria dos alunos foram a favor, visto que dez assinalaram a opção "Concordo

Parcialmente", um permaneceu neutro, optando por "Indiferente" e três marcaram a alternativa "Discordo Parcialmente".

Quando confrontadas as respostas dos estudantes na questão Q34 com as respostas analisadas anteriormente na avaliação de agentes inteligentes, Seção 6.3.2.1 - Q3, que também tinha como objetivo avaliar se o ELAI demonstrou a capacidade de motivar os usuários tanto a respeito da utilização das atividades quanto no incentivo da interação com o ambiente, os estudantes permaneceram coerentes, sendo que em ambas as avaliações 10 opiniões foram positivas, 3 negativas e uma neutra. No entanto, se comparadas com a Q9 do método SUS (Seção 6.3.1), onde foi avaliado se o usuário sentiu-se confiante ao usar o ELAI, é possível identificar opiniões ainda mais positivas, sendo que 10 usuários foram positivos e quatro indiferentes, ou seja, no ponto de vista dos usuários, estavam confiantes para utilizar o ELAI.

Já em relação a imersão, os estudantes foram indagados na questão trinta e cinco (Q35), se o agente inteligente ELAI provia a capacidade de envolver os estudantes profundamente. Como resultado dessa análise, os avaliadores em sua maioria, afirmaram que o ELAI tem características imersivas, sendo que dois optaram pela alternativa "Concordo Totalmente", seis marcaram "Concordo Parcialmente", três permaneceram imparciais "Indiferente" e outros três não concordaram e assinalaram "Discordo Parcialmente". Esse resultado positivo deu-se devido tanto pelo ambiente virtual ser imersivo quanto pelo agente ELAI ser representado virtualmente por um avatar em um ambiente 3D.

Em referência a aspectos de interação social, os respondentes foram indagados na questão trinta e seis (Q36), se o agente inteligente ELAI disponibilizou meios de interação com os estudantes. Como resultado, a análise apontou que predominou a opinião favorável dos estudantes, sendo que três assinalaram a opção "Concordo Totalmente", dez a alternativa "Concordo Parcialmente" e um manteve-se imparcial, optando por "Indiferente". Indicando assim, que o agente ELAI possuía, na opinião dos estudantes, métodos capazes de realizar a interação social com os mesmos, realizadas através do *chat* e de suas respostas para as perguntas dos estudantes.

A fim de estimar a opinião dos estudantes quanto a reusabilidade do agente inteligente ELAI, na questão trinta e sete (Q37), perguntou-se se os mesmos acreditavam na capacidade de utilizá-lo em diferentes contextos de aprendizagem e com alunos de diferentes idades e interesses.

Em resposta a Q37, os alunos apresentaram um parecer favorável quanto a reusabilidade do ELAI, visto que sete usuários optaram pela alternativa "Concordo Totalmente", seis pela



opção "Concordo Parcialmente" e um manteve-se neutro, marcando "Indiferente". Essa questão reafirma o latente potencial existente tanto nesse trabalho quando no uso de agentes inteligentes inseridos em ambientes virtuais imersivos de maneira geral, quando bem implementados. O ELAI pode sim ser adequado para outros interesses ou também diferentes idades, entretanto, para alcançar tal abstração, sua base de conhecimento teria que ser novamente populada com informações e classes AIML referentes ao interesse em questão.

Ao comparar as respostas dos estudantes na questão Q37 com as respostas analisadas anteriormente na Q22, que tinha como objetivo mensurar se os avaliadores utilizariam o ambiente e o ELAI em outros cursos e disciplinas, os usuários permaneceram coerentes em sua maioria, sendo que na Q22 houveram 14 avaliações positivas e na Q37 ocorreram 13 avaliações positivas e um usuário permaneceu imparcial. Por meio dessa análise, evidencia-se uma outra forma de confirmar o que os alunos haviam ressaltado, no que diz respeito a reusabilidade do trabalho proposto em outros contextos educacionais, provendo assim a criação de novas tecnologias voltadas ao ensino.

Na questão trinta e oito (Q38), indagou-se aos estudantes se o aspecto da aparência do agente inteligente ELAI tinha uma adequada apresentação visual. Nesse sentido, os usuários novamente mostraram-se condizentes com o ELAI, sendo que dois assinalaram a alternativa "Concordo Totalmente", onze a opção "Concordo Parcialmente" e um manteve-se imparcial, optando por "Indiferente". No âmbito desse trabalho, buscou-se a todo momento aprimorar o visual do agente inteligente em sua representação, sendo adicionadas texturas ao avatar, e.g. roupas e sapatos.

A respeito da usabilidade oferecida pelo agente inteligente ELAI, na questão trinta e nove (Q39), os estudantes foram questionados se o ELAI oferecia ajuda durante a navegação dos usuários no ambiente, proporcionando assim uma facilidade no uso dos recursos da interface, objetos 3D e recursos educacionais dispostos no ambiente virtual imersivo. Em relação a questão Q39, os usuários responderam positivamente, sendo que três assinalaram a opção "Concordo Totalmente" e cinco "Concordo Parcialmente". Entretanto, houve algumas avaliações negativas, onde quatro usuários optaram pela escolha de "Discordo Parcialmente" e dois mantiveram-se neutros "Indiferente".

Através da análise da Q39, é possível mensurar que os estudantes foram favoráveis ao apoio que o agente inteligente ELAI ofereceu, bem como as instruções por ele transmitidas, as quais contribuíram na facilidade de utilização do ambiente e conseqüentemente na realização

das atividades. No entanto, por terem ocorrido algumas avaliações negativas, não é possível afirmar que a usabilidade apresentada pelo ELAI é boa, e diante disso, são necessárias complementações para que essa característica seja atendida.

Por último, na questão quarenta (Q40), não utilizou-se o coeficiente Alpha de Cronbach, pois os estudantes deveriam dissertar sobre as características que mais chamaram sua atenção no ELAI, além disso expor sua opinião sobre a relevância do mesmo para o ensino e também descrever o que mudariam no agente inteligente. Dessa forma, foram transcritas as respostas submetidas:

- **Usuário 1:** "O ELAI é relevante, pois traz a presença de um "professor" que pode auxiliar o estudante tirando suas dúvidas. Como aspecto negativo resalto o diálogo em inglês, sabendo que o uso do ELAI pode ocorrer em qualquer idade, a escrita em português facilitaria essa utilização. Eu mudaria a linguagem do ELAI. O interessante é que as respostas às dúvidas estejam em português".
- **Usuário 2:** "Durante toda a interação o ELAI esteve presente para auxiliar nas atividades. O nível de dificuldade das atividades aumentou e diminuiu. Minha sugestão de melhoria é que nas atividades mais fáceis o ELAI poderia estar mais afastado".
- **Usuário 3:** "O que me chamou mais atenção foi a "preocupação" em avisar o usuário das atividades que estão faltando".
- **Usuário 4:** "Sim, o ELAI é muito relevante para o ensino em um ambiente virtual como o utilizado na experiência, um dos pontos mais significantes é o fato de poder tirar "dúvidas" diretamente no mundo virtual através do ELAI sem a necessidade de sair do ambiente para pesquisar".
- **Usuário 5:** "Acho interessante o fato de que ele me deixa saber quais atividades já foram realizadas. Entretanto, eu não vejo como esse sistema poderia ajudar o estudo mais do que um bom livro/exercícios. Eu não mudaria nada no ELAI, pois não creio que eu tenha conhecimento suficiente sobre o sistema para responder essa pergunta".
- **Usuário 6:** "O que chama atenção é a capacidade do ELAI responder às dúvidas dos alunos e conseguir identificar quantas atividades pendentes o aluno tem. O ELAI dispõe de uma base de dados com muitos conceitos sobre Redes de Computadores e acho isso relevante para o ensino. Uma mudança interessante para o ELAI seria fazer ele falar".

- **Usuário 7:** "O que mais chamou atenção no ELAI foi o fato deste ser um meio de fácil acesso à informação dentro do ambiente virtual. Penso que o ELAI pode sim, ser relevante para o ensino, pois é uma forma pela qual os usuários que estão realizando as atividades podem obter ajuda na solução dos problemas. Não mudaria nada no ELAI em si".
- **Usuário 8:** "O ponto mais interessante é as respostas adaptadas ao meu nível de *expertise* e o monitoramento das atividades a serem realizadas, assim como o acompanhamento do agente. Considero relevante sim, pois se trata de uma alternativa válida para enriquecer os recursos presentes no MV e fornecer *feedback* imediato para o aluno acerca das atividades realizadas, assim como auxiliar na dúvidas corriqueiras. Como sugestão de melhoria, acredito que talvez implantar um canal de áudio para me comunicar com o ELAI seria vantajoso".
- **Usuário 9:** "Não gostei dos pontos cegos, que me deixaram sem auxílio em alguns momentos. Mas acho relevante para o ensino, por auxiliar o aluno no controle das atividades e conteúdo. Não mudaria nada no ELAI mas, no TCN<sup>5</sup> colocaria um sistema de localização para saber onde encontrar o *token* para *login* no moodle e também para outros pontos importantes".
- **Usuário 10:** "Acho que seja relevante para o ensino, porque é uma maneira fácil de obter as respostas para determinados temas. O ELAI nos fornece respostas práticas e rápidas".
- **Usuário 11:** "Gostei de ter um tutor inteligente para me apoiar no aprendizado. É um diferencial muito positivo em se tratando de aprendizagem mediada por computador. Entretanto, penso que ele poderia falar em português e interagir mais com o avatar do usuário, tanto acompanhando-o em um raio de distância maior quanto sugerindo atividades, leituras e entendendo conversas informais como "oi" e "tudo bem?". Mas valeu a experiência, ótimo trabalho".
- **Usuário 12:** "Achei o ELAI meio estranho, mas foi legal essa combinação com o Moodle e as atividades pendentes, acho ele relevante pois qualquer novidade é bem vinda dependendo da turma de estudantes. Eu não mudaria nada, porque não saberia o que fazer".
- **Usuário 13:** "Poder interagir com o usuário é a melhor característica, mas o fato de ser

necessário fazer perguntas e não simplesmente clicar em opções me incomoda. Acho o ELAI e o ambiente importantes mas tanto o ELAI quanto o ambiente para mim são muito irreais, não atingindo um nível de realidade suficiente para ser útil no ensino".

- **Usuário 14:** "Gostei do fato do ELAI avisar quantas tarefas faltam e quais são elas".

Muitos desses comentários são pertinentes e serão considerados para os trabalhos futuros que serão desenvolvidos encima do ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> e do agente inteligente ELAI.

Nesse sentido, é possível citar o aspecto relacionado a língua oficial utilizada pelo ELAI, característica essa que gerou algumas dificuldades aos estudantes. Atualmente o agente utiliza o português, com algumas classes em inglês. Mas na medida em que forem sendo adicionadas novas classes na base de conhecimento, será utilizado o inglês como a língua principal, visto que a UFSM possui um projeto de internacionalização que visa inclusive ministrar aulas presenciais em inglês.

Outro ponto interessante abordado pelos avaliadores, consiste em determinar níveis para as atividades e com isso fazer com que o ELAI não seja tão atuante em atividades mais fáceis, reservando sua ajuda para as tarefas que exijam conhecimentos dos alunos.

Através dos relatos dos usuários que avaliaram o ELAI, também foi possível observar que algumas características citadas por eles compõem os trabalhos futuros descritos na Seção 7.3, e.g. implementar a possibilidade do agente inteligente falar, ou desenvolver um canal de comunicação por áudio, além disso também poderia ser considerado o desenvolvido de questões gestuais, fazendo com que o ELAI torne-se mais real ao olhar do estudante.

Os estudantes também sugeriram a implementação de novas funcionalidades no que tange as tarefas que o agente inteligente ELAI designa ao estudante, neste caso, poderiam ser inclusive não atribuídas só atividades que necessitem respostas, mas também a leitura de um livro ou de um *slide* sobre algum determinado assunto.

Como visto nos parágrafos anteriores, existem diversas opiniões, algumas contrárias e outras favoráveis. Mas o mais interessante é que são *feedback* autênticos e verdadeiros de estudantes da área computacional que tiveram experiências com o agente inteligente ELAI no ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup>, os quais em sua maioria, não tinham vivências e conhecimento. Neste sentido, através da análise dos resultados, foi possível apurar que os mesmos consideram o ELAI como uma alternativa viável para auxiliar os estudantes no processo de ensino e aprendizagem, além de incentivar na realização das atividades. Como citado por um dos

avaliadores, o ELAI agiu como um professor, tirando suas dúvidas e oferecendo dicas sobre as atividades presentes no laboratório.



## 7 CONCLUSÃO

Neste capítulo é apresentado um resumo da pesquisa desenvolvida ao longo desse trabalho, no qual também são abordadas as principais contribuições alcançadas, além de esboçar pretensões futuras para continuidade da pesquisa. Por fim, são apresentadas as considerações finais dessa dissertação.

### 7.1 Resumo do trabalho

Com a crescente inserção das tecnologias no âmbito educacional, foram sendo exigidos que novos paradigmas fossem desenvolvidos e conseqüentemente surgiram promissoras perspectivas que visam contribuir no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Uma dessas abordagens, faz uso de agentes inteligentes capazes de auxiliarem os estudantes durante a construção do conhecimento em ambientes virtuais de aprendizagem, os quais possuem uma grande gama de recursos educacionais e alternativas de aprendizagem, fazendo-se necessário assim, uma assistência inteligente.

Diante dessa concepção, esse trabalho aborda a implementação de um agente inteligente denominado como **Intelligent Agent adaptive to the Level of Expertise of Students (ELAI)**, o qual tem como objetivo amparar os estudantes durante a realização de suas atividades. Para oferecer este auxílio, o ELAI conta com características de computação ubíqua, sendo sensível ao contexto do aprendiz e, dessa forma, adaptando seus recursos educacionais conforme as preferências intrínsecas nas informações contextuais do estudante.

A fim de aprimorar as habilidades do agente inteligente ELAI, em relação às características de *context-aware computing*, desenvolveu-se a capacidade do agente identificar o nível de conhecimento dos usuários, para que assim ele pudesse oferecer seus recursos educacionais conforme as preferências do aprendiz. Sendo assim, o agente é apto a identificar três níveis de *expertise*, os quais foram estabelecidos como: básico, intermediário e avançado, e a partir disso, responder aos questionamentos dos estudantes conforme essa informação contextual.

Além disso, foi implementado junto ao ELAI um agente conversacional, por meio de um *chatbot*, a fim de proporcionar aos estudantes uma alternativa para sanarem suas dúvidas sem necessitar sair do ambiente, dessa forma, o agente pode realizar o papel de um tutor ou de um colega mais experiente, com quem o estudante pode se sentir mais a vontade para realizar os questionamentos. Para tanto, foi desenvolvida uma base de conhecimento com conceitos

inerentes a área de Redes de Computadores, sendo que estas informações foram separadas em classes e definidas na notação AIML.

Com o intuito de torná-lo mais real aos estudantes, o ELAI foi inserido em um ambiente virtual imersivo denominado TCN<sup>5</sup> (Voss, 2014), por meio de um avatar NPC. Esse ambiente também é voltado ao ensino de Redes de Computadores, através de objetos em 3D e atividades dispostas em laboratórios. Além disso, o TCN<sup>5</sup> é ciente do contexto do estilo cognitivo de seus usuários e após ser incorporado a este trabalho, também foi desenvolvida a capacidade de ser sensível aos níveis de conhecimentos dos aprendizes.

Além disso, visando a complementação do trabalho, desenvolveu-se outras duas pesquisas paralelas, que possuem teor complementar a esse trabalho e visam constatar a quantidade e recursos consumidos pelo ambiente virtual imersivo junto ao servidor, como também analisar as características e especificidades das ferramentas disponibilizadas para acesso ao ambiente pela plataforma *web*.

## 7.2 Contribuições do Trabalho

Em ambientes virtuais imersivos, devido a grande quantidade de possibilidades para a aprendizagem dos estudantes, faz-se necessário um apoio inteligente, para que possam estar orientados das tarefas que devem ser realizadas e para que suas dúvidas sejam sanadas. Em vista disso, esse trabalho abordou o desenvolvimento do agente inteligente ELAI (**I**ntelligent **A**gent adaptive to the **L**evel of **E**xpertise of Students), o qual possui inúmeras características para auxiliar os estudantes na realização de suas atividades, entre elas destaca-se a capacidade em adaptar seu diálogo ao nível de experiência do aprendiz, sanando as dúvidas referentes aos tópicos de Redes de Computadores.

Dentre as contribuições alcançadas ao longo deste trabalho, destacam-se:

- Implementação do agente inteligente ELAI com características de *context-aware computing*, sendo o agente ciente do nível de *expertise* do aprendiz;
- População da base de conhecimento do *chatbot* com setenta classes definidas na notação AIML referentes aos tópicos de Redes de Computadores;
- Continuidade no desenvolvimento do TCN<sup>5</sup>, o atribuindo a capacidade de ser sensível ao contexto dos níveis de experiência básico, intermediário e avançado;



- Disponibilização de um ambiente virtual imersivo para aprendizagem multimídia, mas ao mesmo tempo singular às características do aprendiz;
- Realização do estudo comparativo sobre os visualizadores de ambientes virtuais imersivos voltados para a plataforma *web*, elucidando as diferentes características e especificidades intrínsecas aos mesmos;
- Desenvolvimento da ferramenta VWM para o gerenciamento e monitoramento dos recursos de mundos virtuais na plataforma OpenSimulator;
- Avaliação do agente inteligente ELAI junto a catorze estudantes dos cursos relacionados a computação da UFSM, abordando a usabilidade do agente e auferindo sua viabilidade nestes cursos para apoiar o processo de aprendizagem dos alunos;
- Publicações obtidas ao longo da realização do trabalho:
  - 3 artigos resumidos publicados em eventos internacionais (Herpich et al., 2014, A), (Herpich et al., 2014, D) e (Falcade et al., 2014);
  - 1 artigo resumido publicado em evento nacional (Herpich et al., 2014, E);
  - 1 artigo completo publicado em periódico nacional (Herpich et al., 2014, D).

### 7.3 Trabalhos Futuros

Ao longo do desenvolvimento desse trabalho, identificou-se algumas características com potencial para serem trabalhadas posteriormente, as quais não puderam ser incluídas nesse estudo devido a complexidade intrínseca a cada um dos processos e por requerer tempo a mais do que previsto no cronograma estipulado. Portanto, seguem as possibilidades de trabalhos futuros:

- Atribuir ao agente inteligente ELAI a capacidade de causar desequilíbrios durante a construção do conhecimento dos estudantes, estabelecendo conflitos cognitivos com o intuito de desenvolver ou transformar os esquemas mentais já desenvolvidos pelo aprendiz;
- Implementar junto ao ELAI, a capacidade do mesmo sugerir ao estudante que sejam refeitos, de tempos em tempos, os testes que definem o estilo cognitivo e o nível de *expertise*, a fim de manter o agente com informações atuais sobre os aprendizes;

- Englobar ao ELAI características apresentadas em estudos sobre a afetividade, relacionando estes recursos com os presentes no agente inteligente ELAI;
- Adicionar junto a ferramenta de gerenciamento de mundos virtuais VWM, a capacidade de enviar comandos para o servidor diretamente pela página *web*, possibilitando assim, e.g. a inserção de novos usuários, entre outros. Além disso, implementar a possibilidade de navegação sobre os históricos dos registros de recursos computacionais consumidos anteriormente;
- Atribuir ao agente inteligente ELAI características mais realísticas, e.g. falar e gesticular, pois atualmente possui a habilidade de caminhar e comunicar-se via *chat*;

#### 7.4 Considerações Finais

Com o intermédio da tecnologia estão sendo criadas diversas oportunidades no âmbito educacional, exemplos disso são os jogos sérios, os ambientes virtuais imersivos e os laboratórios virtuais, sendo esses voltados para a experimentação de conteúdos práticos vistos em sala de aula, que em sua essência são caros e envolvem algum grau de risco. Na área da computação não é diferente, visto que em relação aos conteúdos que exigem a prática, os materiais tornam-se demasiadamente caros para contemplar uma turma inteira de estudantes e possuem uma defasagem muito rápida, devido as constantes evoluções.

Neste sentido, esse trabalho apresentou a prototipação e desenvolvimento de um agente inteligente denominado ELAI, o qual tinha como objetivo auxiliar os estudantes em suas atividades e responder às dúvidas referentes ao tópico de Redes de Computadores, mas podendo também atuar como um colega em ambientes colaborativos ou um facilitador da aprendizagem, interagindo com o estudante em diferentes momentos, o orientando, explicando tarefas, fazendo perguntas ou oferecendo *feedback*.

Na opinião dos estudantes, o ELAI trata-se de uma alternativa viável, que oferece apoio no processo de ensino e aprendizagem dos mesmos, além de incentivar a interação com os conteúdos e objetos 3D dispostos no ambiente virtual imersivo TCN<sup>5</sup> e também na realização das atividades. Além disso, as experiências imersivas por si só, vistas nesse trabalho, tendem a envolver os estudantes ainda mais com os objetivos propostos e agregado a isso, o fato do estudante possuir a assistência de um agente inteligente, os incentivam tanto a alcançar esses objetivos quanto interagir e obter experiências com os conteúdos dispostos no ambiente,

tornando-as mais produtivas, consolidadas e dinâmicas.



## REFERÊNCIAS

3D Xplorer. **Página oficial da ferramenta**. [S.l.]: Disponível em <<http://www.3dexplorer.com>>. Acesso: 23 de agosto de 2014., 2014.

AGUIAR, E. V. B.; TAROUCO, L. M. R.; REATEGUI, E. B. A construção do conhecimento matemático com engajamento e aprimoramento de habilidades cognitivas apoiada por um agente conversacional. **RELATEC - Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, [S.l.], v.10, n.2, p.21–35, 2011.

ALENCAR, M. A. d. S.; NETTO, J. F. d. M. a. CyberPoty: um chatterbot 3d para interação com usuários de um portal de educação a distância. **Anais do XVI Workshop Sobre Informática na Escola - WIE 2010**, [S.l.], p.1417–1420, 2010.

AMARAL, E.; AVILA, B. G.; TAROUCO, L. M. R. Aspectos teóricos e práticos da implantação de um laboratório virtual no OpenSim. **Proceedings of 23th SBIE**, [S.l.], p.26–30, 2012.

ÁVILA, B.; AMARAL, E. M. H.; TAROUCO, L. Implementação de Laboratórios Virtuais no metaverso OpenSim. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.11, n.n. 1, julho, p.1–12, 2013.

BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). **Online Worlds: convergence of the real and the virtual**. Human-Comp.ed. [S.l.]: Springer-Verlag London Limited 2010, 2010. 328p. (Human-Computer Interaction Series).

BALDAUF, M.; DUSTDAR, S.; ROSENBERG, F. A survey on context-aware systems. **International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing (IJAHUC)**, [S.l.], v.2, n.4, p.263–277, 2007.

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining What Individual SUS Scores Mean: adding an adjective rating scale. **Journal of Usability Studies (JUS)**, [S.l.], v.4, n.3, p.114–123, 2009.

BARR, A.; FEIGENBAUM, E. (Ed.). **The Handbook of Artificial Intelligence**. Los Altos, California: William Kaufmann, Inc., 1981. 440p. v.1.

BASSANI, P. B. S.; BEHAR, P. A. interROODA: mapeamento das interações individuais e interindividuais no ambiente virtual de aprendizagem rooda. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.3, n.2, p.1–10, 2005.

BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, . A. L. M. (Ed.). **Usability evaluation in industry**. [S.l.]: London: Taylor & Francis, 1996. p.189–194.

CALLAGHAN, M. et al. Integrating virtual worlds & virtual learning environments for online education. **2009 International IEEE Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference**, [S.l.], p.54–63, Aug. 2009.

CHANG, M.; WENG, C.; ZAKHAROVA, A. Vocabulary Learning Strategies and Cognitive Styles among Junior High School Students in Taiwan. **ACL 2013 - The Asian Conference on Language Learning**, [S.l.], p.443–455, 2013.

COMARELLA, R. L.; CAFÉ, L. M. A. Chatterbot: conceito, características, tipologia e construção. **Informação & Sociedade: Estudos**, [S.l.], v.18, n.2, p.55–67, 2008.

CRONBACH, L. J. Coefficient Alpha and The Internal Structure of Tests. **Psychometrika**, [S.l.], v.16, n.3, p.297–334, 1951.

CUBE3. **Página oficial da ferramenta**. [S.l.]: Disponível em <<http://www.cube3.com>>. Acesso: 21 de agosto de 2014., 2014.

CUNHA, L. S.; GIRAFFA, L. M. M. Um estudo sobre o uso de agentes em jogos computadorizados interativos. In: **Relatório Técnico Nº 017/2001**. Porto Alegre - RS, Brasil: Campus Global - FACIN - PUCRS, 2001. v.7, n.017, p.77.

DEY, A. K. Understanding and Using Context. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.l.], v.5, n.1, p.4–7, 2001.

DIAS, C. C. L.; GASPARINI, I.; KEMCZINSKI, A. Identificação dos estilos cognitivos de aprendizagem através da interação em um Ambiente EAD. **XVII Workshop sobre Educação em Computação (WEI 2009) - XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC 2009)**, [S.l.], p.489–498, 2009.

DIZERÓ, W. J.; VICENTIN, V. J.; KIRNER, C. Estudo de Interação para um Sistema de Ensino à Distância Baseado em Interfaces de Realidade Virtual. **Atas I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 98), Campinas, SP**, [S.l.], p.1–8, 1998.

Dos Santos, N. Agentes de Software em Ambientes Educacionais Mediados por Computador. **Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)**, [S.l.], v.11, n.1, p.23, 2003.

DUTRA, R. L. D. S. **AAERO: ambiente de aprendizado para o ensino de redes de computadores orientado a problemas**. 2002. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

FALCADE, A. et al. Web Viewers para Ambientes Imersivos: uma proposta de framework avaliativo. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE 2014**, [S.l.], p.587–592, 2014.

FleepGrid Shop. **Página oficial do repositório**. [S.l.]: Disponível em <<http://fleepgrid.com/store/>>. Acesso: 08 de fevereiro de 2014., 2014.

FORD, N.; CHEN, S. Y. Matching/mismatching revisited: an empirical study of learning and teaching styles. **British Journal of Educational Technology**, [S.l.], v.32, n.1, p.5–22, Jan. 2001.

FRAGA, D.; PEDROSO, F. S. Jogo de RPG no ensino e aprendizagem de narrativas não-lineares. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.4, n.2, p.1–10, 2006.

FRANKLIN, S.; GRAESSER, A. Is it an Agent , or just a Program?: a taxonomy for autonomous agents. **ECAI '96 Proceedings of the Workshop on Intelligent Agents III, Agent Theories, Architectures, and Languages - Springer-Verlag London, UK**, [S.l.], v.3, p.21–35, 1996.

GARRIDO, P. et al. Enchancing Intelligent Pedagogical Agents in Virtual Worlds. **Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education**, [S.l.], v.18, p.1–8, 2010.

GELLER, M.; TAROUCO, L. M. R.; FRANCO, S. R. K. Educação a Distância e Estilos Cognitivos: construindo a adaptação de ambientes virtuais. **VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa**, [S.l.], p.274–283, 2004.

GEORGE, D.; MALLERY, P. SPSS for Windows Step by Step: a simple guide and reference. **11.0 update (4a Edition)**. Boston: Allyn e Bacon., [S.l.], v.12, n.12, p.63, 2003.

GOMEZ, S. et al. Supporting Context-Aware Adaptive and Personalized Mobile Learning Delivery: evaluation results from the use of uolm player. **2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT2013)**, [S.l.], p.354–358, July 2013.

GREIS, L. K.; REATEGUI, E. UM SIMULADOR EDUCACIONAL PARA DISCIPLINA DE FÍSICA EM MUNDOS VIRTUAIS. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.8, n.2, p.10, 2010.

HAYES-ROTH, B. Artificial Intelligence An architecture for adaptive intelligent. **Artificial Intelligence**, [S.l.], v.72, p.329–365, 1995.

HERPICH, F. et al. Immersive Virtual Environment and Artificial Intelligence: a proposal of context aware virtual environment. **The Eighth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2014)**, [S.l.], v.8, p.1–4, 2014.

HERPICH, F. et al. Virtual Lab: an immersive tool to assist in the teaching of software engineering. **XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)**, [S.l.], p.118–126, 2014.

HERPICH, F. et al. Visualização de Ambientes Imersivos: uma perspectiva considerando web viewers. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.12, n.n. 2, dezembro, p.1–10, 2014.

HERPICH, F. et al. Proposal of a Context-Aware Computer Networks Laboratory Supported by Intelligent Agents. **13th International Conference WWW/Internet (IADIS)**, [S.l.], v.13, p.1–4, 2014.

HERPICH, F. et al. Ambiente Virtual Imersivo para ensino em Redes de Computadores: uma proposta usando agentes inteligentes. **III Congresso Brasileiro de Informática na Educação - XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, [S.l.], n.CBIE'2014, p.65–69, 2014.

HORA, H. R. M. D.; MONTEIRO, G. T. R.; ARICA, J. Confiabilidade em Questionários para Qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de cronbach. **Produto & Produção**, [S.l.], v.11, n.2, p.85–103, 2010.

Hypergrid Business. **Página oficial do repositório**. [S.l.]: Disponível em <<http://www.hypergridbusiness.com/>>. Acesso: 20 de agosto de 2014., 2014.



IGLESIAS, A.; LUENGO, F. Intelligent agents in virtual worlds. **Proceedings of the 2004 International Conference on Cyberworlds (CW04)**, [S.l.], p.1–8, 2004.

JAIQUES, P. A. **Using an Animated Pedagogical Agent to Interact Affectively with the Student**. 2004. 228p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). (May).

Kenneth Rougeau. **Página oficial do repositório**. [S.l.]: Disponível em <<http://kennethrougeau.com/>>. Acesso: 14 de fevereiro de 2014., 2014.

KNAPPEMEYER, M. et al. Survey of Context Provisioning Middleware. **IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS**, [S.l.], v.15, n.3, p.1492–1515, 2013.

LAZZAROTTO, L. L. **Sistemas Multiagentes na Avaliação Pedagógica e na Detecção do Perfil Cognitivo dos Alunos: proposta de modelo para uso em ambiente de ensino a distância**. 2010. 197p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Viçosa.

LEITÃO, S. C. R. **Inteligência artificial aplicada na educação a distância através de sistemas especialistas**. 2003. 71p. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Processamento de Dados) — Faculdade Paraibana de Processamento de Dados.

LEONHARDT, M. D. **Doroty: um chatterbot para treinamento de profissionais atuantes no gerenciamento de redes de computadores**. 2005. 110p. Dissertação (Mestrado em Computação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

LEONHARDT, M. D. et al. Elektra: um chatterbot para uso em ambiente educacional. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, [S.l.], v.1, n.2, p.1–11, 2003.

LIKERT, R. A TECHNIQUE FOR THE MEASUREMENT OF ATTITUDES. **Archives of Psychology**, [S.l.], v.22, n.140, p.1–55, 1932.

LIU, Q.; DIAO, L.; TU, G. The Application of Artificial Intelligence in Mobile Learning. **2010 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization**, [S.l.], p.80–83, Nov. 2010.

MARCELINO, R. et al. Mundo Virtual 3D aplicado aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. **ICBL2013 - International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning**, [S.l.], p.207–214, 2013.

MCCARTHY, J. et al. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. In: CONFERENCE ANNOUNCEMENT, Hanover, New Hampshire. **Anais...** Dartmouth College, 1956.

MEDEIROS, M. d. O.; SCHIMIGUEL, J. Uma abordagem para avaliação de jogos educativos: ênfase no ensino fundamental. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.10, n.3, p.10, 2012.

MEDINA, R. D. **ASTERIX – Aprendizagem Significativa e Tecnologias aplicadas no Ensino de Redes de computadores: integrando e explorando possibilidades**. 2004. 174p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

MOZZAQUATRO, P. M. **ADAPTAÇÃO DO MOBILE LEARNING ENGINE MOODLE (MLE MOODLE) AOS DIFERENTES ESTILOS COGNITIVOS UTILIZANDO HIPERMÍDIA ADAPTATIVA**. 2010. 156p. Dissertação (Mestrado em Computação) — Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

MOZZAQUATRO, P. M.; MEDINA, R. D. Mobile Learning Engine Moodle adaptado aos diferentes Estilos Cognitivos utilizando Hipermedia Adaptativa. In: RODRIGUEZ, M. C.; SILVEIRA, R. A.; ESCUDEIRO, P. (Ed.). **TICAI 2010 - TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería**. [S.l.]: IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español y Portugués, 2010. p.143–150.

NELSON, B. C.; ERLANDSON, B. E. **Design for Learning in Virtual Worlds (Interdisciplinary Approaches to Educational Technology)**. New York: Routledge - Taylor & Francis Group, 2012. 240p.

NUNES, F. B. et al. Virtual Worlds and Education: a case of study in the teaching of computer networks using the slooodle. **2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality**, [S.l.], p.248–251, May 2013.

NUNES, F. B. et al. Integrating Virtual Worlds and Virtual Learning Environments through Slooodle: from theory to practice in a case of study for teaching of algorithms. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE 2013**, [S.l.], v.9, p.598–601, 2013.

NUNES, F. B. et al. Viewers para Ambientes Virtuais Imersivos: uma análise comparativa

teórico-prática. **RENTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, [S.l.], v.11, n.n. 1, julho, p.1–10, 2013.

NUNES, F. B. et al. Laboratório Virtual de Química : uma ferramenta de estímulo à prática de exercícios baseada no mundo virtual opensim. **III Congresso Brasileiro de Informática na Educação - XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, [S.l.], p.712–721, 2014.

OGATA, H.; YANO, Y. Context-Aware Support for Computer-Supported Ubiquitous Learning. **Proceedings of the The 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE-04)**, [S.l.], p.9, 2004.

OPENSIM-CREATIONS. **Página oficial do repositório**. [S.l.]: Disponível em <<http://opensim-creations.com/>>. Acesso: 05 de fevereiro de 2014., 2014.

PETERSON, R. A. A Meta-analysis of Cronbach's Coefficient Alpha. **Journal of Consumer Research**, [S.l.], v.21, n.2, p.381–391, 1994.

PILASTRI, A. L.; BREGA, J. R. F. Chatterbot com Interatividade ao Avatar Encapsulado no Ambiente Virtual Second Life usando a base de conhecimento em AIML. **Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA)**, [S.l.], 2009.

PIOVESAN, S. D. et al. U-Sea: um ambiente de aprendizagem ubíquo utilizando cloud computing. **Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - XVII WIE**, [S.l.], p.720–729, 2011.

PIOVESAN, S. D. et al. Sistema Imersivo para Pessoas com Deficiência. **Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013) - II CBIE**, [S.l.], n.Cbie, p.497–506, Nov. 2013.

PORTELLA, F. A. **Um serviço de captura e acesso para espaços ativos**. 2008. 133p. Dissertação (Mestrado em Informática) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

POSSOBOM, C. C. **SistEX – UM SISTEMA DINÂMICO PARA DETECTAR A EXPERIÊNCIA DO ALUNO**. 2014. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

POZZEBON, E. **Tutor Inteligente Adaptável Conforme as Preferências do Aprendiz**. 2003. 114p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Santa Catarina.

Reaction Grid. **Página oficial da ferramenta.** [S.l.]: Disponível em <<http://reactiongrid.com>>. Acesso: 23 de julho de 2014., 2014.

RISSOLI, V. R. V.; SANTOS, G. A. O Agente Pedagógico Animado MInA. **XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013) - II CBIE**, [S.l.], n.Cbie, p.828–837, Nov. 2013.

RUSSEL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: a modern approach.** New Jersey, USA: Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc., 1995. 946p.

SAKAMURA, K.; KOSHIZUKA, N. Ubiquitous Computing Technologies for Ubiquitous Learning. **Proceedings of the 2005 IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)**, [S.l.], p.11–20, 2005.

SCHLEMMER, E.; BACKES, L. METAVERSOS: novos espaços para construção do conhecimento. **Revista Diálogo Educacional**, [S.l.], v.8, n.24, p.519–532, 2008.

SGANDERLA, R. B.; FERRARI, D. N.; GEYER, C. F. R. BonoBOT: um chatterbot para interação com usuários em um sistema tutor inteligente. **XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, [S.l.], p.435–444, 2003.

SGOBBI, F. S. et al. Interação com artefatos e personagens artificiais em mundos virtuais. **III Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) - XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**, [S.l.], p.642–651, 2014.

SILVA, J. C. T. D. **Um modelo para avaliação de aprendizagem no uso de ferramentas síncronas em ensino mediado pela Web.** 2004. 181p. Dissertação (Doutorado em Informática) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SILVA, T. G. D.; BERNARDI, G.; MULLER, F. M. Abordagem de Apoio ao Ensino e Aprendizagem de Teste de Software Baseada em Jogos Sérios e Mundos Virtuais. **Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - XVII WIE**, [S.l.], p.538–541, 2011.

SOLIMAN, M.; GUETL, C. Intelligent pedagogical agents in immersive virtual learning environments: a review. **MIPRO, 2010 Proceedings of the 33rd International Convention**, [S.l.], v.33, p.827–832, 2010.

STATCOUNTER GLOBAS STATS. **Top 5 desktop, tablet e console browsers from jan to july 2014**. 2014.

SU, C. J.; LIU, P. T.; HUANG, C. Evaluation of a Restful web services driven three dimensional E-learning platform with mashup for ubiquitous and personalized learning. **2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, [S.l.], p.833–837, Dec. 2013.

SUNG, J.-s. U-Learning Model Design Based on Ubiquitous Environment. **International Journal of Advanced Science and Technology**, [S.l.], v.13, p.77–88, 2009.

SYMONDS, J. **Ubiquitous and Pervasive Computing: concepts, methodologies, tools, and applications**. Hershey, New York, USA: Information Science Reference, IGI Global, 2010. 1870p.

TAROUCO, L. M. R.; KONRATH, M. L. P.; GRANDO, A. R. D. S. O aluno como co-construtor e desenvolvedor de jogos educacionais. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, [S.l.], v.3, n.2, p.1–8, 2005.

TIPODEAN. **Página oficial da ferramenta**. [S.l.]: Disponível em <<http://www.tipodean.com>>. Acesso: 20 de agosto de 2014., 2014.

TYUGU, E. Artificial Intelligence in Cyber Defense. **3rd International Conference on Cyber Conflict (ICCC)**, [S.l.], v.3, p.1–11, 2011.

Unity3D - Game Engine. **Página oficial da ferramenta**. [S.l.]: Disponível em <<http://unity3d.com/pt>>. Acesso: 25 de agosto de 2014., 2014.

VALENTE, C.; MATTAR, J. **Second Life e web 2.0 na educação: o potencial revolucionário das novas tecnologias**. São Paulo, Brasil: Novatec Publisher, 2007.

VECINO, C. et al. SLRoute: aprendiendo español en entornos inmersivos a través del camino de santiago. **Proceedings of the SPDECE-2012. Ninth Multidisciplinary symposium on the design and evaluation of digital content for education**, [S.l.], p.359–364, 2012.

VILELA, A. C. **Aplicação de agentes inteligentes capazes de desempenhar o papel de membros na execução de trabalhos em equipa, em ambiente virtual 3D OpenSimulator**. 2011. 90p. Dissertação (Mestrado em Informática) — Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

VOSS, G. B. **TCN 5 - TEACHING COMPUTER NETWORKS IN A FREE IMMERSIVE VIRTUAL ENVIRONMENT**. 2014. 159p. Dissertação (Mestrado em Computação) — Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

VOSS, G. B. et al. Utilização do Sloodle para integração de Mundos Virtuais com o Moodle utilizando o OpenSim. **Anais do MoodleMoot 2013**, [S.l.], p.57–66, 2013.

VOSS, G. B. et al. Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Ambientes Imersivos: um estudo de caso utilizando tecnologias de computacao movel. In: XXIV SIMPOSIO BRASILEIRO DE INFORMATICA NA EDUCACAO (SBIE 2013). **Anais...** [S.l.: s.n.], 2013. p.1–10.

VW SandBox. **Página oficial da ferramenta**. [S.l.]: Disponível em <<https://vwf.adlnet.gov/>>. Acesso: 23 de agosto de 2014., 2014.

WAZLAWICK, R. S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. 1a Edição.ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2009. 184p.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American**, [S.l.], p.94–104, 1991.

WITKIN, H. A.; GOODENOUGH, D. R. **Cognitive Styles: essence and origins - field dependence and field independence**. New York: International University Press, 1981.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R. Intelligent agents: theory and practice. **Knowledge Engineering Review**, [S.l.], v.10, n.2, p.115–152, 1995.

YAHYA, S.; AHMAD, E. A.; JALIL, K. A. The definition and characteristics of ubiquitous learning: a discussion. **International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT)**, [S.l.], v.6, n.1, p.117–127, 2010.

YANG, S. J. H. et al. Context Model and Context Acquisition for Ubiquitous Content Access in U-Learning Environments. **Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC'06)**, [S.l.], v.2, p.78–83, 2006.

ZADAROO. **Página oficial do repositório**. [S.l.]: Disponível em <<http://zadaroo.com/>>. Acesso: 12 de fevereiro de 2014., 2014.

ZAIKON, S. B.; SHIRATUDDIN, N. Heuristics Evaluation Strategy for Mobile Game-Based Learning. **6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education**, [S.l.], p.127–131, Apr. 2010.

# APÊNDICES

---





## APÊNDICE A – Classes na Notação AIML criadas para fomentar a base de conhecimento do ELAI

```

1 <?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
2 <aiml>
3 <!-- Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA) 2014 - UFSM - BRASIL. -->
4 <meta content='ELAI UFSM' name='author' />
5 <meta content='pt' name='language' />
6
7 <category>
8 <pattern>0 * roteador </pattern>
9 <template>
10 <srai>tempRef</srai>
11 </template>
12 </category>
13
14 <category>
15 <pattern>roteador * </pattern>
16 <template>
17 <srai>tempRef</srai>
18 </template>
19 </category>
20
21 <category>
22 <pattern>tempRef</pattern>
23 <template>
24 É responsável por encaminhar pacotes entre redes de computadores, decidindo qual a melhor rota cada pacote deve tomar
25 utilizando como base o endereço IP de destino. Roteadores são capazes de fragmentar os datagramas recebidos e interligar
26 redes de arquiteturas diferentes. Seus usos são, basicamente, conexão da Internet, conexão de LANs e conexão de WANs.
27 Pertence a 3ª camada do modelo OSI.
28 </template>
29 </category>
30 </aiml>

```

Figura A.1 – Classe Roteador conceituado para o Nível Básico

<pre> 1 &lt;?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?&gt; 2 &lt;auml&gt; 3 &lt;!-- Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA) 2014 - UFSM - BRASIL. --&gt; 4 &lt;meta content='ELAI UFSM' name='author' /&gt; 5 &lt;meta content='pt' name='language' /&gt; 6 7 &lt;category&gt; 8 &lt;pattern&gt;0 * roteador &lt;/pattern&gt; 9 &lt;template&gt; 10 &lt;srail&gt;tempRef&lt;/srail&gt; 11 &lt;/template&gt; 12 &lt;/category&gt; 13 14 &lt;category&gt; 15 &lt;pattern&gt;roteador * &lt;/pattern&gt; 16 &lt;template&gt; 17 &lt;srail&gt;tempRef&lt;/srail&gt; 18 &lt;/template&gt; 19 &lt;/category&gt; 20 21 &lt;category&gt; 22 &lt;pattern&gt;tempRef&lt;/pattern&gt; 23 &lt;template&gt; 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 &lt;/category&gt; 35 &lt;/auml&gt; </pre>	<p>Pode estar conectada à duas ou mais linhas de dados diferentes. Sua função consiste em ler as informações de endereço do pacote que chega em uma das linhas e encaminhá-lo para interfaces de rede ou para outros roteadores, essa ação é repetida em todos os roteadores até o pacote atingir seu destino final. O roteamento é feito através de informações armazenadas na tabela de roteamento. A tabela de roteamento consiste em uma série de entradas denominadas rotas contendo informações sobre os destinos e os caminhos para chegar até eles. Uma tabela de roteamento possui entradas que podem ser dos tipos rota de rede, que fornece uma rota para uma identificação de rede específica no conjunto de redes, rota de host, que fornece uma rota para um endereço no conjunto de redes (identificação de rede e identificação de nó) e rota default ou rota gateway que é usada quando uma datagrama tem endereço de destino desconhecido. No caso da última, o datagrama é encaminhado entre os roteadores até chegar ao destino ou até seu tempo de vida acabar.</p>
--	--

Figura A.2 – Classe Roteador conceituado para o Nível Intermediário

<pre> 1 &lt;?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?&gt; 2 &lt;auml&gt; 3 &lt;!-- Grupo de Redes e Computação Aplicada (GRECA) 2014 - UFSM - BRASIL. --&gt; 4 &lt;meta content='ELAI UFSM' name='author' /&gt; 5 &lt;meta content='pt' name='language' /&gt; 6 7 &lt;category&gt; 8 &lt;pattern&gt;0 * roteador &lt;/pattern&gt; 9 &lt;template&gt; 10 &lt;srail&gt;tempRef&lt;/srail&gt; 11 &lt;/template&gt; 12 &lt;/category&gt; 13 14 &lt;category&gt; 15 &lt;pattern&gt;roteador * &lt;/pattern&gt; 16 &lt;template&gt; 17 &lt;srail&gt;tempRef&lt;/srail&gt; 18 &lt;/template&gt; 19 &lt;/category&gt; 20 21 &lt;category&gt; 22 &lt;pattern&gt;tempRef&lt;/pattern&gt; 23 &lt;template&gt; 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 &lt;/category&gt; 35 &lt;/auml&gt; </pre>	<p>O roteamento pode ser de dois tipos, dependendo de como a tabela de roteamento é configurada. Roteamento estático, configurado quando a tabela de roteamento é feita pelo administrador do sistema. Esse tipo de roteamento é vantajoso pela redução do overhead de troca de mensagens de roteamento, para redes onde as rotas não são alteradas e para redes onde a segurança é muito importante. Roteamento dinâmico, configurado quando a tabela de roteamento é construída a partir das informações obtidas durante o roteamento. É vantajoso em redes com duas ou mais rotas possíveis para o mesmo nó. As informações para a configuração da tabela de roteamento dinâmicas são obtidas através dos protocolos de roteamento, algoritmos de roteamento, vetor de distância estado de enlace.</p>
--	---

Figura A.3 – Classe Roteador conceituado para o Nível Avançado

## APÊNDICE B – Questionário de Avaliação de Usabilidade - SUS

# Questionário de Usabilidade - SUS

\*Obrigatório

**1) Gostaria de usar este agente inteligente frequentemente no ambiente virtual imersivo TCN5. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**2) Achei que o ELAI era desnecessariamente complexo. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**3) Achei o ELAI fácil de usar. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**4) Penso que iria precisar de apoio técnico para usar o ELAI. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**5) Achei as várias funcionalidades do ELAI bem integradas. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**6) Penso que havia demasiada inconsistência no ELAI. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**7) Imagino que a maioria das pessoas aprenda a usar rapidamente o ELAI. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**8) Achei que o ELAI não era trivial de usar. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**9) Senti-me muito confiante para usar o ELAI. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**10) Preciso aprender muito antes de poder usar este agente inteligente. \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

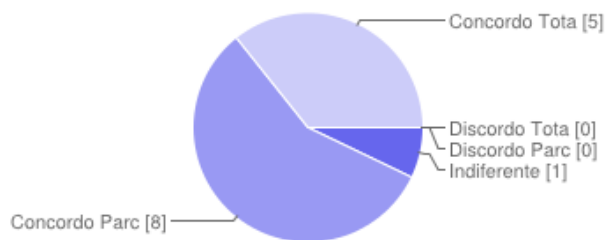
## APÊNDICE C – Respostas do Questionário de Avaliação de Usabilidade - SUS

# 14 respostas

[Visualizar todas as respostas](#) [Publicar análise](#)

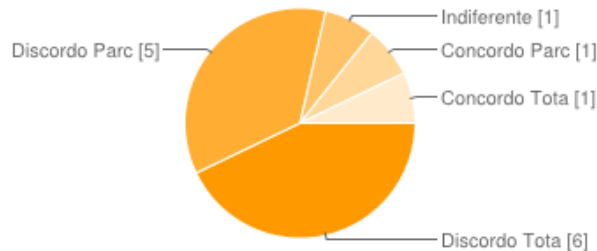
### Resumo

#### 1) Gostaria de usar este agente inteligente frequentemente no ambiente virtual imersivo TCN5.



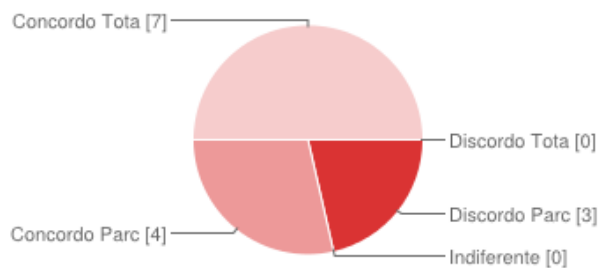
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	8	57%
Concordo Totalmente	5	36%

#### 2) Achei que o ELAI era desnecessariamente complexo.



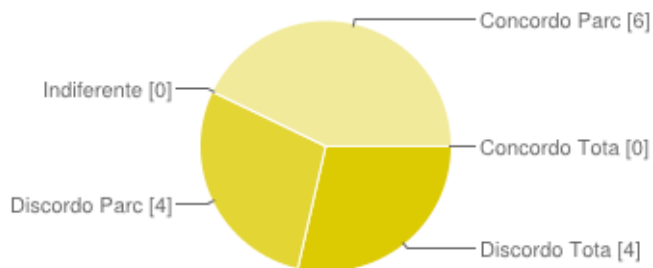
Discordo Totalmente	6	43%
Discordo Parcialmente	5	36%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	1	7%
Concordo Totalmente	1	7%

#### 3) Achei o ELAI fácil de usar.



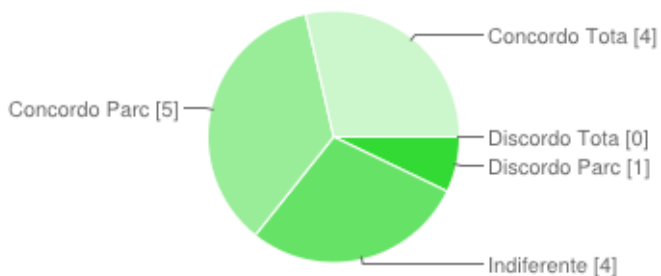
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	7	50%

#### 4) Penso que iria precisar de apoio técnico para usar o ELAI.



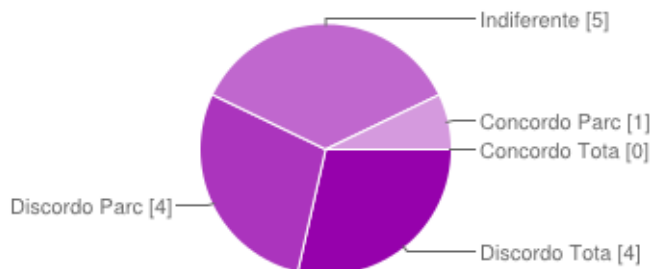
Discordo Totalmente	4	29%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	0	0%

#### 5) Achei as várias funcionalidades do ELAI bem integradas.



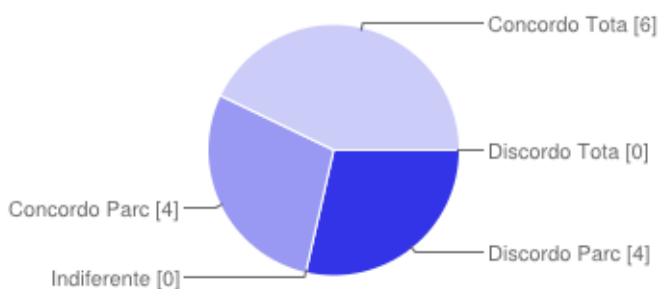
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	4	29%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	4	29%

#### 6) Penso que havia demasiada inconsistência no ELAI.



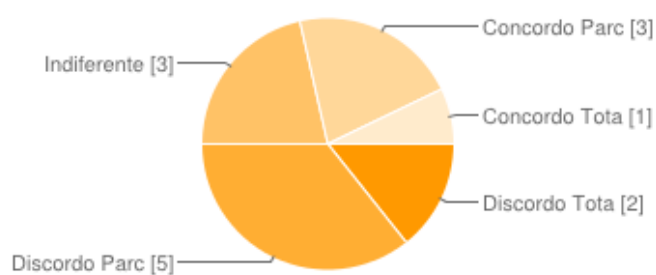
Discordo Totalmente	4	29%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	1	7%
Concordo Totalmente	0	0%

#### 7) Imagino que a maioria das pessoas aprenda a usar rapidamente o ELAI.



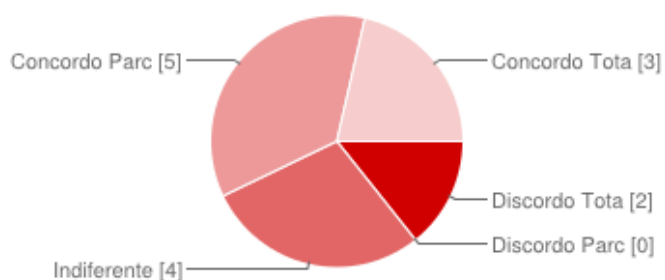
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	6	43%

**8) Achei que o ELAI não era trivial de usar.**



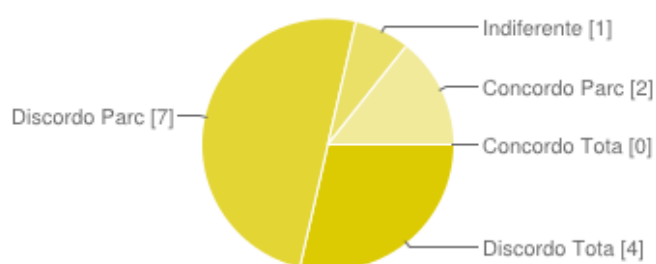
Discordo Totalmente	2	14%
Discordo Parcialmente	5	36%
Indiferente	3	21%
Concordo Parcialmente	3	21%
Concordo Totalmente	1	7%

**9) Senti-me muito confiante para usar o ELAI.**



Discordo Totalmente	2	14%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	4	29%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	3	21%

**10) Preciso aprender muito antes de poder usar este agente inteligente.**



Discordo Totalmente	4	29%
Discordo Parcialmente	7	50%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	2	14%
Concordo Totalmente	0	0%





## APÊNDICE D – Questionário de Avaliação de Agentes Inteligentes

# Questionário de Agentes Inteligentes

\*Obrigatório

### 1) Eficácia nas respostas: \*

O agente inteligente demonstrou capacidade em responder às perguntas dos usuários com competência ou suficientemente bem?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

### 2) Leigo em assuntos específicos: \*

O agente inteligente demonstrou-se leigo (desconhecimento) ou desinformado quando questionado sobre assuntos específicos?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

### 3) Motivacional: \*

O agente inteligente demonstrou a capacidade de motivar os usuários tanto a respeito da realização das atividades quanto no incentivo da interação com o ambiente?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

### 4) Oferece Dicas: \*

O agente inteligente demonstrou a habilidade de apresentar dicas sobre a realização das atividades e também sobre a navegação no ambiente?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**5) Passo a Passo: \***

O agente inteligente demonstrou a capacidade de instruir os usuários sobre suas tarefas e a ordem que deveriam seguir, evitando que o usuário se sentisse desorientado?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**6) Representação em 3D: \***

O fato do agente inteligente ser representado por um avatar em 3D torna-o mais envolvente?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**7) Acompanhamento: \***

O agente inteligente dispõe da habilidade de acompanhar o usuário durante sua navegação no ambiente, aumentando a proximidade e facilitando a interação?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**8) Autonomia: \***

O agente inteligente possui alguma autossuficiência para operar sem a intervenção direta de humanos, tendo assim, algum tipo de controle sobre suas ações?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**9) Interação: \***

O agente inteligente possui a capacidade de relacionar-se com outros agentes e/ou com os usuários (avatars)?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**10) Reatividade: \***

O agente inteligente possui a aptidão de perceber o ambiente ao qual pertence e ser capaz de responder às mudanças nele ocorridas?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**11) Pró-atividade: \***

O agente inteligente possui a habilidade de tomar iniciativas e não apenas responder aos estímulos vindos do ambiente, de seus usuários ou de funções previamente definidas?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**12) Atividade Contínua: \***

O agente inteligente tem continuidade nos processos de atividades?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**13) Adaptação: \***

O agente inteligente tem a capacidade de adaptar-se com base em alguma informações, alterando seu comportamento ou suas ações?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**14) Mobilidade: \***

O agente inteligente tem a habilidade de movimentar-se ou teletransportar-se no ambiente?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**15) Personalidade: \***

O agente inteligente tem a capacidade de transmitir características comportamentais, de inteligência e de carácter que o distingue dos demais?

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

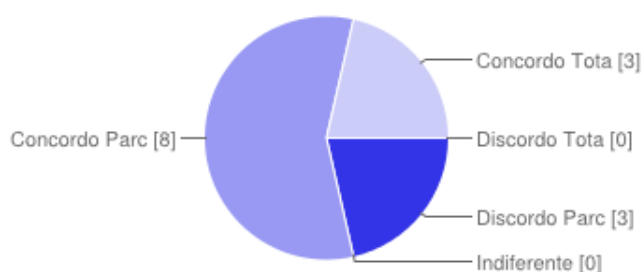
## APÊNDICE E – Respostas do Questionário de Avaliação de Agentes Inteligentes

# 14 respostas

[Visualizar todas as respostas](#) [Publicar análise](#)

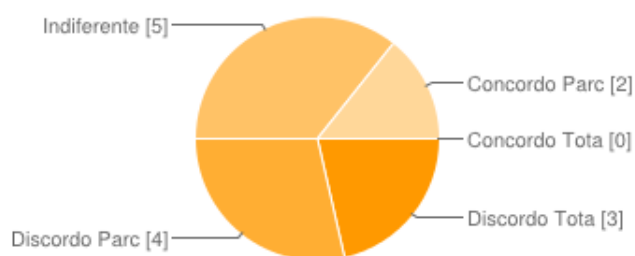
### Resumo

#### 1) Eficácia nas respostas:



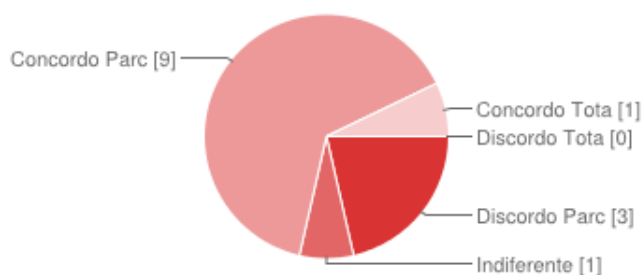
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	8	57%
Concordo Totalmente	3	21%

#### 2) Leigo em assuntos específicos:

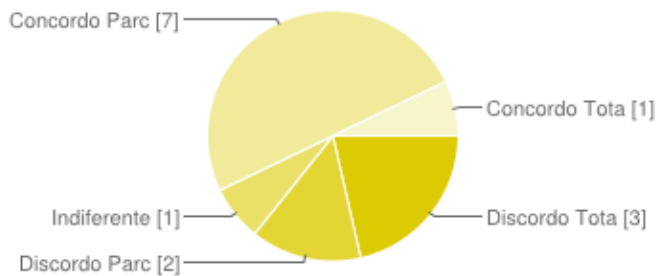


Discordo Totalmente	3	21%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	2	14%
Concordo Totalmente	0	0%

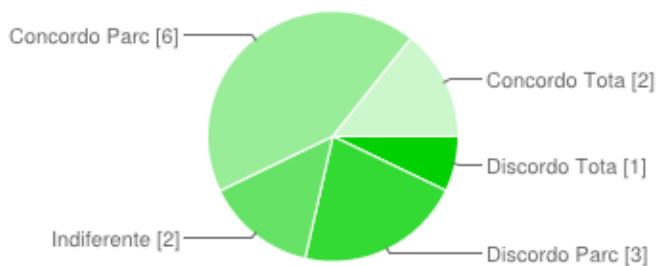
#### 3) Motivacional:



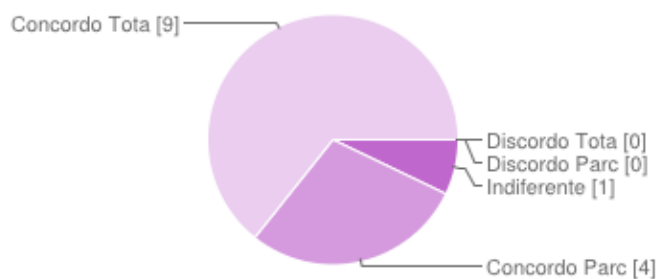
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	9	64%
Concordo Totalmente	1	7%

**4) Oferece Dicas:**

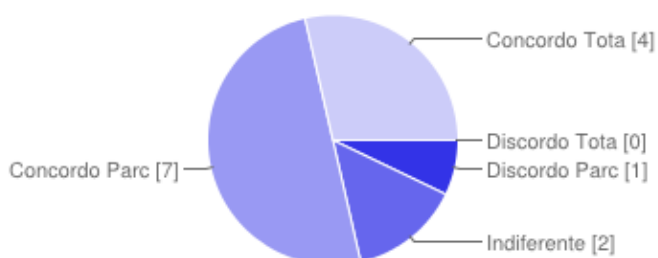
Discordo Totalmente	3	21%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	7	50%
Concordo Totalmente	1	7%

**5) Passo a Passo:**

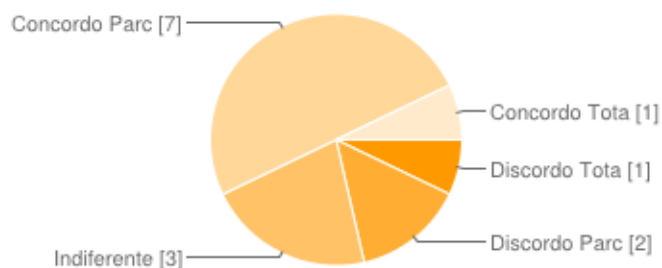
Discordo Totalmente	1	7%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	2	14%

**6) Representação em 3D:**

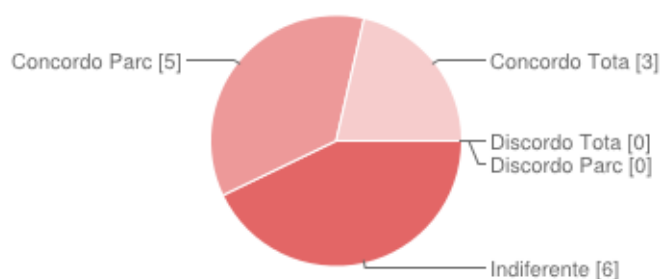
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	9	64%

**7) Acompanhamento:**

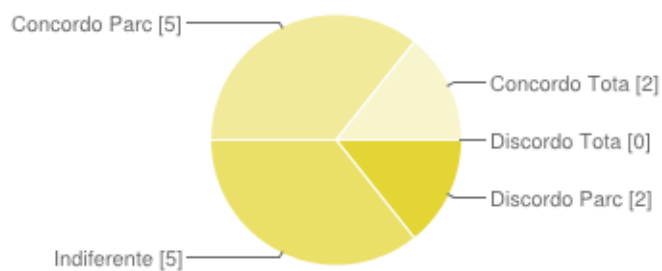
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	7	50%
Concordo Totalmente	4	29%

**8) Autonomia:**

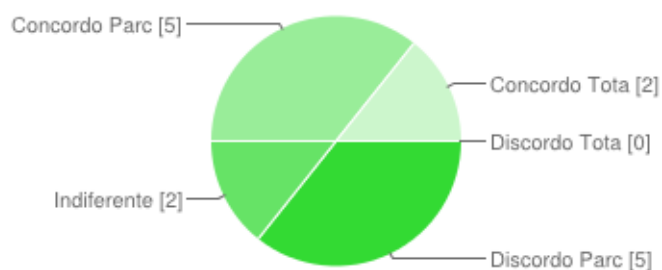
Discordo Totalmente	1	7%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	3	21%
Concordo Parcialmente	7	50%
Concordo Totalmente	1	7%

**9) Interação:**

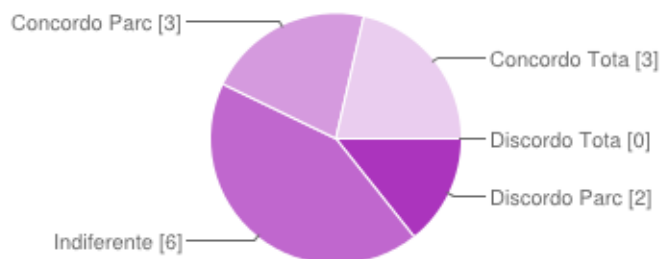
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	6	43%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	3	21%

**10) Reatividade:**

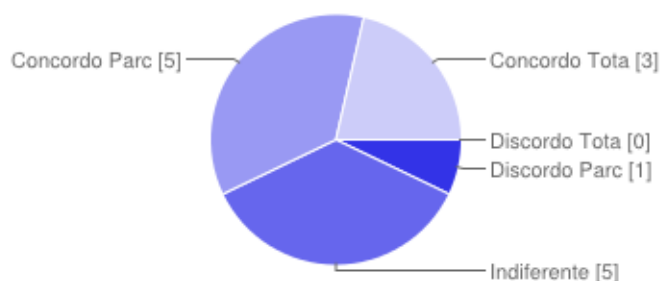
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	2	14%

**11) Pró-atividade:**

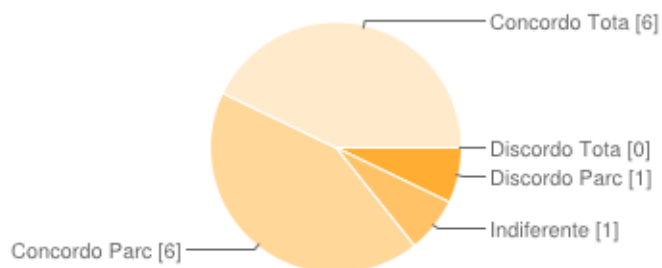
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	5	36%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	2	14%

**12) Atividade Contínua:**

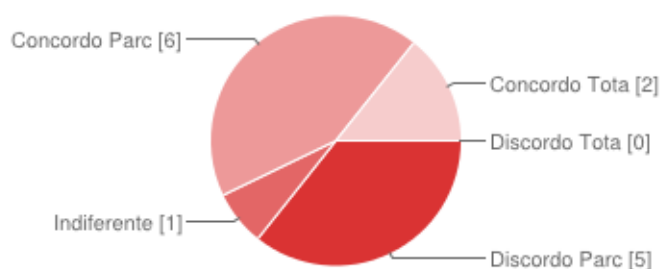
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	6	43%
Concorde Parcialmente	3	21%
Concorde Totalmente	3	21%

**13) Adaptação:**

Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	5	36%
Concorde Parcialmente	5	36%
Concorde Totalmente	3	21%

**14) Mobilidade:**

Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concorde Parcialmente	6	43%
Concorde Totalmente	6	43%

**15) Personalidade:**

Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	5	36%
Indiferente	1	7%
Concorde Parcialmente	6	43%
Concorde Totalmente	2	14%



## APÊNDICE F – Questionário de Avaliação Geral sobre o ELAI

# Questionário Geral sobre o ELAI

\*Obrigatório

**1) Você acha que o ELAI é útil para a aprendizagem? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**2) Você acha o ELAI interessante? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**3) Você quer continuar a usar o ELAI? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**4) Você acha o ELAI fácil de usar? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**5) O ELAI dá feedback sobre as ações do usuário? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**6) O ELAI oferece sugestões claras ou apoia o usuário? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**7) Ao interagir com o ELAI pela primeira vez, a experiência é animadora? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**8) No ELAI existem ações repetitivas ou maçantes? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**9) O ELAI travou ou interrompeu sua utilização? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**10) O ELAI fornece informações consideráveis e que podem ser úteis? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**11) O conteúdo apresentado pelo ELAI pode ser aprendido facilmente? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**12) Ao utilizar o ambiente, alcançou o conhecimento pretendido? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**13) Os recursos educativos do ELAI foram apresentados de acordo com sua informação contextual (nível de conhecimento)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**14) Os recursos educativos adaptados lhe ajudaram na realização das atividades de aprendizagem de acordo com a sua informação contextual (nível de conhecimento)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**15) Os serviços de apoio (ou seja, slides, atividades, mensagens instantâneas) estão de acordo com sua informação contextual (nível de conhecimento)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**16) As ações executadas pelo ELAI no ambiente 3D corroboram para a incidência de uma aprendizagem colaborativa? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**17) Ao utilizar o ELAI você tem a oportunidade de criar o seu próprio conhecimento, tornando-se mais autônomo? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**18) Usando o ELAI você irá melhorar o seu conhecimento? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**19) O ELAI fornece uma aprendizagem ubíqua? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**20) A integração do ELAI ao TCN5 resultou em uma interface amigável? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**21) Ficou satisfeito com o ambiente TCN5 e o agente inteligente ELAI? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**22) Utilizaria o ambiente TCN5 e o agente inteligente ELAI em outros cursos/disciplinas? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**23) O ELAI interpretou corretamente suas informações contextuais (nível de conhecimento)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**24) Você gostou do canal de comunicação utilizado pelo ELAI (chat)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**25) Houve demora nas respostas fornecidas pelo ELAI? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**26) As respostas fornecidas pelo ELAI foram sobre o tópico questionado? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**27) O ELAI não soube responder algum tópico questionado? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**28) Ter um NPC (ELAI) lhe acompanhando serviu como estímulo ao realizar as atividades? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**29) Você gostou do ELAI lhe avisar sobre as atividades pendentes? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**30) Você gostou que o ELAI dirigiu-se até você (e não ao contrário)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**31) Você achou irritante ou desagradável o ELAI ficar lhe seguindo no ambiente? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**32) Durante a interação, houve uma sensação de monitoramento ou cobrança demasiada por parte do ELAI? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**33) Durante a navegação, visitou os outros prédios que possuem níveis de expertise diferentes (básico, intermediário e avançado)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**34) No quesito motivação, o ELAI tem a capacidade de motivar interesse do estudante? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**35) No quesito imersão, o ELAI prove a capacidade de envolver estudante profundamente? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**36) No quesito interação social, o ELAI dispõe de meios de interação com os estudantes? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**37) No quesito reusabilidade, o ELAI tem a capacidade de ser utilizado em diferentes contextos de aprendizagem e com alunos de diferentes idades e interesses? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**38) No quesito da apresentação, o ELAI apresenta uma informação visual adequada? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**39) No quesito usabilidade, o ELAI oferece ajuda durante a interação dos usuários com os recursos da interface (objetos 3D e recursos educacionais dispostos no ambiente)? \***

- Discordo Totalmente
- Discordo Parcialmente
- Indiferente
- Concordo Parcialmente
- Concordo Totalmente

**40) Qual das características chamou mais atenção no ELAI (tanto positivamente quanto negativamente)? Você acha o ELAI relevante para o ensino? (Caso sua resposta seja sim, porque?) Você mudaria alguma coisa no ELAI? (Caso sua resposta seja sim, porque?) \***

Fonte: Adaptado de (OGATA; YANO, 2004), (ZAIBON; SHIRATUDDIN, 2010), (GOMEZ et al., 2013), (SU; LIU; HUANG, 2013) e (MEDEIROS; SCHIMIGUEL, 2012)



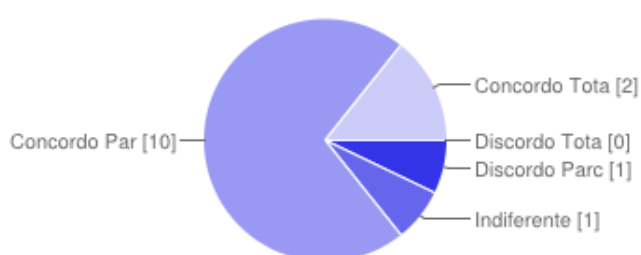
## APÊNDICE G – Respostas do Questionário de Avaliação Geral sobre o ELAI

# 14 respostas

[Visualizar todas as respostas](#) [Publicar análise](#)

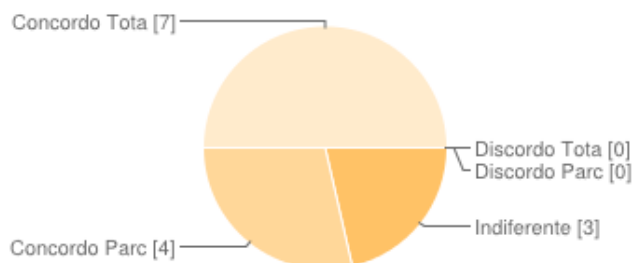
### Resumo

#### 1) Você acha que o ELAI é útil para a aprendizagem?



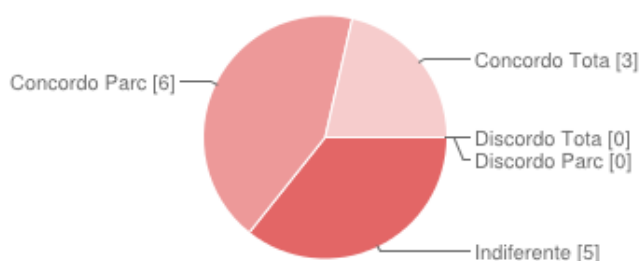
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	10	71%
Concordo Totalmente	2	14%

#### 2) Você acha o ELAI interessante?



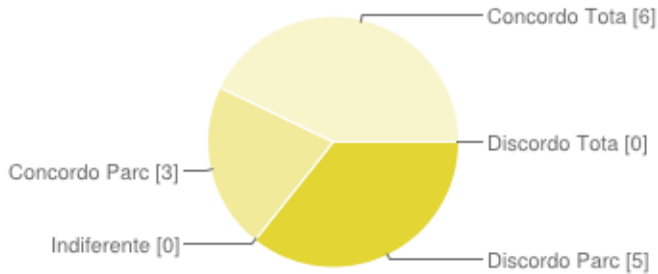
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	3	21%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	7	50%

#### 3) Você quer continuar a usar o ELAI?



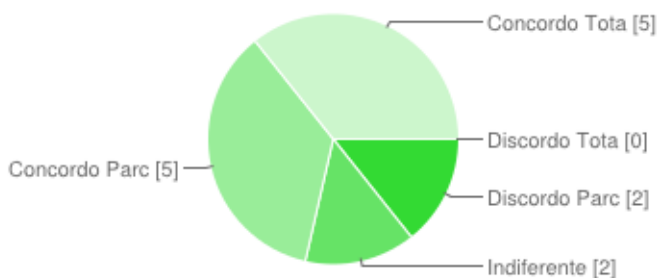
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	3	21%

#### 4) Você acha o ELAI fácil de usar?



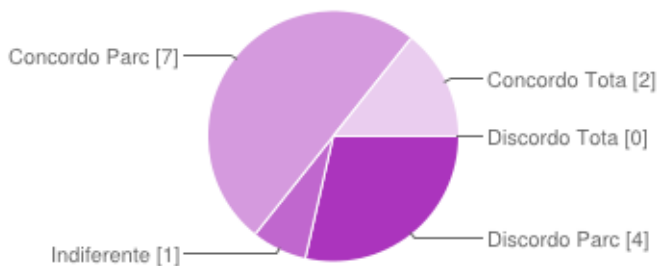
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	5	36%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	3	21%
Concordo Totalmente	6	43%

#### 5) O ELAI dá feedback sobre as ações do usuário?



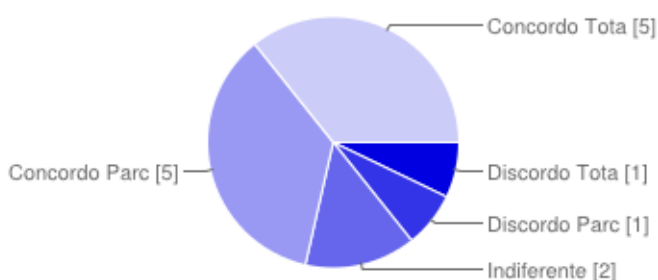
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	5	36%

#### 6) O ELAI oferece sugestões claras ou apoia o usuário?



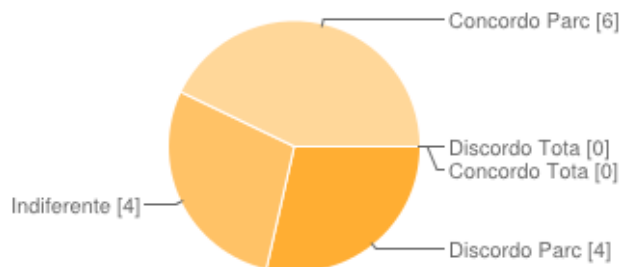
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	7	50%
Concordo Totalmente	2	14%

#### 7) Ao interagir com o ELAI pela primeira vez, a experiência é animadora?



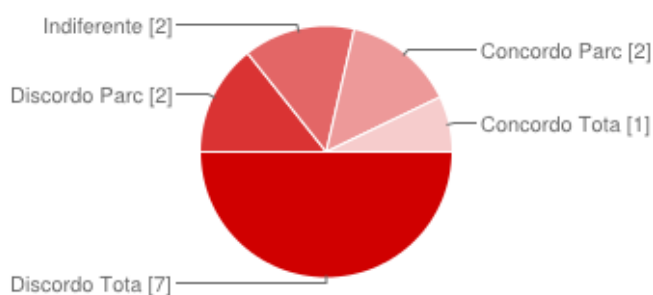
Discordo Totalmente	1	7%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	5	36%

### 8) No ELAI existem ações repetitivas ou maçantes?



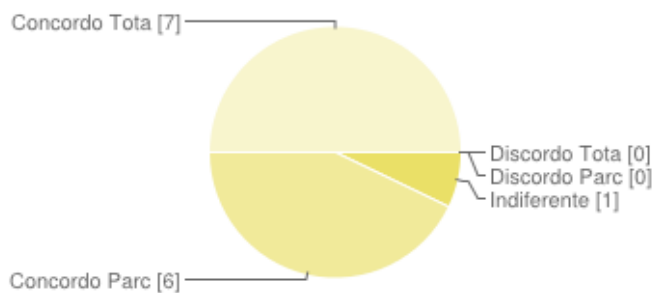
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	4	29%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	0	0%

### 9) O ELAI travou ou interrompeu sua utilização?



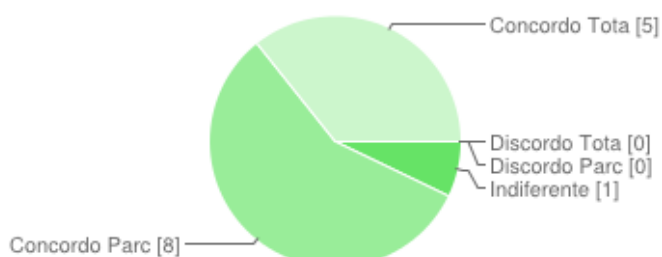
Discordo Totalmente	7	50%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	2	14%
Concordo Totalmente	1	7%

### 10) O ELAI fornece informações consideráveis e que podem ser úteis?



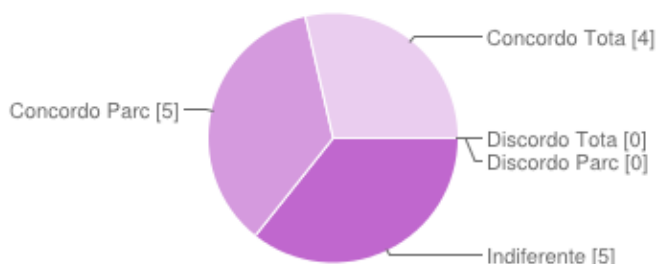
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	7	50%

### 11) O conteúdo apresentado pelo ELAI pode ser aprendido facilmente?



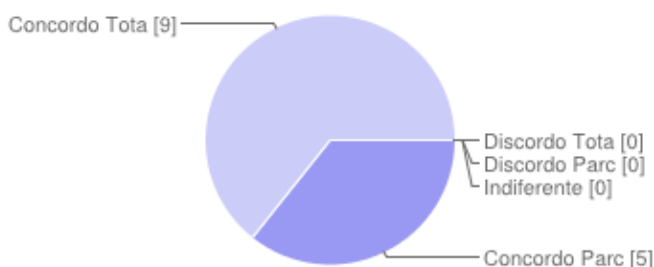
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	8	57%
Concordo Totalmente	5	36%

**12) Ao utilizar o ambiente, alcançou o conhecimento pretendido?**



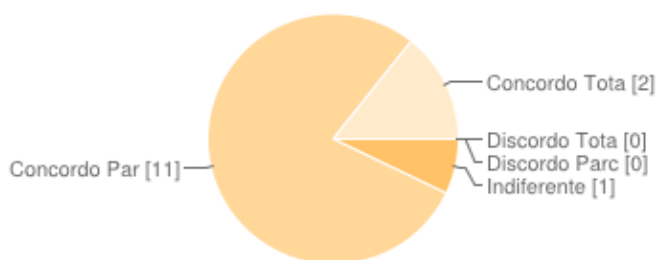
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	4	29%

**13) Os recursos educativos do ELAI foram apresentados de acordo com sua informação contextual (nível de conhecimento)?**



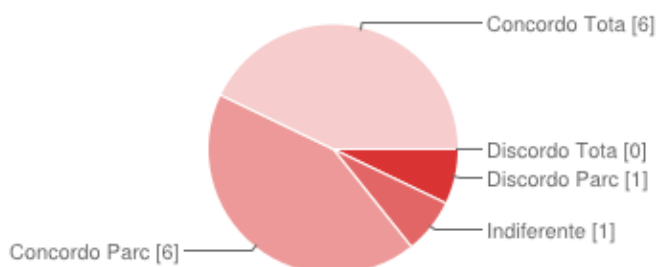
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	9	64%

**14) Os recursos educativos adaptados lhe ajudaram na realização das atividades de aprendizagem de acordo com a sua informação contextual (nível de conhecimento)?**



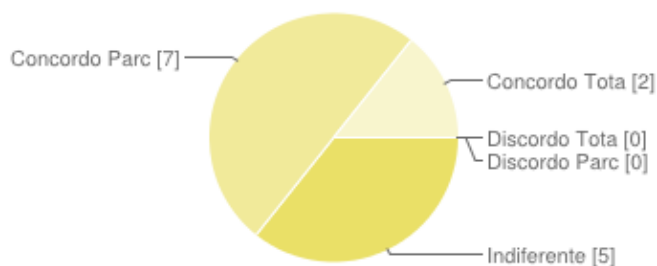
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	11	79%
Concordo Totalmente	2	14%

**15) Os serviços de apoio (ou seja, slides, atividades, mensagens instantâneas) estão de acordo com sua informação contextual (nível de conhecimento)?**



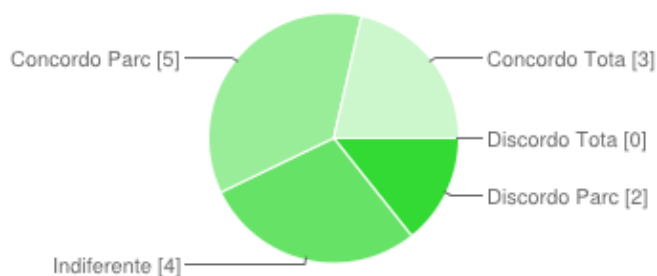
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	6	43%

**16) As ações executadas pelo ELAI no ambiente 3D corroboram para a incidência de uma aprendizagem colaborativa?**



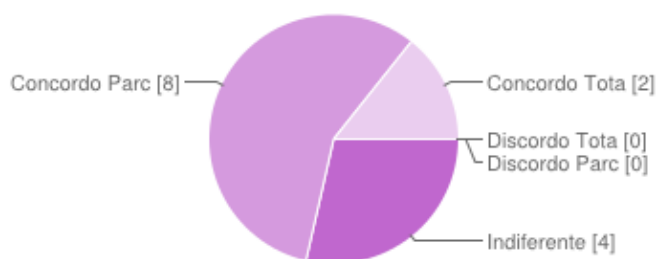
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	7	50%
Concordo Totalmente	2	14%

**17) Ao utilizar o ELAI você tem a oportunidade de criar o seu próprio conhecimento, tornando-se mais autônomo?**



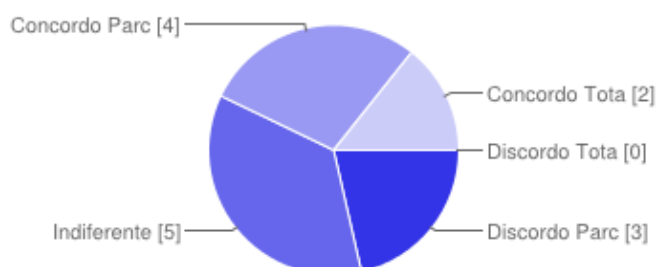
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	4	29%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	3	21%

**18) Usando o ELAI você irá melhorar o seu conhecimento?**



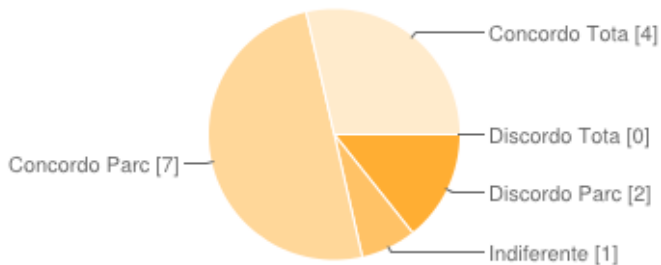
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	4	29%
Concordo Parcialmente	8	57%
Concordo Totalmente	2	14%

**19) O ELAI fornece uma aprendizagem ubíqua?**



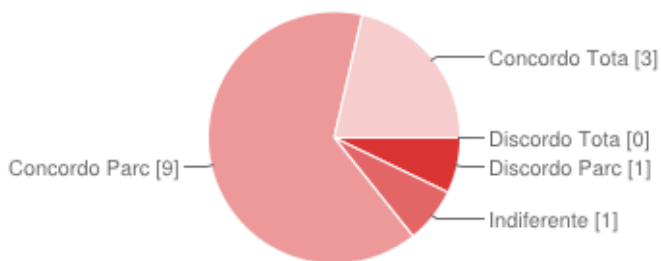
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	5	36%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	2	14%

**20) A integração do ELAI ao TCN5 resultou em uma interface amigável?**



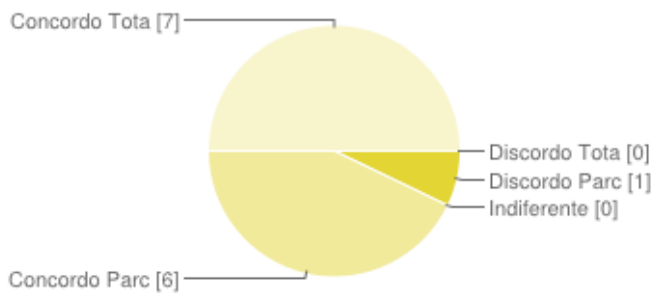
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	7	50%
Concordo Totalmente	4	29%

**21) Ficou satisfeito com o ambiente TCN5 e o agente inteligente ELAI?**



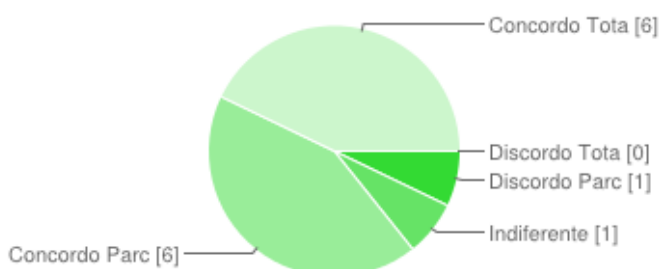
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	9	64%
Concordo Totalmente	3	21%

**22) Utilizaria o ambiente TCN5 e o agente inteligente ELAI em outros cursos/disciplinas?**



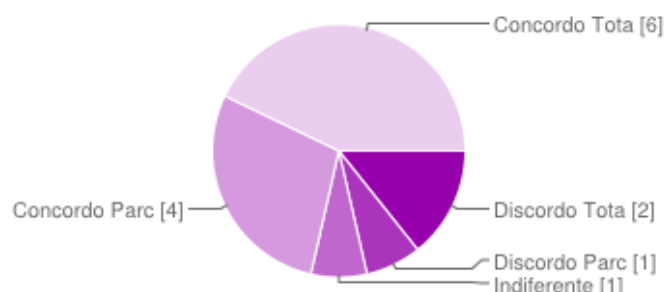
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	7	50%

**23) O ELAI interpretou corretamente suas informações contextuais (nível de conhecimento)?**



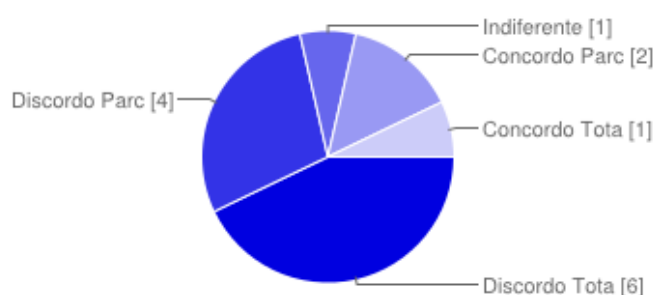
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	6	43%

#### 24) Você gostou do canal de comunicação utilizado pelo ELAI (chat)?



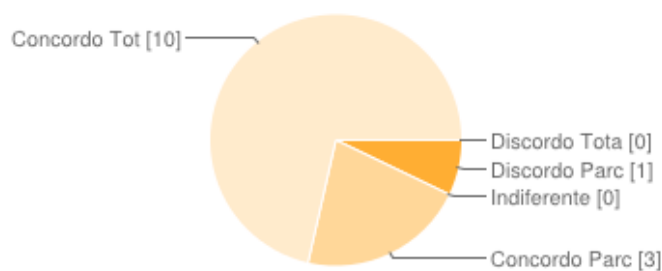
Discordo Totalmente	2	14%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	6	43%

#### 25) Houve demora nas respostas fornecidas pelo ELAI?



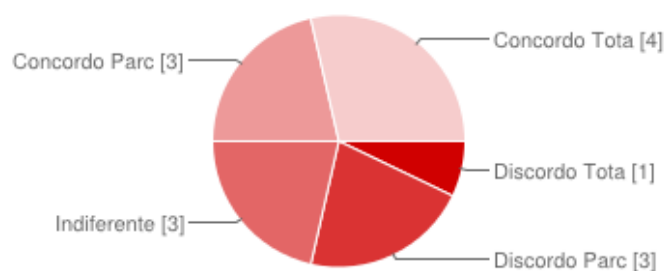
Discordo Totalmente	6	43%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	2	14%
Concordo Totalmente	1	7%

#### 26) As respostas fornecidas pelo ELAI foram sobre o tópico questionado?



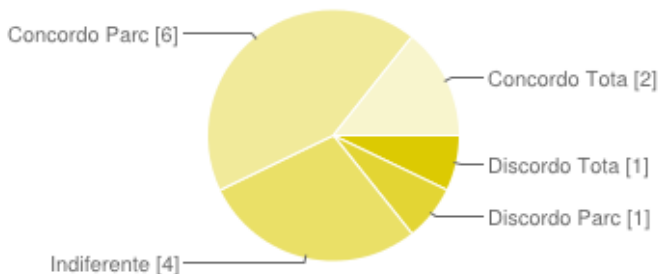
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	0	0%
Concordo Parcialmente	3	21%
Concordo Totalmente	10	71%

#### 27) O ELAI não soube responder algum tópico questionado?



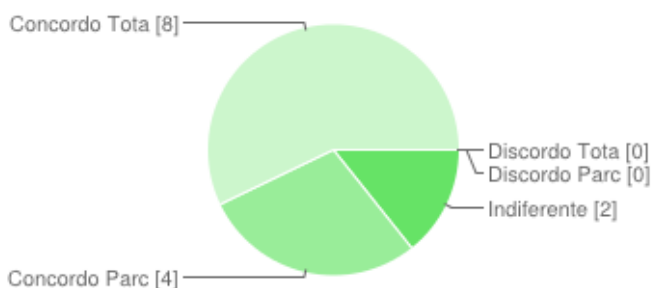
Discordo Totalmente	1	7%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	3	21%
Concordo Parcialmente	3	21%
Concordo Totalmente	4	29%

**28) Ter um NPC (ELAI) lhe acompanhando serviu como estímulo ao realizar as atividades?**



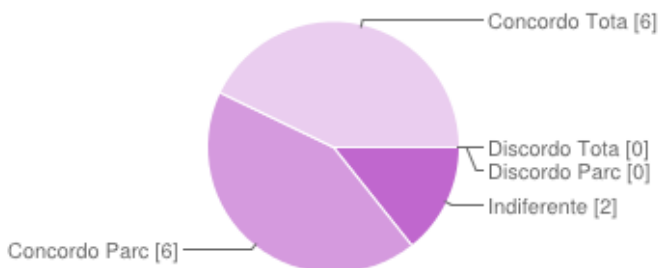
Discordo Totalmente	1	7%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	4	29%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	2	14%

**29) Você gostou do ELAI lhe avisar sobre as atividades pendentes?**



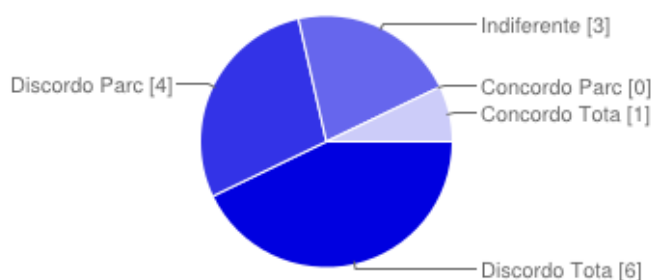
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	4	29%
Concordo Totalmente	8	57%

**30) Você gostou que o ELAI dirigiu-se até você (e não ao contrário)?**



Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	6	43%

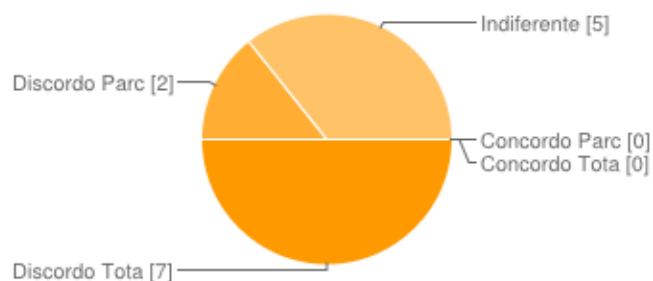
**31) Você achou irritante ou desagradável o ELAI ficar lhe seguindo no ambiente?**



Discordo Totalmente	6	43%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	3	21%
Concordo Parcialmente	0	0%
Concordo Totalmente	1	7%

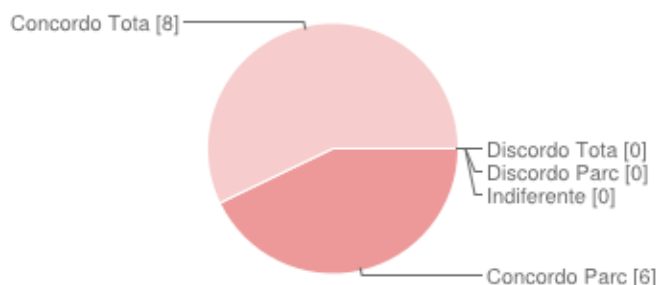


**32) Durante a interação, houve uma sensação de monitoramento ou cobrança demasiada por parte do ELAI?**



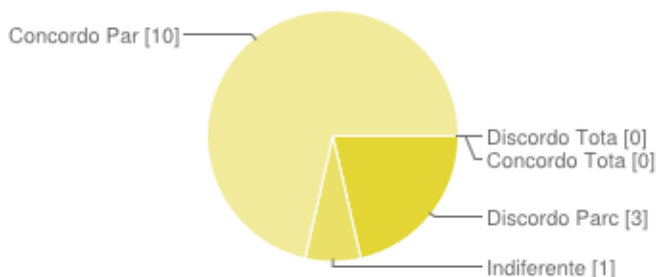
Discordo Totalmente	7	50%
Discordo Parcialmente	2	14%
Indiferente	5	36%
Concorde Parcialmente	0	0%
Concorde Totalmente	0	0%

**33) Durante a navegação, visitou os outros prédios que possuem níveis de expertise diferentes (básico, intermediário e avançado)?**



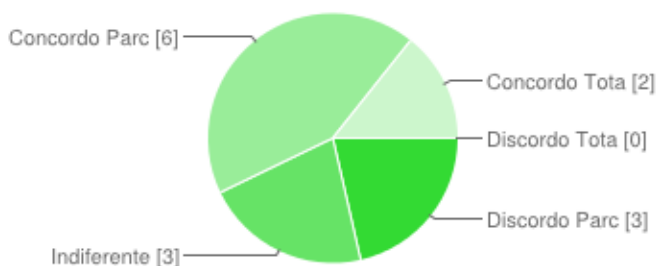
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	0	0%
Concorde Parcialmente	6	43%
Concorde Totalmente	8	57%

**34) No quesito motivação, o ELAI tem a capacidade de motivar interesse do estudante?**



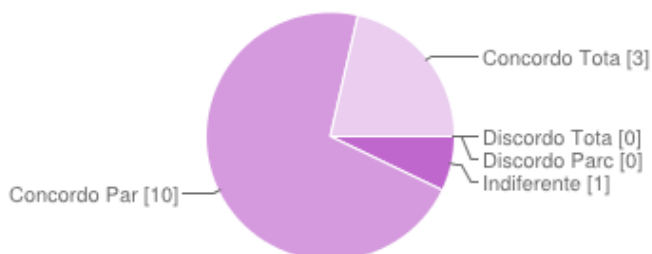
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	1	7%
Concorde Parcialmente	10	71%
Concorde Totalmente	0	0%

**35) No quesito imersão, o ELAI prove a capacidade de envolver estudante profundamente?**



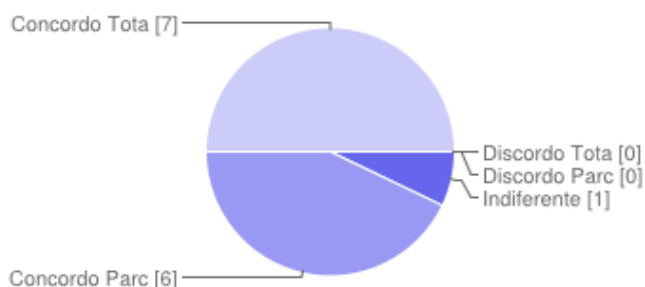
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	3	21%
Indiferente	3	21%
Concorde Parcialmente	6	43%
Concorde Totalmente	2	14%

**36) No quesito interação social, o ELAI dispõe de meios de interação com os estudantes?**



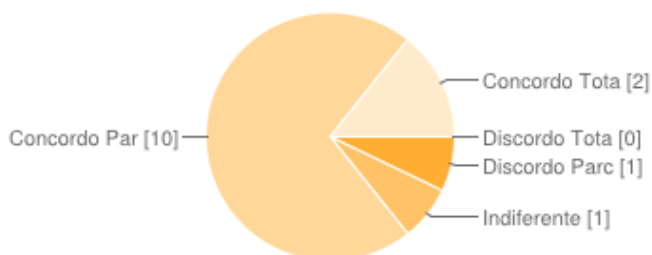
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	10	71%
Concordo Totalmente	3	21%

**37) No quesito reusabilidade, o ELAI tem a capacidade de ser utilizado em diferentes contextos de aprendizagem e com alunos de diferentes idades e interesses?**



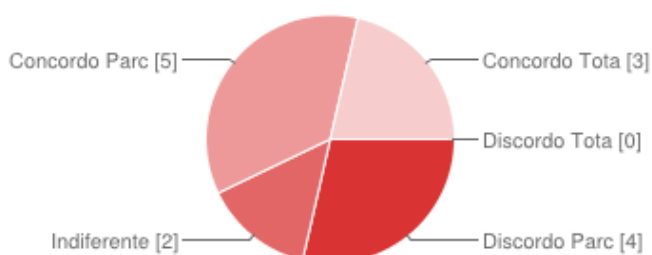
Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	0	0%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	6	43%
Concordo Totalmente	7	50%

**38) No quesito da apresentação, o ELAI apresenta uma informação visual adequada?**



Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	1	7%
Indiferente	1	7%
Concordo Parcialmente	10	71%
Concordo Totalmente	2	14%

**39) No quesito usabilidade, o ELAI oferece ajuda durante a interação dos usuários com os recursos da interface (objetos 3D e recursos educacionais dispostos no ambiente)?**



Discordo Totalmente	0	0%
Discordo Parcialmente	4	29%
Indiferente	2	14%
Concordo Parcialmente	5	36%
Concordo Totalmente	3	21%

**40) Qual das características chamou mais atenção no ELAI (tanto positivamente quanto negativamente)? Você acha o ELAI relevante para o ensino? (Caso sua resposta seja sim, porque?) Você mudaria alguma coisa no ELAI? (Caso sua resposta seja sim, porque?)**

- A) Negativamente ele fala em inglês, sabendo que o uso do ELAI pode ocorrer em qualquer idade, a escrita em português facilitaria essa utilização. O ELAI é relevante, pois traz a presença de um "professor" que pode auxiliar o estudante, tirando dúvidas. Mudaria a linguagem do ELAI. O interessante é que as respostas às dúvidas estão em português.
- B) Durante toda a interação o ELAI esteve presente para auxiliar nas atividades. O nível de dificuldade das atividades aumentou e diminuiu. Nas atividades mais fáceis o ELAI poderia estar mais afastado.
- C) O "preocupação" em avisar o usuário das atividades que estão faltando.
- D) Sim, o ELAI é muito relevante para o ensino em um ambiente virtual como o apresentado na experiência, um dos pontos mais significantes é o fato de poder tirar "dúvidas" diretamente no mundo virtual através do ELAI sem a necessidade de sair do ambiente para pesquisar.
- E) Qual das características chamou mais atenção no ELAI? R: Acho interessante o fato de que ele me deixa saber quais atividades já foram realizadas. Você acha o ELAI relevante para o ensino? R: Eu não vejo como esse sistema poderia ajudar o estudo mais do que um bom livro/exercícios. Você mudaria alguma coisa no ELAI? R: Não creio que eu tenha conhecimento suficiente sobre o sistema para responder essa pergunta.
- F) O que chama atenção é a capacidade do ELAI responder as dúvidas dos alunos e conseguir identificar quantas atividades pendentes o aluno tem. O ELAI dispõe de uma base de dados com muitos conceitos sobre redes acho isso relevante para o ensino. Uma mudança interessante para o ELAI seria fazer ele falar.
- G) O que mais chamou atenção no ELAI foi o fato deste ser um meio de fácil acesso à informação dentro do ambiente virtual. Penso que o ELAI pode sim, ser relevante para o ensino, pois é uma forma pela qual os usuários que estão realizando as atividades podem obter ajuda na solução dos problemas. Não mudaria nada no ELAI em si.
- H) Respostas adaptadas ao meu nível de expertise e o monitoramento das atividades a serem realizadas, assim como o acompanhamento do agente. Considero relevante sim, pois se trata de uma alternativa válida para enriquecer os recursos presentes no MV e fornecer feedback imediato para o aluno acerca das atividades realizadas, assim como auxiliar na dúvidas corriqueiras. Acredito que talvez implantar um canal de áudio para me comunicar com o ELAI.
- I) Pontos cegos, deixando sem auxílio em alguns momentos. Sim, por auxiliar o aluno no controle das atividades e conteúdo. Não no ELAI mas, no TCN5 colocaria uma sistema de localização para saber onde se encontra o token e outros pontos importantes.
- J) Sim, porque é uma maneira fácil de obter respostas para determinados temas. o ELAI nos fornece respostas práticas e rápidas.
- K) Gostei de ter um tutor inteligente para me apoiar no aprendizado. É um diferencial muito positivo em se tratando de aprendizagem mediada por computador. Penso que ele poderia falar em português e interagir mais com o avatar do usuário, tanto acompanhando-o em um raio de distância maior quanto sugerindo atividades, leituras, e entendendo conversas informais como oi e tudo bem. Mas valeu a experiência, ótimo trabalho!
- L) Achei o elai meio estranho, mas foi legal essa combinação com o moodle e as atividades pendentes, acho ele relevante pois qualquer novidade é bem vinda dependendo da turma de estudantes, eu nao mudaria porque nao saberia o que fazer.
- M) Poder interagir com o usuário é a melhor característica, mas o fato de ser necessário fazer perguntas e não simplesmente clicar em opções me incomoda. Acho o ELAI e o ambiente importantes mas tanto o ELAI quanto o ambiente para mim são muito irrealis, não atingindo um nível de realidade suficiente para ser útil no ensino.
- N) Gostei do fato do ELAI avisar quantas tarefas faltam e quais são elas.



# **ANEXOS**

---



## ANEXO A – Questionário SEDECA - Estilos Cognitivos

→   200.132.35.119:8008/moodle/login/testeNivelamento/StilesSurvey.php 

### Estilos e preferências do Moodle

Por favor, informe um pouco mais sobre você! Preenchendo o questionário abaixo, você ajuda o Moodle a ajustar a forma com que os conteúdos didáticos serão apresentados na sua conta, ficando mais adequado ao seu estilo. Apenas alguns minutos são necessários.

**Usuário:** user01

Para cada afirmação, selecione apenas UMA resposta a qual melhor representa o seu estilo.

**1. Eu aprecio experienciar situações novas.**

---

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**2. Quanto a resolução de tarefas, costumo fazer várias análises, eliminando e desconsiderando aquelas possivelmente errôneas.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**3. Quando considero um conjunto de informações geralmente procuro compreender o quadro geral antes de atentar para os detalhes.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**4. Gosto de trabalhar com um problema partindo de aspectos específicos e separados, que posteriormente serão integrados para a confirmação de hipóteses simples as quais "passo a passo" vão possibilitar a resolução de um problema.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**5. Eu tenho facilidade em formular respostas originais e criativas com frequência.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**6. Obtenho melhor desempenho em tarefas que requerem processos detalhados, meus pensamentos são seqüenciados e há ponderação prévia nas minhas respostas.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**7. No momento que inicio uma tarefa prefiro examinar grande quantidade de dados buscando relações entre eles.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**8. Ao realizar uma tarefa, prefiro usar um processo passo a passo trabalhando com pequenas quantidades de dados de cada vez.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**9. Eu sou hábil em tratar com problemas que demandam a generalização de várias respostas igualmente aceitáveis.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**10. Quando tenho que trabalhar em equipe, eu prefiro que se faça primeiro um estudo individual, seguido da reunião de grupo para compartilhar as idéias.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**11. Quando realizo a leitura de um texto, presto mais atenção na idéia geral do que nos detalhes informativos do mesmo.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.



**12. Quando deparo-me com um material de estudo ou trabalho, detenho minha atenção aos pequenos elementos informativos.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**13. Eu aprecio ousar e tentar criar algo diferente.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**14. Nas disciplinas que cursei eu raramente fiz amizade com muitos colegas.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**15. Eu aprendo em "saltos". Fico totalmente confuso por algum tempo e então, repentinamente, eu tenho um "estalo".**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

**16. Diante de um material escrito, eu dou ênfase a cada tópico separadamente e somente depois busco relações entre as partes.**

- Concordo totalmente.
- Concordo.
- Discordo.
- Discordo totalmente.

---

## Ferramentas e materiais preferenciais

**1. Quanto à apresentação de conteúdos, qual forma de exibição você prefere?**

-- Selecione a opção PRINCIPAL -- ▾

Caso a opção acima não esteja disponível em alguma disciplina, então use a opção abaixo:

- Selecione a opção SECUNDARIA - ▾

Se nenhuma das duas opções acima estiver disponível em alguma disciplina, o Moodle exibirá automaticamente uma forma de apresentação para ser exibida em sua conta.

**2. Quais os componentes da plataforma Moodle você prefere para a comunicação?**

-- Por favor, selecione -- ▾

**3. Quais os componentes da plataforma Moodle você prefere para executar suas atividades?**

-- Por favor, selecione -- ▾

Figura A.1 – Questionário para o estilo cognitivo do estudante

Fonte: (MOZZAQUATRO, 2010) e (VOSS, 2014)



## ANEXO B – Questionário SistEX

→ ↻ 200.132.35.119:8008/moodle/login/testeNivelamento/StilesSurvey.php ☆

### 1. Em Topologias de Redes, é correto afirmar que:

- rede em estrela não tem necessidade de roteamento, uma vez que concentra todas as mensagens no nó central.
- redes com topologia em anel podem empregar interfaces passivas, nas quais as falhas não causam a parada total do sistema.
- rede em estrela tem necessidade de roteamento, uma vez que concentra apenas parte das mensagens no nó central.
- rede com topologia em anel requer que cada nó central seja capaz de remover seletivamente mensagens da rede e passá-las à frente para o próximo nó central.
- Modularidade, independente da capacidade de chaveamento do nó central e impossibilidade de parada do sistema devido a falha no nó central, são vantagens da rede em estrela.

### 2. Analise as seguintes afirmações relacionadas à topologia de redes:

I - Uma rede em anel consiste de estações conectadas através de um caminho fechado. O anel não interliga diretamente às estações. Neste caso, uma série de repetidores interligados fisicamente são encarregados de conectarem estações à rede.

II - Em algumas configurações em anel a transmissão é unidirecional, permitindo que os repetidores sejam projetados de forma a transmitir e receber dados simultaneamente, diminuindo assim o retardo da transmissão.

III - Em redes em anel com transmissão unidirecional, quando uma mensagem é enviada por um nó ela entra no anel e fica circulando na rede até que complete um número de voltas igual ao número de nós existentes. Após isso, recebe a marcação indicativa de "a ser descartada" e, no próximo ciclo, será descartada pelo nó que colocou a referida marcação.

IV - A maior vantagem do uso de redes com topologia em anel é que a quebra ou falha em qualquer dos repetidores não compromete o funcionamento da rede. Essa característica torna a rede com topologia em anel uma das mais confiáveis e seguras.

Indique a opção que contenha todas as afirmações verdadeiras.

- I e II
- II e III
- III e IV
- I e III
- II e IV

### 3. As redes de computadores hoje se tornaram quase tão importantes quanto os computadores que elas conectam. Sobre as redes, considere:

I - Rede em malha representa uma das topologias mais tolerantes à falha, pois geralmente há vários caminhos entre cada par de nodos.

II - O ideal para um sistema de missão crítica (por exemplo, um sistema de controle de uma usina nuclear) é uma rede com topologia em anel.

III - FTP, SMTP, TCP e HTTP são alguns dos protocolos encontrados na camada de aplicação da pilha do protocolo TCP/IP.

IV - A camada de enlace da pilha do protocolo TCP/IP serve como uma interface entre a camada de rede e o meio físico por meio do qual a informação é transportada.

Está correto o que consta APENAS em:

- IV.
- II, III e IV.
- I e II.
- I e IV.
- III.

**4. Considere as seguintes características:**

- 
- Vulnerabilidade a falha no nó central;
  - Roteamento centralizado;
  - Ligações ponto a ponto;
  - Todas as mensagens passam pelo nó central;
  - Custos dos meios físicos sobem proporcionalmente com o aumento da quantidade de estações em relação a outras topologias.

Com respeito à topologia de redes:

- Todas se aplicam ao tipo Barramento.
- Apenas as duas últimas se aplicam ao tipo Estrela.
- Todas se aplicam ao tipo Estrela.
- Apenas as duas primeiras se aplicam ao tipo Anel.
- Todas se aplicam ao tipo Anel.

**5. A topologia física de uma rede refere-se ao layout físico utilizado na instalação da mesma. Se um escritório possui 8 microcomputadores, os quais formam uma rede local através de conexões 10Base-T a um hub, a topologia física de sua rede é classificada como sendo em:**

- 
- Anel.
  - Barra.
  - Coluna.
  - Estrela.
  - Linha.

**6. Assinale a opção que apresenta somente topologias físicas utilizadas em redes de computadores.**

- 
- Anel e estrela.
  - Anel e serial.
  - Paralela e anel.
  - Paralela e estrelas.
  - Paralela e serial.

**7. O cabo coaxial é um tipo de cabo condutor usado para transmitir sinais. Este tipo de cabo é:**

- 
- Dividido em dois tipos, UTP e STP.
  - Constituído por diversas camadas concêntricas de condutores e isolantes.
  - Constituído por luz, devido a sua imunidade a ruídos.
  - Constituído por meio de dois canais de comutação de pacotes.
  - Constituído por meio de um feixe de fios trançados do tipo fino (10Base2) ou do tipo grosso (10Base5).

**8. Sobre tipos de cabeamento de redes, considere:**

- 
- I - O cabo coaxial foi o último tipo de cabeamento que surgiu no mercado.
  - II - A vantagem do cabo do tipo par trançado, que pode ter transmissão tanto analógica quanto digital, é não ter interferências de ruídos (eletromagnéticos e rádio frequência).
  - III - A transmissão de dados por fibra ótica é realizada pelo envio de um sinal de luz codificado, dentro do domínio de frequência do infravermelho, a uma velocidade de 10 a 15 MHz.

Está correto o que se afirma APENAS em

- II e III.
- III.
- I.
- I e II.
- I e III.

**9. Para os cabos utilizados na montagem de redes de computadores, assinale a afirmativa INCORRETA.**

- 
- Um cabo UTP contém pares de cabos de cobre isolados torcidos um sobre o outro para reduzir a interferência eletromagnética.
  - Um cabo coaxial thinnet pode ser conectado a um cabo coaxial thicknet através de um transceptor.
  - Cabos STP são menos suscetíveis à diafonia do que os UTP e suportam taxas mais altas de transmissão.
  - Cabos de fibra ótica são imunes a interferência eletromagnética.
  - Conectores do tipo RJ-45 são utilizados para conectar cabos coaxiais a microcomputadores.

**10. Os cabos UTP de categoria 5 e categoria 5e podem transmitir dados, respectivamente, até a uma taxa de**

- 
- 10 Mbps e 20 Mbps.
  - 10 Mbps e 100 Mbps.
  - 20 Mbps e 100 Mbps.
  - 100 Mbps e 256 Mbps.
  - 100 Mbps e 1000 Mbps.

Figura B.1 – Questionário para definir o nível de expertise do estudante  
Fonte: (POSSOBOM, 2014)