



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



SALATIEL DANTAS SILVA

**KNOWLEDGEMON HUNTERS: UM JOGO SÉRIO COM GEOLOCALIZAÇÃO
PARA APOIAR A APRENDIZAGEM DE CRIANÇAS COM AUTISMO E
DIFICULDADES DE APRENDIZADO**

MOSSORÓ

2018

SALATIEL DANTAS SILVA

**KNOWLEDGEMON HUNTERS: UM JOGO SÉRIO COM GEOLOCALIZAÇÃO
PARA APOIAR A APRENDIZAGEM DE CRIANÇAS COM AUTISMO E
DIFICULDADES DE APRENDIZADO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Ciência da Computação do Programa de Pós-
Graduação em Ciência da Computação da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido e
Universidade do Estado do Rio Grande do
Norte como requisito para obtenção do título
de Mestre em Ciência da Computação.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Aplicadas à
Educação e à Saúde

Orientador: Francisco Milton Mendes Neto,
Prof. Dr.

Co-orientador: Karla Rosane do Amaral
Demoly, Prof^ª. Dr^ª.

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586k Silva, Salatiel Dantas.
KNOWLEDGEMON HUNTERS: UM JOGO SÉRIO COM
GEOLOCALIZAÇÃO PARA APOIAR A APRENDIZAGEM DE
CRIANÇAS COM AUTISMO E DIFICULDADES DE
APRENDIZADO / Salatiel Dantas Silva. - 2018.
143 f. : il.

Orientador: Francisco Milton Mendes Neto.
Coorientador: Karla Rosane do Amaral Demoly.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
, 2018.

1. Realidade Aumentada. 2. Realidade Virtual.
3. Ontologias. 4. Objetos de Aprendizagem. I.
Mendes Neto, Francisco Milton, orient. II.
Demoly, Karla Rosane do Amaral, co-orient. III.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

SALATIEL DANTAS SILVA

**KNOWLEDGEMON HUNTERS: UM JOGO SÉRIO COM GEOLOCALIZAÇÃO
PARA APOIAR A APRENDIZAGEM DE CRIANÇAS COM AUTISMO E
DIFICULDADES DE APRENDIZADO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Ciência da Computação do Programa de Pós-
Graduação em Ciência da Computação da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido e
Universidade do Estado do Rio Grande do
Norte como requisito para obtenção do título
de Mestre em Ciência da Computação.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Aplicadas à
Educação e à Saúde

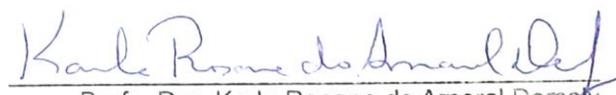
Defendida em: 27 / 02 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Francisco Milton Mendes Neto
(Orientador)



Prof. Dr. Alex Sandro Gomes
(Examinador Externo - UFPE)


Profa. Dra. Karla Rosane do Amaral Demoly
(Coorientadora - UFERSA)


Prof. Dr. Patrício de Alencar Silva
(Examinador Interno - UFERSA)

A Deus. Meus pais Francisco Damião e Antônia Núbia. Meu irmão Sóstenes Nemuel. Minha namorada Fernanda Grasiane. E aos meus amigos, em especial Canindé Júnior e Ademar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por se mostrar presente em todos os momentos da minha vida, derramando suas bênçãos sobre mim e sobre minha família, nos provendo graça e força para lutar, sempre nos dando vitória.

Aos meus Pais Francisco Damião, Antônia Núbia e ao meu irmão Sóstenes Nemuel pelo incentivo e apoio, estando sempre presentes me ajudando, aconselhando e pelo investimento em todas as etapas da minha vida. A todos os meus familiares, pelos momentos alegres que desfrutamos juntos, e por acreditarem que podemos sempre realizar os nossos sonhos.

À minha namorada Fernanda Grasiene, por todo apoio e companheirismo que demonstrou durante esta trajetória, sempre me incentivando a cumprir com meus objetivos. Agradeço pela dedicação, carinho, amor e por toda ajuda que me deu.

Ao meu orientador, Prof. Francisco Milton Mendes Neto, pela orientação e amizade fornecida. Também por todo apoio dado durante todas as etapas do projeto, sempre demonstrando caminhos e soluções que possibilitaram a elaboração deste trabalho. Agradeço por acreditar em nós desde a graduação e nos incentivar a sempre buscar mais. Obrigado pelas experiências e oportunidades.

À minha co-orientadora, Prof. Karla Demoly Rosane do Amaral, pela contribuição significativa para construção deste trabalho fornecendo seus conhecimentos e nos ajudando a caminhar na direção correta.

Aos professores Rodrigo Monteiro de Lima e Patrício Alencar Silva, por sua contribuição, pois sua participação foi fundamental para conclusão deste trabalho. Agradeço por todo suporte, nos ajudando em todos os momentos. A vocês o meu muito obrigado.

A todos os meus amigos, em especial Canindé Júnior e Ademar Neto, pelo apoio e presença, sempre me incentivando e ajudando. Também por me proporcionarem uma amizade verdadeira e abençoada por Deus.

A todos os meus colegas de cursos, alunos da graduação, tanto da UFERSA como da UNDB. Em especial meus amigos do LCC e LES, que fazem parte de toda trajetória acadêmica. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação das universidades UFERSA e UERN, por seu corpo docente, direção e administração, pela competência, comprometimento e ética que tornaram possível essa conquista.

À CAPES, pelo apoio financeiro que viabilizou a realização deste trabalho.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação.

Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie em seu próprio entendimento; reconheça o Senhor em todos os seus caminhos, e ele endireitará as suas veredas.

Provérbios 3:5-6

RESUMO

O autismo é uma síndrome comportamental com etiologias diferentes, atingindo profundamente o processo de desenvolvimento infantil. Crianças portadoras de autismo apresentam algumas características em comum: inaptidão de relacionar-se com outras pessoas, levando-as ao isolamento; distúrbios de comunicação e preocupação obsessiva pelo que é imutável. Além da grande quantidade de casos de crianças autistas ao redor do mundo, existe também o despreparo de algumas instituições de ensino em usar recursos que facilitem o processo de aprendizado dessas crianças. Diante disso, esta dissertação apresenta o projeto *Knowledgemon-Hunters* que dispõe de um Jogo Sérioso cujo objetivo é reduzir o isolamento social e auxiliar no aprendizado de crianças com Transtorno do Espectro Autista e com dificuldade de aprendizado. A aplicação desenvolvida apresenta monstros digitais, que oferecem Objetos de Aprendizagem (OAs). Esses monstros podem ser geograficamente distribuídos no mundo real. Cada monstro traz consigo informações definidas por especialistas responsáveis pelas crianças. Com o uso de um dispositivo computacional móvel, as crianças podem caçar, capturar os monstros e visualizar seus conteúdos. Para validação, realizou-se aplicação do jogo K-Hunters com 10 profissionais em autismo que trabalham em escolas localizadas na cidade de Mossoró/RN. As informações foram obtidas através de questionários elaborados seguindo-se a metodologia TAM. Os resultados demonstram que os profissionais indicam que o jogo tem potencial para reduzir o isolamento social e para auxiliar no aprendizado de crianças com Transtorno do Espectro Autista.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Realidade Virtual. Ontologias, Objetos de Aprendizagem

ABSTRACT

Autism is a behavioral syndrome with different etiologies, deeply affecting the process of child development. Children with autism have some characteristics in common: the inability to relate to other people, leading them to isolation; communication disorders and obsessive concern for what is unchanging. In addition to the large number of cases of autistic children around the world, there is also the lack of preparation of some educational institutions to use resources that facilitate the learning process of these children. Therefore, this dissertation presents the project Knowledge-mon-Hunters that has a Serious Game whose objective is to reduce social isolation and help in the learning of children with Autism Spectrum Disorder and with learning difficulties. The application developed presents digital monsters, which offer Learning Objects (LOs). These monsters can be geographically distributed in the real world. Each monster carries with it information defined by specialists responsible for children. With the use of a mobile computing device, children can hunt, capture monsters and view their contents. For validation, the K-Hunters game was applied with 10 professionals in autism who work in schools located in the city of Mossoró / RN. The information was obtained through questionnaires elaborated following the TAM methodology. The results demonstrate that professionals indicate that play has the potential to reduce social isolation and to aid in the learning of children with Autism Spectrum Disorder.

Keywords: Augmented Reality. Virtual reality. Ontologies. Learning Objects

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Detecção de crianças autista entre os anos de 2000 e 2010	23
Figura 2 – Exemplo de aplicação de realidade virtual.....	30
Figura 3 – Realidade aumentada com vaso e carro virtuais sobre a mesa.....	31
Figura 4 – Contextualização de gamificação.....	33
Figura 5 – Agentes interagem com ambientes por meio de sensores e atuadores.....	36
Figura 6 - Arquitetura do Sistema	45
Figura 7 - (a) Matriz de planos com mapas; (b) Interface principal do jogo.....	47
Figura 8 (a) Interface do jogo com Monstros Virtuais; (b) Monstro virtual em Realidade Aumentada; (c) Visualização de Conteúdo associado ao Monstro	49
Figura 9 - (a) Arte conceitual do corpo dos monstros; (b) Arte conceitual das cabeças dos monstros	50
Figura 10 - Modelo 3D dos monstros virtuais.....	50
Figura 11 - (a) Botão menu; (b) opção ajustes; (c) opção monstros capturados	51
Figura 12 - (a) Botão procurar; (b) Botão <i>chat</i>	52
Figura 13 - (a) Menu do monstro; (b) Visualização do conteúdo por vídeo; (c) Exibição de uma questão; (d) Imagem de incentivo para os acertos.....	53
Figura 14 - Estrutura da Ontologia.....	57
Figura 15 - Axiomas Lógico da Classe DSMV_Autistic_Level_1	59
Figura 16 - Axiomas Lógicos da Classe DSMV_Autistic_Level_2	59
Figura 17 - Axiomas Lógicos da Classe DSMV_Autistic_Level_3	60
Figura 18 - Domínio e Imagem das <i>object property</i>	61
Figura 19 - Domínio e Imagem das <i>Data Properties</i> da ontologia DSMVAutism	64
Figura 20 - Visualização gráfica da ontologia no VOWL.....	69
Figura 21 - Estrutura da Ontologia LearningStrategy	71
Figura 22 - Esquema geral das classes, propriedades, domínio e imagem da <i>LearningStrategy</i> ...	72
Figura 23 - Visualização gráfica da ontologia <i>LearningStrategy</i>	77
Figura 24 - Modelos da metodologia MAS-CommonKADS.....	78
Figura 25 - Arquitetura da MAS-CommonKADS+	79
Figura 26 - Modelo de Tarefas	81
Figura 27 - Modelo de Recursos e Objetos	83

Figura 28 - Modelo de Papéis.....	84
Figura 29 - Modelo de Organização.....	85
Figura 30 - Modelo de Interação AgC, AgV e AgDF.....	87
Figura 31 - Modelo de Interação AgGVE, AgV e AgDF.....	88
Figura 32 - Modelo de Interação AgGE, AgV e AgDF para situação 1.....	92
Figura 33 - Modelo de Interação AgGE, AgV e AgDF na situação 2.....	93
Figura 34 - Modelo de Agente AgV.....	95
Figura 35 - Modelo de Agente AgC.....	96
Figura 36 - Modelo de Agente AgGVE.....	96
Figura 37 - Modelo de Agente AgGE.....	97
Figura 38 - Modelo de Projeto do SMA.....	98
Figura 39 - Site de divulgação do projeto.....	99
Figura 40 - Página de cadastro do Objeto de Aprendizagem.....	100
Figura 41 - Página de Cadastro do Usuário.....	100
Figura 42 - Lista de OAs cadastros por um Especialista.....	101
Figura 43 - Página de Acompanhamento Individual de Usuário.....	102
Figura 44 - Óculos de Realidade Virtual Google Cardboard.....	104
Figura 45 - Ambiente Virtual e Imersivo.....	104
Figura 46 - Seleção do Monstro no painel de Monstros do Ambiente Virtual.....	105
Figura 47 - Visualização do Monstro no Ambiente Imersivo.....	106
Figura 48 - Visualização de um vídeo no Painel do Ambiente Imersivo.....	106
Figura 49 - Monstros em Realidade Aumentada com Imagens Alvo.....	108
Figura 50 - (a) Hierarquia de classes definida; (b) Hierarquia de classes inferida.....	109
Figura 51 - a) Modelo definido das <i>object properties</i> ; b) Modelo inferido das <i>object properties</i> ; c) Modelo definido das <i>dataproperties</i> ; d) Modelo inferido das <i>dataproperties</i>	110
Figura 52 - a) Resultado da inferência do <i>indivíduo1</i> ; b) Resultado da inferência do <i>indivíduo2</i> ; c) Resultado da inferência do <i>indivíduo3</i>	111
Figura 53 - (a) Modelo definido; (b) Modelo inferido.....	112
Figura 54 - a) Modelo definido das <i>object properties</i> ; b) Modelo inferido das <i>object properties</i> ; c) Modelo definido das <i>dataproperties</i> ; d) Modelo inferido das <i>dataproperties</i>	113

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Facilidade de Uso da Interface.....	115
Gráfico 2 - Esforço de Uso do Jogo	116
Gráfico 3 - Facilidade da Dinâmica do Jogo	116
Gráfico 4 - Utilidade na Intervenção com as Crianças	117
Gráfico 5 - Potencial de Uso por outras Pessoas	117
Gráfico 6 - Jogo para Auxiliar na Aprendizagem das Crianças	119
Gráfico 7 - Jogo na Redução do Isolamento Social das Crianças	119
Gráfico 8 - Recomendação do Jogo para outros profissionais da saúde mental.....	120
Gráfico 9 - Os Jogos Proporcionam Novas Experiências	121
Gráfico 10 - Intenção Comportamental de Uso dos Jogos	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes Primitivas da Ontologia <i>DSMVAutism</i>	57
Quadro 2 - Classes Definidas da Ontologia <i>DSMVAutism</i>	58
Quadro 3 - <i>Object Properties</i> da ontologia <i>DSMVAutism</i>	62
Quadro 4 - <i>Data Properties</i> da ontologia <i>DSMVAutism</i>	64
Quadro 5 - Restrição das Propriedades da ontologia <i>DSMVAutism</i>	65
Quadro 6 - Classes primitivas da ontologia <i>LearningStrategy</i>	71
Quadro 7 - <i>Object Properties</i> da ontologia <i>Learning Strategy</i>	73
Quadro 8 - <i>Dataproperties</i> da ontologia <i>LearningStrategy</i>	74
Quadro 9 - Restrições das propriedades da ontologia <i>LearningStrategy</i>	75
Quadro 10 - Resposta dos Especialistas	118
Quadro 11 - Comentários dos Profissionais	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de aspectos entre trabalhos da literatura.....	42
Tabela 3 - Relação Classificação Valor.....	87
Tabela 4 - Relação Hipermissão e Valor.....	89
Tabela 5 - Relação Dificuldade e Valor.....	90
Tabela 6 - Classificação dos Níveis de Autismo.....	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões
ABRA	Associação Brasileira de Autismo
ACL	<i>Agent Communication Language</i>
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
ABA	<i>Applied Behaviour Analysis</i>
AMA	Associação Amigos do Autista
AML	<i>Agent Modeling Language</i>
APA	<i>American Psychological Association</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CID	Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DF	<i>Directory Facilitator</i>
DSM	<i>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders</i>
FIPA	<i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IA	Inteligência Artificial
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
JADE	<i>Java Agent DEvelopment Framework</i>
OA	Objeto de Aprendizagem
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PECS	<i>Picture Exchange Communication System</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
RA	Realidade Aumentada
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
REA	Recurso Educacional Aberto
RV	Realidade Virtual
SMA	Sistema Multiagente
SPARQL	<i>SPARQL Protocol and RDF</i>

Query Language

SQL	<i>Structured Query Language</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TEACCH	<i>Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UNDB	Unidade de Ensino Superior Dom Bosco
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
VOWL	<i>Visual Notation for OWL Ontologies</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 PROBLEMÁTICA	20
1.2 METODOLOGIA	20
1.3 OBJETIVOS	22
1.3.1 Geral	22
1.3.2 Específicos	22
1.4 MOTIVAÇÃO	22
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 AUTISMO	26
2.2 REALIDADE VIRTUAL	29
2.3 REALIDADE AUMENTADA	31
2.4 GAMIFICAÇÃO	32
2.5 JOGOS SÉRIOS	33
2.6 OBJETOS DE APRENDIZAGEM	34
2.6.1 Recurso Educacional Aberto	35
2.7 SISTEMAS MULTIAGENTE	36
2.8 ONTOLOGIA	37
2.9 TRABALHOS RELACIONADOS	39
3. KNOWLEDGEMON HUNTERS: Um Jogo Sério com Geolocalização para Apoiar a Aprendizagem de Crianças com Autismo e Dificuldades de Aprendizado	44
3.1 ARQUITETURA DO SISTEMA	44
3.2 JOGO <i>K-HUNTERS</i>	46
3.3 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO E ONTOLOGIA DE APLICAÇÃO	53
3.3.1 Ontologia <i>DSMVAutism</i>	55
3.3.2 Ontologia <i>LearningStrategy</i>	69

3.4	SISTEMA MULTIAGENTE.....	78
3.4.1	Modelagem do SMA	80
3.5	SITE DO PROJETO	98
3.6	JOGOS COMPLEMENTARES	103
3.6.1	<i>K-Hunters Immersive</i>	103
3.6.2	<i>K-Hunters Find</i>.....	107
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	109
4.1	VALIDAÇÃO DAS ONTOLOGIAS	109
4.1.1	Validação da Ontologia <i>DSMVAutism</i>.....	109
4.1.2	Validação da Ontologia <i>Learningstrategy</i>.....	112
4.2	VALIDAÇÃO DOS JOGOS	113
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
5.1	QUESTÕES DE PESQUISA E RESULTADOS	124
5.2	LIMITAÇÕES	124
5.3	TRABALHOS FUTUROS	125
5.4	Conclusões	125
5.5	PRODUÇÕES CIENTÍFICAS	127
	REFERÊNCIAS	128
	APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DE AUTISMO SEGUINDO O MANUAL DIAGNÓSTICO E ESTATÍSTICO DE TRANSTORNOS MENTAIS V.....	136
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARECER DOS JOGOS.....	140

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo o autismo tem sido quadro marcante na vida de diversas pessoas. A expressão autismo foi utilizada pela primeira vez por Bleuler no ano de 1911, que buscava descrever a perda do contato com a realidade e a dificuldade de comunicação que algumas pessoas apresentavam (AJURIAHUERRA, 1977). Desde então, as características e particularidades atreladas a esta condição têm sido objeto de estudo para pesquisadores e especialistas de diversos ramos.

Este universo apresenta desafios provenientes da sua variedade e complexidade. Autores como Gilbert (1990) argumentam que o autismo é uma síndrome comportamental que apresenta etiologias diferentes, atingindo profundamente o processo de desenvolvimento infantil. Objetivando compreender melhor os traços do autismo, Leo Kanner (1943) realizou observações em crianças autistas verificando que elas apresentavam algumas características em comum. Estas características foram descritas como inaptidão de relacionar-se com outras pessoas, o que resultava em isolamento; distúrbios de comunicação e preocupação obsessiva pelo que é imutável.

Pessoas portadoras do Transtorno do Espectro Autista (TEA) retém comportamentos que estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de suas capacidades sociais e habilidades comunicativas. Alguns aspectos como a ausência de resposta dos indivíduos, que resulta muitas vezes na falta de compreensão destes sobre o que lhes é exigido (BOSA, 2002), e a tendência ao isolamento, que impede o desenvolvimento da fala (CAMARGO e BOSA, 2009), acabam por prejudicar seu aprendizado. Além disso, professores e ambientes escolares apontam que a falta de orientação, estrutura e recursos pedagógicos adequados dificultam o processo de ensino-aprendizagem destas pessoas (SANT'ANA, 2005).

A inclusão escolar de pessoas com TEA é uma questão contemporânea de alta relevância. Estudos demonstram que crianças com TEA podem apresentar melhoras quando têm a oportunidade de conviver com pessoas da mesma faixa etária, sendo incentivadas a estimular suas capacidades interativas, reduzindo seu isolamento (CAMARGO e BOSA, 2009). Mesmo que as crianças demonstrem dificuldades durante o aprendizado dos componentes curriculares, elas podem beneficiar-se das experiências sociais (KARAGIANNIS, STAINBACK e STAINBACK, 1999).

Neste sentido, visando cobrir as lacunas existentes nos ambientes escolares e elevar o nível de inclusão e aprendizado dos autistas, diversos pesquisadores têm proposto o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na educação. Barbosa (2009) indica que as

tecnologias apresentam novas possibilidades para inovação dos recursos didáticos, podendo melhorar o desenvolvimento das pessoas que carecem de medidas educativas especiais. Valente (1997) defende o uso dos computadores na aprendizagem, afirmando que o computador funciona como um caderno eletrônico, sendo uma alternativa que pode atender mais adequadamente as necessidades individuais destas pessoas. Além disso, Passerino (2005) aponta que ambientes computacionais podem ser utilizados para ampliar a comunicação, linguagem e autonomia, permitindo a troca entre sujeitos de forma a viabilizar a construção de conhecimento e melhoria nas dimensões cognitivas e sócio-afetivas.

Deste modo, diversas aplicações têm surgido com o objetivo de suprir as necessidades da área educacional, como também de outras áreas. É possível encontrar no ramo tecnológico *softwares* e *hardwares* devidamente criados para oferecer novas formas de aprendizado. Entre estas novas tecnologias, há o uso de jogos na educação. Os jogos podem, no âmbito da educação, ajudar na resolução de problemas, utilizando pensamento estratégico e tomada de decisão (BROM, PREUSS e KLEMENT, 2011). Pietro (2005) também afirma que os jogos podem ser direcionados para o ensino pedagógico, não possuindo apenas fatores de diversão. Os jogos que são planejados para apresentar cunho educacional são denominados de Jogos Sérios (*Serious Games*).

Os Jogos Sérios, por sua vez, utilizam mídias de artes dos jogos objetivando transmitir alguma mensagem. Assim, é possível ensinar lições ou proporcionar experiências, tendo como sua principal característica servir de ferramenta educacional (MICHAEL e CHEN, 2006). Além disso, tem-se empregado técnicas computacionais que tornam as aplicações mais atrativas e imersivas. Entre estas tecnologias pode-se citar a Realidade Aumentada (RA), sistema de *feedback*, recompensas, Realidade Virtual (RV), entre outras. As mesmas têm se disseminado no desenvolvimento de ambientes de ensino dotados de interação. Segundo Braga (2001), estas técnicas fornecem ambientes ricos e interativos que excitam a curiosidade, aumentando o entusiasmo para seu uso. Estes elementos já estão presentes em aplicações educacionais, provendo ambientes de aprendizagem. Além disso, atualmente diversos trabalhos já apresentam estes componentes, dispondo de aplicações voltadas para o universo autista.

Por conseguinte, através do uso de tecnologias da informação, especificamente no âmbito dos jogos, pode-se desenvolver ferramentas que possibilitam uma maior inclusão, ensino e socialização de pessoas portadoras de autismo e déficit de atenção. Deste modo, através destes recursos, é possível desenvolver aplicações que viabilizam a redução do

isolamento e das dificuldades de relacionamento por parte das pessoas com TEA, além de possibilitar a criação de ambientes para o auxílio de seu aprendizado.

1.1 PROBLEMÁTICA

Tendo em vista o que foi abordado na contextualização anterior, onde viu-se que crianças autistas apresentam dificuldades de socialização, fator este que prejudica seu desenvolvimento; e as TIC's que já são empregadas para prover ambientes que auxiliam no tratamento destas crianças, foi definida a seguinte questão de pesquisa:

- Um Jogo Sérioo Geolocalizado pode ser utilizado para minimizar o tempo de isolamento social e auxiliar no aprendizado de crianças com Transtorno do Espectro Autista?

Para tratar o problema em questão, este trabalho apresenta um ambiente virtual que utiliza técnicas de Geoprocessamento, Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Neste ambiente são disponibilizados objetos 3D, em forma de monstros, que estão localizados no mundo real. Cada monstro pode ser relacionado a objetos de aprendizagem, que disponibilizam informações educacionais. Deste modo, as crianças podem sair a procura dos monstros e visualizar os conteúdos associados a eles.

O jogo pode ser executado em plataformas móveis que possuam *hardware* de GPS (*Global Position System*). Durante o *gameplay*, o dispositivo captura as coordenadas geográficas do usuário exibindo o monstro através de um avatar em um ambiente virtual. Desse modo, os usuários podem sair em busca dos monstros virtuais e obter mais conhecimentos, sendo possível também estar presentes em ambientes propícios à interação interpessoal.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste inicialmente de uma revisão de literatura, seguida de prototipação dos elementos do jogo, bem como testes de conformidade e finalizando em múltiplos estudos de caso. A revisão de literatura permite a contextualização do problema, possibilitando uma imersão no domínio estudado. Primeiramente, realizou-se um levantamento sobre o estado da arte de trabalhos relacionados na área de ensino-aprendizado de crianças com TEA que fazem uso de tecnologias, tais como Realidade Virtual, Gamificação, Jogos Sérios, Realidade Aumentada, Objetos de Aprendizado e

Geoprocessamento. As buscas foram realizadas em bases de dados conceituadas tais como IEEE, ACM, Scopus, entre outras. Além disso, documentos que descrevem o autismo e suas características foram revisados, com o objetivo de familiarizar-se com a área. Estes documentos foram obtidos por meio de *sites* especializados em autismo, como a associação amigos do autista (AMA)¹, Associação Brasileira de Autismo (ABRA)², dissertações da área, entre outros.

A prototipação permite a construção da aplicação por meio de ferramentas gratuitas especializadas no desenvolvimento de jogos. Neste sentido, construiu-se um Jogo Sérico geolocalizado para minimizar o tempo de isolamento dos usuários e auxiliar em seu aprendizado. Decidiu-se utilizar objetos virtuais que podem ser capturados no jogo. Estes elementos têm o objetivo de estimular o usuário a se movimentar pelo mundo real. Além disso, para que o jogo não apresentasse somente o fator diversão, idealizou-se que os objetos 3D fossem dotados de conhecimentos, para auxiliar o aprendizado da criança. Houve também a construção dos componentes relativos à base de conhecimento do jogo, tais como a ontologia de domínio e a ontologia de aplicação para armazenar o desempenho do usuário no uso do jogo. Há ainda um Sistema Multiagente (SMA) contendo quatro agentes responsáveis pelo manuseio das ontologias, realizando tarefas como salvar indivíduos, obter classificação dos autistas, armazenamento das estratégias de transmissão dos conteúdos, entre outras.

A partir de testes de conformidade, pode-se verificar a corretude, completude e consistência das ontologias desenvolvidas. Em outras palavras, pode-se avaliar se estas não apresentam erros de inferência ao se executar os motores de inferência, se a classificação ocorreu como esperado, entre outros. Desse modo, é possível analisar a eficácia e eficiência das ontologias em armazenar e classificar os perfis autistas e também as estratégias de transmissão dos conteúdos.

Por meio de múltiplos estudos de caso, pode-se analisar a aplicação do jogo com usuários reais de diferentes perfis autistas, a fim de avaliar os índices de minimização do tempo de isolamento social e o auxílio na aprendizagem. Nestes testes, os especialistas responsáveis podem inserir monstros e objetos de aprendizagem no jogo e avaliar o uso do jogo por parte das crianças. Após a aplicação, pode-se verificar, por meio de questionários, se o jogo resolve o problema apresentado anteriormente.

¹ Mais informações em <http://www.ama.org.br/>

² Mais informações em <http://www.autismo.org.br/>

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

A finalidade deste trabalho é desenvolver um jogo sério voltado para minimização do tempo de isolamento social e para o auxílio na aprendizagem de crianças com TEA. Através de um dispositivo móvel, as crianças podem encontrar monstros virtuais 3D, que estão geograficamente espalhados pelo mundo e, a partir de sua captura e interação, visualizar os conteúdos que estes oferecem. Além disso, o jogo também permite a interação com os conteúdos e monstros através de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, para que o usuário sintá-se motivado a utilizar a aplicação.

1.3.2 Específicos

Os objetivos específicos descrevem as metas definidas para a implementação do trabalho, tendo em vista o objeto de estudo. Para realização do trabalho desenvolveu-se os seguintes objetivos:

- I. Criar um protótipo do jogo;
- II. Implementar o sistema de avaliação de desempenho do usuário no jogo;
- III. Implementar uma ontologia de domínio de autismo para mapear as características do usuário para esta ontologia;
- IV. Implementar uma ontologia de aplicação para armazenamento das estratégias utilizadas na transmissão dos conhecimentos;
- V. Implementar uma página *web* de gerenciamento para os especialistas;
- VI. Avaliar a eficácia do trabalho proposto.

1.4 MOTIVAÇÃO

Ainda não se sabe a causa nem a cura para crianças e jovens diagnosticados com o Transtorno do Espectro Autista. Este fenômeno pode ocorrer em pessoas de qualquer classe, raça ou cultura, sendo cerca de 65% a 90% dos casos associados a alguma deficiência mental (GADIA *et al.*, 2004). Segundo dados estatísticos, existem sessenta milhões de pessoas ao redor do mundo que apresentam esta condição (R7, 2016). Uma pesquisa realizada pelo

governo dos Estados Unidos e divulgada em 2014 mostrou que os casos de autismo subiram para uma em cada sessenta e oito crianças no ano de 2010. Os casos foram identificados em crianças de oito anos. A pesquisa foi aferida pelo Centro de Controle de Doenças e Prevenção do país (PAIVA, 2014). A Figura 1 mostra a detecção de crianças autistas desde 2000 até o ano de 2010.

Além da grande quantidade de casos de crianças autistas ao redor do mundo, existe também o despreparo de algumas instituições de ensino ao usar recursos que facilitem o processo de aprendizagem dessas crianças. Jordan (2005) aponta a necessidade de orientação para professores, pois, por decorrência da falta de conhecimento a respeito dos transtornos do autismo, ocorre a falha na identificação das necessidades destes alunos e redução na sua aprendizagem. Ademais, Bosa (2006) afirma que crianças que possuem grande déficit de comunicação necessitam de formas especiais para comunicação alternativa.

Figura 1 – Detecção de crianças autista entre os anos de 2000 e 2010



Fonte: Paiva (2014)

Algumas pesquisas indicam que crianças autistas apresentam certo interesse por tecnologias. As mesmas, através da tecnologia, aprendem brincando, demonstrando entusiasmo com animações, sons e efeitos especiais que surgem enquanto executam atividades educativas (FERNANDES, 2011). Segundo Souza (2016), o uso de tecnologias como *tablets*, *smartphones* e outras, têm sido essencial no tratamento de crianças autistas. O mesmo afirma que jogos simples podem fazer com que estas crianças sintam-se seguras, incentivando a prática da comunicação.

Atualmente existem diversos trabalhos que buscam explorar o uso de tecnologias e jogos para melhorar o ensino e socialização dos autistas. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Passerino, Avila e Bez (2010), que propuseram um software denominado SCALA para comunicação alternativa de pessoas autistas. O software busca disponibilizar pranchas de comunicação contendo recursos de sintetização de voz, gravação de áudio, legenda e animação de ações.

Outro fator motivacional para elaboração deste trabalho é a recente aplicação Pokémon GO. Este jogo apresenta um formato que induz o usuário a se movimentar através do mundo real na busca de monstros virtuais detentores de poderes (POKEMONGO, 2017). O mesmo tem sido utilizado para incentivar crianças de hospitais infantis a levantarem de seus leitos, onde demonstraram mais interação entre si. O uso deste jogo mudou a dinâmica entre os pacientes (EXTRA DIGITAL, 2016). Além disso, há relatos que, a partir da utilização do Pokémon GO, crianças com TEA mudaram suas rotinas deixando de lado seu isolamento e melhorando sua socialização (HYPESCIENCE, 2016), (BBC BRASIL, 2016), (GOBR.CLUB, 2016). Portanto, este formato de jogo tem potencial de acarretar a redução do isolamento de seus usuários.

Por fim, considerando (i) as características de crianças autistas, que em muitos casos apresentam dificuldades de aprendizado e tendências ao isolamento; (ii) as técnicas de gamificação, jogos sérios, RA e RV, que estão cada vez mais sendo utilizadas para criar aplicações que objetivam a elevação do ensino; (iii) a afinidade de crianças com autismo com tecnologias computacionais, (iv) a recente aplicação Pokémon GO que tem ajudado pacientes a levantarem de seus leitos hospitalares produzindo efeitos de socialização; motivou-se a construir uma aplicação que utiliza geolocalização para distribuir objetos 3D pelo mundo, onde cada objeto pode ser relacionado a conhecimentos diversos, para que crianças portadoras de autismo sintam-se motivadas a aprender, enquanto são instigadas a sair de suas residências ou isolamento em busca de novos conhecimentos.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira: O capítulo dois contém toda fundamentação teórica e trabalhos relacionados que servem de base para elaboração do trabalho. O capítulo três, por sua vez, demonstra toda a construção do projeto, apresentando o desenvolvimento de todos os componentes do mesmo. O capítulo quatro contém os resultados

obtidos da validação das ontologias e aplicação dos jogos com os especialistas. Por fim, o capítulo cinco apresenta as considerações finais desta pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que fundamentam o desenvolvimento da pesquisa. São explanados conceitos que variam desde conhecimento técnicos da área tecnológica, até definições e características pertencentes ao mundo autista. Há também a explanação de trabalhos relacionados encontrados na literatura, que utilizam algumas técnicas de RV, RA e Gamificação, para disponibilizar meios e ambientes de aprendizagem e socialização de crianças com TEA.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: primeiramente são demonstrados os conceitos de autismo, apresentando-se as características e particularidades deste universo. Em seguida, a definição de Realidade Virtual é explanada. Na sequência, conhecimentos sobre Realidade Aumentada são discutidos. São expostas também definições sobre Gamificação e Jogos Sérios. São explanados ainda os conceitos sobre Objetos de Aprendizagem, Sistemas Multiagente e Ontologia. Por fim são apresentados os trabalhos relacionados encontrados na literatura.

2.1 AUTISMO

Segundo a National Autistic Society, o autismo pode ser definido como desordem do desenvolvimento que se manifesta durante toda a vida, afetando a forma como as pessoas se comunicam e relacionam com outras (THE NATIONAL AUTISTIC SOCIETY, 2003). O Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM) define o Transtorno do Espectro Autista como um grupo de desordens do desenvolvimento do cérebro (APA, 2014). Já a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID) conceitua o Transtorno do Espectro Autista como “participantes de um grupo de transtornos que podem ser caracterizados pelas reações quanto às interações sociais e durante a comunicação. Apesar dessa definição, tais reações podem variar dependendo do grau em que se encontra” (CID, 2016).

Em seu trabalho, Barbosa (2009) listou um conjunto de características que pessoas com TEA podem apresentar. Estas características são listadas a seguir:

- Comportamento inapropriado em diferentes situações para a idade;
- Dificuldade de relacionamento com as outras pessoas;
- Riso inapropriado;
- Pouco ou nenhum contato visual;

- Insensibilidade à dor, aparentemente;
- Preferência pela solidão;
- Rotação de objetos;
- Fixação em objetos de forma inapropriada;
- Hiperatividade ou inatividade extrema;
- Inexistência de resposta aos métodos normais de ensino;
- Perseverança pela repetição de movimentos e palavras;
- Resistência à mudança de rotinas;
- Ausência de medo ao perigo real;
- Dificuldade em expressar as suas necessidades;
- Irregularidade motora.

Lorna Wing (1998) identificou uma tríade de déficits que caracterizam o autismo, sendo esta tríade utilizada posteriormente em critérios de diagnósticos, tais como o CID-10. Fazem parte da tríade a interação social, a linguagem e comunicação, e o comportamento estereotipado.

No âmbito da interação social Hobson (1993) *apud* Passerino (2005) afirma que o autista apresenta limitação ou deficiência em criar um significado para a interação social tendo, assim, dificuldades de participar de uma. Muitas vezes, estes indivíduos apresentam dificuldades em compartilhar a atenção com parceiros (PASSERINO, 2005). Jordan e Powell (1995) indicam que crianças autistas possuem pouca ou nenhuma estratégia para compartilhar a atenção com outros indivíduos. Além disso, evitam o contato visual com frequência e também demonstram indiferença afetiva ou demonstrações inapropriadas de afeto e falta de empatia social ou emocional (PASSERINO, 2005) (BARBOSA, 2009).

Em relação à linguagem e comunicação, existem déficits tanto na comunicação verbal como na não-verbal. Algumas crianças podem até não desenvolver habilidades de comunicação. Já outras, podem apresentar linguagem imatura caracterizada por uso de jargões, ecoalia (repetição automática de palavras), prosódia anormal (pronúncia incorreta de acentuação), entre outros. Já as crianças que possuem capacidade de expressar-se podem não ter habilidades em iniciar ou manter uma conversação apropriada, demonstrando falta de reciprocidade, dificuldades em compreender as sutilezas da linguagem (tais como piadas ou sarcasmo, onde em alguns casos os sujeitos autistas parecem perceber tudo num sentido literal) e também dificuldades para interpretar linguagem corporal e expressões faciais (PASSERINO, 2005) (BARBOSA, 2009).

No âmbito do comportamento estereotipado, pode-se destacar a resistência a mudanças (sendo muito avessos a qualquer modificação), insistência em determinadas rotinas, apego excessivo à determinados objetos ou fascínio por movimentos como rodas ou hélices. Pode-se destacar também a ecoalia como comportamento estereotipado (PASSERINO, 2005) (BARBOSA, 2009).

No ramo das dificuldades da aprendizagem autista, pode-se elencar a percepção sensorial desordenada, onde indivíduos autistas não conseguem assimilar toda a informação captada pelos sentidos como audição, olfato, paladar e toque. As expressões utilizadas por outras pessoas podem ser demasiadamente complexas para um autista. Além disso, os mesmos detêm dificuldades em orientar seu comportamento no sentido de alcançar determinado objetivo, pois podem não compreender a finalidade das tarefas, nem possuir o desejo de agradar. Seu período de concentração e atenção é consideravelmente curto e apresentam dificuldade para mudar o foco. (ALMEIDA *et. al.* 2009 *apud* BARBOSA, 2009). Pode-se citar ainda a dificuldade que estes têm com ironias e metáforas, sendo preciso utilizar uma linguagem clara e objetiva (FERNANDES, 2011). Vale destacar que, em geral, sujeitos com autismo apresentam ótimo desempenho em funções perceptivas visuais e espaciais, demonstrando pensamento concreto e visual tendo preferência por recursos visuais (PASSERINO, 2005) (FERNANDES, 2011).

O autismo apresenta diversas variações, sendo que cada variação detém seus sinais específicos. Isto faz com que o autismo não possua cura, mas é possível tratar a partir de abordagens individuais (PICONI e TAKANA, 2003). Entre as abordagens utilizadas pode-se citar:

- *Teacch*;
- ABA;
- PECS;
- Equoterapia;
- Musicoterapia;

O modelo *Teacch* (*Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children*) emprega um ambiente adequado, buscando reduzir a ansiedade dos autistas para ampliar a aprendizagem. São utilizadas salas de ensino estruturadas que incluem rotinas de trabalho voltadas para a criança, tendo como base sua capacidade e modo de aprendizagem. Este modelo é suficientemente flexível e se adequa à maneira de pensar e de

aprender das crianças autistas, permitindo ao docente definir estratégias mais adequadas para suprir as necessidades de cada criança (UNC SCHOOL OF MEDICINE, 2017).

O modelo ABA (*Applied Behaviour Analysis*) consiste na análise de comportamento aplicado. Sua abordagem foca na compreensão do comportamento autista. Esta intervenção tem o objetivo principal de ensinar comportamentos adequados que possibilitam ao autista desfrutar de uma vida independente e integrada à comunidade. Para isso são realizados treinamentos sobre o ensino da linguagem, desenvolvimento cognitivo, social, habilidades de brincar, habilidades acadêmicas e habilidades de autoajuda. Utiliza-se também técnicas para lidar com comportamentos problemáticos, birras, necessidades de rotina e padrões repetitivos (FAGGIANE, 2010).

O modelo PECS (*Picture Exchange Communication System*) trata-se de um sistema de comunicação através da troca de figuras. O início desta intervenção foca no ensino de se entregar uma figura de um item desejado para um “parceiro de comunicação” que imediatamente aceita a troca como um pedido. Nas fases finais da intervenção, pressupõe-se que as crianças autistas sejam capazes de formar frases através destes apoios visuais. Conseqüentemente, o PECS visa desenvolver a espontaneidade e a independência da comunicação apropriada, apresentando como vantagem a capacidade por parte dos autistas de dar respostas simples (PECS-BRAZIL, 2017).

A equoterapia é um método terapêutico e educacional que faz uso de cavalos para tratamentos na área da saúde, educação e equitação. Seu uso possibilita o acontecimento de diversos estímulos sensoriais como visão, tato, olfato e audição. No caso autista, esta terapia permite o desenvolvimento do processo de aprendizagem na realização de tarefas funcionais (BARBOSA, 2009).

A musicoterapia consiste na utilização da música ou se de seus elementos, para facilitar e promover a comunicação, relacionamento, aprendizagem, mobilização, expressão, entre outros. Santos *et al* (2009) *apud* Barbosa (2009) indicam que a musicoterapia é benéfica, induzindo nos autistas respostas afetivas positivas, fomentando sua participação em atividades de socialização e desenvolvimento da linguagem.

2.2 REALIDADE VIRTUAL

Segundo Latta *et al.* (1994), a Realidade Virtual (RV) pode ser descrita como uma interface homem-máquina avançada, cujo objetivo é simular um ambiente do mundo real de forma realística. Este ambiente permite que ocorram interações entre o homem e os objetos

nele inseridos, para que as sensações que estão associadas ao mundo real sejam sentidas pelo usuário de forma virtual.

Para Earnshaw (2014), Realidade Virtual é caracterizada como uma ilusão de participação em um ambiente sintético, que é apresentada na forma tridimensional. Algumas das formas de interação se dão por meio de *displays* para a cabeça, aparelhos para mãos ou corpo e elementos sonoros. No mais, RV possibilita uma experiência imersiva e multissensorial.

O uso da Realidade Virtual permite que habilidades e conhecimentos do usuário sejam utilizados para manipular objetos virtuais. Normalmente, esse tipo de interação acontece por meio de dispositivos como capacete, luvas, entre outros. O objetivo é o de prover a sensação de atuação dentro do ambiente virtual, sendo possível realizar ações de apontar, pegar, manipular objetos, tudo em tempo real (KIRKNER e SOUTO, 2007). A Figura 2 demonstra um ambiente de Realidade Virtual.

Figura 2 – Exemplo de aplicação de realidade virtual



Fonte: Kirkner e Souto (2007)

Um dos principais aspectos sobre o ambiente virtual é a interação com o usuário, que está diretamente relacionada com a capacidade do computador detectar e reagir às ações do mesmo. Assim, o sistema computacional pode promover alterações na aplicação, enquanto o usuário vê as cenas sendo alteradas em tempo real. Atualmente diversas aplicações já fazem uso desta tecnologia, estando presente nos setores educacionais, do entretenimento, aplicações médicas, entre outros.

Estudos realizados na Universidade Newcastle, demonstraram que algumas crianças com TEA venceram seus medos de sair de casa, após serem treinadas em ambientes de RV (SCIENTIFIC AMERICAN, 2014). O uso de RV permite a criação de ambientes capazes de auxiliar no desenvolvimento de habilidades específicas destas pessoas, dando suporte à comunicação e participação social (REAB, 2016). Um dos fatores positivos de RV é que ela permite que os instrutores, terapeutas e prestadores de serviços ofereçam uma plataforma

ambiental segura, repetível e diversificável que pode beneficiar a aprendizagem dos indivíduos com TEA (REAB, 2016).

2.3 REALIDADE AUMENTADA

Segundo Kirner e Siscouto (2007), a Realidade Aumentada pode ser definida como um ambiente real que é enriquecido com objetos virtuais. Estes objetos podem ser visualizados utilizando algum aparato tecnológico que funciona em tempo real. No final, o usuário pode ter a sensação de que os objetos virtuais e o mundo real coexistem no mesmo espaço. Já Milgram (1994) afirma que a Realidade Aumentada é uma combinação entre o mundo real e o mundo virtual, que faz uso de ambientes puramente reais e ambientes puramente virtuais. A Figura 3 demonstra um ambiente de realidade aumentada.

Figura 3 – Realidade aumentada com vaso e carro virtuais sobre a mesa



Fonte: Kirkner e Souto (2007)

Azuma (2001) classifica Realidade Aumentada como um sistema que complementa o mundo real com objetos virtuais sintéticos, dando a impressão de coexistência no mesmo ambiente. Suas principais características são apresentadas nos seguintes pontos:

- Combina objetos reais e virtuais no ambiente real
- Executa interativamente em tempo real
- Alinha objetos reais e virtuais entre si
- Aplica-se a diversos sentidos como audição, tato, entre outros

Esta tecnologia pode proporcionar grande impacto na forma de comunicação, visualização e percepção do mundo ao redor do usuário. Existe a possibilidade de acrescentar

informações em ambientes puramente estáticos, adicionando assim objetos virtuais de forma a prover maior interação, comunicação e conhecimento para as pessoas.

A RA já vem sendo utilizada com pessoas portadoras do TEA com o intuito de fornecer aprendizado e motivação (REVISTA DIGITAL, 2016). A partir desta técnica é possível auxiliar na construção do conhecimento, tornando prática e dinâmica a interatividade do usuário juntamente com a participação da mobilidade oferecida pelos dispositivos móveis (FERNANDES *et al*, 2015). Além disso, o uso de RA pode trazer benefícios na educação de crianças com TEA (FERNANDES *et al*, 2015).

2.4 GAMIFICAÇÃO

O grupo Gartner (2016) define Gamificação como tendência em empregar mecanismos de jogos para ambientes que estão fora deste contexto para gerar motivação, *marketing*, treinamento, elevar o desempenho dos funcionários, saúde e mudanças sociais. Fardo (2013) afirma que a Gamificação deriva diretamente da popularidade dos jogos, de suas inclinações intrínsecas de motivar ações, resolver problemas e reforçar o aprendizado nas mais diversas áreas do conhecimento.

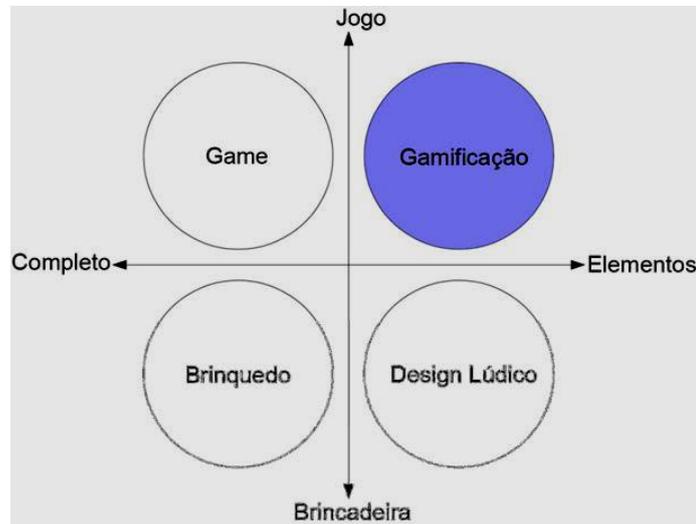
Já Huotari e Hamari (2012) afirmam que a Gamificação tem o papel de proporcionar as mesmas experiências psicológicas que são trazidas nos jogos para atividades que não necessariamente são consideradas como tal. A utilização desta metodologia se dá principalmente para aumentar a atividade do usuário junto a algum sistema, incrementar a interação social e a qualidade produtiva de suas ações.

A gamificação emprega diversos elementos tais como narrativa, sistema de *feedback*, sistema de recompensas, conflito, cooperação, competição, objetivos e regras claras, tentativa e erro, interação, interatividade, entre outros. Todos esses elementos são utilizados em atividades que não são propriamente *games*, mas que buscam, através destes fatores, obter o mesmo grau de envolvimento e motivação por parte das pessoas (FARDO, 2013). Gamificar não significa criar diretamente um jogo com um problema específico a ser resolvido, mas, a partir das estratégias adotadas nos jogos virtuais, resolver problemas do mundo real.

Apesar de utilizar elementos de jogos, gamificação difere de contextos semelhantes. A Figura 4 apresenta uma classificação de áreas correlatas ao longo de dois eixos. O eixo que se encontra na horizontal define em seu extremo esquerdo um jogo completo. Em contrapartida, a extremidade direita define o uso de elementos dos jogos. Na vertical existe

um eixo que, na parte inferior, contém a ideia de brincadeira ou atividade descontraída, e, na parte superior, está o ato de jogar ou um jogo de fato.

Figura 4 – Contextualização de gamificação



Fonte: Deterding (2011) *apud* Fardo (2013)

A partir da Figura 4, pode-se perceber que gamificação não é necessariamente um jogo. Mas, a partir de elementos presentes neste segmento, busca dispor de ferramentas para promover a melhoria nas ações e atividades das pessoas, em outras áreas de aplicação, visando obter resultados de aperfeiçoamento de aprendizado, colaboração, entre outros.

Nas intervenções com crianças autistas há em geral o emprego de elementos como auto representação por avatares, sistemas de *feedback*, entre outros. Estes fatores da gamificação geram motivação, engajamento e ajudam na melhoria do desenvolvimento destas crianças (REIMERINGER, 2016).

2.5 JOGOS SÉRIOS

De acordo com Abt (1987), os Jogos Sérios são diferenciados dos jogos convencionais pois apresentam características explícitas e cautelosamente projetadas com a finalidade de promover educação, não destinando-se somente ao fator diversão. Um dos aspectos essenciais para o uso desta técnica é a alta motivação gerada no aprendizado de conceitos de forma fácil e rápida assimilação.

Já Blackman (2005) afirma que os Jogos Sérios são jogos de computador que utilizam simulações que cobrem a indústria fora do contexto dos jogos, cuja finalidade não é

meramente o entretenimento. Michael e Chen (2006) definem alguns aspectos nos quais os Jogos Sérios são incluídos, sendo estes, ensino, aprendizagem, apresentação de informação, sendo útil para todas as idades. Esta técnica é aplicada em áreas como política pública, defesa, gerenciamento de corporações, saúde, educação, entre outros (ZYDA, 2005).

As vantagens do uso deste método decorrem do fato de que aprendizes experimentam situações que são impossíveis de acontecer no mundo real por razões de custos, segurança, entre outros; além de envolver o usuário em sua caminhada pedagógica podendo ter impacto positivo no desenvolvimento de diferentes habilidades, tais como capacidades analíticas e espaciais, estratégicas, capacidades de aprendizagem, reconhecimento e outros. Possibilitam também a melhoria do auto monitoramento, reconhecimento e resolução de problemas, habilidades sociais, como colaboração e negociação. (KATSALIAKI e MUSTAFEE, 2012).

Os Jogos Sérios têm se difundido nas mais diversas áreas de aplicação com intuito de melhorar aspectos de ensino e aprendizagem, bem como complementar habilidades específicas dos usuários. Entre os ramos nos quais os jogos sérios estão presentes, pode-se destacar a área acadêmica, governamental e organizacional, que buscam principalmente exercitar práticas de resolução de problemas.

No mundo autista há um crescente número de jogos seriamente projetados para proporcionar aprendizado, socialização e comunicação. Estes jogos focam nos déficits apresentados por estas pessoas e os resultados alcançados a partir destes, têm demonstrado que os Jogos Sérios são um importante aliado no tratamento destas crianças provendo novas formas de terapia (ABC NEWS, 2016).

2.6 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Segundo Pereira, Porto e Melo (2002), existem muitas definições para objetos de aprendizagem (OA). Entretanto, há um conceito base que fundamenta todas as definições que dizem que um objeto de aprendizagem é uma porção reutilizável de conteúdo instrucional. Sosteric e Hesemeier (2002) afirmam que objetos de aprendizagem são arquivos digitais, como filmes e imagens, que podem ser diretamente utilizados para fins educacionais e que contêm internamente sugestões sobre qual contexto devem ser utilizados.

Já Audino (2012) define objetos de aprendizagem como materiais de grande importância no processo de ensino e aprendizagem, por possibilitar a capacidade de simulação e animação de fenômenos, bem como o poder de reutilização em outros ambientes de

aprendizagem. O mesmo ainda traz uma definição que formulou a partir das definições de outros autores, afirmando que objetos de aprendizagem são:

[...] recursos digitais dinâmicos, interativos e reutilizáveis em diferentes ambientes de aprendizagem elaborados a partir de uma base tecnológica. Desenvolvidos com fins educacionais, eles cobrem diversas modalidades de ensino: presencial, híbrida ou a distância; diversos campos de atuação: educação formal, corporativa ou informal; e, devem reunir várias características como durabilidade, facilidade para atualização, flexibilidade, interoperabilidade, modularidade, portabilidade, entre outras. Eles ainda apresentam-se como unidades autoconsistentes de pequena extensão e fácil manipulação, passíveis de combinação com outros objetos educacionais ou qualquer outra mídia digital (vídeos, imagens, áudios, textos, gráficos, tabelas, tutoriais, aplicações, mapas, jogos educacionais, animações, infográficos, páginas web) por meio da hiperligação. Além disso, um objeto de aprendizagem pode ter usos variados, seu conteúdo pode ser alterado ou reagregado, e ainda ter sua interface e seu *layout* modificado para ser adaptado a outros módulos ou cursos. No âmbito técnico, eles são estruturas autocontidas em sua grande maioria, mas também contidas, e marcadas por identificadores denominados metadados. (AUDINO, 2012. p.57)

Por conseguinte, objetos de aprendizagem são entidades cuja finalidade é trazer consigo alguma informação ou conhecimento nas mais diversas formas. Não somente isso, mas também é possível sua reutilização em diversos cenários para propiciar aprendizagem e transmissão de conhecimento. Neste ramo, um dos formatos de OA existentes é o chamado recurso educacional aberto (REA). Este tipo de OA foi criado para ser de direito de uso público e será explanado na próxima subseção.

2.6.1 Recurso Educacional Aberto

O conceito de Recurso Educacional Aberto foi primeiramente mencionado em um evento organizado pela UNESCO no ano de 2002 sobre *softwares* didáticos abertos (Kanwar e Trumbic, 2011). Existem diversos conceitos acerca de REA que estão constantemente mudando e evoluindo, entretanto, a definição mais recente é da seguinte maneira:

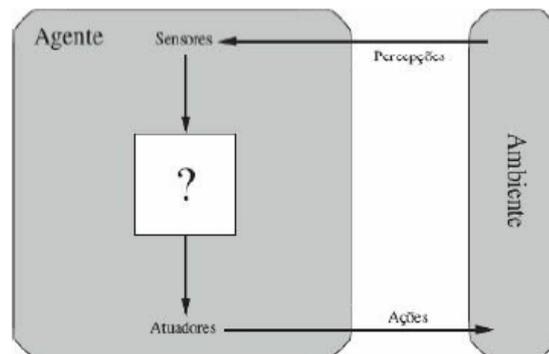
REA são materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições. O licenciamento aberto é construído no âmbito da estrutura existente dos direitos de propriedade intelectual, tais como se encontram definidos por convenções internacionais pertinentes, e respeita a autoria da obra. (DECLARAÇÃO DE PARIS SOBRE RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS, 2012).

Os recursos educacionais abertos são ainda tidos como material de ensino, aprendizagem e pesquisa seja através de mídias ou outro tipo de suporte, que estão sob domínio público ou estão licenciados de maneira aberta, possibilitando seu uso ou adaptação por terceiros (COMMONWEALTH OF LEARNING, 2016).

2.7 SISTEMAS MULTIAGENTE

Para definir Sistemas Multiagente, primeiro é preciso entender o que é um agente. Não existe uma definição exata sobre agente, mas várias, e essas definições têm certa semelhança. Russell e Norvig (2013) dizem que um agente pode ser tudo que é capaz de perceber ao seu redor por meio de sensores e então agir sobre esse ambiente por meio de atuadores. A Figura 5 ilustra a ideia de agentes.

Figura 5 – Agentes interagem com ambientes por meio de sensores e atuadores



Fonte: Russel e Norvig (2013)

Segundo Jennings (2005) *apud* Batista (2008), um agente é um sistema de computador que está situado em determinado ambiente sendo capaz de realizar ações autônomas com o intuito de alcançar seus objetivos de projeto. Para Maes (1992) *apud* Batista (2008), agentes são sistemas computacionais presentes em um ambiente dinâmico complexo, sendo sensíveis a este ambiente podendo reagir autonomamente para realizar operações para os quais foram projetados.

Batista (2008) considera um conjunto de propriedades que um sistema computacional deve apresentar para ser considerado um agente:

- Autonomia: os agentes possuem controle de suas ações não necessitando, na maior parte do tempo, de intervenções humanas ou de outros agentes computacionais;

- Habilidade Social: capacidade de se comunicarem com outros agentes para resolver algum problema, auxiliar outros agentes, compartilhar seus requisitos e possuir mecanismo de decisão sobre quando e quais interações são apropriadas;
- Reatividade: percebem o ambiente ao seu redor e respondem a mudanças que podem ocorrer neste ambiente;
- Pró-atividade: agentes não apenas atuam em resposta aos eventos do ambiente, mas podem tomar iniciativa;
- Conhecimento e crença: informações que o agente considera verdadeira ou válida, para um determinado assunto. Estas informações são dinâmicas e podem ser alteradas com o tempo;
- Intenções e objetivos: compromissos assumidos pelo agente, que resultam em padrões de comportamento que levam à execução de determinado conjunto de ações individuais.

Já um Sistema Multiagente é uma subárea da Inteligência Artificial que investiga o comportamento de um conjunto de agentes autônomos, cujo objeto é a solução de um problema que está além da capacidade de um único agente (MARÇAL, 2010). Por conseguinte, Sistemas Multiagente são um grupo de agentes que cooperam entre si com o objetivo de:

- Melhorar a adaptação, segurança e autonomia do *sistema*;
- Reduzir os custos de desenvolvimento, bem como sua manutenção;
- Aumentar sua eficiência e tempo de resposta;
- Permitir a integração de sistemas inteligentes aumentando assim sua capacidade de processamento, bem como a eficácia na resolução de seus objetivos.

2.8 ONTOLOGIA

O conceito de ontologia possui mais de uma vertente de pensamento. Uma delas parte do ponto de vista filosófico, onde ela pode ser definida como ramo da metafísica que estuda os tipos de coisas que existem no mundo (AMEIDA *et al.*, 2003). A palavra ontologia deriva do grego *ontos*, que significa ser, e *logos* que significa palavra. Blackburn *et al.* (1997) afirmam que ontologia é parte da filosofia que lida com a natureza do ser, ou seja, da existência dos entes, realidade e sobre questões que envolvem metafísica em geral.

Já do ponto de vista computacional, Gruber *apud* Morais e Ambrosio (2007) define ontologia como a especificação de uma conceitualização, ou seja, é uma descrição de determinados conceitos e relacionamentos que existem entre esses conceitos. Segundo Allemang e Hendler (2011), a mesma pode ser tida como uma especificação explícita e formal de uma conceptualização compartilhada, permitindo trocar modelos abstratos através de um conjunto de entidades, relações, restrições, axiomas e vocabulários. Além disso, as ontologias podem ser descritas por linguagens com sintaxe e semântica bem definidas e expressas em lógica descritiva, possibilitando assim a inferência por parte de agentes computacionais.

Noy e McGuinness (2002) definem algumas razões pelas quais se deve utilizar ontologia, sendo estas: compartilhar entendimento em comum de uma estrutura de informação entre pessoas e agentes de software; possibilitar o reuso de domínio de conhecimento; tornar explícitas suposições de um domínio; separar domínio de conhecimento e conhecimento operacional e analisar o domínio de conhecimento. Além disso, as autoras definem os passos necessários para elaboração de uma ontologia. Estes passos consistem em definir as classes da ontologia, arranjar estas classes em uma taxonomia hierárquica, definir *slots* e descrever os valores alocados a esses *slots*, preencher os valores dos *slots* para as instâncias da ontologia.

Morais e Ambrosio (2007) apontam as principais áreas de utilização de ontologias, sendo estas, recuperação de informação na internet, processamento de linguagem natural, gestão de conhecimento, web-semântica, educação, comunicação, formalização, representação de conhecimento e reutilização. Além disso, os mesmos exprimem os tipos de ontologias que são classificadas quanto ao seu grau de formalismo, aplicação, conteúdo ou função. Os tipos são:

- Ontologias genéricas: descrevem conceitos mais amplos, como elementos da natureza, espaço, entre outros;
- Ontologias de domínio: descrevem conceitos e vocabulários relacionados a domínios particulares;
- Ontologias de tarefa: descrevem tarefas ou atividades genéricas, que podem contribuir na resolução de problemas, entre outros;
- Ontologias de Aplicação: descrevem conceitos que dependem tanto de um domínio particular quanto de uma tarefa específica;
- Ontologias de Representação: explicam as conceituações que fundamentam os formalismos de representação de conhecimento, procurando tornar claros os compromissos ontológicos embutidos nestes formalismos.

2.9 TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta os trabalhos relacionados encontrados na literatura demonstrando como são utilizadas as técnicas de RA, RV, geolocalização, no intuito de prover aprendizagem e redução do isolamento social de crianças com TEA.

Matsentidou e Poullis (2014) fazem uso de uma caverna de RV para treinar crianças com autismo sobre situações de trânsito. O treinamento tem foco em situações da vida que são difíceis de explicar através de métodos tradicionais. Por exemplo, existe a preocupação em inserir as crianças em situações onde estão sozinhas em lugares desconhecidos. Durante o treinamento, a criança é acompanhada por um guia e nesta atividade a mesma deve aprender sobre como atravessar uma rua de forma segura. Ao final, a criança deve ser capaz de executar a ação de atravessar a rua sozinha, sem nenhuma ajuda.

Chu *et al.* (2014) desenvolveram uma aplicação para ensino de símbolos e fonética de mandarim. Seu objetivo é melhorar a comunicação entre autistas e pessoas que não apresentam este quadro. O aplicativo *zhuyin* possui um teclado de símbolos e fonéticas com mais de 37 elementos do mandarim. Quando a criança deseja expressar seu pensamento, pode então pressionar no teclado o elemento com o símbolo correspondente à sua mensagem.

Winoto (2016) propôs o uso de RV para auxiliar crianças autistas no reconhecimento de palavras em chinês. A aplicação consiste em um jogo que simula uma sala em 3D, onde diversas fotos do cotidiano estão inseridas nas paredes. O controle de visualização do *game* ocorre a partir do movimento da cabeça do usuário. Quando o usuário observa uma figura por um certo tempo, o sistema pronuncia o nome da figura visualizada tanto em chinês quanto em inglês. Ao final da sessão de interação, eram apresentados diversos cartões relativos às figuras do *game* para a criança. Nesse momento a mesma tinha que indicar com quais destas ela interagiu durante o *game*.

Já Volioti *et al.* (2014) propuseram um ambiente virtual de ensino com histórias sociais. O objetivo é principalmente utilizar estes ambientes para que crianças autistas aprendam a resolver problemas sociais. O espaço virtualizado consiste de uma escola e uma típica sala de aula com um quadro interativo. As informações a serem apresentadas para as crianças eram inseridas em quadros virtuais na forma de texto ou imagem. Além disso, há um avatar virtual que representa o professor para interação com as crianças.

Em seu trabalho, Cunha *et al.* (2016) desenvolveram um jogo denominado *GameBook*. Seu intuito é promover motivação para crianças com o espectro de desordem do autismo no reconhecimento de emoções. O sistema desenvolvido apresenta a história de Tobias em uma

visita a um zoológico. A história descreve cinco cenários de interações do mundo real, para envolver a criança com conteúdo emocional. A criança deve interagir com os capítulos jogando com o Tobias e aprendendo suas cinco expressões faciais diferentes, tendo que escolher qual expressão é mais apropriada para determinada situação.

De maneira semelhante, Harrold *et al.* (2014) apresentaram um jogo denominado *CopyMe*, voltado para o ensino de crianças autistas na identificação de expressões faciais. O fundamento da aplicação consiste na observação de uma foto que ilustra uma face humana, apresentando uma de seis possíveis expressões (alegria, tristeza, raiva, surpresa, medo e desgosto). Enquanto isso, a partir de uma câmera, a imagem do usuário também aparece na interface da aplicação. Assim a criança deve imitar a expressão apresentada no aplicativo.

Já Lakshmi Prabha *et al.* (2014) propuseram o uso de RV e RA para ensinar crianças com autismo sobre reconhecimento de objetos e palavras-chave para melhorar sua memorização. Para implementação do sistema foram utilizados um projetor, uma câmera e uma mesa. O projetor apresentava a interface do sistema sobre a mesa, enquanto que a câmera monitorava as ações do usuário sobre esta. Durante a execução, objetos eram exibidos (como a figura de uma maçã por exemplo), ao mesmo tempo que o sistema requisitava a identificação de algum dos objetos. Quando os objetos eram apresentados, a criança, a partir de movimentos de sua mão, deveria selecionar o objeto requisitado através de uma palavra-chave exibida.

Cesário *et al.* (2016) desenvolveram um jogo denominado *Crescendo* que dispõe de ambientes virtuais onde certas atividades podem ser realizadas pelas crianças. O aplicativo fornece um mascote para ajudar a criança nas tarefas, guiando-a no passo-a-passo. Ao cometer erros, o mascote indica o que a criança deve fazer para ajudá-la. Quando a tarefa é realizada de maneira correta, recompensas são exibidas na tela e moedas são acrescentadas à sua fortuna virtual.

Em seu trabalho, Garzotto *et al.* (2016) buscaram criar um ambiente de RV para aprendizagem que utiliza o método de narrativas de histórias. Há dois modos de história: *Story360* e *Exploration*. No modo *Story360* o usuário, com o uso de um óculos de realidade virtual, deve seguir um avatar que vai guiando o curso de uma história vista em 360°. No modo *Exploration*, a criança deve explorar um fluxo de conteúdos interativos que estão distribuídos ao longo de um caminho virtual que a mesma deve seguir. No caminho são apresentadas diferentes imagens em pontos específicos para formar a história. Após olhar para um ponto da história por um determinado tempo, ocorre a movimentação até o próximo ponto

que contém uma nova imagem. Assim, ao final do curso, a sequência de imagens representa a história a ser apresentada.

Hani e Abu-Wandi (2015) desenvolveram uma aplicação móvel denominada *Dissero*, cujo objetivo é auxiliar crianças autistas em suas necessidades e ajudar a desenvolver suas capacidades mentais. A interface principal apresenta três modos onde a criança pode interagir. O primeiro deles trata da transmissão de conhecimentos. Existe um módulo para ensino de matemática, onde inicialmente pode-se aprender sobre os números e em seguida alguns elementos de matemática básica. Há também um módulo de ensino de escrita a partir da pronúncia das palavras. A criança deve ouvir e, em seguida, escrever a palavra que ouviu. O terceiro módulo trata de demonstrar a pronúncia correta das palavras. De início as palavras são pronunciadas e, posteriormente, a criança deve gravar um áudio repetindo a pronúncia da palavra ouvida para análise.

O segundo modo dispõe de jogos de entretenimento para o usuário. Existem três jogos principais: um *puzzle*, para manter a criança focada e assim melhorar suas habilidades de concentração e gerenciamento do tempo; coloração, para melhorar a criatividade do usuário, onde este deve preencher figuras com determinadas cores; e, por fim, um *game* competitivo que envolve o uso de uma bola para melhorar seu espírito competidor.

O terceiro e último modo dispõe de elementos onde a criança pode informar suas necessidades para os pais ou professores. Estes elementos são botões com imagens que quando pressionadas enviam mensagens. Caso nenhum dos botões corresponda a necessidade da criança, esta tem a opção de escrever ou gravar um áudio. Como elemento adicional, a aplicação rastreia o dispositivo da criança via GPS (*Global Position System*) para que seus responsáveis tenham ciência de onde ela está, informando através de notificações se a mesma está saindo da área permitida e assim prover mais segurança. A Tabela 1 traz consigo informações que demonstram as semelhanças e diferenças entre os trabalhos encontrados. São comparados aspectos de tecnologias utilizadas com os propósitos de tratar o isolamento social e aprendizado de pessoas com TEA.

Parte dos trabalhos apresentados focam em melhorar as questões sociais das crianças autistas. Há também aplicativos voltados para reconhecimento de expressões, situações do cotidiano, auxílio na comunicação de necessidades próprias, entre outros. Outras aplicações buscam prover algum tipo de aprendizado, seja sobre histórias, associação de objetos a palavras chave, pronúncia de fonética e representação simbólica da mesma.

Tabela 1 - Relação de aspectos entre trabalhos da literatura

Trabalho	Aspecto						Inserção de Conhecimentos
	R A	R V	Jogos Sérios	Geolocalização	Aprendizados Diversos	Socialização/Convívio	
Matsentidou e Poullis (2014)	-	x	x	-	-	x	-
Chu <i>et al.</i> (2014)	-	-	x	-	x	x	-
Winoto (2016)	x	x	x	-	x	-	-
Volioti <i>et al.</i> (2014)	-	x	x	-	-	x	-
Cunha <i>et al.</i> (2016)	x	-	x	-	-	x	-
Harold <i>et al.</i> (2014)	-	-	x	-	-	x	-
Lakshmi Prabha <i>et al.</i> (2014)	-	x	x	-	x	-	-
Cesário <i>et al.</i> (2016)	-	-	x	-	x	-	-
Garzotto <i>et al.</i> (2016)	-	x	x	-	x	-	-
Hani e Abu-Wandi (2015)	-	x	x	X	x	-	-

Entretanto, apesar de alguns trabalhos apresentarem aspectos de ensino variados, não foram encontrados na literatura trabalhos que focassem na transmissão de conhecimentos diversos, ou que possibilitassem a inserção de conhecimentos no jogo. No mais, existe algumas aplicações que dispõem sobre o ensino de matérias básicas como escrita de palavras e fundamentos matemáticos. Além disso, a maioria das aplicações não fazem uso de técnicas de geolocalização, ou técnica semelhante, para incentivar a movimentação e locomoção por ambientes onde as possibilidades de socialização são maiores.

O corrente trabalho propõe um Jogo S rio que utiliza técnicas de Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Gamifica o e Geoprocessamento para dispor de monstros virtuais que estão geograficamente dispostos pelo mundo real. A ideia   que cada monstro traga consigo objetos de aprendizagem, a fim de auxiliar a aprendizagem de seus usuários. Além disso, a disposi o geográfica dos monstros pode incentivar a redu o de isolamento por parte das crianças autistas, sendo que as mesmas precisarão sair de seu isolamento para ca  -los e assim aprender com eles.

O próximo capítulo apresenta a aplica o, onde são demonstrados a arquitetura, os elementos necessários para funcionamento da aplica o, como as tecnologias utilizadas na implementa o das interfaces e comunica o, além das tecnologias empregadas no desenvolvimento.

3. KNOWLEDGEMON HUNTERS: Um Jogo Sérioso com Geolocalização para Apoiar a Aprendizagem de Crianças com Autismo e Dificuldades de Aprendizado

Este capítulo apresenta o projeto *KNOWLEDGEMON HUNTERS* e o conjunto de *softwares* desenvolvidos dentro deste projeto. O projeto contém uma suíte de jogos voltados para o mundo autista. O mesmo é desenvolvido e mantido através da parceria entre a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e a Unidade de Ensino Superior Dom Bosco (UNDB).

Entre os jogos desenvolvidos encontram-se jogos voltados para o ensino de seleção e coleta de lixo, reconhecimento de emoções em expressões faciais, instrumentos musicais virtuais, o jogo *K-Hunters* (abrevia *Knowledgemon Hunters*, i.e caçadores de monstros do conhecimento) e seus sub-jogos, tais como o *K-Hunters Find* e *K-Hunters Immersive*. Nesta dissertação serão abordados os jogos *K-Hunters*, bem como seus sub-jogos. Primeiramente será demonstrado o jogo *K-Hunters*, a arquitetura do sistema, o funcionamento da aplicação, os elementos utilizados no desenvolvimento deste jogo, as ontologias desenvolvidas para mapear os traços do usuário em relação às características do autismo e dados de desempenho de uso do jogo, o Sistema Multiagente e o *site* de gerenciamento das crianças e dos objetos de aprendizagem. Em seguida serão apresentadas as aplicações *K-Hunters Immersive* e *K-Hunters Find* desenvolvidas dentro deste projeto.

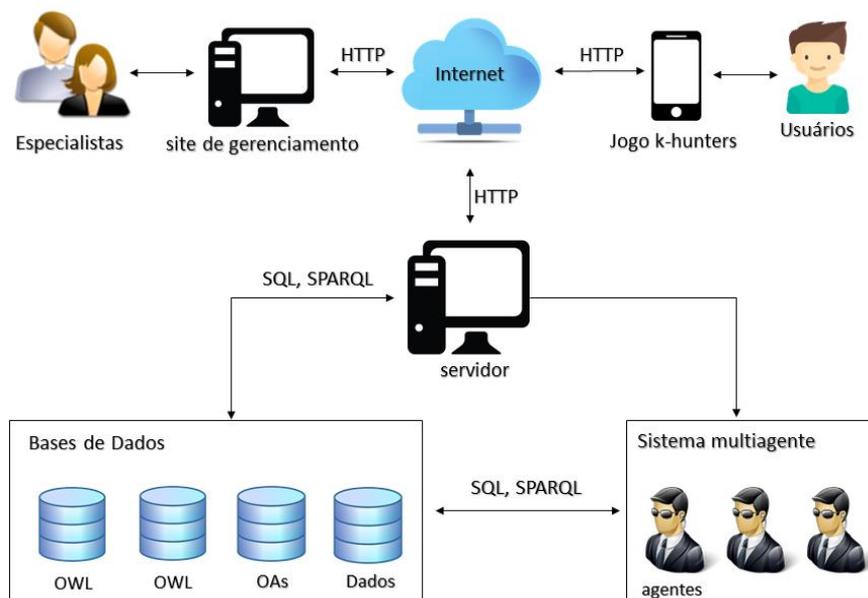
3.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura do sistema divide-se basicamente em quatro componentes. Há o jogo *K-Hunters*, o *site* de gerenciamento dos dados, as bases de dados e o SMA. Estes elementos se comunicam para que o sistema como um todo funcione de maneira adequada. A Figura 6 ilustra a arquitetura do sistema.

De acordo com a Figura 6, percebe-se que há dois módulos de utilização para os usuários do sistema (especialistas e crianças). O primeiro deles é o jogo *K-Hunters*, sendo este voltado para plataformas móveis que possuem *hardware* de GPS e que detém o sistema operacional *Android*³. A partir destes dispositivos, o jogo pode ser executado e permitir que as crianças busquem os monstros virtuais. Os detalhes deste jogo são apresentados na Seção 3.2.

³ Mais informações em: www.android.com

Figura 6 - Arquitetura do Sistema



Há também o *site* de gerenciamento do jogo. Neste *site*, os especialistas responsáveis pelas crianças autistas podem cadastrar crianças para utilizar o jogo; cadastrar objetos de aprendizagem associando-os aos monstros virtuais, definir sua posição geográfica e cadastrar questões sobre os objetos de aprendizagem; gerenciar os dados da criança, sendo possível alterar informações, acompanhar seu desempenho no jogo; gerenciar os objetos de aprendizagem podendo adicionar ou remover informações, questões entre outros. O desenvolvimento deste módulo é explanado na Seção 3.5.

As bases de dados apresentam quatro estruturas utilizadas para armazenamento de todas as informações dos usuários e do uso do jogo. Duas dessas estruturas contêm ontologias, sendo uma de domínio e outra de aplicação. A ontologia de domínio tem por responsabilidade armazenar os traços dos autistas e registrar quais características o usuário apresenta em relação ao autismo. Este fator permite ao sistema conhecer o perfil da criança, para que, a partir deste, seja possível utilizar estratégias de exibição de conteúdo de maneira adequada a cada perfil. A ontologia de aplicação, por sua vez, armazena as informações de acesso aos conteúdos dos objetos de aprendizagem e também os índices de acertos das questões relativas a esses objetos. A descrição destas ontologias é apresentada em maiores detalhes na Seção 3.3.

Outra estrutura utilizada é o repositório dos objetos de aprendizagem. A aplicação se comunica com esse repositório buscando os objetos nele contidos. Os objetos são relacionados aos monstros virtuais de maneira que, quando o usuário captura um monstro,

está obtendo para si as informações que o objeto de aprendizagem traz consigo. Vale salientar que o formato de OAs adotado é o REA (Recursos Educacionais Abertos) no padrão genérico proposto por Souza, Mendes Neto e Muniz (2013). Este formato apresenta metadados que contextualizam os REA para ambientes *E-learning*, *M-Learning* e *T-Learning* no processo de ensino aprendizagem. De Souza e Mendes Neto (2015) disponibilizaram um repositório de REA que é baseado em serviços *web* no qual eles podem ser inseridos, atualizados, removidos e consultados. Este repositório dá suporte à aplicação armazenando os OAs que são utilizados no sistema e associados aos monstros 3D.

A quarta estrutura trata-se de um repositório que mantém as informações dos usuários do jogo e do *site* de gerenciamento. Neste repositório são armazenados os dados de *login* e senha de cada usuário, bem como a pontuação das crianças no uso do jogo. São armazenadas também as informações dos monstros virtuais e sua associação aos objetos de aprendizagem, as questões e várias *flags* sinalizadoras para o SMA.

Por fim, há na arquitetura o SMA, que contém os agentes responsáveis por coordenar alguns elementos da aplicação. Neste componente encontram-se o agente classificador, sendo este responsável por classificar as crianças quanto ao seu nível de autismo. Há também o agente gerenciador de estratégia, sendo este responsável por definir as hipermídias de transmissão de conteúdo mais adequadas para cada usuário. Há o agente gerenciador de valores da estratégia, que é responsável por manter os dados de acesso aos conteúdos, e índices de acerto das questões atualizadas na ontologia de aplicação. Por último há o agente verificador, sendo este responsável por consultar as bases de dados buscando obter informações solicitadas pelos demais agentes. A descrição da implementação do SMA está inserida na Seção 3.4.

3.2 JOGO *K-HUNTERS*

Levando em conta a motivação apresentada na Seção 1.4, que relata sobre o crescente registro de crianças com TEA ao redor do mundo, bem como a afinidade que as mesmas têm com tecnologias, esta seção apresenta o *K-Hunters*. Este é um jogo sério em um ambiente 3D que utiliza Geolocalização, RV e RA, dispondo de monstros virtuais com o intuito de minimizar o tempo de isolamento social e auxiliar no aprendizado das crianças com TEA.

O jogo provê um ambiente tridimensional de busca e visualização de monstros virtuais detentores de conhecimento. A aplicação pode ser executada em plataformas móveis que possuem *hardware* de GPS (*Global Position System*). A interface principal do jogo apresenta

um avatar tridimensional, que representa o jogador, centrado em uma matriz de planos 9x9. Esses planos contêm porções de mapa relativos à posição geográfica do usuário. A partir da movimentação do usuário pelo mundo real, o aparelho captura as novas coordenadas e movimenta o avatar. Os planos também são movimentados e rearranjados de maneira que o avatar sempre se mantém no plano central da matriz. A movimentação dos planos permite que a aplicação obtenha novas porções de mapa, oferecendo a percepção de um ambiente contínuo. A Figura 7 ilustra como a matriz de planos, o posicionamento do avatar e a interface principal do jogo são organizados.

Figura 7 - (a) Matriz de planos com mapas; (b) Interface principal do jogo



O esquema de mapas é provido pela API MapBox, sendo esta uma ferramenta gratuita. A API permite personalizar mapas, definindo-se cores dos locais (ruas, rios, pontes, entre outros), quais informações apresentar (nome das ruas, figuras de instituições), além de funcionalidades de marcação dos mapas (MAPBOX, 2017). Através das coordenadas geográficas do aparelho, é possível obter porções de mapas no formato de imagens estáticas, passando-se para a API parâmetros como a dimensão desejada da imagem, o fator de *zoom* sobre o mapa, a coordenada central e o estilo desejado (estilo padrão ou personalizado).

A interface principal dispõe ainda de um ajudante virtual que auxilia a criança no uso do jogo (a Figura 7.b ilustra o ajudante em forma de nuvem com arco-íris na parte superior da interface). Durante o *gameplay*, este ajudante traz dicas sobre os elementos do jogo, tais como a funcionalidade de cada botão, forma de interação, incentiva a criança a buscar os monstros,

entre outras funcionalidades. Além disso, o ajudante armazena consigo o histórico de interação da criança com cada monstro. Após determinado tempo, é verificado no histórico a interação mais antiga e então é sugerida a interação com o monstro que está a mais tempo sem ser acessado. Neste momento, a caixa de mensagem do ajudante passa a ser um *link* direto para abertura do conteúdo do monstro. Há ainda na parte superior o *score* (pontuação do jogo) da criança e a localização geográfica da mesma (texto em vermelho).

Quando a criança move-se pelo mundo real e se aproxima da posição geográfica que contém algum monstro, este surge na interface principal (como pode ser visto na Figura 8.a). Para isso, a aplicação solicita ao servidor a lista de monstros cadastrados e suas coordenadas. A partir de então, a aplicação realiza o cálculo da distância entre duas coordenadas. O cálculo considera as latitudes (φ_1 e φ_2) de dois pontos P1 e P2 e a diferença entre suas longitudes ($\Delta\gamma$) para encontrar o arco S que une estes dois pontos (MOREIRA, 2017). Em seguida basta multiplicar o resultado encontrado pelo raio da terra obtendo-se assim a distância entre as duas coordenadas. A Equação 1 demonstra como se dá o cálculo para encontrar o arco ‘s’ entre dois pontos:

$$\text{Equação 1: } \cos(s) = \sin(\varphi_1) \sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_2) \sin(\varphi_1) \cos(\Delta\gamma)$$

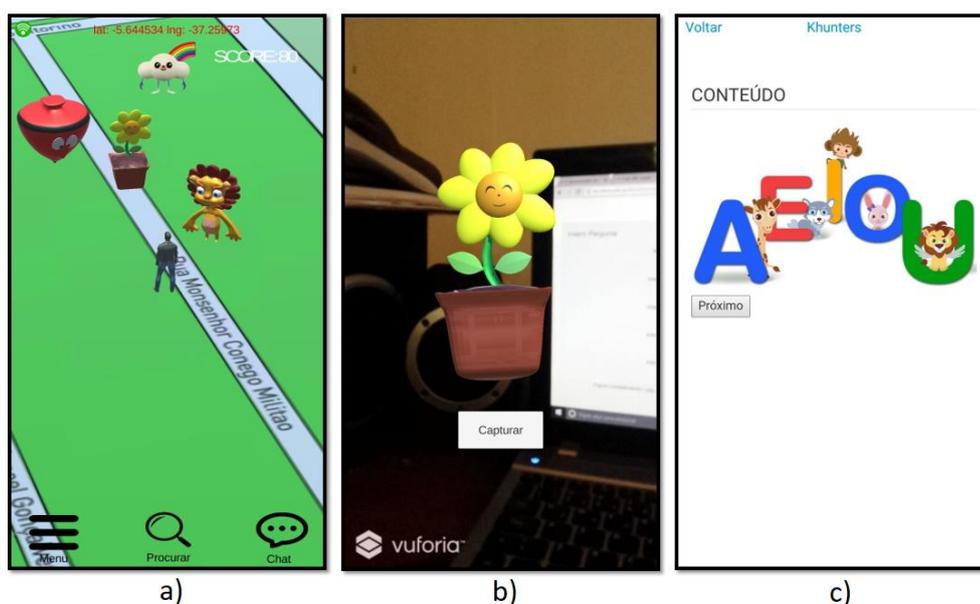
Com o resultado da distância, verifica-se se o monstro está a no máximo cem metros do usuário. Caso positivo, este é instanciado na cena do *game*, aparecendo na interface principal. Caso contrário, verifica-se se a distância é menor ou igual a duzentos metros. Neste caso adiciona-se o monstro em uma lista de “próximos” para que a aplicação informe a criança sobre os que estão na sua vizinhança. Se a distância ultrapassar duzentos metros, nada é realizado pois este limite está fora da área da criança.

A captura dos monstros se dá por meio de toques na tela do aparelho na posição em que ele é apresentado. Para tornar a aplicação mais atrativa, durante a captura é possível a visualização através de Realidade Aumentada (Figura 8.b). No desenvolvimento do módulo de Realidade Aumentada, utilizou-se o *framework* VUFORIA. Este *framework* possibilita que objetos 3D sejam mapeados para imagens alvo, tais como QR-Code, ou sejam situados no ambiente em relação à câmera do dispositivo (VUFORIA, 2017). Desse modo, é possível visualizar os objetos quando o usuário, a partir da câmera, aponta para uma imagem alvo (neste caso o objeto 3D surge sobre a imagem apontada) ou movimenta o aparelho em direção ao monstro. No segundo caso, o objeto é inserido em um espaço virtual usando como ponto de referência a posição da câmera. Quando o usuário rotaciona o aparelho, o objeto mantém-

se em sua posição (posição virtual criada em relação à posição virtual da câmera). Quando a câmera passa a se alinhar com a posição do monstro, o mesmo passa a surgir na cena. É importante ressaltar que esta funcionalidade só é executada corretamente quando o dispositivo móvel possui *hardware* de giroscópio, pois este componente permite a percepção da movimentação do dispositivo. Caso o dispositivo não possua este *hardware*, o monstro fica centralizado na cena independentemente da movimentação do celular.

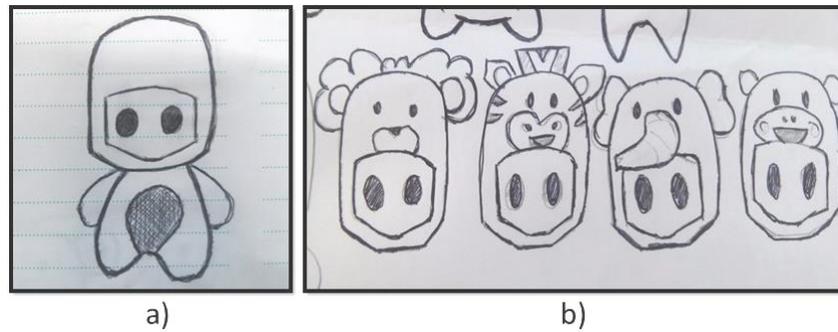
Uma vez que a criança centraliza o monstro na cena, a opção “capturar” aparece (Figura 8.b ilustra a visualização do monstro em realidade aumentada e o botão “capturar”). Caso selecione esta opção, o ele é capturado e o conteúdo associado ao monstro é exibido (Figura 8.c demonstra a visualização de um conteúdo através do formato de imagem).

Figura 8 (a) Interface do jogo com Monstros Virtuais; (b) Monstro virtual em Realidade Aumentada; (c) Visualização de Conteúdo associado ao Monstro



É importante ressaltar que o desenvolvimento da forma, cor e movimentação dos monstros leva em conta elementos empregados nos tratamentos de crianças com TEA. Um destes elementos são animais de estimação, que são utilizados em terapias assistidas auxiliando no desenvolvimento psicomotor, sensorial, mental entre outros fatores benéficos, e na maior parte são utilizados na melhoria da socialização ou ainda na recuperação da autoestima destas crianças (MACHADO *et. al.* 2008) (DOTTA, 2012). Seguindo essa linha de pesquisa desenvolveu-se as artes conceituais dos monstros. Estes seguem uma base corporal semelhante entre si com aspectos físicos que lembram animais da natureza. A Figura 9 ilustra algumas destas artes conceituais.

Figura 9 - (a) Arte conceitual do corpo dos monstros; (b) Arte conceitual das cabeças dos monstros



A partir destes modelos, desenvolveu-se diversos monstros virtuais, variando-se entre animais e objetos, tais como coelho, leão, sapo, pião, nuvem, e outros. Esta etapa do projeto foi realizada a partir do *software* Blender 3D, sendo esta uma ferramenta gratuita de modelagem e desenvolvimento de objetos 3D (BLENDER, 2017). A Figura 10 demonstra o resultado da modelagem de alguns monstros.

Figura 10 - Modelo 3D dos monstros virtuais



Na Figura 8.a pode-se perceber que há em sua parte inferior três botões de interação (*Menu*, *Procurar* e *Chat*). O primeiro deles é o botão *menu* que permite, por exemplo, a visualização de opções de ajustes, *log out* do jogo, visualizar monstros capturados e sair (Figura 11.a). A opção ajustes possibilita habilitar ou desabilitar os sons de fundo e de efeitos do jogo (Figura 11.b). A opção *log out* desassocia a conta do usuário solicitando um novo *log in* no jogo. Já a opção *Sair* fecha a aplicação. A opção *Monstros Capturados* possibilita que a

criança visualize uma lista de monstros que já capturou (Figura 11.c), onde cada um deles também é um botão de interação para acesso ao *menu do monstro*.

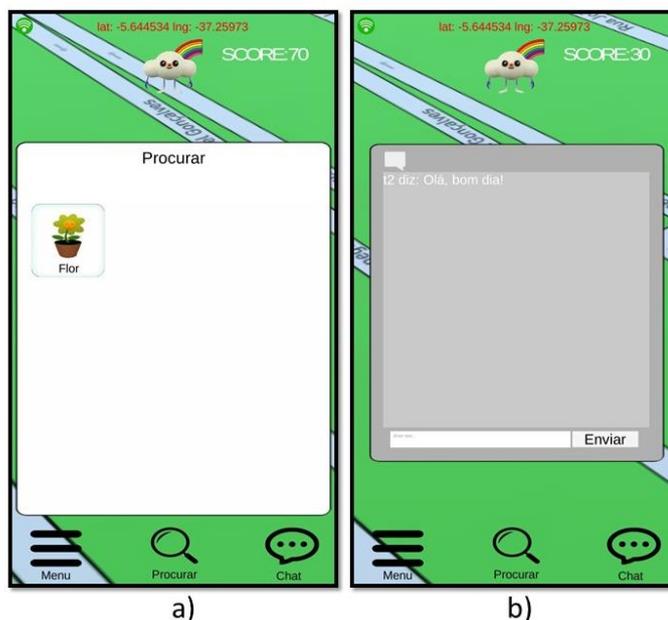
Figura 11 - (a) Botão menu; (b) opção ajustes; (c) opção monstros capturados



O botão *Procurar* possibilita que a criança visualize os monstros que estão nas proximidades geográficas. Este elemento foi inserido para facilitar a busca e captura (a Figura 12.a ilustra a visualização de um monstro nas proximidades da geolocalização da criança). Por fim, o botão *chat* apresenta um bate-papo onde o usuário pode enviar e visualizar mensagens de outros usuários que estão a distância de um quilômetro (a Figura 12.b ilustra o uso do botão *chat*). Esta funcionalidade visa dispor um canal comunicação para que crianças que também utilizam a aplicação e que estão próximas possam trocar mensagens.

Como citado anteriormente, os monstros virtuais são detentores de conhecimentos. É neste ponto que a ferramenta difere da aplicação Pokémon GO, sendo que este contém monstros virtuais que não estão associados a conhecimentos. A associação de conteúdos aos monstros tem como objetivo auxiliar no aprendizado das crianças. Para isso, cada um deles pode ser associado a objetos de aprendizagem. Vale salientar que a criação e inserção dos objetos de aprendizagem, escolha dos modelos tridimensionais dos monstros e a posição geográfica correspondente são de responsabilidade de psicopedagogos ou especialistas responsáveis pela criança. Esta tarefa é realizada por meio de um navegador *Web*, onde pode-se gerenciar os objetos de aprendizagem inserindo-se arquivos em diversos formatos (vídeo, áudio, texto, *slide*, entre outros).

Figura 12 - (a) Botão procurar; (b) Botão chat

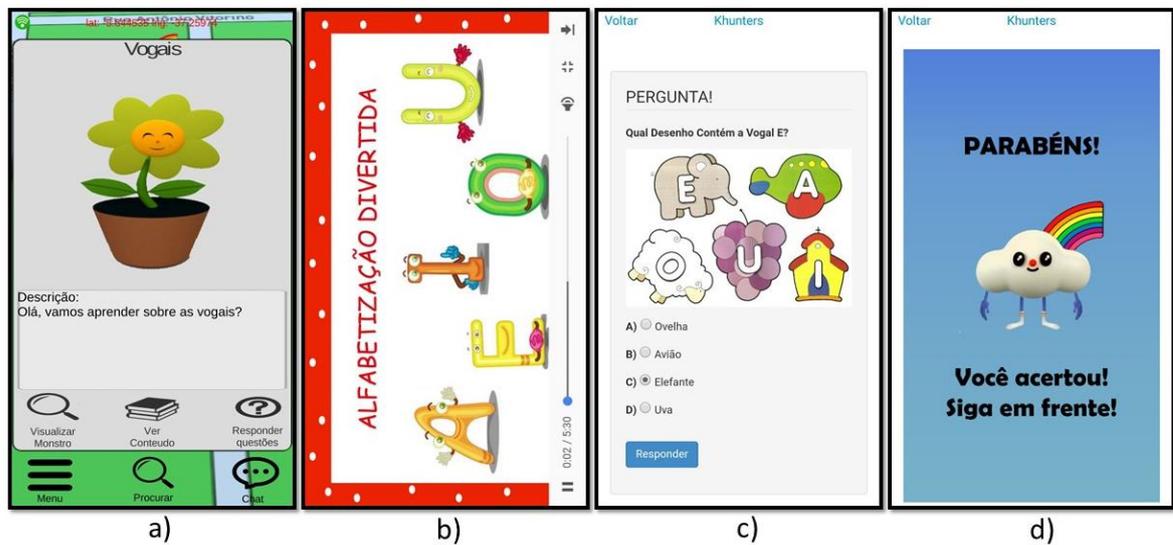


Caso deseje, o responsável pode também cadastrar questionários sobre os conteúdos dos objetos de aprendizagem para avaliar o nível de aprendizado das crianças. Os responsáveis determinam quais informações as crianças podem visualizar, além de assegurar que as crianças transitem por locais seguros onde os monstros estão posicionados.

Quando a criança captura um monstro, o conteúdo do objeto de aprendizagem relacionado àquele monstro pode ser exibido. A exibição pode ocorrer por meio de interações com os menus do jogo (a Figura 13.a ilustra o *menu do monstro* onde a criança pode acessar o conteúdo, responder questões ou visualizar o monstro via RA), onde as informações contidas nos objetos de aprendizagem podem ser então visualizadas (a Figura 13.b ilustra a exibição das informações por vídeo). Além disso, logo após a visualização do conteúdo, caso haja perguntas inseridas no sistema relacionadas ao OA do monstro, estas serão exibidas para a criança, a fim de verificar seu aprendizado (a Figura 13.c demonstra a exibição de uma questão).

Quando a criança responde corretamente às questões, é exibida uma imagem de parabéns e pontos são adicionados ao seu *score* (Figura 13.d ilustra a imagem de incentivo para cada acerto da criança). Caso contrário, uma mensagem de incentivo é exibida para que ela tente novamente. Deste modo, a partir deste formato de *gameplay*, o usuário é induzido a mover-se no mundo real e, durante a caça, pode visualizar informações contidas nos monstros.

Figura 13 - (a) Menu do monstro; (b) Visualização do conteúdo por vídeo; (c) Exibição de uma questão; (d) Imagem de incentivo para os acertos



O jogo possui ainda quatro agentes em um SMA que buscam adaptar, para cada perfil de autismo das crianças, a hipermídia de transmissão (vídeo, texto, áudio, entre outros) mais adequada, ou seja, a hipermídia que durante o uso possibilitou o maior índice de acerto das questões. Para isso, utilizou-se duas ontologias: uma ontologia de domínio que armazena perfis de autismo e uma de aplicação que armazena estratégias e níveis de aprendizado relacionados a cada perfil. As ontologias são descritas detalhadamente na seção seguinte.

3.3 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO E ONTOLOGIA DE APLICAÇÃO

Diante da necessidade de armazenar as características autistas do usuário e as informações relacionadas ao desempenho de uso do jogo, percebeu-se a viabilidade da construção de duas ontologias, sendo uma de domínio e outra de aplicação. A primeira descreve todos os aspectos do autismo, sendo possível associar estas informações ao usuário. Já a segunda possibilita armazenar os conteúdos capturados pela criança e os índices de acerto das questões respondidas.

As ontologias foram especificadas seguindo-se os passos da metodologia *Ontology Development 101*. Esta metodologia apresenta abordagem interativa, permitindo vários ciclos de refinamento e revisão até que seja alcançado o modelo ontológico desejado (NOY e MCGUINNESS, 2002). De acordo com a metodologia, deve-se seguir sete passos para se especificar uma ontologia, sendo estes:

1. **Determinar o domínio e o escopo da ontologia:** a construção da ontologia se inicia a partir de questionamentos que visam determinar o espaço de atuação dela. Pode-se seguir as questões: Qual domínio a ontologia irá cobrir? Para que ela será utilizada? Quais informações proverá? Quem a utilizará? Durante o ciclo de desenvolvimento é importante lembrar que as respostas destas questões podem mudar.
2. **Considerar o reuso de ontologias existentes:** nesta etapa deve-se considerar ontologias que atuam no mesmo ramo, para que se possa analisar o reuso de componentes, sua extensão, entre outros.
3. **Enumerar termos importantes da ontologia:** esta etapa consiste em definir uma lista com todos os termos da ontologia. Estes termos podem ser utilizados em explicações para usuários, para elencar propriedades, entre outros.
4. **Definir as classes e a hierarquia:** nesta etapa define-se as classes pertencentes à ontologia e sua hierarquia. Existem diferentes abordagens para realização desta tarefa. Há a abordagem *top-down*, onde primeiramente explicita-se as classes mais gerais e, posteriormente, as classes mais específicas. Na via contrária, há a abordagem *bottom-up*, que se inicia a partir das classes mais específicas para as classes mais gerais. Há ainda a abordagem *combination*, que representa um meio termo entre a *top-down* e a *bottom-up*.
5. **Definir as propriedades das classes:** neste passo deve-se definir as propriedades que irão relacionar as classes da ontologia. A importância desta etapa reside no fato de que as classes, por si só, não podem responder às questões determinadas na etapa 1. A partir disso, pode-se descrever a estrutura interna dos conceitos utilizando as propriedades.
6. **Definir as restrições:** nesta etapa são definidas as restrições que as propriedades apresentam. Define-se restrições de cardinalidade, tipos de dados relacionados, tipos de valores, número dos valores, entre outros.
7. **Criar instâncias:** este último passo consiste na criação de instâncias das classes da hierarquia de classes. Estas instâncias devem pertencer às classes da ontologia apresentando as especificações das mesmas.

O desenvolvimento das ontologias se deu por meio da ferramenta Protégé, um *software* criado pela universidade de Stanford cuja finalidade é ser uma ferramenta de modelagem de ontologias (PROTEGE, 2016). A linguagem utilizada na especificação foi a

OWL (*Web Ontology Language*), sendo esta uma linguagem bem difundida no âmbito de desenvolvimento de ontologias. Estas ontologias são descritas nas subseções seguintes.

3.3.1 Ontologia *DSMVAutism*

3.3.1.1 Definição do Domínio e Escopo

Seguindo-se a metodologia *Ontology Development 101* primeiramente definiu-se o domínio e o escopo da ontologia. O domínio desta ontologia trata-se do Transtorno do Espectro Autista. O escopo da ontologia é armazenar as características autistas dos usuários do jogo e também determinar o nível de autismo a partir destas características. Para esta ontologia, definiu-se as seguintes questões de competência, ou seja, questões que a ontologia deve responder:

- QC1: A partir de um conjunto de características do Transtorno do Espectro Autista, qual nível de autismo um usuário tem?
- QC2: Quais características autistas determinado usuário possui?

As respostas das duas questões são fundamentais para o funcionamento da aplicação, uma vez que as mesmas são utilizadas pelo SMA para aplicar estratégias de transmissão dos conteúdos adaptados para cada usuário. O segundo caso consiste em considerar ontologias já existentes que atuam no mesmo domínio definido. Entretanto não considerou-se a reutilização das ontologias existentes por estas serem demasiadamente complexas para a tarefa à qual eram necessárias.

3.3.1.2 Enumeração dos Termos

Para levantamento dos termos da ontologia, utilizou-se como base de conhecimento o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais versão 5 (DSMV). Este manual é bem difundido entre instituições especializadas em autismo e apresenta a definição de autismo no índice 299.00 (F84.0) (O apêndice A ilustra a definição de autismo do manual).

Deste manual levantou-se os termos: *Definição A*, *Definição B*, *Definição C*, *Definição D*, *Definição E*. Estes termos contém descrições sobre o autismo especificadas em cinco categorias (A, B, C, D e E). As categorias A e B possuem subdefinições que apresentam

em maiores detalhes as características autistas. Destas subdefinições extraiu-se os termos: *Definição A_1*, *Definição A_2*, *Definição A_3*, *Definição B_1*, *Definição B_2*, *Definição B_3* e *Definição B_4*. Extraiu-se também os termos: *Nível 1 – “Exigido Apoio”*, *Nível 2 – “Exigido apoio substancial”* e *Nível 3 – “Exigido muito apoio substancial”*. Estes três termos fazem jus aos níveis de autismo definidos no manual. Além disso extraiu-se do manual, na tabela de classificação de autismo os termos: *Déficits Graves*, *Déficits*, *Prejuízos Notáveis*, *Prejuízos Graves*, *Prejuízos*, *Extrema Dificuldade* e *Dificuldade*. Os mesmos apresentam intensidades que as características podem se manifestar.

3.3.1.3 Definição das Classes e Hierarquia de Classes

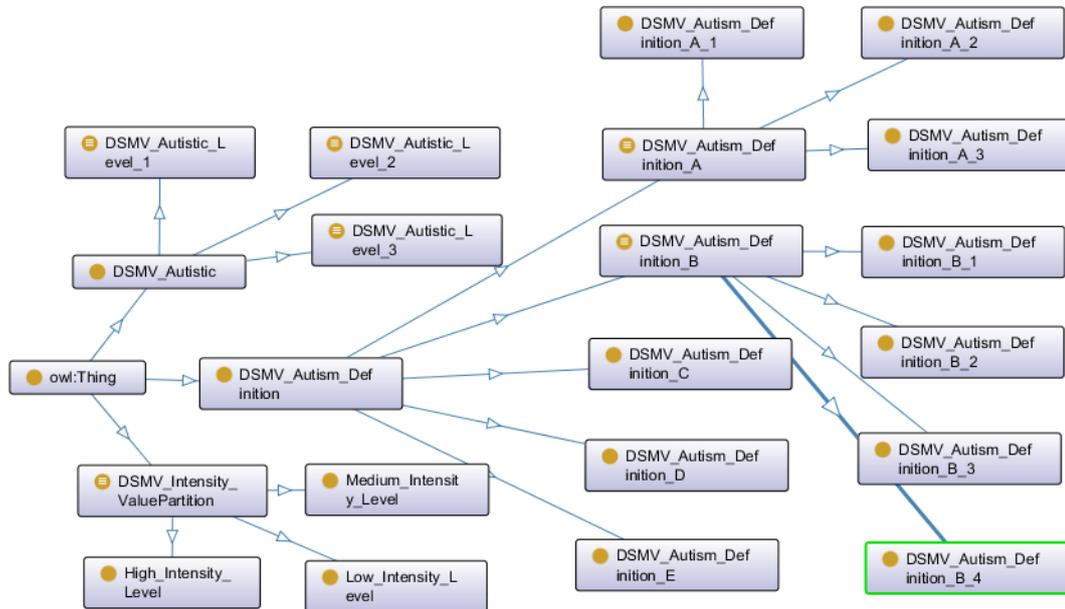
A partir das informações presentes no DSM-V, construiu-se a ontologia *DSMVAutism*. A mesma possui no total 21 classes que foram definidas a partir da abordagem *top-down*. As classes mais gerais da ontologia são: *DSMV_Autism_Definition*, *DSMV_Intensity_ValuePartition* e *DSMV_Autistic*. As mesmas são especificadas a partir da classe *owl:thing* sendo que todas as classes presentes em uma ontologia derivam desta classe.

A primeira delas (*DSMV_Autism_Definition*) contém subclasses que representam as definições utilizadas no diagnóstico (A, B, C, D e E). A segunda (*DSMV_Intensity_ValuePartition*) indica a intensidade em que cada característica se manifesta nos usuários (referente aos termos Dificuldade, Extrema Dificuldade, Déficits Graves, entre outros). Por exemplo, aspectos de déficits sociais podem ter intensidade baixa, média ou alta. A última classe (*DSMV_Autistic*) apresenta subclasses que contém os graus descritos na Tabela 5 (Apêndice A), onde é possível classificar indivíduos em um dos três níveis de acordo com suas características. A Figura 14 ilustra a estrutura da ontologia desenvolvida.

Esta ontologia apresenta 18 classes primitivas, sendo estas utilizadas para representar os conceitos presentes no manual. Há cinco delas que são subclasses da classe *DSMV_Autism_Definition*. Elas representam as cinco definições A, B, C, D e E. As definições A e B, por sua vez, correspondem às características de comportamento social e padrões restritivos e repetitivos. Elas contêm subclasses que descrevem de forma mais detalhada as características presentes nas definições A1, A2, A3, B1, B2, B3 e B4. A classe *DSMV_Intensity_ValuePartition* possui três subclasses que indicam a intensidade que as características descritas em A e B podem se manifestar (*Low_Level*, *Medium_Level* e *High_Level*), assim como visto nos termos elencados na etapa de enumeração dos termos. Há

ainda a classe *DSMV_Autistic* que representa os autistas na ontologia. O Quadro 1 ilustra todas as classes ditas primitivas e seus significados.

Figura 14 - Estrutura da Ontologia



Quadro 1 - Classes Primitivas da Ontologia *DSMVAutism*

Classes Primitivas	Representação
<i>DSMV_Autism_Definition</i>	Representa a definição de autismo índice 299.00 (F84.0) do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_A</i>	Representa a definição A do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_B</i>	Representa a Definição B do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_A_1</i>	Representa a definição A subitem 1 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_A_2</i>	Representa a definição A subitem 2 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_A_3</i>	Representa a definição A subitem 3 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_B_1</i>	Representa a definição B subitem 1 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_B_2</i>	Representa a definição B subitem 2 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_B_3</i>	Representa a definição B subitem 3 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_B_4</i>	Representa a definição B subitem 4 do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_C</i>	Representa a definição C do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_D</i>	Representa a definição D do DSMV
<i>DSMV_Autism_Definition_E</i>	Representa a definição E do DSMV
<i>DSMV_Intensity_ValuePartition</i>	Representa o conjunto de intensidades que as

	características descritas no manual podem se manifestar no autista
<i>Low_Intensity_Level</i>	Representa a baixa intensidade de uma característica
<i>Medium_Intensity_Level</i>	Representa a média intensidade de uma característica
<i>High_Intensity_Level</i>	Representa a alta intensidade de uma característica
<i>DSMV_Autistic</i>	Representa um autista que detém as características descritas no DSMV

Nesta ontologia há 3 classes definidas, ou seja, que classificam outras classes definidas, primitivas e indivíduos. As mesmas representam os três níveis presentes na tabela do manual (Apêndice A). Em outras palavras, estas classes permitem representar os níveis de autismo ao qual um usuário pertence. Além disso, elas podem ordenar os indivíduos autistas a partir de suas características. O Quadro 2 ilustra as classes definidas.

Quadro 2 - Classes Definidas da Ontologia *DSMVAutism*

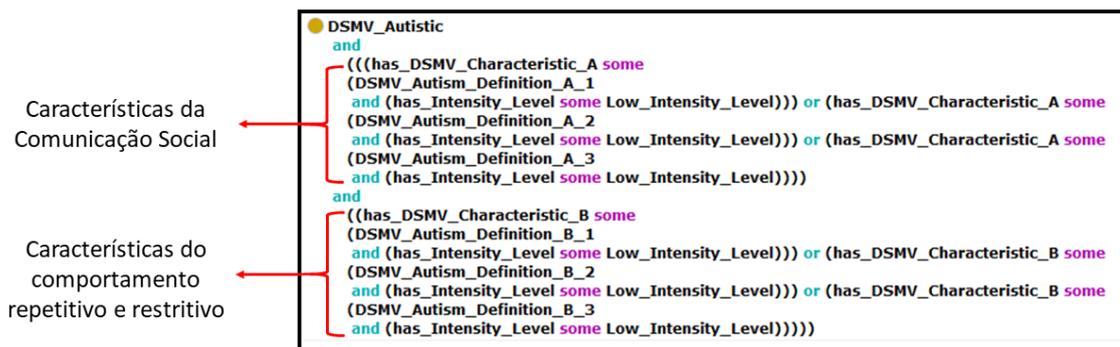
Classes Definidas	Representação
<i>DSMV_Autistic_Level_1</i>	Representa o nível 1 – “Exigido Apoio” do DSMV
<i>DSMV_Autistic_Level_2</i>	Representa o nível 2 – “Exigido Apoio Substancial” do DSMV
<i>DSMV_Autistic_Level_3</i>	Representa o nível 3 – “Exigido Muito Apoio Substancial” do DSMV

As três classes apresentadas no Quadro 2 contêm em sua estrutura condições necessárias e suficientes para classificar outros elementos da ontologia. Por este motivo, elas são ditas definidas. A Figura 15 demonstra o conjunto de axiomas lógicos pertencentes a classe *DSMV_Autistic_Level_1* ilustrando suas condições.

Os axiomas lógicos estão divididos basicamente em duas categorias, sendo a primeira relacionada às características da comunicação social e a segunda relacionada às características do comportamento repetitivo e restritivo (conforme a Tabela 5 do Apêndice A). Estas condições exprimem a ideia de que, para que um indivíduo seja dito como autista nível 1 – “Exigido Apoio”, é necessário que o mesmo esteja relacionado a pelo menos uma das definições descritas nas subclasses de *DSMV_Autism_Definition_A* e nas subclasses de

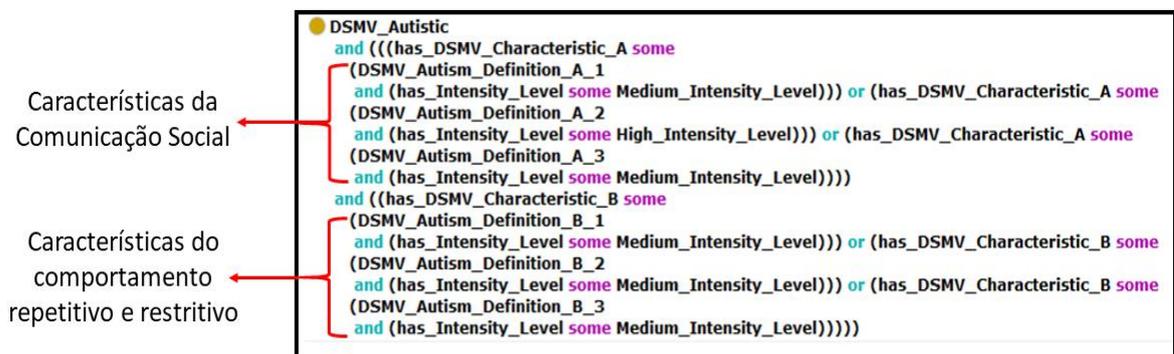
DSMV_Autism_Definition_B. Além disso, é necessário ainda que estas características se apresentem em baixa intensidade (*Low_Intensity_Level*). Em outros termos, se o indivíduo possuir alguma das características descritas pelas subdefinições de A, estando estas características em baixa intensidade, e se o indivíduo apresentar alguma das características descritas pelas subdefinições de B, onde estas também estão em baixa intensidade, este indivíduo é um indivíduo autista nível 1.

Figura 15 - Axiomas Lógico da Classe *DSMV_Autistic_Level_1*



De semelhante modo a classe *DSMV_Autistic_Level_2* contém axiomas lógicos para classificar indivíduos que detenham relacionamentos com as subdefinições de A e B. A Figura 16 ilustra os axiomas para que indivíduos da ontologia sejam classificados como autistas nível 2 – “Exigido Apoio Substancial”.

Figura 16 - Axiomas Lógicos da Classe *DSMV_Autistic_Level_2*

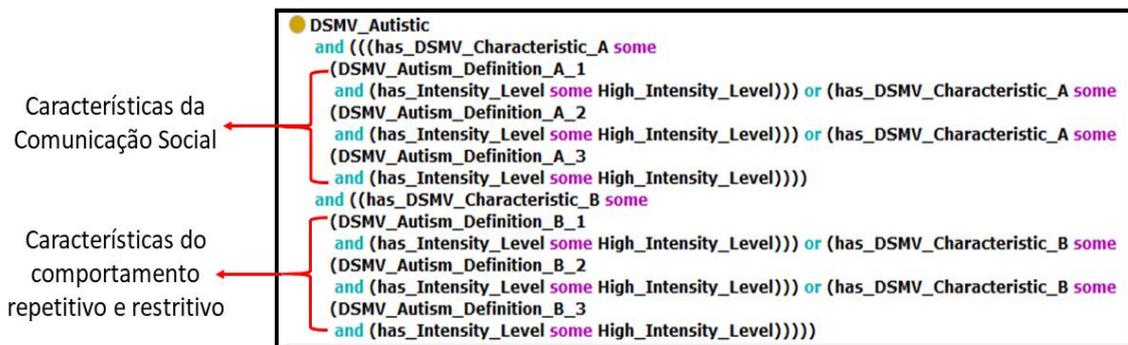


A diferença entre este conjunto de axiomas e o conjunto da classe *DSMV_Autistic_Level_1* reside nas relações com as intensidades que as características apresentam. Para o primeiro caso as intensidades devem se estar em baixo nível (*Low_Intensity_Level*). Já para este caso, as intensidades devem estar em sua maioria em

média intensidade (*Medium_Intensity_Level*) e uma das definições em alta intensidade (*High_Intensity_Level*). Por exemplo, se um indivíduo apresentar alguma das subdefinições de A em média intensidade e também alguma das subdefinições de B em média intensidade, este indivíduo é dito autista nível 2.

A terceira e última classe (*DSMV_Autistic_Level_3*) é análoga as duas classes previamente apresentadas. A mesma visa classificar indivíduos da ontologia como autistas nível 3 – “Exigido Muito Apoio Substancial”. A Figura 17 apresenta os axiomas lógicos desta classe definidos a partir da tabela de classificação do manual.

Figura 17 - Axiomas Lógicos da Classe *DSMV_Autistic_Level_3*



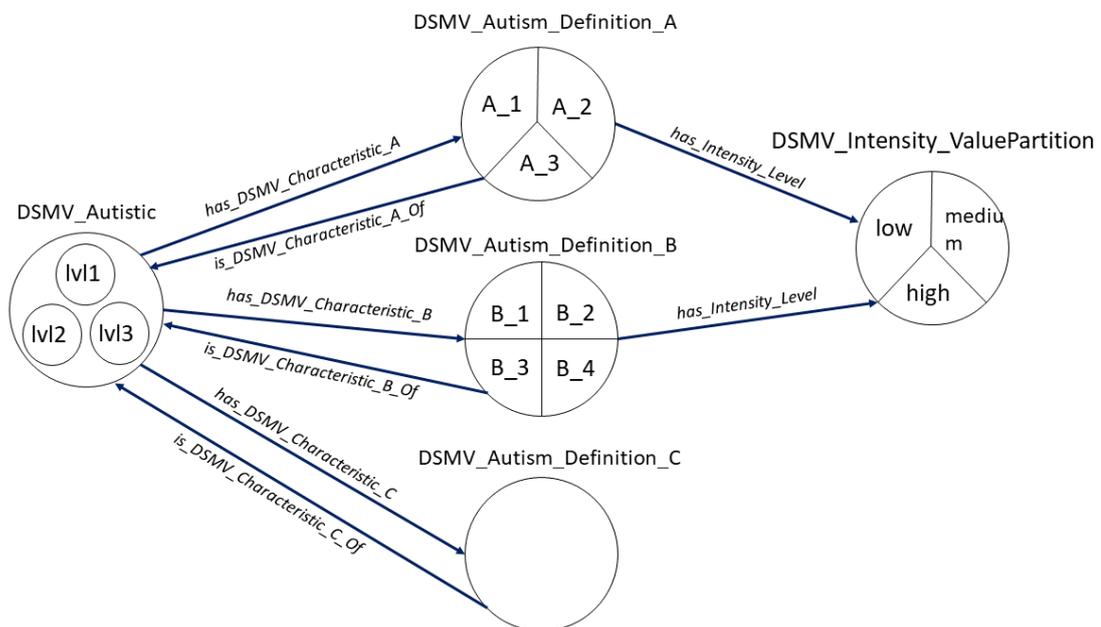
De igual modo as classes definidas supracitadas, os axiomas lógicos presentes nela relacionam um indivíduo às definições A e B do manual. A sua diferença também reside nas intensidades que cada característica pode apresentar. Para esta classe as características devem estar em alta intensidade (*High_Intensity_Level*) para que um indivíduo seja classificado como autista nível 3. Portanto, se um indivíduo apresenta alguma das subdefinições de A em alta intensidade e alguma das subdefinições de B em alta intensidade, este indivíduo é um autista nível 3. A seguir serão apresentadas e detalhadas as propriedades especificadas da corrente ontologia.

3.3.1.4 Definição das Propriedades das Classes

Na corrente ontologia, foram especificadas 13 *Object Properties* para relacionar as classes e indivíduos da ontologia. Algumas *Object Properties* são filhas de propriedades mais gerais sendo estas: *has_DSMV_Characteristic* e *is_DSMV_Characteristic_Of*. A primeira delas permite relacionar indivíduos da classe *DSMV_Autistic* à indivíduos incluídos na classe *DSMV_Autism_Definition*. Ou seja, esta propriedade permite que indivíduos pertencentes a

DSMV_Autistic, que representam o usuário, se relacionem aos indivíduos da classe *DSMV_Autism_Definition*, que representa as características descritas no manual. Já a segunda, é a propriedade inversa da primeira. Isto é, se uma classe está relacionada à outra através da propriedade *hasDSMV_Characteristic*, isso significa que a segunda classe estará relacionada à primeira pela propriedade inversa *is_DSMV_Characteristic_Of*. A Figura 18 ilustra um esboço da organização das classes demonstrando quais classes são domínio (*Domain*) e quais são imagens (*Range*) das *object property*.

Figura 18 - Domínio e Imagem das *object property*



De acordo com a Figura 18, é possível notar que as classes que estão no lado esquerdo das setas fazem parte do domínio das propriedades. Já as que estão no lado direito representam a imagem da propriedade. Em outros termos, quando uma classe é domínio ou imagem de uma propriedade, isto significa que indivíduos de uma mesma classe só podem se ligar a indivíduos de outra através da propriedade que as tem como domínio e imagem.

As propriedades *has_DSMV_Characteristic_A*, *has_DSMV_Characteristic_B* e *has_DSMV_Characteristic_C* são filhas da propriedade *has_DSMV_Characteristic*. Existe ainda as propriedades *has_DSMV_Characteristic_D* e *has_DSMV_Characteristic_E* (que foram omitidas por serem análogas as três primeiras) que relacionam a classe *DSMV_Autistic* às classes *DSMV_Autism_Definition_D* e *DSMV_Autism_Definition_E* (que foram omitidas por serem análogas a classe *DSMV_Autism_Definition_C*).

De maneira semelhante, as propriedades *is_DSMV_Characteristic_A_Of*, *is_DSMV_Characteristic_B_Of* e *is_DSMV_Characteristic_C_Of* são filhas da propriedade

inversa *is_DSMV_Characteristic_Of*. Existe também mais duas propriedades, *is_DSMV_Characteristic_D_Of* e *is_DSMV_Characteristic_E_Of*, que relacionam a classe *DSMV_Autistic* às classes que representam os conceitos das definições C, D e E.

Há também a propriedade *has_Intensity_Level* que permite relacionar os indivíduos das classes que representam os conceitos A e B aos níveis de intensidade descritos na *Value Partition*. Em outras palavras, é possível a partir desta propriedade indicar quais definições apresentam baixo, médio ou alto nível de intensidade da característica. O Quadro 3 ilustra todas as *Object Property* da ontologia e seu significado.

Quadro 3 - *Object Properties* da ontologia *DSMVAutism*

Object Property	Domínio	Imagem	Descrição
<i>has_DSMV_Characteristic</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que usuários autistas podem ter características descritas na definição de autismo do DSMV.
<i>is_DSMV_Characteristic_Of</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade é inversa da propriedade <i>has_DSMV_Characteristic</i> . Logo se um usuário está relacionado as definições por meio da <i>has_DSMV_Characteristic</i> , as definições estarão então relacionadas ao usuário por meio da propriedade <i>is_DSMV_Characteristic_Of</i> .
<i>Has_Intensity_Level</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Intensity_Value</i>	Esta propriedade permite relacionar as definições A e B do manual com os níveis de intensidade descritos na <i>value partition</i>
Subpropriedades de <i>has_DSMV_Characteristic</i>			
<i>has_DSMV_Characteristic_A</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que usuários autistas podem ser relacionados com a Definição A do Manual

<i>has_DSMV_Characteristic_B</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_B</i>	Esta propriedade indica que usuários autistas podem ser relacionados com a Definição B do Manual
<i>has_DSMV_Characteristic_C</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_C</i>	Esta propriedade indica que usuários autistas podem ser relacionados com a Definição C do Manual
<i>has_DSMV_Characteristic_D</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_D</i>	Esta propriedade indica que usuários autistas podem ser relacionados com a Definição D do Manual
<i>has_DSMV_Characteristic_E</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_E</i>	Esta propriedade indica que usuários autistas podem ser relacionados com a Definição E do Manual
Subpropriedades de <i>is_DSMV_Characteristic_Of</i>			
<i>is_DSMV_Characteristic_A_Of</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_A</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que a Definição A do Manual pode estar relacionada ao usuário autista
<i>is_DSMV_Characteristic_B_Of</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_B</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que a Definição B do Manual pode estar relacionada ao usuário autista
<i>is_DSMV_Characteristic_C_Of</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_C</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que a Definição C do Manual pode estar relacionada ao usuário autista
<i>is_DSMV_Characteristic_D_Of</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_D</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que a Definição D do Manual pode estar relacionada ao usuário autista
<i>is_DSMV_Characteristic_E_Of</i>	<i>DSMV_Autistic_Definition_E</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	Esta propriedade indica que a Definição E do Manual pode estar relacionada ao usuário autista

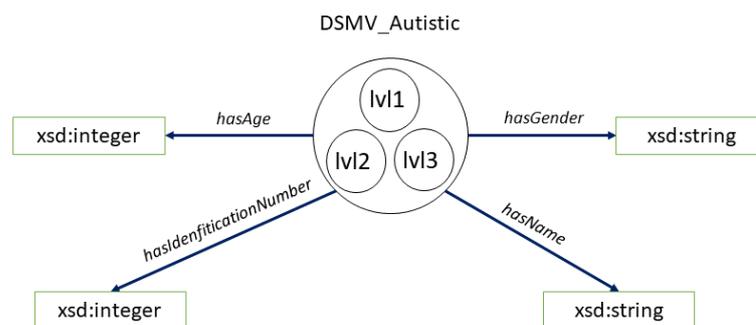
Após a explanação de todas as *object properties* da ontologia vale reforçar o significado dos axiomas lógicos presentes nas classes definidas *DSMV_Autistic_Level_1*, *DSMV_Autistic_Level_2* e *DSMV_Autistic_Level_3*. Tomando como exemplo um trecho da condição *has_DSMV_Characteristic_A some (DSMV_Autism_Definition_A_1 and*

(*has_Intensity_Level some Low_Intensity_Level*)) da classe *DSMV_Autistic_Level_1*. Este termo indica que, se um indivíduo apresenta alguma relação com a característica definida na classe *DSMV_Autism_Definition_A_1* e esta característica está associada ao nível *Low_Intensity_Level* da *Value Partition*, então este indivíduo se enquadra nesta parte da definição. Logo, se o mesmo se enquadrar nesta parte e nos demais trechos satisfazendo a condição, este indivíduo pode ser classificado como autista nível 1. Em outras palavras, este decurso exprime a ideia de que o usuário contém os sintomas descritos no item A e subitem 1 do DSM-5 e que este sintoma é de leve intensidade.

Também foram especificadas 4 *Data Property* que são utilizadas para relacionar os usuários autistas a atributos valorados. Essas propriedades retratam informações pessoais do usuário tais como nome, idade, gênero e também um número de identificação para que seja possível encontrar o usuário a partir deste dado. A Figura 19 ilustra um esboço do domínio e imagem das *data properties* e sua nomenclatura.

A partir da Figura 19 percebe-se que apenas uma classe é domínio de todas as *data properties* definidas. Isto se dá por conta que a classe *DSMV_Autistic* representa o usuário autista e as propriedades retratam sobre as informações deste usuário. O Quadro 4 demonstra as propriedades em mais detalhes apresentando sua descrição.

Figura 19 - Domínio e Imagem das *Data Properties* da ontologia *DSMVAutism*



Quadro 4 - *Data Properties* da ontologia *DSMVAutism*

Data Property	Domínio	Imagem	Descrição
<i>hasAge</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade permite associar o valor da idade do usuário ao indivíduo que o representa
<i>hasGender</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>xsd:string</i>	Esta propriedade permite associar a informação de gênero do

			usuário ao indivíduo que o representa
<i>hasName</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>xsd:string</i>	Esta propriedade permite associar a informação de nome do usuário ao indivíduo que o representa
<i>hasIdentificationNumber</i>	<i>DSMV_Autistic</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade permite associar um número de identificação do usuário ao indivíduo que o representa

Deste modo, a partir destas propriedades pode-se manter na ontologia todas as informações pessoais dos usuários. A próxima subseção apresenta as restrições definidas para todas as propriedades da ontologia. Serão demonstradas também que algumas classes apresentam determinadas restrições.

3.3.1.5 Definição das Restrições das Propriedades

As restrições das propriedades desta ontologia são do tipo funcional, assimétrica e irreflexiva. Quando uma propriedade é funcional, isto indica que um indivíduo *a* pode relacionar-se a exatamente um indivíduo *b* a partir da propriedade (HORRIDGE *et. al.*, 2011). Uma propriedade assimétrica indica que, se um indivíduo *a* se relaciona a um indivíduo *b* através de determinada propriedade, então o indivíduo *b* não pode relacionar-se ao indivíduo *a* pela mesma propriedade (HORRIDGE *et. al.*, 2011). Já a propriedade irreflexiva indica que um indivíduo não pode relacionar-se a si mesmo através da propriedade. O Quadro 5 indica as propriedades e suas restrições.

Quadro 5 - Restrição das Propriedades da ontologia *DSMVAutism*

Propriedade	Restrição
<i>has_DSMV_Characteristic</i>	Assimétrica e Irreflexiva
<i>has_Intensity_Level</i>	Funcional, Assimétrica e Irreflexiva
<i>Is_DSMV_Characterisitic_Of</i>	Assimétrica e Irreflexiva
<i>hasAge</i>	Funcional
<i>hasGender</i>	Funcional

<i>hasName</i>	Funcional
<i>hasIdentificationNumber</i>	Funcional
Subpropriedades de <i>has_DSMV_Characteristic</i>	
<i>has_DSMV_Characteristic_A</i>	Herdadas da propriedade mãe
<i>has_DSMV_Characteristic_B</i>	Herdadas da propriedade mãe
<i>has_DSMV_Characteristic_C</i>	Herdadas da propriedade mãe e Funcional
<i>has_DSMV_Characteristic_D</i>	Herdadas da propriedade mãe e Funcional
<i>has_DSMV_Characteristic_E</i>	Herdadas da propriedade mãe e Funcional
Subpropriedades de <i>is_DSMV_Characteristic_Of</i>	
<i>is_DSMV_Characteristic_A_Of</i>	Herdadas da propriedade mãe
<i>is_DSMV_Characteristic_B_Of</i>	Herdadas da propriedade mãe
<i>is_DSMV_Characteristic_C_Of</i>	Herdadas da propriedade mãe
<i>is_DSMV_Characteristic_D_Of</i>	Herdadas da propriedade mãe
<i>is_DSMV_Characteristic_E_Of</i>	Herdadas da propriedade mãe

Conforme o Quadro 5 pode-se perceber que a propriedade *has_DSMV_Characteristic* e a sua inversa *is_DSMV_Characteristic_Of* possuem as restrições assimétrica e irreflexiva. Para a primeira propriedade a restrição assimétrica impede que as definições das classes filhas de *DSMV_Autism_Definition* se relacionem aos indivíduos da classe *DSMV_Autistic*. Isto significa que a ontologia não aceita a situação “*Definição A -> has_DSMV_Characteristic -> individuo autista*”. Em termos simples, não é possível dizer que uma definição tem como característica autista um usuário. Já a segunda restrição (irreflexiva) impede que os indivíduos da classe *DSMV_Autistic* se relacionem a eles mesmos pela situação “*individuo autista -> has_DSMV_Characteristic -> individuo autista*”. Ou seja, não é permitido que um indivíduo tenha ele mesmo uma definição autista. O mesmo ocorre com a propriedade *is_DSMV_Characteristic_Of*. Neste caso, não é permitido a relação “*individuo autista -> is_DSMV_Characteristic_Of -> Definição A*”. Isto indica que não é possível que um usuário seja característica autista de uma definição. A restrição irreflexiva proíbe que uma definição seja característica dela mesma. Ou seja, não é possível haver a situação “*Definição A -> is_DSMV_Characteristic_Of -> Definição A*”.

As propriedades *hasAge*, *hasGender*, *hasName* e *hasIdentificationNumber* apresentam-se como funcionais. Como estas propriedades associam os indivíduos da classe *DSMV_Autistic* a dados, fez-se necessário restringi-las. A restrição funcional impede que o

indivíduo tenha mais de um nome, mais de um gênero, mais de uma idade e mais de que um número de identificação. Assim sendo, para estas propriedades os usuários podem apresentar somente um valor para cada propriedade.

A propriedade *has_Intensity_Level* apresenta três restrições. A restrição assimétrica, que impede que uma intensidade tenha como nível de intensidade uma definição (“*baixo nível -> has_Intensity_Level -> Definição A*”). A restrição irreflexiva, que proíbe que uma intensidade tenha como nível de intensidade uma intensidade (“*baixo nível -> has_Intensity_Level -> baixo nível*”). A restrição funcional, que indica que uma definição que apresenta intensidades deve ter somente um nível de intensidade. Ou seja, esta restrição impede que as características descritas nas definições A e B apresentem ao mesmo tempo intensidade baixa, média e alta da característica.

As propriedades filhas da propriedade *has_DSMV_Characteristic* apresentam as mesmas características da mãe. Entretanto as propriedades *has_DSMV_Characteristic_C*, *has_DSMV_Characteristic_D* e *has_DSMV_Characteristic_E* apresentam a restrição do tipo funcional a mais. Como as definições C, D e E do manual fazem jus a única definição relativa ao autismo, quando o indivíduo está relacionado a um destes conceitos, não é necessário haver outra ligação para o mesmo conceito (já que o conceito é único). Por este motivo estas propriedades também apresentam a restrição funcional. Já as definições A e B apresentam diversos conceitos (A1, A2, B1, B2, entre outros). Logo as propriedades *has_DSMV_Characteristic_A* e *has_DSMV_Characteristic_B* não podem ser funcionais, uma vez que podem relacionar um indivíduo às definições A1, A2, B1, B2, entre outras. Ou seja, é possível que o usuário apresente as características descritas em A1, também em A2, B1, e assim por diante.

De semelhante modo as propriedades filhas de *is_DSMV_Characteristic_Of* herdam as características da mãe sem nenhuma alteração. As mesmas só precisam das restrições de assimetria e irreflexão para que as propriedades não relacionem de forma errônea os indivíduos entre si. Estas propriedades também não necessitam ser funcionais uma vez que as mesmas podem ser características de que quaisquer indivíduos autistas inseridos na ontologia. Em outros termos, diversos indivíduos autistas podem compartilhar dos mesmos indivíduos das classes que definem as características autistas. Por exemplo, é permitida a situação onde o indivíduo *a* e o indivíduo *b* estejam relacionadas ao indivíduo *definição_A1*.

Vale salientar que as classes que representam as definições A e B são equivalentes à união de suas filhas (Conforme a Figura 18). Ou seja, se um indivíduo for membro de uma dessas classes, este tem obrigatoriamente que ser membro de uma de suas filhas. Isso se dá

pelo fato de que dentro da definição A estão descritas as características específicas, e os indivíduos necessitam estar relacionados à estas características. De semelhante modo, a classe *DSMV_Intensity_ValuePartition* é equivalente à união de suas filhas. Ou seja, se um indivíduo for membro desta classe o mesmo obrigatoriamente deve ser membro de uma de suas filhas. Ou seja, se uma característica apresenta uma intensidade, esta necessita obrigatoriamente ser baixa ou média ou alta.

3.3.1.6 Criação de Instancias

Nesta etapa criou-se diversas instâncias que servem de suporte para o momento de inserção dos indivíduos que representam os usuários do jogo. A ontologia no seu ponto inicial consta com 27 indivíduos alocados nas classes. Estes indivíduos são instancias das definições A, B, C, D e E e também dos níveis de intensidade (baixa, média e alta) associadas a estas definições. Estes indivíduos sempre permanecem na ontologia.

Para cada um dos níveis de intensidade, criou-se uma instancia (3 instâncias nas 3 classes). Para cada uma das definições C, D e E criou-se uma instância (3 instâncias nas 3 classes). Como as subclasses das definições A e B são relacionadas aos níveis de intensidade, e há três níveis dela, criou-se para cada subclasse três instâncias, onde cada uma relaciona-se com uma intensidade.

Tomando como exemplo a definição A1. Esta pode apresentar baixa, média ou alta intensidade. Assim instanciou-se um indivíduo para relacionar-se com o indivíduo que representa a baixa intensidade, um indivíduo para relacionar-se com um da média intensidade e um outro indivíduo para relacionar-se com o da alta intensidade (3 instâncias). As subclasses de A e B são no total 7 sendo que cada subclasse possui 3 instâncias. Isto totaliza a quantidade de 21 instâncias.

Posteriormente, durante o cadastro de usuário a ontologia é populada com instâncias destes usuários, sendo então estas novas instâncias relacionam-se às instâncias que representam as definições de autismo. Portanto a ontologia apresenta, pelo menos 27 instâncias no seu ponto inicial.

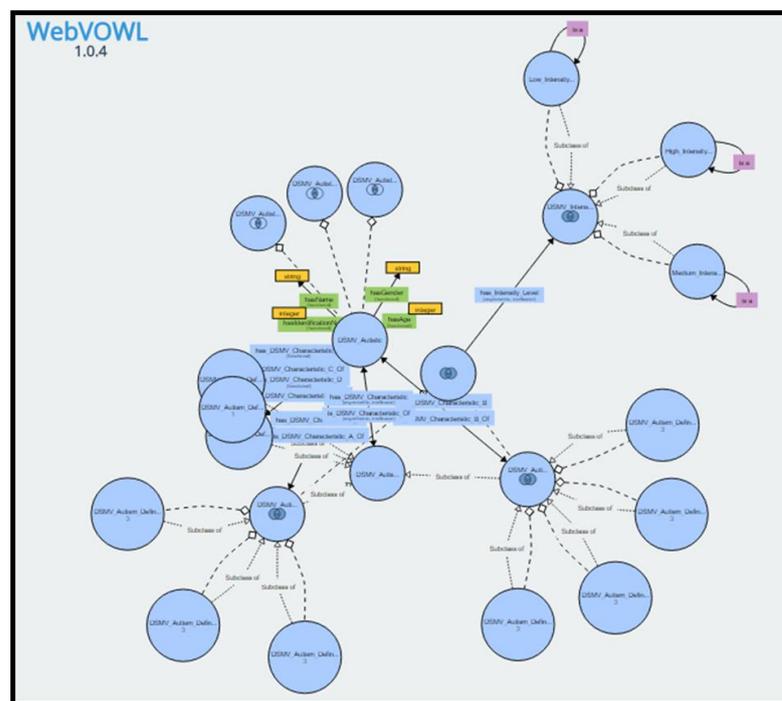
3.3.1.7 Visualização Gráfica da Ontologia

Para visualizar graficamente a ontologia e verificar se a mesma se encontra conectada, com classes, propriedades e indivíduos ligados, utilizou-se a ferramenta VOWL (*Visual*

Notation for OWL Ontologies). Esta ferramenta foi desenvolvida para propiciar a visualização gráfica dos elementos pertencentes a uma ontologia (VOWL, 2016). A Figura 20 ilustra esta visualização.

A partir da Figura 20 é possível notar que não há classes, propriedades ou indivíduos que não estejam conectados. Isto comprova que a ontologia *DSMVAutism* é uma ontologia conectada. A mesma utiliza todas as classes que foram criadas e todos os elementos de sua estrutura.

Figura 20 - Visualização gráfica da ontologia no VOWL



3.3.2 Ontologia *LearningStrategy*

3.3.2.1 Definição do Domínio e Escopo

O domínio desta ontologia é diretamente definido pelo jogo *K-Hunters*. No jogo é necessário armazenar as estratégias de transmissão de conteúdo e seus resultados. O escopo parte da necessidade de armazenar informações acerca dos conteúdos dos objetos de aprendizagem, com respectivas hipermídias de representação e a média de acerto das questões a partir das hipermídias. Esta ontologia deve responder as seguintes questões de competência para possibilitar o funcionamento da aplicação:

- QC1: Qual o uso das hipermídias por cada um dos perfis autistas;
- QC2: Quais hipermídias apresentaram os maiores índices de aprendizagem;
- QC3: Qual a média de acerto das questões por hipermídia;
- QC4: Qual a média de acerto das questões por sexo;
- QC5: Qual a utilização das hipermídias por sexo;
- QC6: Qual a média de aprendizagem por domínio.

As respostas das questões influenciam diretamente no funcionamento da aplicação. Elas são utilizadas pelo SMA na análise das estratégias de transmissão dos conteúdos. Além disso, as respostas podem ser visualizadas pelos especialistas via páginas *web* para que verifiquem o desempenho das crianças no uso do jogo.

Esta ontologia tem sua estrutura diretamente definida para o jogo. Portanto não fez-se necessário realizar buscas por ontologias semelhantes por conta da sua especificidade. Logo não realizou-se a etapa de análise das que atuam no mesmo ramo.

3.3.2.2 Enumeração dos Termos

O levantamento dos termos da ontologia surgiu a partir da análise da interação da criança com um conteúdo no jogo. A criança, no jogo, visualiza um conteúdo a partir de uma hipermídia. Logo em seguida pode responder questões sobre estes conteúdos. A partir disso definiu-se os seguintes termos: usuário, acessa conteúdo, índice de dificuldade do conteúdo, hipermídia, índice de acerto das questões e quantidade de tentativas de respostas. Portanto, a estes termos foram utilizados na construção desta ontologia que armazena estratégias de transmissão de conteúdo.

3.3.2.3 Definição das Classes e Hierarquia

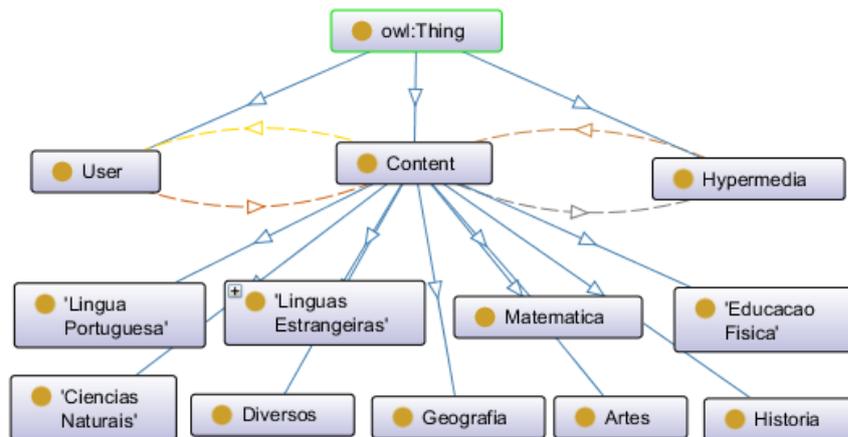
A estrutura da ontologia apresenta ao todo 14 classes. Seguindo-se a abordagem *top-down* definiu-se três classes gerais: *User*, *Content* e *Hypermedia*. A

Figura 21 ilustra a estrutura da ontologia LearningStrategy. A classe *User* representa o usuário da aplicação. A classe *Content* representa os conteúdos embutidos nos objetos de aprendizagem. Esta classe contém subclasses que representam detalhadamente os domínios dos conteúdos, e.g. disciplina do conteúdo. A classe *Hypermedia* representa os formatos de

comunicação hipermídia para um objeto de aprendizagem, e.g. texto, áudio, vídeo, entre outros.

Esta ontologia possui apenas classes primitivas pois a mesma não necessita classificar outras, nem indivíduos. Sua função é propriamente armazenar informações de acesso aos conteúdos no jogo. O Quadro 6 ilustra todas as classes da ontologia com uma breve descrição da mesma.

Figura 21 - Estrutura da Ontologia LearningStrategy



Quadro 6 - Classes primitivas da ontologia *LearningStrategy*

Classes Primitivas	Representação
<i>User</i>	Representa o usuário da aplicação
<i>Content</i>	Representa os conteúdos dos objetos de aprendizagem capturados no jogo
<i>Hypermedia</i>	Representa a hipermídia de transmissão do conteúdo do objeto de aprendizagem (texto, áudio, vídeo, entre outros)
Subclasses de <i>Content</i>	
<i>Art</i>	Representa os conteúdos de Artes
<i>Foreign_Languages</i>	Representa os conteúdos de Línguas Estrangeiras
<i>English</i>	Representa os conteúdos da Língua Inglesa
<i>Spanish</i>	Representa os conteúdos da Língua Espanhola
<i>Geography</i>	Representa os conteúdos de Geografia
<i>History</i>	Representa os conteúdos de História
<i>Math</i>	Representa os conteúdos de Matemática

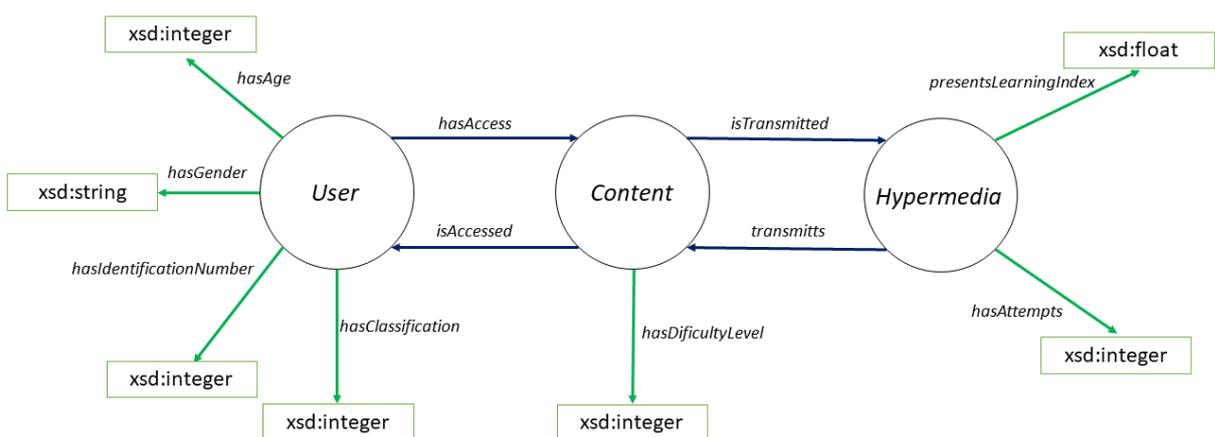
<i>Miscellaneous</i>	Representa os conteúdos de conhecimentos variados
<i>Natural_Science</i>	Representa os conteúdos das Ciências Naturais
<i>Physical_Education</i>	Representa os conteúdos da Educação Física
<i>Portuguese_Language</i>	Representa os conteúdos da Língua Portuguesa

Após a definição das classes e da hierarquia realizou-se então a definição das propriedades da ontologia. Estas propriedades permitem relacionar usuários à conteúdos, conteúdos à hiperâmídias e hiperâmídias a valores de acerto das questões. A seguir será demonstrado todas as propriedades da ontologia.

3.3.2.4 Definição das Propriedades das Classes

Esta ontologia possui 4 *Object Properties* e 7 *DataProperties*. As *object properties* foram especificadas para unir indivíduos das classes domínio aos indivíduos das de imagem. Estas propriedades permitem armazenar o histórico de interação entre os usuários do jogo com os conteúdos e suas questões. A Figura 22 ilustra o esquema geral das classes, propriedades, domínio e imagem.

Figura 22 - Esquema geral das classes, propriedades, domínio e imagem da *LearningStrategy*



As setas em azul da Figura 22 representam as *object properties*. Já as setas em verde ilustram as *dataproperties*. Entre as *object properties* é possível notar que a propriedade *hasAccess* une indivíduos da classe *User* (usuários) à indivíduos da classe *Content* (conteúdo). Isto demonstra que usuários acessam conteúdos. A propriedade *isAccessed* por sua vez possibilita a união inversa de indivíduos da classe *Content* à indivíduos da classe

User. Isto exprime que conteúdos são acessados por usuários. Seguindo mais adiante vê-se que a propriedade *isTransmitted* relaciona os indivíduos da classe *Content* aos indivíduos da classe *Hypermedia* (hipermídia). Isto ilustra que um conteúdo é transmitido por uma hipermídia. Na contramão há a propriedade *transmits* que relaciona de forma inversa indivíduos de *Hypermedia* aos indivíduos de *Content*. Isto demonstra que uma hipermídia transmite um conteúdo. O Quadro 7 apresenta as *object properties* propriedades, o domínio, imagem e sua descrição.

Quadro 7 - *Object Properties* da ontologia *Learning Strategy*

Object Property	Domínio	Imagem	Descrição
<i>has_access</i>	<i>User</i>	<i>Content</i>	Esta propriedade indica que o usuário acessou um conteúdo
<i>is_Accessed</i>	<i>Content</i>	<i>User</i>	Esta propriedade é inversa da propriedade <i>has_Access</i> . Logo se um usuário está relacionado a um conteúdo, conseqüentemente o conteúdo estará relacionado ao usuário.
<i>isTransmitted</i>	<i>Content</i>	<i>Hypermedia</i>	Esta propriedade permite relacionar um conteúdo a uma hipermídia de transmissão (texto, áudio, vídeo, entre outros)
<i>transmits</i>	<i>Hypermedia</i>	<i>Content</i>	Esta propriedade é inversa da propriedade <i>isTransmitted</i> indicando que uma hipermídia transmite um conteúdo

As setas em verde na Figura 22 indicam as *dataproperties* da ontologia. As *dataproperties* *hasAge*, *hasGender*, *hasIdentificationNumber* e *hasClassification* possibilitam relacionar indivíduos da classe *User* à valores relacionados a idade, gênero, identificação e classificação do usuário. Já a *dataproperty* *hasDifficultyLevel* associa indivíduos da classe *Content* à valores que representem índices de dificuldade do conteúdo. As *dataproperties* *hasAttempts* e *presentsLearningIndex* relacionam indivíduos da classe *Hypermedia* à valores relacionados à quantidade de tentativas de respostas das questões e a média de acerto destas questões a partir da visualização do conteúdo pela hipermídia. O Quadro 8 ilustra todas as *dataproperties*, seu domínio, imagem e descrição.

Quadro 8 - Dataproperties da ontologia LearningStrategy

Data Property	Domínio	Imagem	Descrição
<i>hasAge</i>	<i>User</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade permite relacionar um usuário a um valor que representa a sua idade
<i>hasGender</i>	<i>User</i>	<i>xsd:string</i>	Esta propriedade possibilita a associado do usuário a um valor que representa seu gênero
<i>hasIdentificationNumber</i>	<i>User</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade permite associar o usuário a um número de identificação utilizado no jogo
<i>hasClassification</i>	<i>User</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade permite relacionar o usuário a um número que indica a classificação do mesmo (nível de autismo, ou não autista)
<i>hasDifficultyLevel</i>	<i>Content</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade associa um conteúdo a um valor que indica o nível de dificuldade do conteúdo
<i>hasAttempts</i>	<i>Hypermedia</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade permite relacionar a quantidade de tentativas de respostas das questões de conteúdo visualizadas por determinada hipermedia
<i>presentsLearningIndex</i>	<i>Hypermedia</i>	<i>xsd:integer</i>	Esta propriedade indica a média de acerto das questões após a visualização de um conteúdo por determinada hipermedia

A seguir serão demonstradas as restrições definidas para as propriedades da ontologia. Estas restrições visam manter a consistência dos dados, uma vez que estes dados são fundamentais para o funcionamento correto do SMA.

3.3.2.5 Definição das Restrições das Propriedades

Nas propriedades desta ontologia, utilizou-se restrições do tipo funcional, assimétrica e reflexiva. Todas as *dataproperties* foram definidas como funcional. Ou seja, os indivíduos que se relacionam a dados através destas propriedades, devem estar associados a somente um valor para cada propriedade. Já todas as *object properties* são assimétricas e irreflexivas sendo que algumas apresentam a restrição funcional. O

Quadro 9 ilustra as propriedades e suas restrições.

Quadro 9 - Restrições das propriedades da ontologia *LearningStrategy*

Propriedade	Restrição
<i>hasAge</i>	Funcional
<i>hasGender</i>	Funcional
<i>hasIdentificationNumber</i>	Funcional
<i>hasClassification</i>	Funcional
<i>hasDifficultyLevel</i>	Funcional
<i>hasAttempts</i>	Funcional
<i>presentsLearningIndex</i>	Funcional
<i>has_Access</i>	Assimétrica, Irreflexiva
<i>isAccessed</i>	Assimétrica, Irreflexiva, Funcional
<i>is_Transmitted</i>	Assimétrica, Irreflexiva
<i>transmits</i>	Assimétrica, Irreflexiva, Funcional

As *dataproperties* em sua maioria indicam informações pessoais do usuário, como por exemplo idade, gênero, entre outros. Estas informações são únicas para cada usuário. Portanto, não é permitido associar ao mesmo usuário mais de uma informação de idade, gênero, entre outros. Assim, estas propriedades se apresentam como funcionais. De semelhante modo, um conteúdo possui somente um nível de dificuldade (fácil, difícil, entre outros). Logo, deve-se restringir a propriedade para que esta admita somente um valor de dificuldade (funcional). As informações de tentativas de resposta e média de aprendizado também devem ser únicas, uma vez que as tentativas são acumuladas em um único valor e que a média já contém todo o índice de acerto das questões armazenadas até o momento. Assim as propriedades que associam os indivíduos a estes valores também devem ser funcionais.

A *object property* *has_Access* contém as restrições assimétrica e irreflexiva. Por ser assimétrica não é possível, através desta propriedade, associar um indivíduo conteúdo a um

indivíduo usuário na forma “*conteúdo -> has_Access -> usuário*” (pois um conteúdo não acessa um usuário). Já a restrição irreflexiva não permite que esta propriedade seja utilizada para associar um indivíduo usuário a um indivíduo usuário. Ou seja, não é possível manter a relação “*usuário -> has_Access-> usuário*” (pois um usuário não acessa um usuário).

A propriedade *is_Accessed* (inversa de *has_Access*) apresenta as mesmas restrições da *has_Access* e adicionalmente a restrição funcional. Por ser assimétrica não é permitida através desta propriedade que um usuário seja acessado por um conteúdo. Também não é permitido que um conteúdo seja acessado por um conteúdo. Sobre a restrição funcional, definiu-se esta limitação pelo fato de que para cada conteúdo acessado por um usuário cria-se na ontologia um novo indivíduo que representa este acesso. Em outras palavras, caso dois usuários acessem o mesmo conteúdo, não será criado um único indivíduo para este. Serão criados dois indivíduos que representam o acesso para cada usuário. A duplicação de indivíduos para o mesmo conteúdo permite que se armazene na ontologia o acesso aos conteúdos de maneira individual para cada usuário. Portanto, restringindo-se a propriedade como funcional, indica-se que os indivíduos que representam os conteúdos só podem estar associados a um usuário.

A propriedade *is_Transmitted* contém as mesmas restrições da *has_Access*. Logo não é permitido que uma hipermídia seja transmitida por um conteúdo. Como também não pode-se dizer na ontologia que uma hipermídia é transmitida por uma hipermídia. A mesma não é funcional, uma vez que um conteúdo pode ser transmitido por diferentes hipermídias (Como exemplo, pode-se ter um mesmo conteúdo a partir de vídeo, texto ou áudio).

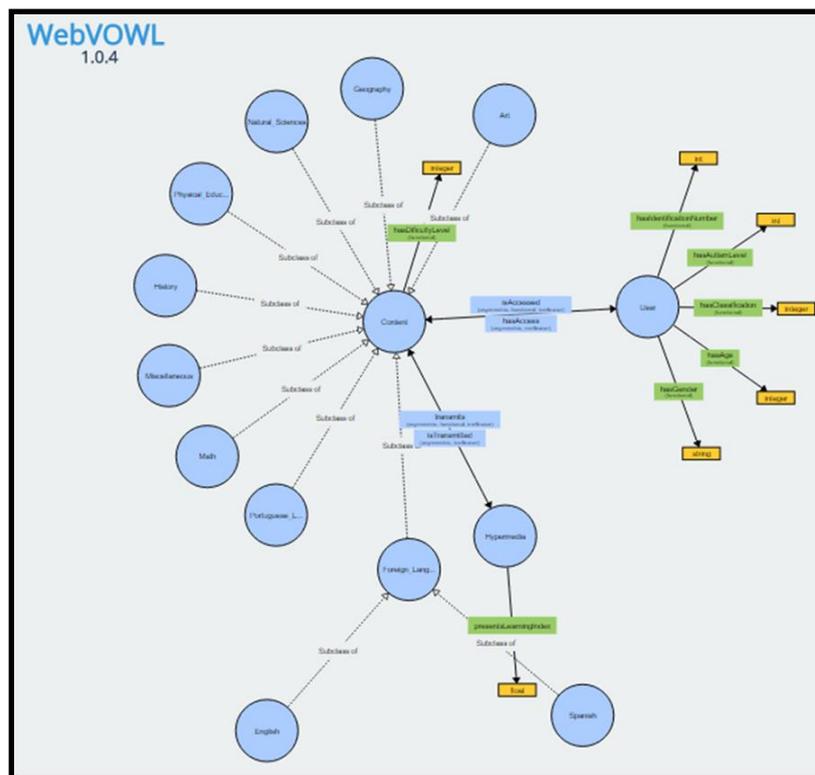
Semelhantemente, a propriedade *transmits* (inversa da *is_Transmitted*) é assimétrica e irreflexiva. Adicionalmente esta propriedade é funcional. Por ser assimétrica não é possível armazenar na ontologia a informação “*conteúdo -> transmits -> hipermídia*” (pois um conteúdo não transmite uma hipermídia). Bem como não se pode manter a informação “*hipermídia -> transmits -> hipermídia*” (pois uma hipermídia não transmite uma hipermídia). Ela é funcional por necessitar ser única para cada conteúdo. Ou seja, por mais que conteúdos diferentes sejam transmitidos por uma hipermídia em comum (vídeo por exemplo), cria-se indivíduos diferentes para representar a hipermídia. Isso se dá pelo fato de que o indivíduo hipermídia contém, a partir da propriedade *presentsLearningIndex*, o valor da média de acerto das questões do conteúdo. Se os indivíduos dos conteúdos estivessem associados ao mesmo indivíduo hipermídia não seria possível distinguir a qual dos conteúdos o valor da média de acerto pertenceria. Portanto esta propriedade também é funcional, pois deve associar indivíduos hipermídia a um único conteúdo.

A etapa de criação das instâncias foi omitida pelo fato de que a ontologia inicia-se vazia de instâncias. Suas instâncias vão sendo criadas quando os especialistas cadastram as crianças para utilizarem o jogo e a partir do uso do jogo. Novas instâncias são inseridas quando o usuário captura um monstro, visualiza seu conteúdo e responde às questões associadas.

3.3.2.6 Visualização Gráfica da Ontologia

A visualização gráfica da ontologia demonstra que a mesma se encontra conectada sendo suas classes, propriedades e indivíduos bem ligados. Isto indica que não há classes ou conceitos subutilizados, sendo que todos os elementos criados, estão relacionados aos demais elementos. A Figura 23 apresenta a visualização gráfica a partir do VOWL.

Figura 23 - Visualização gráfica da ontologia *LearningStrategy*



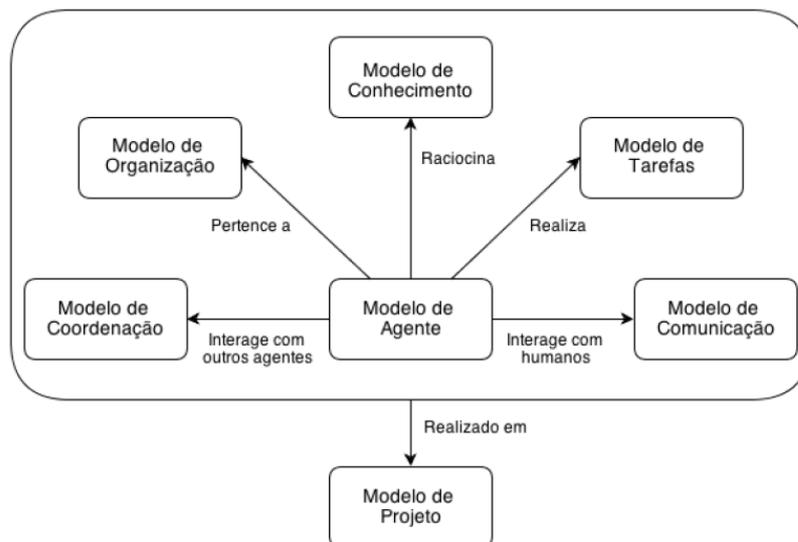
Portanto, a partir desta ontologia é possível armazenar, para qualquer usuário, os conteúdos acessados, níveis de dificuldade destes conteúdos, a hipermídia de transmissão utilizada, a quantidade de tentativas de respostas e a quantidade de acertos das questões respondidas a partir da hipermídia utilizada. Consequentemente, o SMA do jogo pode analisar

se determinada formato hipermídia de comunicação do conteúdo está proporcionando bons índices de acerto das questões. Em caso contrário, outro formato pode ser usado. O SMA pode ainda buscar formatos hipermídia que sejam mais adequados para novos indivíduos usuários do jogo, de acordo com suas respectivas classificações de perfil de autismo e das informações de outros jogadores. A descrição do SMA do jogo está contida na seção seguinte.

3.4 SISTEMA MULTIAGENTE

Diante da necessidade de classificar os usuários do jogo quanto ao seu nível de autismo, armazenar os dados de aprendizagem do usuário em relação aos conteúdos acessados no jogo e definir estratégias de transmissão de conteúdo adequados a cada perfil de autismo, definiu-se que um Sistema Multiagente poderia auxiliar na realização destas atividades. Esta seção trata de explanar sobre o SMA e as operações inseridas neste componente. O mesmo foi especificado seguindo a metodologia MAS-CommonKADS+. Esta metodologia é uma extensão da MAS-CommonKADS, que por sua vez trata-se de uma abordagem de Engenharia de Software Orientada a Agentes (SILVA, 2012). Segundo a MAS-CommonKADS, para que se descreva as características e comportamentos de um SMA é necessário a definição de sete modelos (IGLESIAS e GARIJO, 2005; MORAIS II, 2010; SILVA, 2012) *apud* (FONTES, 2013). A Figura 24 ilustra os sete modelos.

Figura 24 - Modelos da metodologia MAS-CommonKADS



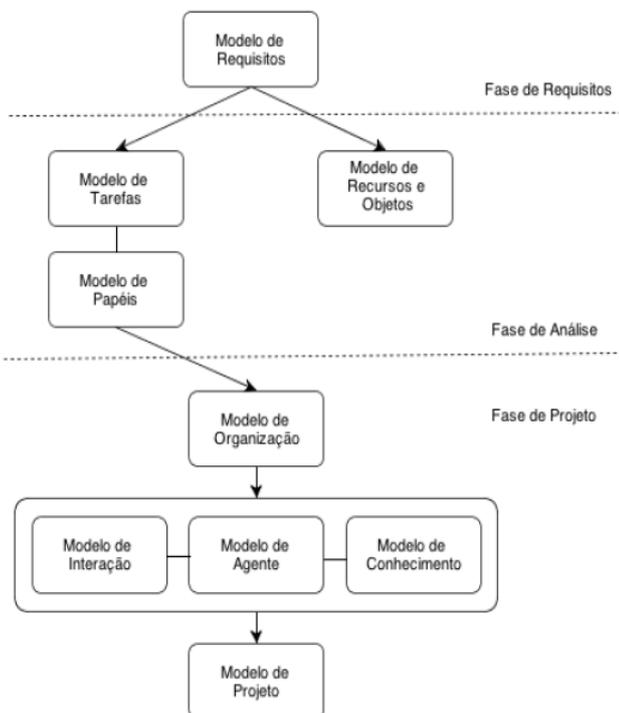
Fonte: Fontes (2013)

O modelo de tarefas deve conter todas as atividades necessárias para que o agente alcance seus objetivos. O modelo de conhecimento deve moldar as capacidades de raciocínio

dos agentes que serão utilizadas na realização das tarefas. O modelo de organização demonstra os relacionamentos existentes entre os agentes (estáticos ou estruturais). O de coordenação mostra os relacionamentos dinâmicos que há entre os agentes, como, por exemplo, mensagens trocadas entre si. O modelo de comunicação contém as interações que podem ocorrer entre um agente humano e um agente de *software*. Por fim o modelo de projeto reúne todos os outros previamente definidos, contendo o modelo de rede (que contém aspectos sobre a infraestrutura de redes dos agentes), o projeto de agentes (que determina a arquitetura mais adequada para cada agente) e o projeto de plataforma (que define a plataforma mais adequada para o desenvolvimento dos agentes) (FONTES, 2013).

A metodologia MAS-CommonKADS+ por sua vez mantém alguns modelos da Mas-CommonKADS, entretanto há alterações e adição de novos conceitos, resultando em nove modelos. Foram adicionados os de requisitos, de papéis e de recursos. Já os modelos de organização, de interação e de projeto foram alterados, visando complementar a especificação dos diagramas da AML (*Agent Modeling Language*). O modelo de agentes também sofreu alterações, sendo possível demonstrar como o agente pode perceber e atuar no ambiente de acordo com seus comportamentos e planos. A Figura 25 demonstra a arquitetura da MAS-CommonKADS+.

Figura 25 - Arquitetura da MAS-CommonKADS+



Fonte: Fontes (2013)

O modelo de requisitos descreve todos os pressupostos do sistema, podendo ser representado através de modelos de caso de uso, cenários entre outros. O modelo de papéis tem a finalidade de identificar e também de representar os papéis do sistema que detêm as funções descritas no modelo de tarefas. Um papel nada mais é que uma retratação que define as atividades a serem realizadas pelos agentes dentro de uma organização. O modelo de recursos e objetos possibilita a modelagem dos mesmo, utilizados dentro do SMA. O modelo de organização descreve a estrutura organizacional dos papéis do sistema. O modelo de interação corresponde à união dos modelos de coordenação e comunicação da MAS-CommonKADS, descrevendo todas as interações entre os agentes. O modelo de agentes tem por responsabilidade especificá-los, por quais papéis são responsáveis, as percepções, os atuadores, as condições de ativação e parada e também a arquitetura do agente. O modelo de projeto deve especificar as características do local onde o sistema será implantado, os diagramas de implantação, entre outros. Por fim, os modelos de tarefa e conhecimento permanecem como especificados na MAS-CommonKADS (MORAIS II, 2010; SILVA, 2012) *apud* (FONTES, 2013).

O desenvolvimento e execução do SMA se deu através da ferramenta JADE (*Java Agent Development Framework*). Este *framework* é implementado na linguagem JAVA dispondo de um *Middleware* para execução e comunicação dos agentes (JADE, 2017). A comunicação dos agentes nesta plataforma segue o modelo FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) ACL (*Agent Communication Language*) que é um conjunto de padrões da IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) cujo objetivo é promover as tecnologias baseadas em agentes, a interoperabilidade desses padrões com outras tecnologias, a interoperação de agentes heterogêneos e os serviços que eles podem representar (SILVA, 2012). Além disso, o JADE também possui uma interface gráfica que pode ser utilizada durante as fases de desenvolvimento e de teste dos agentes. As seguintes subseções descrevem detalhadamente a criação dos modelos do SMA do jogo *K-Hunters*.

3.4.1 Modelagem do SMA

Seguindo-se os passos determinados na metodologia MAS-COMMONKADS+, esta subseção demonstra a modelagem do SMA do jogo apresentando alguns dos modelos. Serão expostos os Modelos de Tarefa, Modelo de Recurso e Objetos, Modelo de Papéis, Modelo de Organização, Modelo de Interação, Modelo de Agentes e Modelo de Projeto. Para modelagem

utilizou-se uma extensão para o *software* StarUML, que auxilia no projeto de SMAs utilizando a metodologia MAS-CommonKADS+ (MORAIS II, 2010).

3.4.1.1 Modelo de Tarefa

Tomando como base as necessidades de classificação de níveis de autismo, armazenamento e análise das estratégias de transmissão de conteúdos, o SMA deve realizar uma série de tarefas, as quais podem ser verificadas no Modelo de Tarefas exibido na Figura 26.

Figura 26 - Modelo de Tarefas



A tarefa *Consultar Indivíduos Sem Classificação* (1) foi definida levando-se em conta as características autistas dos usuários cadastrados no sistema as quais podem indicar seu nível de autismo. A partir destas características, pode-se então definir a classificação de autismo do jogador. Para isso, é preciso consultar nas bases de dados os usuários que ainda não foram classificados para que o SMA os classifique. A tarefa *Definir Classificação do Indivíduo* (2) está diretamente relacionada à tarefa (1) complementando seu sentido. Esta tarefa visa analisar as características autistas dos usuários sem classificação e, a partir disso, definir seu nível de autismo.

A tarefa *Consultar Indivíduos sem Estratégia* (3) foi definida baseando-se no fato de que objetos de aprendizagem podem apresentar formatos de hipermídia variados. Então é necessário definir o formato da que melhor se adequa para transmissão do conteúdo do OA aos usuários que o detém. A partir disso, é preciso consultar nas bases de dados quais usuários possuem objetos de aprendizagem cuja hipermídia não foi definida. Arelada a esta tarefa se encontra a *Definir Estratégia de Transmissão* (4) que busca definir para cada usuário a

melhor hipermissão de transmissão. Para isso, nesta tarefa ocorre a busca por hipermissões utilizadas em usuários semelhantes para que se possa definir a mais adequada para cada perfil.

A tarefa *Consultar Estratégias Que Precisam Ser Analisadas* (4) surgiu da necessidade de se avaliar se a transmissão de um conteúdo por determinada hipermissão está possibilitando que o usuário acerte as questões relacionadas ao conteúdo. Por conseguinte, deve-se realizar a consulta nas bases de dados buscando-se estratégias que, após determinado tempo de uso, necessitam ser analisadas. A tarefa *Alterar Estratégia de Transmissão* (5) é complementar à tarefa (4). Sua responsabilidade é, para cada estratégia encontrada na busca, analisar se a hipermissão atualmente utilizada está sendo eficiente. Em caso negativo, novas hipermissões ainda não utilizadas devem ser atribuídas para transmissão do conteúdo.

Por fim a tarefa *Consultar Índices de Aprendizado Não Armazenados* (6) surgiu da necessidade de armazenar os índices de acertos das questões na ontologia de tarefa. Para isso, deve-se consultar nas bases de dados, para determinado objeto de aprendizagem, a hipermissão de transmissão utilizada, a quantidade de vezes que o usuário respondeu a uma questão e a quantidade de acertos sobre essa questão. Relacionada a essa tarefa encontra-se a tarefa *Inserir Valores da Estratégia* (7). A mesma objetiva inserir na ontologia de tarefa os valores retornados da consulta, uma vez que estes valores são essenciais para que outras tarefas possam ser realizadas e para visualização por parte dos especialistas responsáveis pelas crianças.

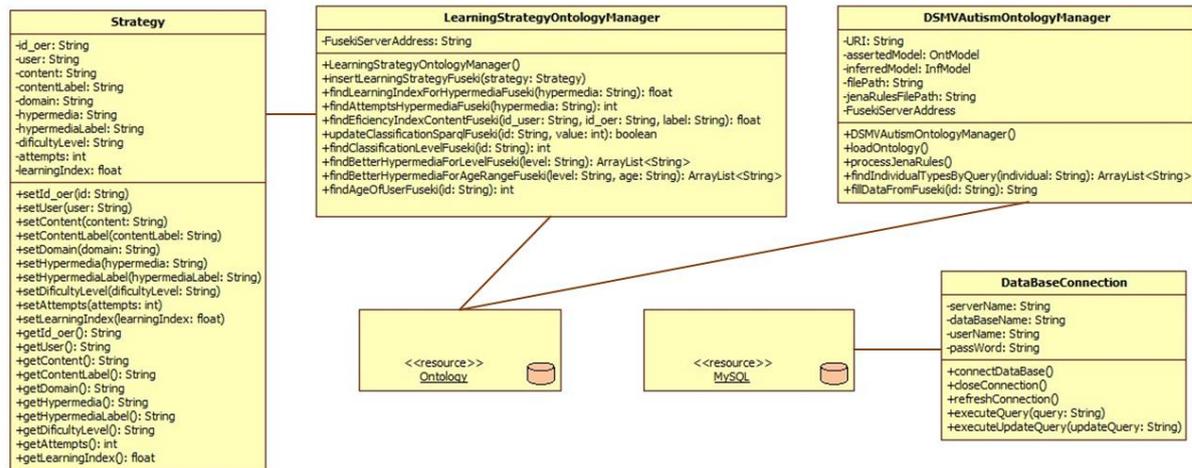
3.4.1.2 Modelo de Recursos e Objetos

Após a definição das tarefas, realizou-se a criação do Modelo de Recursos e Objetos, onde estão inseridos objetos e recursos utilizados pelo SMA. Neste modelo há quatro objetos e dois recursos. Três classes representam os objetos responsáveis pelo gerenciamento das informações das ontologias e da base de dados MySQL e uma quarta classe é responsável por representar a estratégia de transmissão de conteúdo. Os recursos são as bases de dados MySQL e as ontologias que são acessadas pelo SMA. A Figura 27 ilustra o Modelo de Recursos e Objetos.

A classe *Strategy* representa a estratégia de transmissão de conteúdo que será armazenada na ontologia de aplicação. Entre seus atributos, encontram-se o *id* do usuário, o do objeto de aprendizagem, o tipo de hipermissão utilizada na transmissão do conteúdo do OA, o nível de dificuldade desse conteúdo, quantidade de vezes que o usuário respondeu questões a partir da visualização por determinada hipermissão, a quantidade de acertos destas questões,

informações de *labels* da hipermídia e do OA e o índice de acerto das questões. As informações representadas nesta classe são repassadas pelos agentes para o objeto da classe *LearningStrategyOntologyManager* que, por sua vez, armazena o resultado na ontologia de aplicação.

Figura 27 - Modelo de Recursos e Objetos



A classe *LearningStrategyOntologyManager* é responsável por objetos que realizam a comunicação com a ontologia *LearningStrategy* que também é provida pela base de dados *Ontology*. Suas operações tratam diretamente de inserir, atualizar, deletar e buscar informações de estratégia dessa base de dados. Cada um de seus métodos possui consultas SPARQL pré-definidas que se adaptam somente aos parâmetros de entrada, como, por exemplo, uma consulta de classificação de um indivíduo a partir de seu *id*. Dessa forma, os agentes podem invocar seus métodos, podendo passar objetos *Strategy* para serem armazenados, ou então buscar informações de estratégias já armazenadas.

A classe *DSMVAutismOntologyManager* tem por objetivo disponibilizar objetos para comunicação com a ontologia *DSMVAutism* que está sendo provida pela base de dados *Ontology*. Além disso, ela mantém um modelo local da ontologia e também pode instanciar o modelo inferido da mesma. Entre seus métodos encontram-se operações que vão desde o preenchimento da ontologia local com dados autistas dos usuários, até o processamento de regras de inferência que permitem instanciar o modelo inferido com a classificação dos usuários inseridos neste modelo. Assim, agentes que desejem inserir informações ou requisitar informações da ontologia *DSMVAutism* devem fazê-lo por meio de objetos dessa classe.

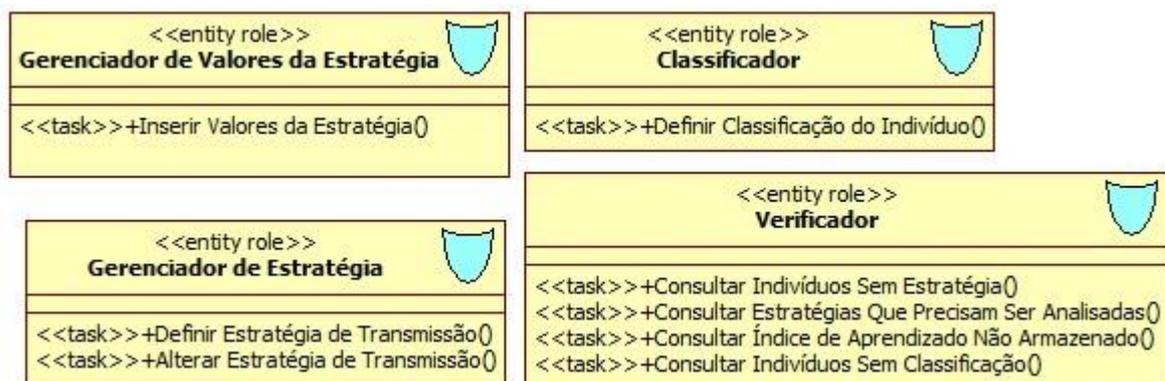
Há ainda a classe *DataBaseConnection*, que representa o objeto que se comunica com a base de dados MySQL. Este objeto mantém informações da localização da base de dados, tais como endereço, usuário de acesso, senha, entre outras. Seus métodos se referem ao estabelecimento da conexão, realização de consultas e recuperação de informações. Os agentes que necessitarem comunicar-se com a base de dados MySQL devem fazer uso de objetos dessa classe.

Por fim, os Recursos desse modelo tratam-se da base de dados MySQL e Ontology. A primeira contém as informações cadastrais dos usuários, apresentando dados como *login*, senha, nome, idade, se há classificação, dados das interações dos usuários com os objetos de aprendizagem, entre outros. O segundo recurso trata-se do servidor de ontologias Apache Jena Fuseki⁴. O mesmo é um servidor de dados RDF (*Resource Description Framework*) sobre HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) provido e mantido pela Apache (APACHE, 2017). Nele estão inseridas as ontologias *DSMVAutism* e *LearningStrategy*, as quais podem fornecer e receber informações via consultas SPARQL.

3.4.1.3 Modelo de Papéis

O próximo modelo definido na metodologia é o Modelo de Papéis. Este modelo consiste em definir quais papéis cada agente deverá realizar no sistema. Vale salientar que um único agente pode ser responsável por vários papéis em um SMA. Cada papel por sua vez pode conter diversas tarefas do Modelo de Tarefas. A Figura 28 ilustra o Modelo de Papéis definido para o SMA em questão.

Figura 28 - Modelo de Papéis



⁴ Mais informações em: https://jena.apache.org/documentation/serving_data/

A partir da Figura 28, pode-se verificar que o papel Verificador detém todas as tarefas relativas às consultas nas bases de dados. Desta forma, quando os demais agentes necessitam consultar informações nas bases de dados, devem se comunicar com o agente detentor do papel de Verificador. Para este papel definiu-se o Agente Verificador (AgV) como responsável pelas consultas.

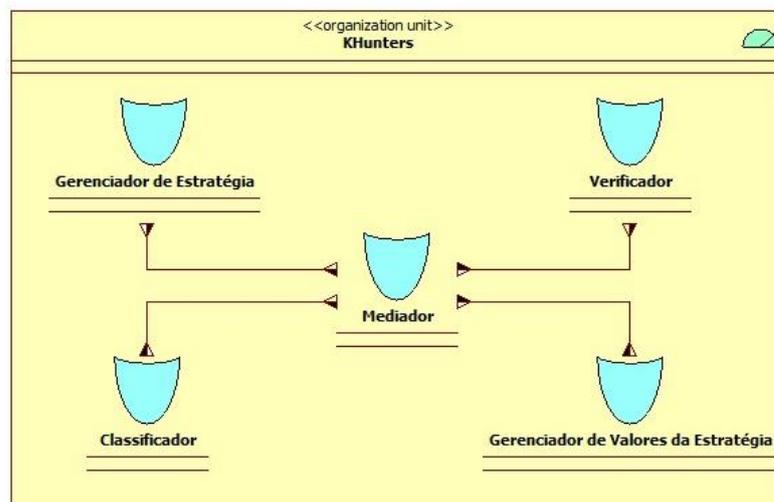
O papel Gerenciador de Estratégia possui as tarefas relativas à definição e alteração das estratégias de transmissão de conteúdo. Em outras palavras, o agente possuidor deste papel deve, para cada OA obtido pelos usuários, definir estratégias e alterar as estratégias de transmissão quando necessário. Para este, definiu-se o Agente Gerenciador de Estratégia (AgGE).

O papel Gerenciador de Valores da Estratégia detém uma única função, sendo esta a de inserir valores da estratégia na ontologia de tarefa. Para este papel definiu-se o Agente Gerenciador de Valores da Estratégia (AgGVE). O papel Classificador, por sua vez, realiza a tarefa de definir a classificação dos indivíduos não classificados (em relação às características autistas). O Agente Classificador (AgC) é responsável por este papel.

3.4.1.4 Modelo de Organização

Uma vez construído o Modelo de Papéis, deve-se então desenvolver o Modelo de Organização, sendo este uma descrição da estrutura organizacional dos papéis no sistema. Em outras palavras, este modelo demonstra o relacionamento entre os papéis. A Figura 29 mostra o Modelo de Organização correspondente aos papéis ilustrados na Figura 28.

Figura 29 - Modelo de Organização



A partir da Figura 29 pode-se notar que há um papel a mais, sendo este o Mediador. O Mediador permite que agentes se comuniquem sem a necessidade de inicialmente haver conhecimento de um agente sobre o outro. O mesmo não participa do Modelo de Papéis por não realizar nenhuma tarefa que compõe a finalidade principal do SMA. Sua importância reside no fato de que através dele os agentes podem conseguir informações a respeito dos serviços dos demais agentes e assim conseguem se comunicar. Em outras palavras, o Mediador trata-se de um intermediador permitindo que agentes insiram suas informações e pesquisem por informações de outros agentes. Esse papel é atribuído ao Agente DF (*Directory Facilitator*) (AgDF) disponibilizado pelo *framework* JENA conforme exigência da especificação FIPA (FIPA, 2017).

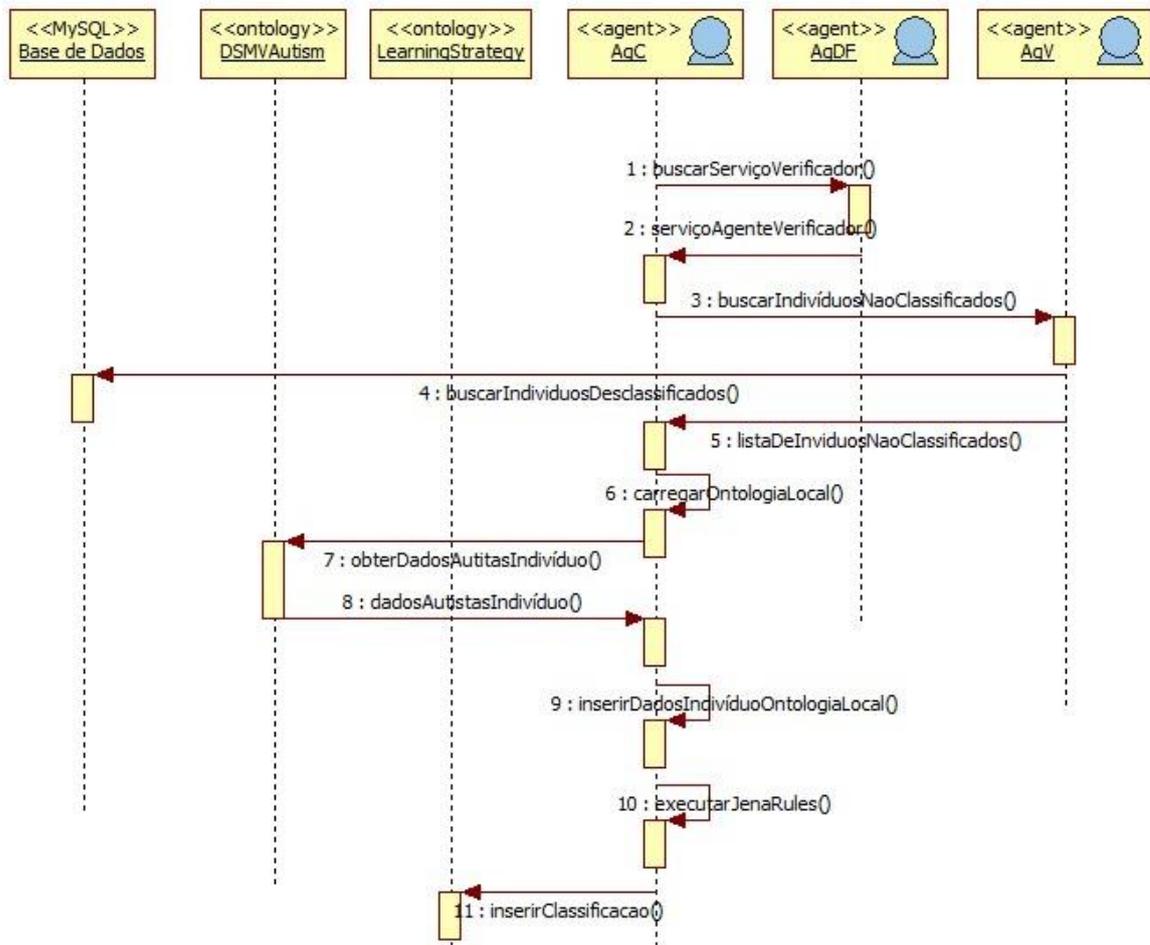
Para realizar as operações, os agentes necessitam de informações presentes nas bases de dados. Estas informações são acessadas pelo AgV. Então, para que cada agente possa executar suas tarefas, estes, por meio do Mediador, podem encontrar as informações sobre o AgV e então solicitar ao mesmo, dados necessários para finalização das tarefas. O AgV, por sua vez, comunica-se com as bases de dados e então retorna os dados solicitados.

3.4.1.5 Modelos de Interação

O próximo modelo segundo a metodologia é o Modelo de Interação que apresenta a visão do comportamento dinâmico do SMA. As interações no SMA em questão ocorrem dois a dois entre o AgV e os demais agentes. Portanto, serão demonstrados os Modelos de Interação para o agente AgV e os agentes que interagem com ele. A Figura 30 apresenta o Modelo de Interação entre os agentes AgC, AgV e AgDF.

Como pode ser visto na Figura 30, inicialmente o AgC consulta o AgDF sobre informações de agentes que forneçam o serviço de busca nas bases de dados. Então o AgDF retorna informações acerca do AgV. A partir de então, o AgC solicita junto ao AgV sobre os usuários cadastrados no jogo mas que ainda não foram classificados. Então, o AgV realiza uma consulta na base de dados MySQL verificando quais registros de usuários possuem o campo *classificado* com valor zero. Ressaltando que este campo funciona como *flag* para o SMA.

Figura 30 - Modelo de Interação AgC, AgV e AgDF



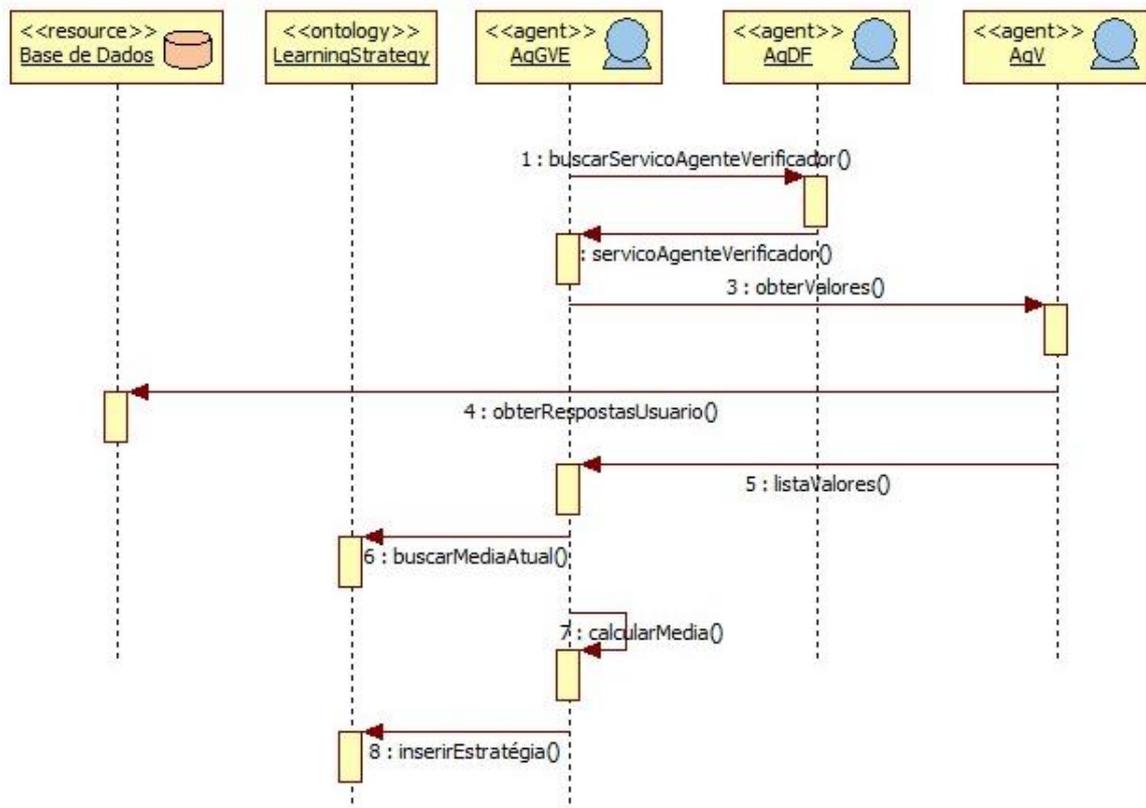
Em seguida, o AgV obtém o *id* dos usuários não classificados retornando-os para o AgC. De posse da lista de *id*'s, o AgC carrega um modelo local da ontologia de autismo e, para cada usuário, busca na ontologia *DSMVAutism*, presente no servidor de ontologias, os dados autistas do usuário em análise. Vale salientar que cada usuário cadastrado no sistema possui o mesmo *id* na base de dados MySQL, *DSMVAutism* e *LearningStrategy*. Deste modo é possível obter as informações de um usuário de qualquer uma destas bases a partir de seu *id*. Como próximo passo, o AgC insere os dados autistas na ontologia local e executa o *reasoner* para assim obter o modelo inferido da ontologia. A partir de então, o AgC busca o resultado da classificação do usuário neste modelo e o insere na ontologia *LearningStrategy* por meio da linguagem SPARQL. Esta informação fica armazenada na ontologia através da propriedade *hasClassification* (explanaada na subseção 3.3.2). A Tabela 2 demonstra os valores que representam cada uma das classificações definidas pelo AgC.

Tabela 2 - Relação Classificação Valor

Classificação	Valor
Nível 1	1
Nível 2	2
Nível 3	3
Classificação Desconhecida	4
Criança Sem Autismo	5

O Modelo de Interação a seguir demonstra as relações ocorrentes entre o AgGVE e o AgV. A troca de informações entre estes dois agentes visa manter a ontologia de aplicação atualizada quanto aos conteúdos visualizados pelo usuário, as respostas das questões destes conteúdos e outras informações. A Figura 31 ilustra o Modelo de Interação entre o AgGVE, AgV e AgDF.

Figura 31 - Modelo de Interação AgGVE, AgV e AgDF



O primeiro passo da interação consiste na consulta do AgGVE ao AgDF à procura de agentes que forneçam o serviço de busca nas bases de dados. Então o AgDF retorna as

informações sobre o AgV. A partir daí o AgGVE solicita ao AgV informações sobre questões respondidas pelo usuário que ainda não foram armazenadas na ontologia de tarefa. Então o AgV realiza uma consulta na base de dados MySQL buscando por questões respondidas pelo menos uma vez. Para todas as questões encontradas, o AgV monta um conjunto de dados retornando o *id* do usuário, o *id* do monstro associado ao conteúdo, o *id* do conteúdo, o valor da hipermissão utilizada na transmissão das informações, a quantidade de respostas e a quantidade de acertos. É importante ressaltar que as hipermissões são armazenadas na base de dados como valores. A Tabela 3 demonstra os valores que representam cada hipermissão.

Tabela 3 - Relação Hipermissão e Valor

Hipermissão	Valor
Texto	1
Imagem	2
Áudio	3
Vídeo	4
Slide	5
Outro	6

Com estes dados, o AgGVE busca, na ontologia de aplicação, se há médias de acerto das questões previamente armazenadas a partir da hipermissão utilizada. Ou seja, se a criança já havia respondido questões do conteúdo visualizado e se estes dados já haviam sido inseridos. O próximo passo consiste em calcular a nova média, realizando-se o processo de cálculo da média aritmética entre o valor atualmente armazenado e o valor recentemente obtido.

Em seguida o AgGVE busca, na base de dados de objetos de aprendizagem, o nível de dificuldade do conteúdo e o título do mesmo para os armazenar juntamente com os demais dados na ontologia. Vale ressaltar que o nível de dificuldade também é representado por valores numéricos. Estes valores são relacionados aos níveis definidos no padrão REA. A Tabela 4 ilustra a relação dificuldade e valor.

Tabela 4 - Relação Dificuldade e Valor

Dificuldade	Valor
Muito Fácil	1
Fácil	2
Mediano	3
Difícil	4
Muito Difícil	5

Então o AgGVE insere no servidor de ontologias via comandos SPARQL, precisamente na ontologia de aplicação *LearningStrategy*, as informações da estratégia, no seguinte formato de triplas RDF (o formato de armazenamento nas ontologias é explicado na seção 3.3):

- *id_usuario -> hasAccess -> id_usuario_id_conteudo*: A concatenação do *id* do usuário com o *id* do conteúdo possibilita que cada conteúdo acessado pelo usuário possua uma URI (*Unified Resource Identifier*) única na ontologia de aplicação, permitindo assim que a ontologia armazene para todos os usuários seus conteúdos acessados em indivíduos únicos. Deste modo pode-se armazenar a informação “*usuário-> tem acessado->conteúdo*”;
- *id_usuario_id_conteudo -> hasDifficulty -> x*: Este trecho indica o armazenamento dos dados “*conteúdo-tem dificuldade->valor*”. *x* é um número que indica o nível de dificuldade do conteúdo;
- *id_usuario_id_conteudo -> isTransmitted -> id_usuario_id_conteudo_y*: a concatenação do *id* do usuário, *id* do conteúdo e a o valor da hiperímia (*y* indica este valor) possibilita a definição de URIs únicas para as hiperímias associadas a cada conteúdo. Em outras palavras, armazena-se os dados “*conteúdo->é transmitido->hiperímia*”;
- *id_usuario_id_conteudo -> label -> título do conteúdo*: Esta informação visa associar a cada indivíduo que representa um conteúdo a informação de título do mesmo. Assim, quando ocorrerem consultas sobre estes indivíduos, pode-se recuperar esta *label* para facilitar a identificação do conteúdo. Como exemplo pode-se armazenar: *IndivíduoConteúdo -> label -> “Vogais”* ;
- *id_usuario_id_conteudo_y -> presentsLearningIndex -> z*: Estas triplas representam a informação “*conteúdo->apresentou índice de apreziado->valor*”. *z* indica o valor da

média calculado pelo AgGVE alcançada a partir da visualização por determinada hipermissão.;

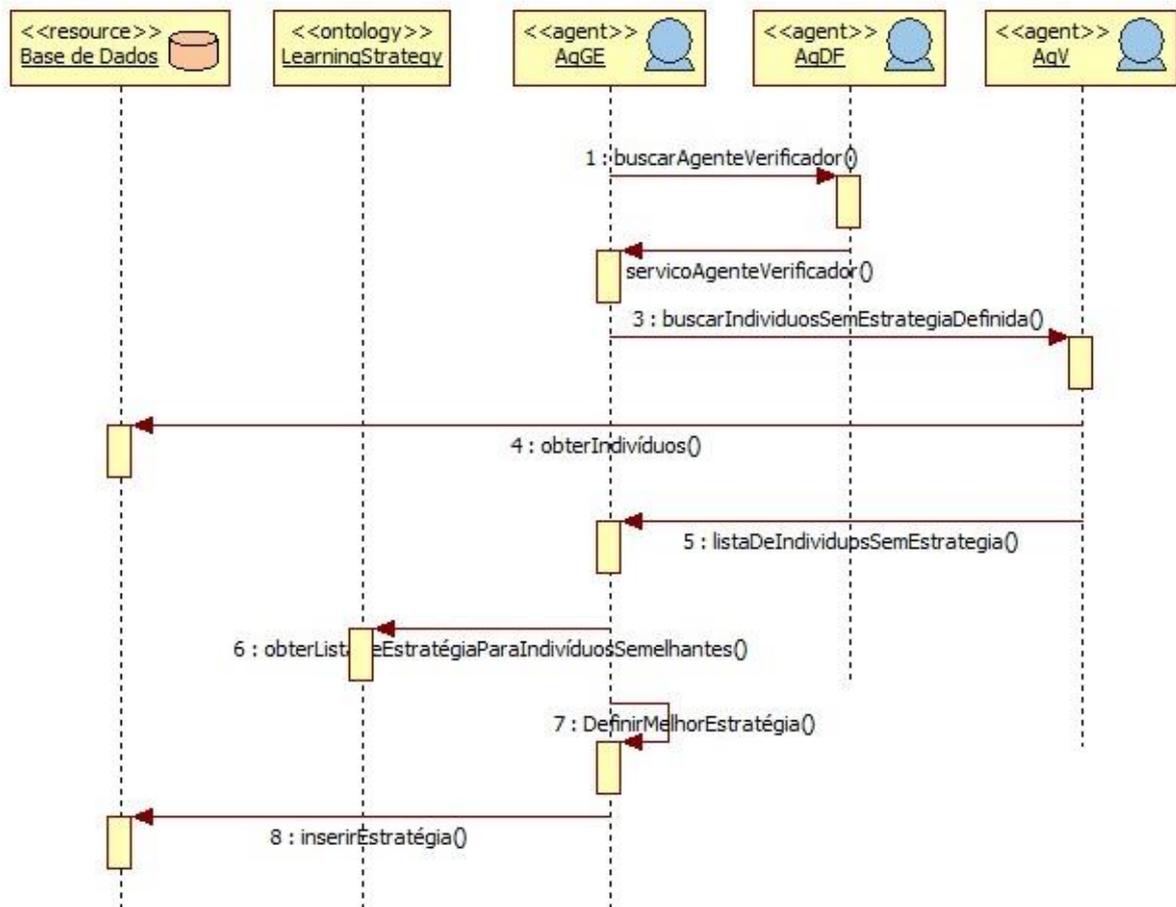
- *id_usuario_id_conteudo_y* -> *label* -> tipo de hipermissão: Esta *label* possibilita associar a representação textual da hipermissão ao indivíduo que o representa na ontologia. Desde modo é possível conhecer textualmente se a hipermissão é do tipo vídeo, texto ou outro.

No final, o usuário, o conteúdo acessado, o nível de dificuldade do conteúdo, a hipermissão utilizada para transmissão e o índice de acertos das questões a partir da visualização da hipermissão em questão, estarão armazenados na ontologia. Deste modo, o SMA pode analisar estes dados na busca de estratégias adequadas para cada perfil de usuário para os demais jogadores. É importante ressaltar que, cada vez que o AgGVE insere informações na ontologia de aplicação, este incrementa uma unidade de valor no campo *armazenado* e, quando o valor de *armazenado* é igual a três, este agente atribui um valor na base de dados no campo *analisar*. Este valor indica que esta estratégia precisa ser analisada e este campo é utilizado pelo AgGE durante a análise das estratégias.

Na sequência serão apresentados dois Modelo de Interação entre o AgGE, o AgV e o AgDF. Para estes agentes, há duas situações distintas, sendo uma delas sobre a definição da estratégia de transmissão dos conteúdos para monstros recém capturados e a segunda sobre a análise de estratégias já adotadas e sua eficiência em relação ao índice de acerto das questões. A Figura 32 ilustra a primeira situação.

Como pode ser visto na Figura 32, primeiramente o AgGE solicita ao AgDF sobre informações acerca de agentes que detêm o serviço de busca. Então o AgDF retorna as informações do AgV dando início ao processo de definição de estratégia. Para esta atividade o AgGE faz uma requisição ao AgV sobre monstros capturados que não tem estratégia definida. Ou seja, monstros cuja hipermissão de transmissão associada ao conteúdo não foi definida. A partir de então o AgV busca na base de dados MySQL por monstros capturados cujo campo *hipermissão* apresenta valor zero, de modo que este campo funciona como *flag* para o SMA. Este valor indica que a hipermissão não foi definida pelo SMA. Após a consulta, o AgV monta uma lista de dados repassando para o AgGE o *id* do usuário e o *id* do monstro capturado para todos os registros da tabela *monstros capturados* sem hipermissão definida.

Figura 32 - Modelo de Interação AgGE, AgV e AgDF para situação 1



Em seguida o AgGE busca definir, para cada monstro capturado, a melhor hipermissão de transmissão. Para isso o mesmo busca na ontologia de estratégia a classificação do usuário detentor do monstro. A classificação é armazenada nesta ontologia na forma numérica, sendo cada nível relacionado a um valor (conforme a Tabela 2).

Uma vez obtida a classificação, o AgGE busca, na ontologia de aplicação, as hipermissões que apresentam rendimento de acerto das questões de no mínimo 50% para usuários que possuem a mesma classificação do usuário em análise. Ou seja, busca-se por hipermissões que possibilitam o acerto de pelo menos metade das questões respondidas. Quando o usuário está classificado como *Desconhecido* ou *Sem autismo*, então o AgGE realiza a busca considerando a idade do mesmo.

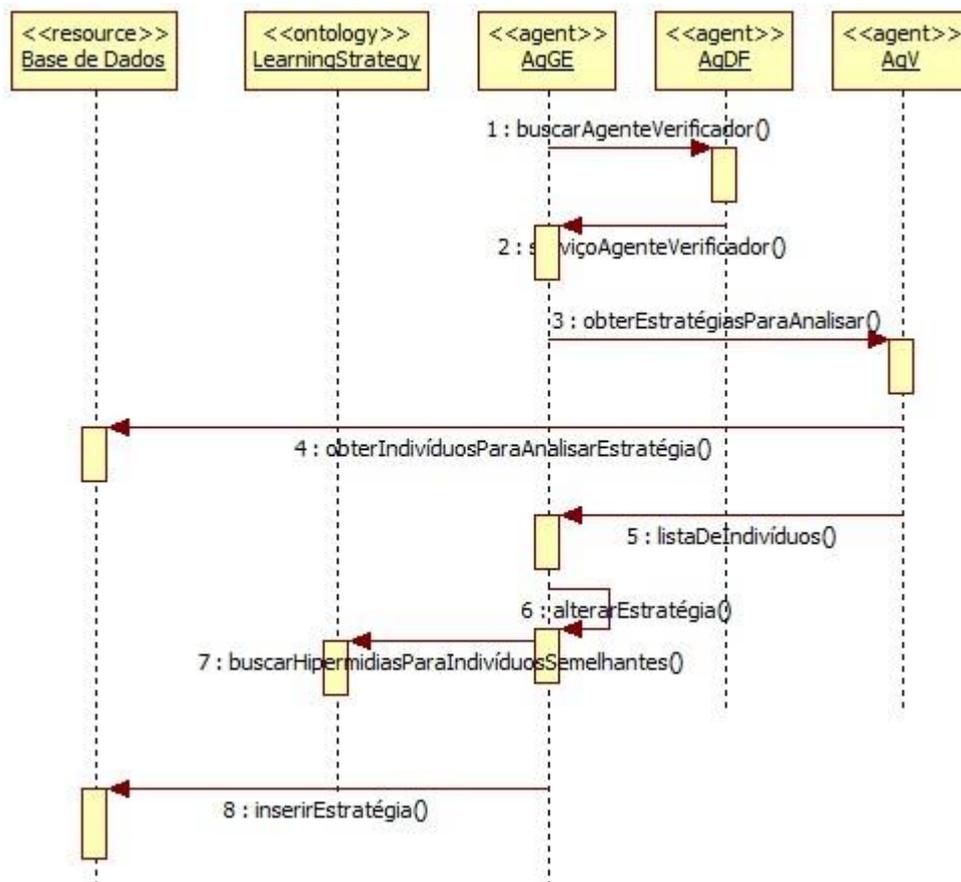
Segundo Jean Piaget (1986-1980) *apud* Rodrigues e Melchior (2014), o desenvolvimento mental está associado ao crescimento físico, onde seres com idade semelhante possuem desenvolvimento cognitivo semelhante. Portanto, optou-se na busca pela idade para usuários não autistas ou que não possuem classificação. Neste caso o sistema considera a diferença de idade de um ano na busca. Em outras palavras, a busca é realizada

em usuários que possuem um ano a menos, a mesma idade, e um ano a mais da idade do usuário em análise.

De posse da lista de hiperlinks, o AgGE tenta atribuir primeiramente a mais contabilizada. Em outros termos, esse agente tentará atribuir a hiperlink mais utilizada nos usuários semelhantes. O mesmo verifica se o objeto de aprendizagem relacionado ao monstro capturado possui em seus arquivos o formato hiperlink escolhido. Caso positivo, o valor numérico deste formato é atribuído pelo AgGE ao campo *hiperlink*. Caso negativo, esse agente tentará atribuir a segunda hiperlink mais utilizada. O processo continua até que a hiperlink seja definida ou que não haja mais hiperlinks para serem testadas. Neste último caso, a hiperlink do arquivo padrão do OA é definida como hiperlink principal.

O segundo caso acontece quando o AgGE precisa analisar as estratégias previamente definidas quanto ao rendimento de acerto das questões por parte dos usuários. A Figura 33 ilustra o Modelo de Interação entre o AgGE, AgV e AgDF durante a ocorrência desta situação.

Figura 33 - Modelo de Interação AgGE, AgV e AgDF na situação 2



Semelhante aos demais agentes, o primeiro passo da interação consiste na busca ao AgDF por informações sobre o AgV. De posse das informações, o AgGE solicita junto ao AgV sobre estratégias que precisam ser analisadas. Então o AgV consulta a base de dados MySQL analisando, na tabela monstros capturados, o campo *analisar*. Caso o valor desse campo seja um, isto indica que o usuário já respondeu pelo menos três vezes questões relacionadas ao objeto de aprendizagem do monstro capturado e é preciso analisar se os valores de acerto estão acima de 50%.

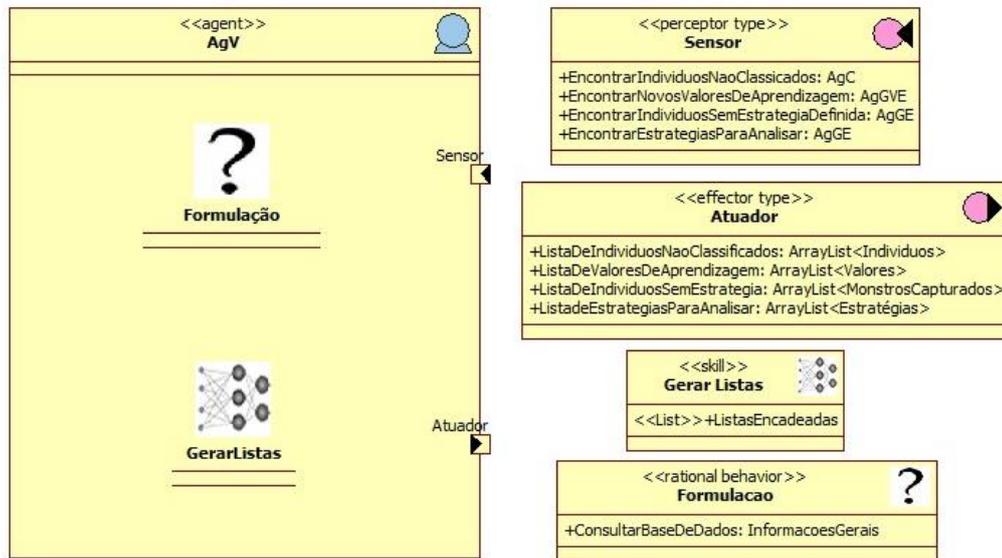
Então, neste momento o AgV retorna para o AgGE um conjunto de dados contendo o *id* do usuário, o *id* do objeto de aprendizagem, o *id* do monstro capturado cuja estratégia precisa ser analisada e a hipermissão atualmente utilizada para transmitir os conteúdos. Com estes dados, o AgGE verifica primeiramente na ontologia de aplicação a média de acerto das questões a partir da hipermissão atual. Caso o valor esteja abaixo de 50%, então é necessário definir outra hipermissão para transmitir o conteúdo. Para isso, o AgGE busca no objeto de aprendizagem as hipermissões dos arquivos armazenando-os em uma lista. Em seguida, este agente busca, na ontologia de aplicação, a classificação do usuário. A partir daí o processo se assemelha à etapa de definir estratégia vista anteriormente. O AgGE busca as hipermissões utilizadas em usuários semelhantes, tentando atribuir a hipermissão mais utilizada. Então é verificado se esta hipermissão é diferente da atualmente utilizada ou se a mesma foi previamente utilizada e não obteve índices satisfatórios. O processo é realizado até que uma hipermissão seja atribuída ou que não haja mais hipermissões dos usuários semelhantes a serem testadas. Neste caso, o AgGE atribui aleatoriamente uma hipermissão.

Vale salientar que todos os agentes, exceto o AgV, possuem comportamento cíclico. Ou seja, periodicamente os mesmos refazem estes processos: busca de usuários não classificados; busca de valores de respostas das questões não armazenadas; busca de monstros capturados cujo conteúdo não possui hipermissão definida; busca de monstros capturados cuja estratégia de transmissão de conteúdo necessita de análise.

3.4.1.6 Modelos de Agentes

Nesta subseção serão demonstrados os modelos de agentes para o SMA desenvolvido. Em suma, cada agente apresenta em seu modelo a descrição de sensores, atuadores, habilidades (*skills*) e comportamento. A Figura 34 apresenta o modelo de agente do AgV.

Figura 34 - Modelo de Agente AgV



O sensor apresenta as condições de ativação do agente. No caso do AgV, sua ativação se dá a partir de mensagens recebidas dos demais agentes, solicitando por informações presentes nas bases de dados. Estas mensagens são: *EncontrarIndividuosNaoClassificados* vindas do AgC; *EncontrarNovosValoresDeAprendizagem* vindas do AgGVE; *EncontrarIndividuosSemEstrategia* vindas do AgGE; *EncontrarEstrategiasParaAnalisar* vindas do AgGE.

A partir destas mensagens, o AgV realiza o que está em sua formulação, consultando as bases de dados acerca das informações requisitadas pelos agentes. Como habilidade, o mesmo gera listas encadeadas com estas informações. Ao final, este agente atua no ambiente enviando a lista de informações para o agente que ativou o processamento, sendo estas listas: *ListaDeIndividuosNaoClassificados* para o AgC; *ListaDeValoresDeAprendizagem* para o AgGVE; *ListaDeIndividuosSemEstrategia* para o AgGE; *ListaDeEstrategiasParaAnalisar* para o AgGE. O próximo Modelo de Agente contempla o AgC e suas capacidades. A Figura 35 ilustra este modelo.

A ativação dos processos deste agente ocorre quando o mesmo percebe, a partir de seu sensor, que há mensagens vindas do AgV (*ListaDeUsuiosNaoClassificados*). Estas mensagens contêm a lista de usuários não classificados que foram previamente requisitados. Então, como comportamento racional, o AgC busca, para cada indivíduo, as características autistas na ontologia de autismo (*ConsultarBaseDeCaracterísticasAutistas*). Na sequência, utiliza sua habilidade de classificar estes indivíduos, executando o reasoner (*ExecutarRegrasDeClassificação*). Então, atua no ambiente, por meio de seu atuador,

atualizando a classificação dos indivíduos na ontologia de aplicação (*UsuariosClassificados*). O próximo modelo demonstra as características inerentes ao AgGVE, conforme ilustrado na Figura 36.

Figura 35 - Modelo de Agente AgC

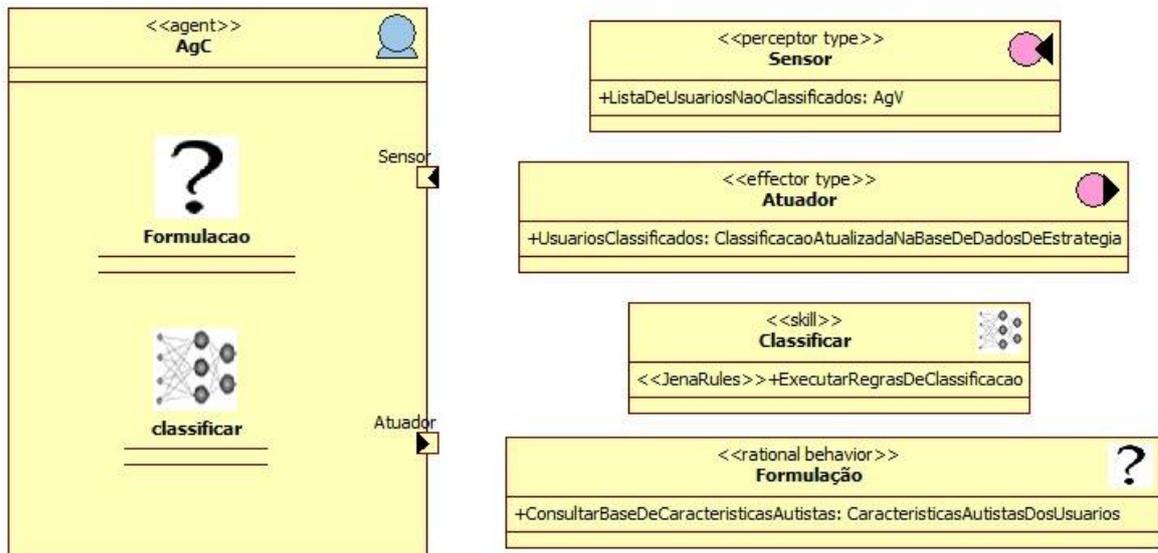
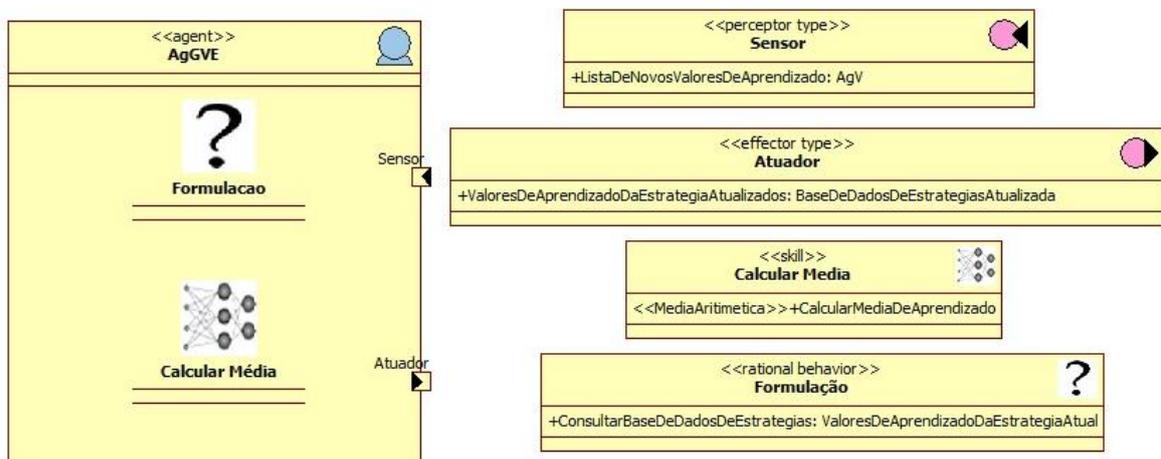


Figura 36 - Modelo de Agente AgGVE

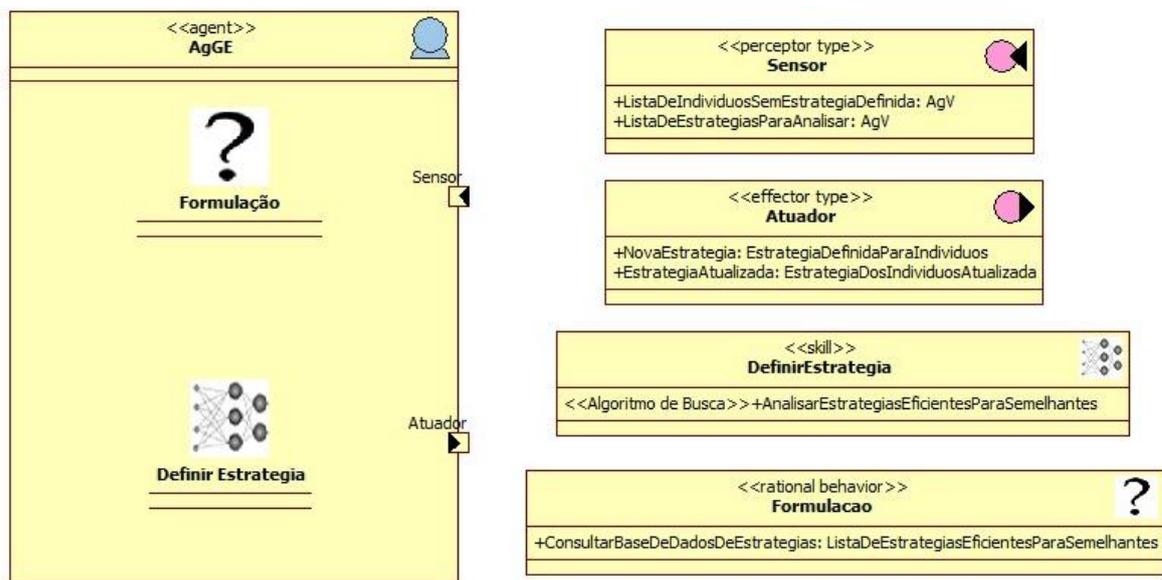


De acordo com a Figura 36, verifica-se que este agente percebe em seu sensor mensagens recebidas do AgV. Neste caso a mensagem trata-se de um conjunto de dados de valores de questões respondidas e seus índices de acertos para serem armazenadas na ontologia de aplicação (*ListaDeNovosValoresDeAprendizado*). Como comportamento, o AgGVE busca a média atual de acerto das questões (*ConsultarBaseDeDadosDeEstratégias*) para, em seguida, calcular a nova média de aprendizado. O cálculo da nova média trata-se da

média aritmética com a média atual e o novo índice de acerto (*MédiaAritimética*). O atuador, no ambiente deste agente, atualiza os valores da estratégia inserido a nova média do usuário na ontologia de aplicação (*ValoreDeAprendizadoDaEstratégiaAtualizados*).

O próximo modelo exprime as peculiaridades do AgGE nas duas situações, ou seja, na situação onde este é responsável por definir estratégias e na situação onde é responsável por analisar as estratégias em uso. A Figura 37 apresenta o Modelo de Agente deste agente.

Figura 37 - Modelo de Agente AgGE



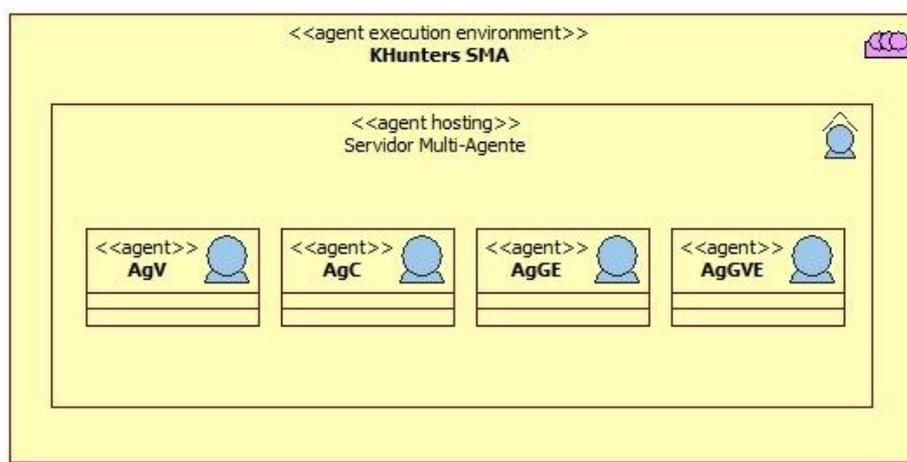
O sensor de ativação deste agente apresenta dois casos. O primeiro deles ocorre quando o AgV envia uma mensagem com dados de indivíduos que não possuem estratégia de transmissão de conteúdo definida, representado por *ListaDeIndividuosSemEstrategiaDefinida*. O segundo caso ocorre quando o AgV envia dados sobre estratégias que precisam ser analisadas, representado por *ListaDeEstrategiasParaAnalisar*.

Nos dois casos, o comportamento do agente é de buscar estratégias utilizadas em indivíduos semelhantes, representado por *ConsultarBaseDeDadosDeEstrategias*. Na primeira situação, ele tentará atribuir esta estratégia caso o objeto de aprendizagem relacionado possua a hipermídia da estratégia. No segundo caso, há uma verificação prévia, analisando se a hipermídia não foi previamente utilizada, representado para os dois casos por *Algoritmo de Busca*. A atuação no ambiente ocorre quando o agente define a estratégia para os indivíduos (ilustrada por *NovaEstrategia*) ou atualiza uma estratégia já utilizada, demonstrada por *EstrategiaAtualizada*.

3.4.1.7 Modelo de Projeto

Este modelo trata de demonstrar os elementos relativos à implantação do SMA no ambiente de execução. Seu objetivo é facilitar o entendimento da infraestrutura que dá suporte ao SMA. A Figura 38 ilustra o Modelo de Projeto e como os agentes estão organizados neste modelo.

Figura 38 - Modelo de Projeto do SMA



É possível notar, na Figura 38, que todos os agentes executam no mesmo ambiente e no mesmo servidor. O servidor de agentes é o *framework* JADE, que fornece todo o suporte para execução, comunicação e controle destes. Este *framework* executa em um único servidor, não precisando enviar requisições externas para outros. Em outras palavras, toda comunicação e troca de informação entre eles ocorre em um mesmo ambiente, onde através do JADE os agentes podem realizar todas as suas operações.

A próxima seção apresenta a descrição de um componente essencial no funcionamento da aplicação *K-Hunters*. Este componente é o *site* de gerenciamento onde os dados dos usuários, dos monstros e objetos de aprendizagem podem ser inseridos. Além disso, é através deste recurso que os especialistas podem realizar o acompanhamento do desempenho das crianças.

3.5 SITE DO PROJETO

O projeto *Knowledgemon Hunters* possui um *site* de divulgação, cuja finalidade é propagar o projeto. Neste *site* são apresentados a equipe participante, serviços prestados, o

contato dos pesquisadores, entre outras funcionalidades. A partir deste *site*, o usuário pode ser redirecionado para o módulo on-line de cadastro e gerenciamento das crianças por parte dos especialistas. As páginas foram desenvolvidas a partir das seguintes linguagens e tecnologias: HTML, JavaScript, PHP e CSS. Para realização da comunicação com o servidor de ontologia FUSEKI, utilizou-se a API BorderCloud, sendo esta uma biblioteca para comunicação via SPARQL (BORDERCLOUD, 2017). A Figura 39 apresenta parte do *website* desenvolvido para divulgação.

Figura 39 - *Site* de divulgação do projeto



A partir do módulo de cadastro e gerenciamento, os especialistas podem cadastrar novos usuários para o jogo; cadastrar objetos de aprendizagem; gerenciar crianças; gerenciar objetos de aprendizagem e acompanhar estatísticas gerais do uso do jogo. Na opção *cadastrar objetos de aprendizagem*, é solicitado ao especialista para preencher informações sobre o OA que o mesmo deseja inserir no sistema. Entre estas informações, deve-se inserir título, subtítulo, conteúdo, descrição, autor, área de conhecimento, nível de dificuldade (como mostra a Tabela 4), sendo solicitado também a inserção de, no mínimo, dois e, no máximo, seis arquivos que compõem o OA, o modelo do monstro relacionado e a localização deste monstro. A Figura 40 ilustra a página desenvolvida para execução desta atividade.

Na opção *cadastrar novos usuários*, o especialista pode criar um *login*, senha, inserir o nome da criança, idade, sexo e gênero. Ainda neste espaço, o mesmo deve colocar a classificação da criança (como apresentado na Tabela 2). Caso a classificação seja desconhecida, o especialista tem a opção de inserir as características autistas da criança, seguindo o Manual Diagnóstico e Estatístico. Neste caso, a responsabilidade de classificação é atribuída ao SMA. A Figura 41 ilustra parte da página de cadastro dos usuários do jogo.

Figura 40 - Página de cadastro do Objeto de Aprendizagem

Dados do Objeto de Aprendizagem

Título:

Subtítulo:

Autor:

Propriedades do Objeto de Aprendizagem

Conteúdo:

Descrição:

Área de Conhecimento:

Nível de dificuldade:

Arquivos do Objeto de Aprendizagem (Mínimo 2)

Atenção! Arquivos de Vídeo devem ser inseridos preferencialmente em formato MP4!

Atenção! Arquivos de Áudio devem ser inseridos preferencialmente em formato MP3!

Atenção! Arquivos de Imagem devem ser inseridos preferencialmente em formato JPEG ou PNG!

Arquivo Principal: Nenhum arquivo selecionado
Vídeo:

Arquivo Secundário: Nenhum arquivo selecionado
Imagem:

Arquivo Secundário: Nenhum arquivo selecionado
Áudio:

Monstro relativo ao Objeto de Aprendizagem

Monstro:



Mapa - Selecione o Local do Monstro



Figura 41 - Página de Cadastro do Usuário

Dados Pessoais

Nome:
Digite seu nome completo.

Login:
Não deve conter caracteres especiais, acentos ou espaços (ex: ful@nô ãiño).

Idade:
Insira a idade em anos.

Gênero:

Senha:
Digite sua senha.

Confirmar senha:
Confirme a senha anterior.

Dados Autistas

*Atenção! As informações inseridas a seguir devem seguir as descrições do manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais (dsm-v)

Nível de Autismo:

*Atenção! Preencha o dados a seguir se a criança possuir autismo, indicando quais definições a criança tem e seu nível de intensidade:

Definição A-1

- A-1 -> Baixa Intensidade
- A-1 -> Média Intensidade
- A-1 -> Alta Intensidade

Na opção *Gerenciar Objetos de Aprendizagem*, o especialista pode alterar as informações de OAs que o mesmo cadastrou. Pode também alterar todas as informações previamente inseridas, bem como modificar a localização do monstro e remover arquivos inseridos e/ou inserir novos arquivos. Além disso, é possível cadastrar questões nos OAs, que serão exibidas no jogo, bem como alterar questões previamente cadastradas.

Outra funcionalidade importante nesta etapa é a capacidade que o especialista tem de definir manualmente qual hipermissão deve ser utilizada para transmitir o conteúdo do OA. Neste caso, a lista de hipermissões pertencentes ao OA é exibida, tendo o especialista a possibilidade de escolher a hipermissão que ele achar mais adequada para transmissão daquele conteúdo. É importante dizer que as hipermissões só serão alteradas para as crianças sob a responsabilidade do especialista que a cadastrou. Em outros termos, quando o especialista define manualmente uma hipermissão, todas as crianças sob sua responsabilidade que capturaram o monstro relativo ao objeto de aprendizagem terão a hipermissão de seu monstro alterada.

Esta funcionalidade foi inserida considerando a peculiaridade de cada criança e a importância do acompanhamento do especialista no desenvolvimento da mesma. Desta forma, torna-se mais adequado que o especialista tenha mais controle sobre a forma de transmissão de conteúdo, uma vez que o SMA pode não definir a melhor hipermissão para determinados usuários. A Figura 42 ilustra a página com a lista de OAs fictícios cadastrados por um especialista fictício e as operações que o mesmo pode realizar em cada OA.

Figura 42 - Lista de OAs cadastros por um Especialista

Lista de Objetos de Aprendizagem					
ID	TÍTULO	SUBTÍTULO	AUTOR	CONTEÚDO	OPERAÇÃO
1	Saxofone	Saxofone	root	Música de Saxofone	 Alterar Objeto de Aprendizagem  Inserir Pergunta Neste Objeto de Aprendizagem  Listar Perguntas Deste Objeto de Aprendizagem  Definir Hipermissão
2	Título	Subtítulo	autor	conteudo	 Alterar Objeto de Aprendizagem  Inserir Pergunta Neste Objeto de Aprendizagem  Listar Perguntas Deste Objeto de Aprendizagem  Definir Hipermissão
3	OA Teste	OA Teste	root	Este OA é um Teste	 Alterar Objeto de Aprendizagem  Inserir Pergunta Neste Objeto de Aprendizagem  Listar Perguntas Deste Objeto de Aprendizagem  Definir Hipermissão
4	Teorema de Pitágoras	Teorema de Pitágoras	root	Teorema de Pitágoras	 Alterar Objeto de Aprendizagem  Inserir Pergunta Neste Objeto de Aprendizagem  Listar Perguntas Deste Objeto de Aprendizagem  Definir Hipermissão

Na opção *gerenciar usuários cadastrados*, o especialista tem a possibilidade de alterar as informações e os usuários cadastrados por este. Neste momento, a lista de usuários e opções são apresentadas. Entre estas opções encontram-se: alterar dados cadastrais, remover

usuário e acompanhar a evolução no jogo. Na operação de alteração, é possível modificar os dados pessoais (nome, idade, sexo, *login*, senha) e os dados autistas das crianças. Quando o especialista opta por excluir a conta, todas as informações do usuário são removidas das bases de dados. Na opção acompanhar aprendizagem, o especialista pode verificar os monstros capturados pela criança bem como verificar os índices de acerto das questões dos conteúdos. A Figura 43 ilustra a página de acompanhamento da aprendizagem.

Figura 43 - Página de Acompanhamento Individual de Usuário

Dados Pessoais								
ID	NOME	SEXO	IDADE	NÍVEL DE AUTISMO				
1	Salatêl Dantas Silva	M	25	Nível 1 - Exigindo apoio				
Dados de Aprendizagem								
ID	CONTEÚDO	DOMÍNIO	NÍVEL DE DIFICULDADE	HIPERMÍDIA	TENTATIVAS	ÍNDICE DE ACERTO		
1	Musica de Saxofone	Artes	Muito Fácil	Video	4	8.75		
Conteúdos Capturados								
ID	TÍTULO	SUBTÍTULO	CONTEÚDO	DOMÍNIO	DESCRIÇÃO	TIPO	HIPERMÍDIA ATUAL	OPERAÇÃO
1	OA Teste	OA Teste	Este OA é um Teste	Artes	Este OA é um Teste	Leão	Texto	Alterar Hiperímia
2	Teorema de Pitágoras	Teorema de Pitágoras	Teorema de Pitágoras	Matemática	Olá, sou um monstinho e tenho conhecimentos sobre o teorema de pitágoras!	Flor	Video	Alterar Hiperímia

A partir da Figura 43 pode-se perceber que na parte superior são demonstradas as informações da criança (nesta figura é apresentado um usuário fictício). Logo abaixo, são demonstrados os índices de acertos das questões para determinado conteúdo. Neste campo aparece o conteúdo, seu domínio, nível de dificuldade, a hiperímia utilizada para transmissão e o conteúdo antes do questionário, a quantidade de tentativas e o índice de acerto. Estas informações podem ser utilizadas pelos especialistas para acompanhamento do aprendizado da criança, para possíveis análises de desempenho.

Ainda na Figura 43, logo abaixo, são apresentados os conteúdos capturados. Nestes conteúdos, é possível ver o título, o subtítulo, o conteúdo, o domínio, a descrição, o monstro relacionado, a hiperímia atualmente utilizada para transmissão e as operações que podem ser realizadas sobre o OA. É importante notar que há, no campo OPERAÇÃO, a opção *Alterar Hiperímia*. Esta opção dá o controle ao especialista para definir, para a criança em questão, qual hiperímia deve ser utilizada para transmitir o conteúdo do OA do monstro capturado. Deste modo, o especialista pode intervir na definição da estratégia, não dependendo somente do SMA.

Por fim, a opção *estatísticas* traz consigo estatísticas gerais de uso do jogo por todos os jogadores. Nesta página são apresentadas:

- O uso das hipermídias por cada um dos níveis;
- Hipermídias que apresentaram os maiores índices de aprendizagem;
- Média de aprendizagem por hipermídia;
- Média de aprendizagem por sexo;
- Utilização das hipermídias por sexo; e
- Média de aprendizagem por domínio.

O objetivo desta interface é permitir aos especialistas tomarem conhecimento dos dados de uso das crianças com TEA sobre o jogo. Além disso, os mesmos podem utilizar as informações para tomar ações sobre a alteração das hipermídias para as crianças, bem como modificar os objetos de aprendizagem, entre outras possibilidades.

3.6 JOGOS COMPLEMENTARES

Complementarmente ao jogo *K-Hunters*, desenvolveu-se dois jogos que trabalham em conjunto com o mesmo. Estes jogos fazem uso de tecnologias como Realidade Aumentada e Realidade Virtual para dispor de ambientes imersivos e interativos. As próximas subseções demonstram as aplicações denominadas *K-Hunter Immersive* e *K-Hunters Find*.

3.6.1 *K-Hunters Immersive*

Este jogo trata-se de um ambiente virtual e imersivo onde o usuário pode interagir com os conteúdos dos monstros capturados. A aplicação foi desenvolvida utilizando-se a API *Google VR SDK*, sendo este um *framework* com integração ao Unity. O mesmo permite a construção de aplicações em realidade virtual compatíveis com os dispositivos CardBoard e DayDream (GOOGLE VR, 2017). Para inserção no ambiente, é necessário utilizar o dispositivo Google Cardboard. Este é um óculos de Realidade Virtual de baixo custo desenvolvido pela Google (CARDBOARD, 2017). A Figura 44 ilustra este dispositivo.

Após efetuar o *login* no jogo, o usuário é inserido em um ambiente imersivo, acima de uma pequena ponte de madeira. Ao seu redor, são apresentados dois quadros estando um à sua esquerda, outro à sua direita. Por trás do usuário encontra-se um painel contendo os monstros

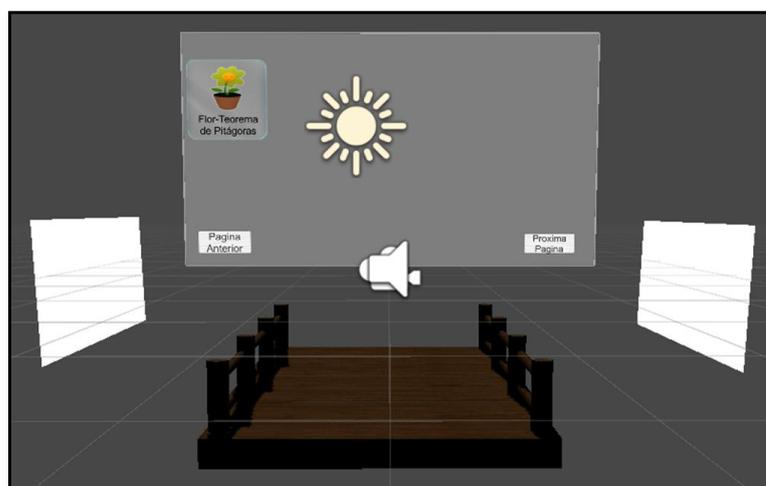
que o mesmo capturou. À sua frente será exibido o monstro que o mesmo escolheu no painel para interagir. A Figura 45 apresenta o ambiente virtual no Unity onde o usuário é inserido.

Figura 44 - Óculos de Realidade Virtual Google Cardboard



Fonte: (CARDBOARD, 2017)

Figura 45 - Ambiente Virtual e Imersivo



É importante dizer que no painel dos monstros só aparecem aqueles cujo objeto de aprendizagem contém arquivos de vídeo, áudio e imagem. Esta limitação dá-se pelo motivo de que o ambiente foi preparado para execução desses três tipos de arquivos. Os vídeos e imagens são exibidos nos quadros laterais, já o áudio é executado a partir do monstro que é exibido no ambiente virtual.

Durante a execução, o jogo projeta duas imagens na tela do *smartphone*. Por meio do giroscópio presente no celular, o usuário ao mover a cabeça e com o óculos, move também a câmera presente na cena. Este fator permite ao usuário experimentar a sensação de estar presente no ambiente virtual. Através do botão do dispositivo Cardboard, em sua parte

superior, o usuário pode interagir com o ambiente. Para isso o mesmo deve posicionar a cabeça apontando para o objeto ao qual deseja interagir e utilizar o clique do botão.

Para iniciar o processo de visualização dos conteúdos, primeiramente o usuário deve selecionar o monstro com o qual deseja interagir. Ao apontar sua cabeça para o monstro, no painel de monstros, basta clicar no botão do Cardboard para que os conteúdos deste monstro sejam buscados na base de dados e exibidos na cena. A Figura 46 ilustra o momento de seleção do monstro virtual.

Figura 46 - Seleção do Monstro no painel de Monstros do Ambiente Virtual



É possível notar, na Figura 46, que há um círculo vermelho na imagem. Este círculo faz parte do componente de RV da API e fica centralizado na tela. O mesmo é um indicador de interação com os objetos para que o usuário saiba onde o ponto de interação está. Ou seja, quando esse elemento está na mesma direção dos objetos, é possível realizar interações por meio do botão. É importante ressaltar que o painel de monstros apresenta ainda dois botões, sendo estes *Página Anterior* e *Próxima Página*. Os mesmos objetivam atualizar a lista de monstros buscando pelos demais monstros capturados para serem exibidos no painel.

Após a seleção do monstro, sua imagem é carregada na cena para que o usuário possa visualizá-lo. Este fica localizado no lado oposto ao painel de monstros. Além disso, é associado a este o áudio do objeto de aprendizagem caso pertinente. A Figura 47 ilustra o monstro na cena após ter sido escolhido.

A execução do áudio se dá a partir do olhar do usuário para o monstro. Quando o usuário direciona a cabeça para o monstro, o jogo detecta o alinhamento do círculo indicador com o objeto dando início ao áudio. Ao remover o olhar do monstro, o áudio pausa. Caso retorne a direcionar o círculo para o monstro, o áudio é novamente executado do ponto em

que parou na execução anterior. Se não houver arquivos de áudio no objeto de aprendizagem, então o monstro não apresenta nenhum conteúdo.

Figura 47 - Visualização do Monstro no Ambiente Imersivo



De modo semelhante, quando o usuário direciona sua cabeça para um dos painéis, o conteúdo do mesmo é executado. Caso o painel esteja associado a um vídeo, inicia-se a transmissão. Quando o usuário move a cabeça, e deixa de centralizar o painel, o vídeo pausa. Quando retorna o olhar para este, o vídeo retoma a execução do ponto em que parou. A Figura 48 ilustra a execução do vídeo quando o painel está sendo observado.

Figura 48 - Visualização de um vídeo no Painel do Ambiente Imersivo



Caso o objeto de aprendizagem relacionado ao monstro possua mais de um arquivo para cada mídia, o sistema, aleatoriamente, escolhe um arquivo de cada. Caso haja apenas imagens, elas serão exibidas nos painéis. Caso haja somente vídeos, estes serão exibidos nos

painéis. Caso haja somente áudio, apenas o monstro apresentará conteúdo e os painéis continuarão em branco sem transmitir conteúdos.

É importante ressaltar que o uso desta aplicação depende do jogo *K-Hunters* pois só é possível capturar os monstros neste jogo. Deste modo, antes de utilizar a aplicação *K-hunters Immersive*, o usuário deve sair a procura de monstros para capturá-los. Após este processo, o mesmo pode utilizar esta aplicação e interagir com os conteúdos no ambiente imersivo.

3.6.2 *K-Hunters Find*

Este jogo utiliza a combinação dos monstros virtuais com reconhecimento de imagem para exibi-los a partir de Realidade Aumentada. A ideia é associar cada monstro a uma imagem específica. Desta forma, por meio do dispositivo móvel, a criança pode focar na imagem alvo e, neste momento, visualizar o monstro. A aplicação *K-Hunters Find* trata-se de um jogo de *encontrar* as imagens alvo, sendo que quando a criança encontra alguma, o monstro relacionado à esta surge na cena.

Para o desenvolvimento deste jogo, utilizou-se a API VUFORIA, para tratar da parte de RA em conjunto com o *site* Brosvision⁵. O segundo é um gerador gratuito de imagens alvo para serem utilizadas para aplicações em RA. A associação ocorre inserindo-se cada uma das imagens em um módulo on-line do VUFORIA. Então o módulo retorna um conjunto de dados com a extensão do Unity que pode ser adicionado no próprio Unity.

A partir daí, associa-se os modelos 3D a cada uma das imagens alvo contidas no conjunto de dados do VUFORIA. Então, toda vez que uma das imagens for filmada, a aplicação reconhece a imagem e atribui um monstro 3D a ela dando a sensação que o objeto coexiste com a imagem no mundo real. A Figura 49 ilustra o resultado da implementação deste jogo ilustrando três monstros exibidos em Realidade Aumentada em conjunto com imagens alvo.

O objetivo deste jogo é familiarizar as crianças com os monstros e ensiná-las sobre o nome dos mesmos. Para isso, as crianças devem apontar o celular para a imagem alvo. Então o monstro relativo aquela imagem surgirá e pronunciará o nome do mesmo. A pronúncia trata-se do nome de cada monstro, como, por exemplo, leão, gambá, flor entre outros. Para pronúncia utilizou-se o *site* de sintetização de voz gratuito Soar⁶. Além disso, a pronúncia também é executada quando a criança clica na tela do dispositivo onde o monstro é exibido.

⁵ Mais informações em: <<http://www.brosvision.com/ar-marker-generator/>>

⁶ Mais informações em: <<https://www.soarmp3.com/>>

Figura 49 - Monstros em Realidade Aumentada com Imagens Alvo



Portanto, os especialistas dispõem de uma aplicação que pode auxiliar no aprendizado do nome dos monstros, uma vez que os mesmos possuem os nomes dos animais reais. Além de poder trabalhar de outras maneiras compartilhando as imagens entre as crianças, ou então realizando um esconde-esconde para encontrá-los. A forma de uso do jogo será decidida pelos especialistas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo demonstra os resultados obtidos da validação das ontologias e dos jogos descritos nesta dissertação. As ontologias apresentam validação teórica, enquanto que os jogos apresentam validação com especialistas na educação de crianças com TEA. Primeiramente é demonstrada a validação das ontologias e, em seguida, a validação dos jogos.

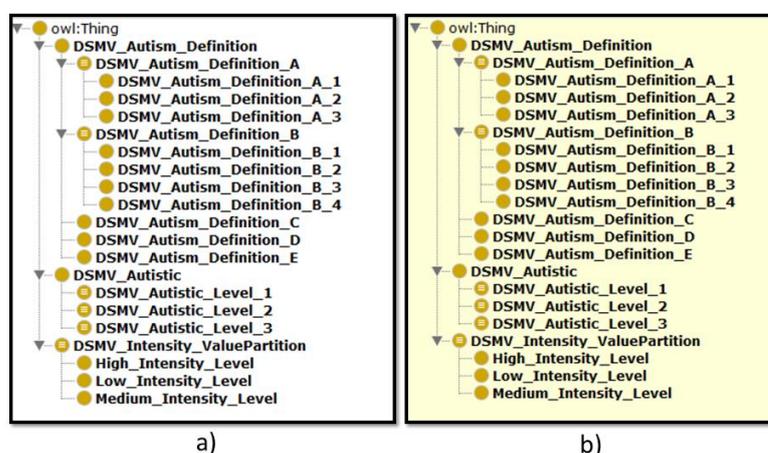
4.1 VALIDAÇÃO DAS ONTOLOGIAS

A etapa de validação da ontologia consiste na verificação da correteza da ontologia averiguando se a mesma atende aos requisitos propostos. A verificação levou em consideração os aspectos de completude e consistência da ontologia. Para estas ontologias, a validação foi realizada de forma teórica com cenários hipotéticos.

4.1.1 Validação da Ontologia *DSMVAutism*

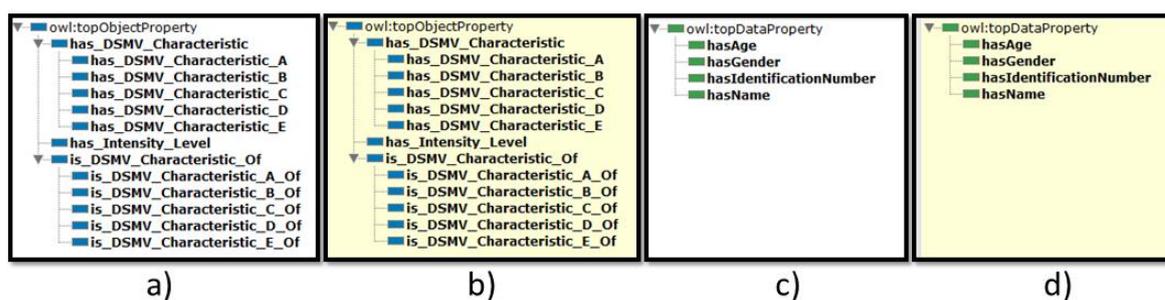
A consistência da ontologia pode ser verificada a partir dos *reasoners* presentes na ferramenta Protégé. Entre os diferentes *plug-ins* disponibilizados, utilizou-se o *reasoner* FaCT++. Ao se executar este *reasoner*, notou-se que a hierarquia de classes inferida continuou igual a de classes definida. Isto indica que as classes da ontologia estão consistentes, não apresentando nenhum erro nas definições que cause comportamento anormal da mesma. A Figura 50 ilustra a hierarquia de classes definida e inferida.

Figura 50 - (a) Hierarquia de classes definida; (b) Hierarquia de classes inferida



Verificou-se também que tanto as *object properties* como as *data properties* permaneceram com sua hierarquia definida igual a inferida. Isto indica a consistência destas propriedades, não havendo classificação errônea destes elementos. A Figura 51 ilustra a hierarquia das *object properties* e *data properties* definida e inferida.

Figura 51 - a) Modelo definido das *object properties*; b) Modelo inferido das *object properties*; c) Modelo definido das *dataproperties*; d) Modelo inferido das *dataproperties*

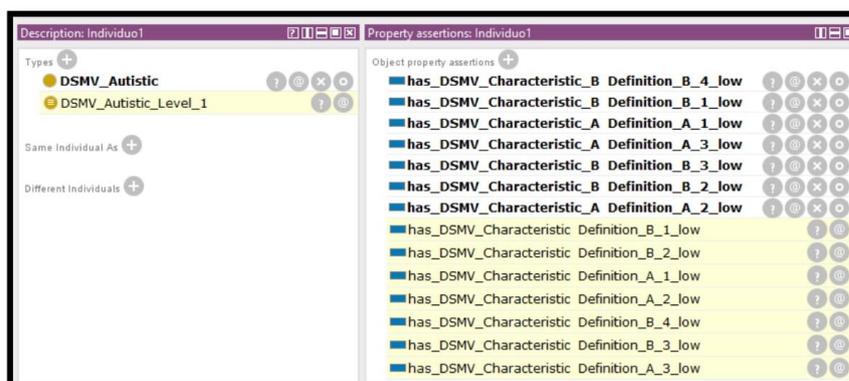


Este resultado demonstra que a ontologia é consistente, pois nenhuma classificação inesperada aconteceu as classes e propriedades da mesma. Seguindo adiante, verificou-se a completude da ontologia. Ou seja, se a mesma responde as questões de competência definidas. A primeira questão (QC1) indagava: *A partir de um conjunto de características do Transtorno do Espectro Autista, qual nível de autismo um usuário tem?*

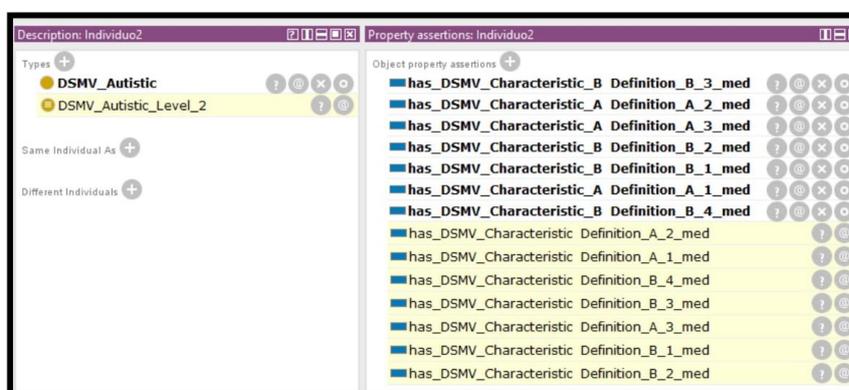
Para verificação desta questão, criou-se três indivíduos hipotéticos denominados *individuo1*, *individuo2* e *individuo3*. O *individuo1* possui relações com todas subdefinições de A e B estando estas características em baixa intensidade. O *individuo2* também possui relações com todas as subdefinições de A e B estando estas em média intensidade. Já o *individuo3* possui relações com todas as subdefinições de A e B estando estas em alta intensidade.

Para o primeiro indivíduo, que apresenta características do autismo em leve intensidade, espera-se que seja apresentando o nível 1 (nível mais brando) do manual. Já o segundo indivíduo, que está relacionado as características em média intensidade, espera-se que seja apresentado o nível 2 (nível intermediário). Para o terceiro indivíduo, que demonstra características em alta intensidade, espera-se que apresente o nível 3 (nível mais grave de autismo). A Figura 52 ilustra o resultado da inferência dos três indivíduos a partir de suas relações com as subdefinições de A e B.

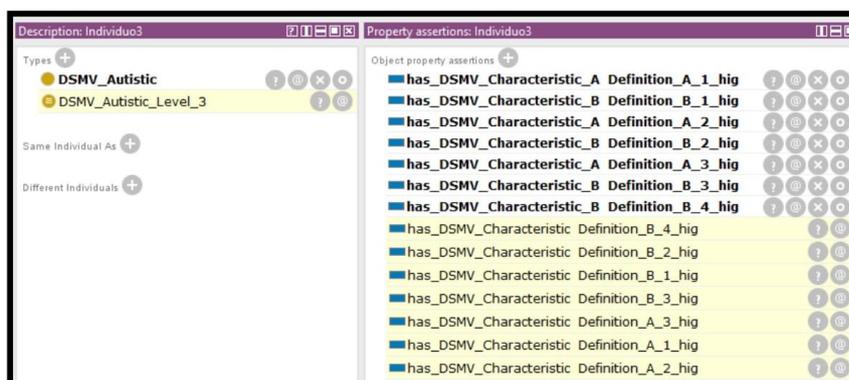
Figura 52 - a) Resultado da inferência do *indivíduo1*; b) Resultado da inferência do *indivíduo2*; c) Resultado da inferência do *indivíduo3*



a)



b)



c)

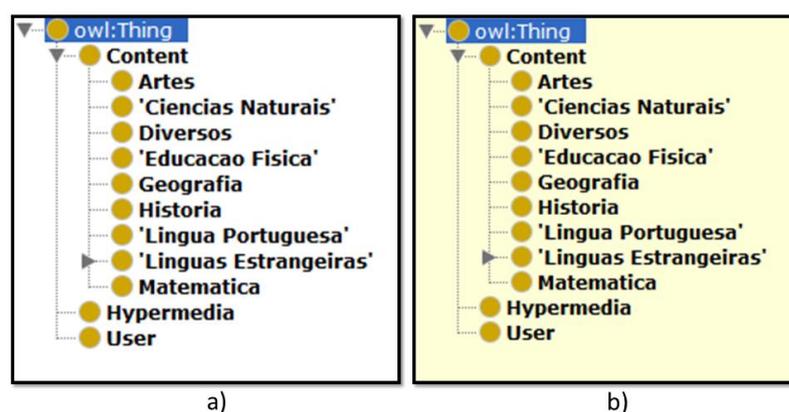
A partir da Figura 52 pode-se perceber que os resultados da classificação respondem à QC1. Além disso, para os indivíduos inseridos, a inferência retornou o resultado desejado, sendo o *indivíduo1* classificado como membro da classe *DSMV_Autistic_Level_1*, o *indivíduo2* como membro da classe *DSMV_Autistic_Level_2* e o *indivíduo3* classificado como membro da classe *DSMV_Autistic_Level_3*.

A segunda questão (QC2) tem o seguinte enunciado: *Quais características autistas determinado usuário possui?* A resposta desta questão trata-se das próprias informações inseridas nos indivíduos inseridos na ontologia. A população desta ontologia é realizada no momento do cadastro dos usuários no jogo. Então as informações inseridas são armazenadas e podem ser recuperadas por meio de consultas na ontologia.

4.1.2 Validação da Ontologia *Learningstrategy*

Partindo-se da verificação da consistência, pode-se ver que, ao executar o *reasoner*, a hierarquia de classes inferida se manteve igual a de classes definida. Isto indica que a ontologia não apresenta erros nas definições. Assim não há comportamento anormal da mesma. A Figura 53 ilustra a hierarquia de classes definida e inferida.

Figura 53 - (a) Modelo definido; (b) Modelo inferido



As propriedades da ontologia também permaneceram apresentando a mesma estrutura tanto no modelo definido quanto no modelo inferido. A Figura 54 ilustra as duas hierarquias demonstrando que não houve reclassificação errônea de nenhuma das propriedades da ontologia. Logo a ontologia se encontra consistente.

Figura 54 - a) Modelo definido das *object properties*; b) Modelo inferido das *object properties*; c) Modelo definido das *dataproperties*; d) Modelo inferido das *dataproperties*



Para verificar a completude da ontologia, é preciso analisar se a mesma responde às questões de competência definidas. Esta ontologia só é populada durante o uso do jogo, onde as informações de acesso aos conteúdos e os valores de acerto das questões vão sendo armazenadas. As questões de competência definidas visam obter informações sobre os indivíduos da ontologia, tais como conteúdos acessados, média de acertos, contagem de utilização das hiperfídias, entre outras. Então, a partir do momento em que a ontologia for populada, basta-se realizar consultas sobre ela buscando-se as informações desejadas para se responder as questões.

4.2 VALIDAÇÃO DOS JOGOS

Para validação dos jogos, realizou-se uma pesquisa aplicando-se questionários com sete professores especialistas da educação especial e três professores regulares de algumas escolas da cidade de Mossoró/RN, que trabalham com alunos com TEA em suas salas de aula. O questionário foi elaborado seguindo-se a metodologia TAM (*Technology Acceptance Model*), tendo esta o objetivo de apresentar fatores externos relacionados a um sistema de informação, em relação às intenções de uso do próprio sistema (DAVIS, 1989). Davis (1989) afirma que a TAM fundamenta-se basicamente em utilidade percebida (grau em que uma pessoa acredita que o uso do sistema pode melhorar suas atividade) e facilidade de uso percebida (grau em que a pessoa acredita que o uso do sistema de informação é livre de esforço).

Diante disso, elaborou-se um questionário (apresentado no apêndice B) contendo onze questões objetivas, uma subjetiva e uma área para comentários adicionais. As questões objetivas foram formuladas a partir da escala Likert. Esta escala, visa verificar o nível de concordância do sujeito a partir de várias afirmações que expressam informações favoráveis

ou desfavoráveis em relação a um objeto psicológico (WEINERMAN, 1976). Nesta pesquisa utilizou-se as seguintes afirmações na escala Likert:

- Discordo totalmente
- Discordo parcialmente
- Neutro
- Concordo parcialmente
- Concordo totalmente

Deste modo, os sujeitos da pesquisa são estimulados a escolher, entre as diversas opções, aquela que mais se aproxima da sua atitude ou opinião em relação às afirmações descritas nas questões. Assim, é possível conhecer estatisticamente a utilidade percebida e facilidade de uso do ponto de vista dos entrevistados.

Inicialmente, apresentou-se aos profissionais o jogo *K-Hunter Find* espalhando-se as imagens base pelo ambiente. Dando continuidade, demonstrou-se que, a partir da localização da figura com o celular, o monstro virtual relativo aquele monstro surgia e pronunciava seu nome. Explicou-se ainda que este primeiro jogo visa familiarizar as crianças com os personagens do jogo, além de ensiná-las seus nomes.

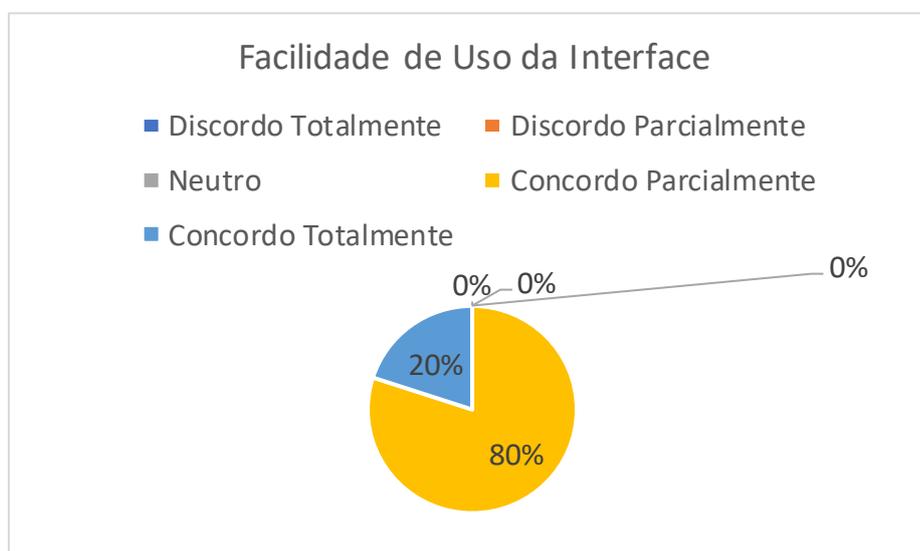
Na sequência, expomos o jogo *K-Hunters* fazendo-se o *login* no jogo e apresentando a interface do jogo que ilustrava a localização geográfica em que o celular se encontrava (no caso, na mesma localização que o profissional estava). Em seguida, demonstrou-se que havia monstros no local. Então realizou-se a captura, visualização do monstro em RA e o conteúdo do objeto de aprendizagem relacionado era exibido. Posteriormente, apresentou-se que a aplicação exibia questões também relacionadas ao objeto de aprendizagem. Dando sequência, explanou-se sobre cada um dos botões e funcionalidades do jogo demonstrando-se seu uso.

Apresentou-se também o jogo *K-Hunters Immersive*. Neste momento, fez-se uso de um óculos de realidade virtual, colocando-os nos profissionais. A partir de então, explicou-se que os mesmos deveriam selecionar no painel de monstros um dos monstros capturados previamente no jogo *K-Hunters*. Após estes selecionarem o monstro de desejo, orientou-se para que movessem sua cabeça girando-a para localizarem o monstro escolhido e os painéis com os conteúdos. Durante o uso, explanou-se que o objetivo desse jogo é aumentar a interatividade entre a criança, os monstros e os conteúdos. Ao final da sessão de uso, explicou-se que o jogo principal é o *K-Hunters* e que os demais são complementares, sendo seu uso opcional. Por fim, aplicou-se o questionário para que os mesmos avaliassem os jogos.

É importante ressaltar que foi-se indicado aos especialistas que o jogo principal é o K-Hunters e que os demais são complementares sendo seu uso opcional por parte dos mesmos. Assim a validação teve como foco o jogo K-Hunters, mas levou em conta os jogos complementares.

A primeira parte do questionário, se refere à facilidade de uso do jogo, contendo três afirmações que os profissionais podiam discordar ou concordar. A primeira afirmação tem o seguinte enunciado: *Os jogos oferecem uma interface de fácil interação para com a criança.* O Gráfico 1 ilustra o resultado obtido sobre a opinião dos especialistas.

Gráfico 1 - Facilidade de Uso da Interface



É possível verificar a partir do Gráfico 1 que todos os especialistas concordaram seja parcialmente, seja totalmente que os jogos oferecem uma interface de fácil uso para as crianças. O próximo quesito, relacionado à facilidade de uso, trazia a seguinte afirmativa: *Os Jogos requerem muito esforço para serem utilizados.* O Gráfico 2 demonstra a avaliação dos especialistas sobre essa afirmativa.

A partir do Gráfico 2, é possível notar que 80% dos especialistas discordaram, seja parcialmente ou totalmente, sobre a afirmativa que indicava que o jogo requer muito esforço pra ser utilizado. 20% destes ficaram neutros acerca da afirmativa, indicando que não é possível defini-la como correta ou incorreta. A terceira e última questão da facilidade de uso trazia a afirmativa: *Aprender a dinâmica dos jogos foi fácil.* O Gráfico 3 indica qual a opinião dos especialistas acerca deste enunciado.

Gráfico 2 - Esforço de Uso do Jogo

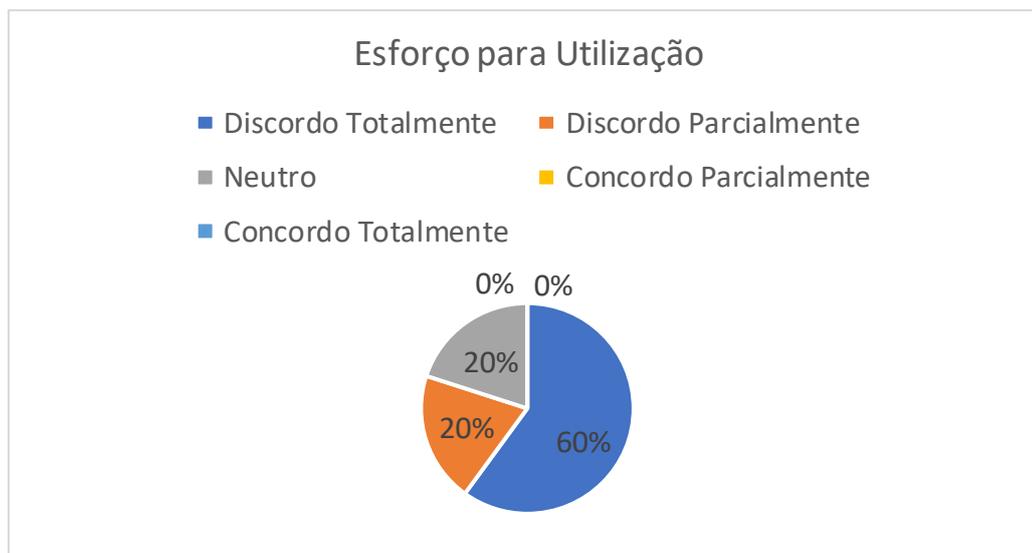
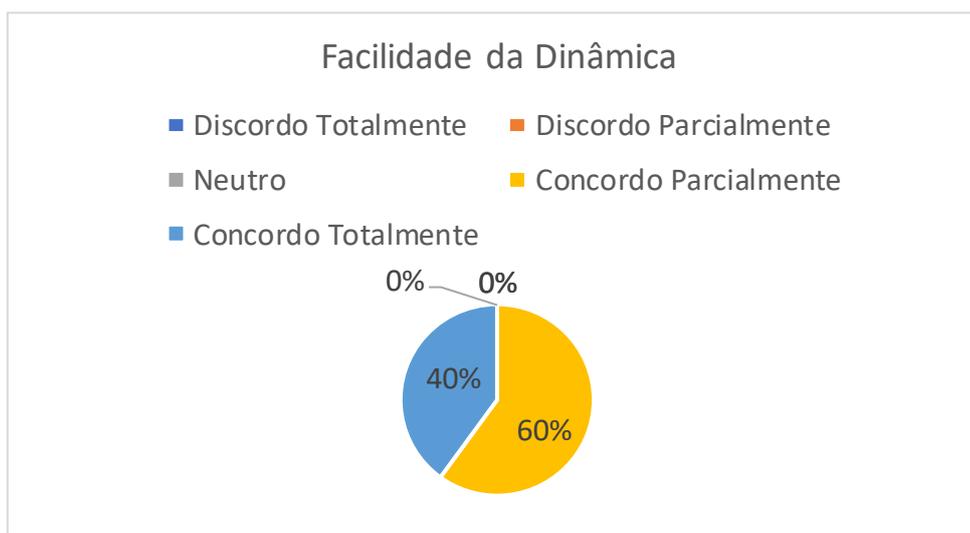


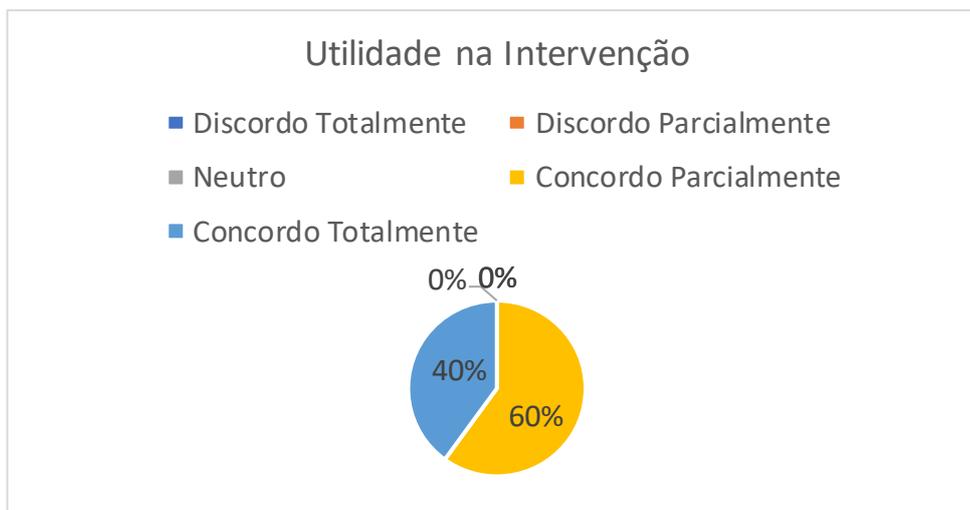
Gráfico 3 - Facilidade da Dinâmica do Jogo



O Gráfico 3 ilustra que todos os especialistas concordaram que o jogo apresenta uma dinâmica fácil de aprender. Entre estes, 40% concordou totalmente e 60% concordou parcialmente com a afirmativa. A partir destes dados pode-se dizer que para as crianças seria fácil compreender a dinâmica do jogo.

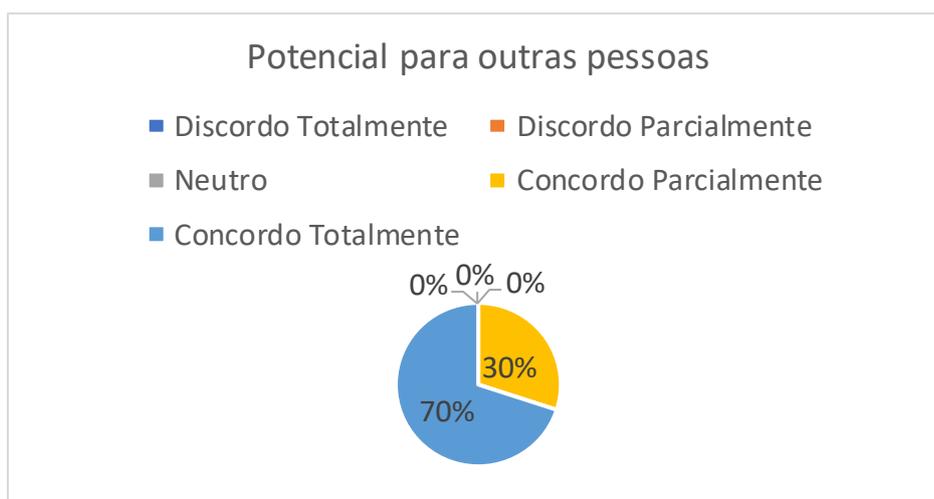
A segunda parte do questionário traz consigo questões relacionadas à utilidade percebida do jogo. Esta seção subdivide-se em duas questões objetivas e uma subjetiva. A primeira delas traz a seguinte afirmativa: *Os jogos podem ser utilizados na intervenção junto a crianças e jovens com Transtorno no Espectro Autista*. O Gráfico 4 ilustra a opinião dos especialistas em relação a esta afirmativa.

Gráfico 4 - Utilidade na Intervenção com as Crianças



A partir do Gráfico 4 pode-se perceber que os profissionais concordaram parcialmente ou totalmente com a afirmativa. A partir destas informações, pode-se dizer que os jogos podem contribuir na intervenção das crianças e jovens com TEA. A segunda afirmativa, traz o seguinte enunciado: *Os jogos têm potencial para serem utilizados por mais pessoas*. O Gráfico 5 traz consigo os dados relativos às opiniões dos especialistas em relação a esta afirmativa.

Gráfico 5 - Potencial de Uso por outras Pessoas



Como pode-se averiguar no Gráfico 5, 70% dos especialistas concordaram totalmente que os jogos podem ser utilizados por outras pessoas que não se encontram na condição de TEA. É possível notar ainda que 30% concordaram parcialmente com a afirmativa. De

maneira geral, todos os especialistas concordaram que os jogos podem ser utilizados por uma gama maior de pessoas que estão além do TEA.

A terceira e última questão tem caráter subjetivo e visa descobrir o que levaria uma criança em circunstâncias do transtorno do espectro autista a não utilizar os jogos. O Quadro 10 traz a opinião dos especialistas a respeito dos principais motivos que levariam as crianças a não fazer uso dos jogos.

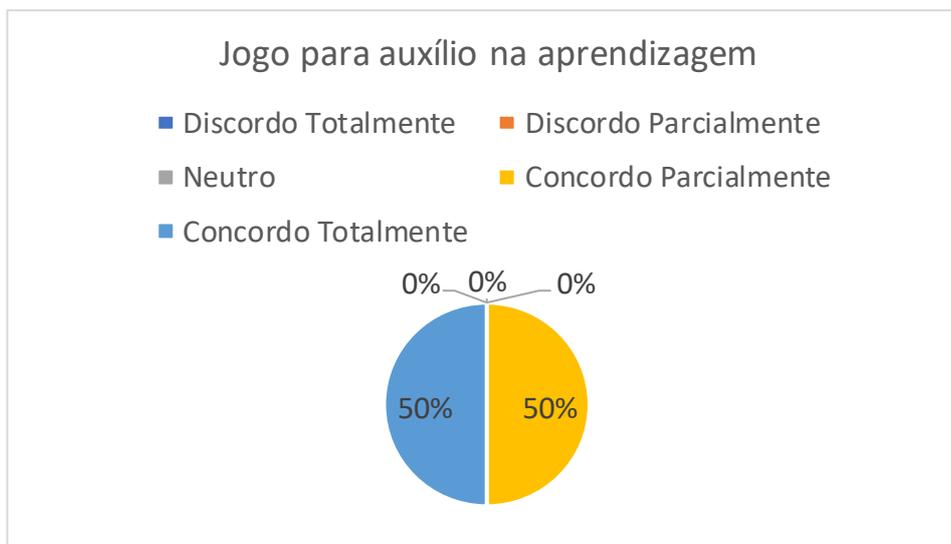
Quadro 10 - Resposta dos Especialistas

ENTREVISTADO	RESPOSTA
Especialista A	<i>“De modo geral não, uma vez que o jogo é muito interessante e interativo. Mas partindo do ponto de vista que pode variar de indivíduo para indivíduo”</i>
Especialista B	<i>“Em alguns casos do espectro autista (níveis) talvez houvesse rejeição ao óculos de realidade virtual”</i>
Especialista C	<i>“Depende de cada aluno. Falta de atenção, impulsividade...”</i>
Especialista D (Professor)	<i>“Tudo vai depender do nível de autismo de cada aluno”</i>
Especialista E	<i>“A falta de atenção e concentração, dependendo do grau de comportamento”</i>
Especialista F	<i>“Não saber ler”</i>
Especialista G	<i>“Acredito que a criança com TEA só não utilizaria caso tivesse alguma aversão a cores, luzes ou ao próprio celular ou dificuldades motoras graves”</i>
Especialista H	<i>“Poderia acontecer em casos onde criança apresente outras deficiências associadas, ou até mesmo que tenha rejeição à objetos com muito brilho, cores, etc.”</i>
Especialista J	-
Especialista J	-

A partir do Quadro 10 pode-se perceber que um dos fatores que pode levar a criança a não utilizar o jogo trata-se das personalidades individuais das crianças, bem como também seu grau de autismo. Outro fator que pode-se citar é a aversão ao brilho e cores que algumas crianças podem apresentar. Foi citado também que o óculos de realidade virtual pode ser rejeitado, ou até mesmo não saber ler seria um motivo para rejeição das crianças aos jogos.

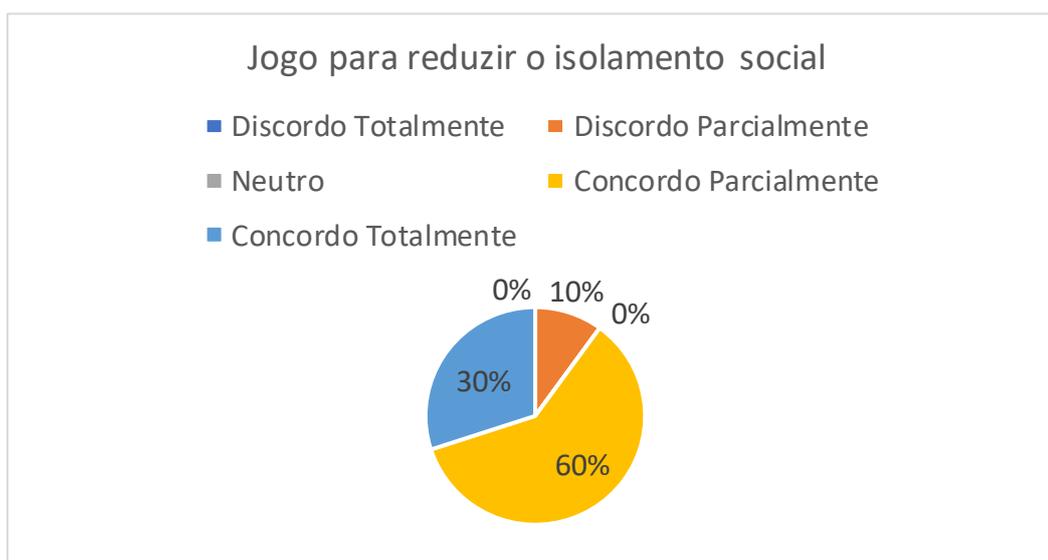
O próximo conjunto de questões estão inseridas na categoria atitude em relação ao uso do jogo, retratando sobre a capacidade do jogo em reduzir o isolamento social e auxiliar na aprendizagem das crianças. Nesta seção há quatro questões. A primeira delas diz: *É viável utilizar os jogos como auxílio na aprendizagem das crianças.* O Gráfico 6 ilustra a resposta dos especialistas em relação a esta afirmativa.

Gráfico 6 - Jogo para Auxiliar na Aprendizagem das Crianças



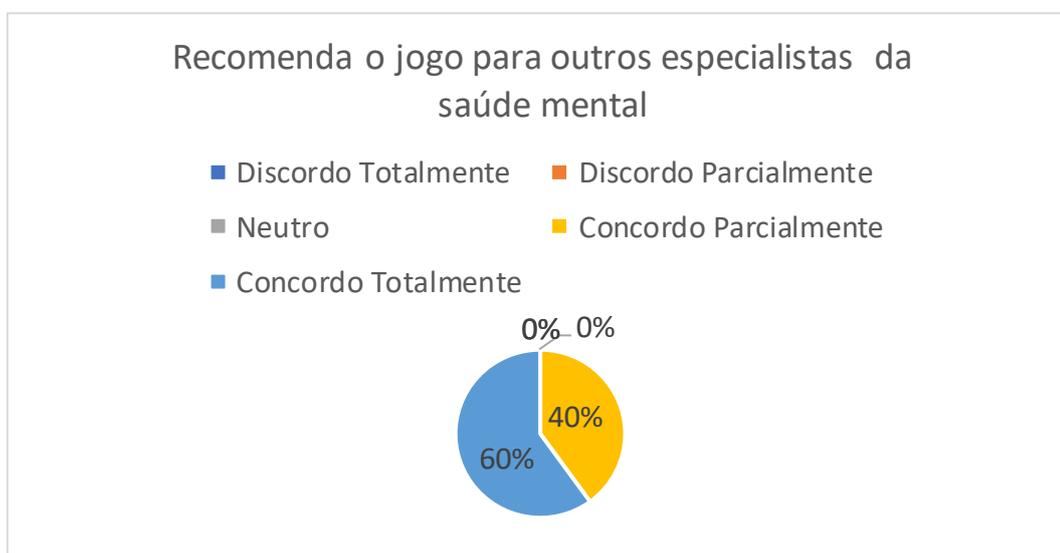
Como é possível notar no Gráfico 6, 100% dos especialistas concordaram que o jogo pode auxiliar na aprendizagem das crianças, sendo que metade concorda totalmente com a afirmação e a outra metade concorda parcialmente. Isto indica que o jogo tem potencial para contribuir com aprendizado das crianças com TEA. A próxima questão traz o seguinte enunciado: *É viável utilizar os jogos como ferramenta para minimizar o tempo de isolamento social das crianças*. O Gráfico 7 demonstra a opinião dos especialistas sobre esta questão.

Gráfico 7 - Jogo na Redução do Isolamento Social das Crianças



Como pode-se ver no Gráfico 7, 90% dos especialistas concordaram com a afirmação, acreditando que o jogo pode sim ser utilizado para reduzir o isolamento social das crianças. Entre estes 90%, 60% concordou parcialmente com a informação e os outros 30% concordaram totalmente. Já 10% dos especialistas discordam parcialmente da afirmação, não acreditando que o jogo possa contribuir na redução do isolamento social das crianças. A próxima questão traz a afirmativa: *Os jogos podem ser recomendados para serem utilizados por outros profissionais e meios que atuam em saúde mental*. O Gráfico 8 demonstra o resultado da opinião dos especialistas sobre essa afirmativa.

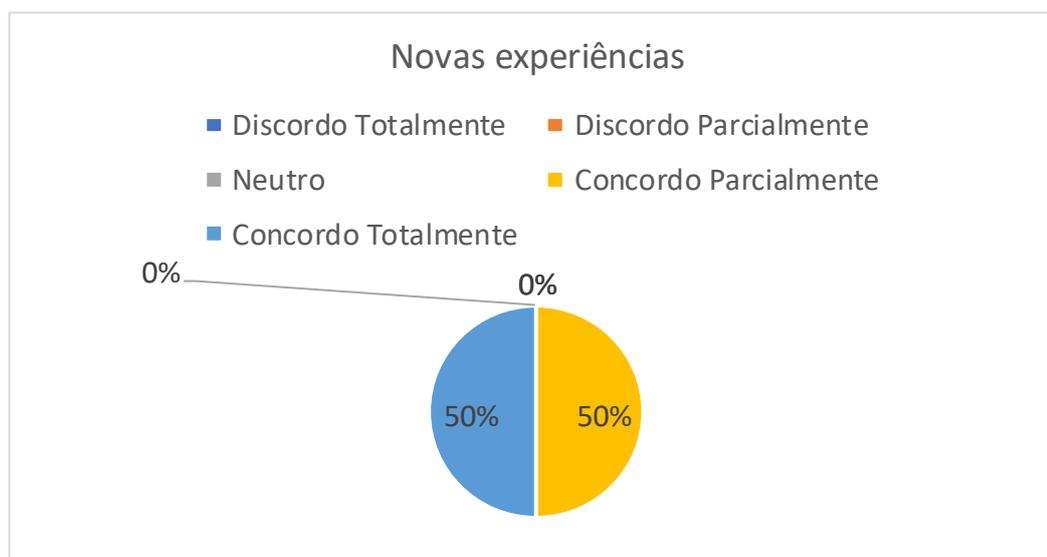
Gráfico 8 - Recomendação do Jogo para outros profissionais da saúde mental



Como pode-se perceber, 100% dos profissionais afirmam que recomendariam os jogos para outros especialistas da saúde mental. Entre estes, 60% concorda totalmente com a afirmativa e 40% concorda parcialmente. Isto indica que os mesmos, de posse dos jogos, recomendariam para colegas da área o uso dos jogos em suas atividades. A quarta e última questão traz o enunciado: *Durante os jogos, é possível proporcionar novas experiências que possam potencializar processos cognitivos*. O Gráfico 9 apresenta o resultado a respeito desta questão.

Como pode-se ver no Gráfico 9, todos os especialistas concordaram com a afirmação, sendo metade totalmente de acordo e a outra metade parcialmente de acordo. Este resultado indica que os jogos podem, além de auxiliar na aprendizagem das crianças podem potencializar seus processos cognitivos durante suas atividades.

Gráfico 9 - Os Jogos Proporcionam Novas Experiências

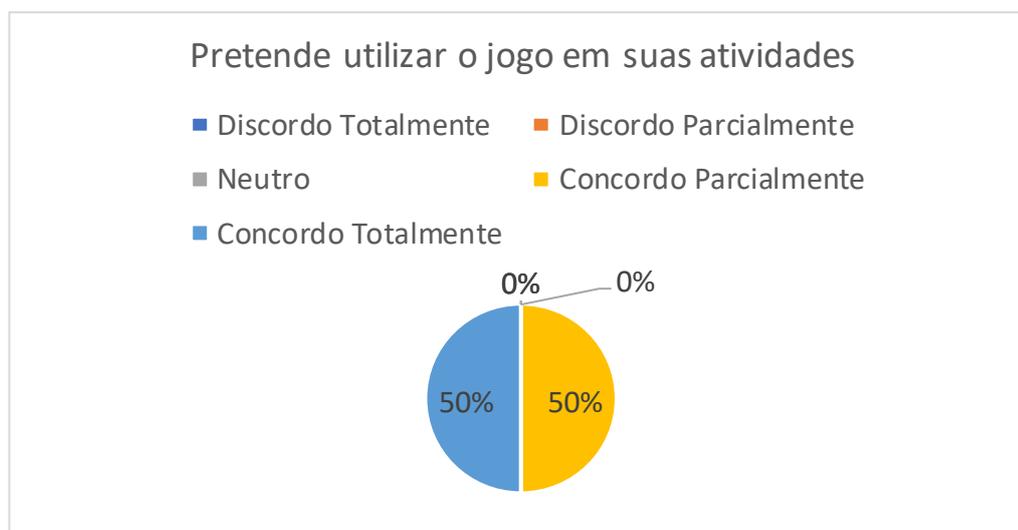


A última etapa do questionário demonstra a intenção comportamental de uso do sistema do ponto de vista dos profissionais. Esta seção contém somente uma questão de caráter objetivo, onde esta traz a afirmação: *Pretende utilizar os jogos em suas experiências e suas atividades com crianças e jovens com transtorno do espectro autista*. Para esta questão o Gráfico 10 traz os resultados obtidos das opiniões dos profissionais.

A partir do Gráfico 10, pode-se perceber que todos os especialistas concordam em utilizar os jogos em suas atividades com as crianças, sendo que metade destes concorda totalmente em utilizar, e a outra metade concorda parcialmente em utilizar. O final do questionário traz consigo uma área onde os especialistas poderiam deixar comentários de seu desejo relacionados aos jogos. O Quadro 11 ilustra os comentários recebidos dos profissionais.

A partir do Quadro 11, pode-se verificar que os profissionais comentaram que os jogos podem proporcionar aprendizagem, além de serem também viáveis de serem utilizados por outras pessoas, como já comprovado no Gráfico 5. Além disso, os profissionais comentaram que o jogo pode trazer entretenimento e interação, dando também dicas de elementos que podem aumentar a gama de possíveis usuários dos jogos.

Gráfico 10 - Intenção Comportamental de Uso dos Jogos



Quadro 11 - Comentários dos Profissionais

ENTREVISTADO	COMENTÁRIO
Especialista A	-
Especialista B	<i>“Gostaria de parabenizar os pesquisadores pela escolha do público-álvo e pelo projeto em si. Desejo-lhes pleno sucesso e estarei aguardando “na fila” quando estes jogos forem disponibilizados”</i>
Especialista C	<i>“O jogo é útil também para alunos com outras deficiências além do autismo, pois auxilia na alfabetização e interação com outras crianças, inclusive as que tem mobilidade reduzida.”</i>
Especialista D	<i>“Parabéns aos criadores do projeto, pelo brilhante trabalho de criação e produção do jogo. O jogo tem a importante função de contribuir no processo de ensino aprendizagem das crianças.”</i>
Especialista E	<i>“Considerando que a tecnologia é uma ferramenta que desperta o interesse de adultos e principalmente das crianças, o jogo é de fundamental importância para proporcionar momentos de entretenimento, interação e aprendizado.”</i>
Especialista F	-
Especialista G	<i>“O jogo apresentado pode ser utilizado com todas as crianças e se seguir os critérios do desenho universal poderá ser mais potencial. A grande contribuição /ponto positivo do jogo são os profissionais poderem relacionar/inserir o conteúdo a ser trabalhado no jogo, favorecendo a aprendizagem das crianças.”</i>
Especialista H	<i>“Vejo como um grande potencial desse jogo a possibilidade também dos profissionais poderem anexar os conteúdos de forma lúdica. Sugiro e tenho certeza que vocês vão observar e seguir o modelo do desenho universal, onde vai dar acessibilidade a todos.”</i>
Especialista I	-
Especialista J	-

Por fim, a partir dos dados elencados na entrevista, pode-se dizer que, do ponto de vista dos especialistas, os jogos desenvolvidos apresentam uma interface de fácil uso, além de demonstrar uma dinâmica de fácil entendimento. Os mesmos indicam que os jogos não requerem muito esforço para serem utilizados, podendo ser usados na intervenção junto às crianças com TEA e também com outras pessoas que detêm quadros diferentes. Os especialistas indicam ainda que os jogos podem sim ser úteis para minimizar o tempo de isolamento social e auxiliar na aprendizagem das crianças. Além disso, os mesmos afirmaram pretender utilizar os jogos em suas atividades com as crianças. Portanto, estes dados demonstram que os jogos têm potencial para serem empregados tanto para reduzir o isolamento social como para auxiliar na aprendizagem de crianças com TEA.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas da realização da pesquisa, as limitações existentes no trabalho, as direções futuras de pesquisa, bem como as respostas para as questões de pesquisa que nortearam o trabalho. Primeiramente serão discutidas as questões de pesquisa e suas soluções. Em seguida, as limitações são apresentadas. Dando sequência, se dá a apresentação de trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho.

5.1 QUESTÃO DE PESQUISA E RESULTADOS

A questão geral de pesquisa que guiou o desenvolvimento deste trabalho é: “Um Jogo Sérioso Geolocalizado pode ser utilizado para minimizar o tempo de isolamento social e auxiliar no aprendizado de crianças com Transtorno do Espectro Autista?”. Para tratar este problema, esta dissertação apresentou o jogo *K-Hunters*, desenvolvido com uso de técnicas de RV, RA e Geolocalização. O mesmo apresenta um formato de *gameplay* que induz o usuário a sair a procura de monstros virtuais que possuem conhecimentos. A partir de um dispositivo móvel, os usuários podem capturar estes monstros e visualizar seus conteúdos.

Além disso, apresentou-se dois jogos complementares utilizados para familiarizar as crianças com os monstros e para possibilitar uma maior interação com estes e com seus conteúdos. Para dar suporte ao jogo, foi desenvolvido um SMA detentor de cinco agentes que operam em conjunto para definir as melhores hiperlinks para os diferentes perfis autistas. Outro componente desenvolvido que faz parte da solução do problema e dá suporte ao jogo são as ontologias *DSMVAutism* e *LearningStrategy*. Estas visam armazenar e prover informações acerca das características autistas das crianças e de seus índices de aprendizado a partir do uso do jogo. Deste modo, a partir destas, os especialistas e os agentes podem consultar informações e, com base nestas informações, tomar decisões de alteração de hiperlink.

5.2 LIMITAÇÕES

Este trabalho apresenta as seguintes limitações:

1. As ontologias não foram validadas por meio de casos práticos com usuários reais. A validação aconteceu somente com casos teóricos e exemplos hipotéticos, não sendo realizada a validação com especialistas da área e informações de usuários reais. Além

disso, como a aplicação não foi verificada com usuários reais, não foi possível verificar a usabilidade, aceitação e utilidade das ontologias.

2. Os jogos não foram validados com crianças com TEA. Os mesmos foram validados com professores da educação especial e professores regulares que possuem em suas salas de aula crianças com TEA. Portanto, não pôde-se analisar a eficácia e eficiência do jogo na redução do isolamento social e no auxílio do aprendizado das crianças. Verificou-se que os professores em sua maioria indicam que os jogos têm potencial para cumprir com seus objetivos.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Ao longo da realização desta pesquisa, identificou-se aspectos que permitem a produção de novos trabalhos. Pode-se inserir novas ontologias ou estender a ontologia de autismo para que o jogo dê suporte a outras condições mentais que vão além do Transtorno do Espectro Autista. Assim o jogo poderá se adaptar à usuários que apresentam outras condições.

É possível também adicionar um sistema de recomendação de objetos de aprendizagem. Neste caso para objetos de aprendizagem que proporcionam aprendizado deve ser recomendado para outros especialistas. Ou então que de forma automática, o sistema deve replicar os monstros nas regiões em que outras crianças jogam. Deste modo, as crianças poderão capturar mais monstros e reter mais conhecimentos.

Para o corrente trabalho, pretende-se futuramente validar as ontologias com especialistas em autismo, validar os jogos com crianças reais, e analisar os dados, juntos com os especialistas, sobre a eficiência e eficácia do jogo nos quesitos redução do isolamento social e auxílio na aprendizagem.

5.4 Conclusões

Este trabalho apresentou o jogo sério denominado *Knowledgemon-Hunters*. O mesmo trata-se de uma aplicação para dispositivos móveis que faz uso de técnicas de Geolocalização, Realidade Virtual e Realidade Aumentada para prover um ambiente de caça e captura de monstros detentores de conhecimento. Seu objetivo é minimizar o tempo de isolamento social e auxiliar na aprendizagem de crianças com transtorno do espectro autista. Para isso, monstros virtuais podem ser dispersos no mundo real e associados a objetos de aprendizagem. Através de um dispositivo móvel, as crianças podem sair a procura destes

monstros, captura-los e visualizar seus conteúdos. Para elevar a interação dos usuários com os conteúdos e com os monstros, desenvolveu-se duas aplicações complementares. A primeira delas utiliza RA para associar os monstros a determinadas figuras. Assim os usuários, ao encontrar estas figuras, podem visualizar os monstros e ouvir a pronúncia de seus nomes. A partir deste jogo, as crianças podem familiarizar-se com os monstros e aprender a pronúncia de seus nomes. A segunda aplicação utiliza RV e dispõe de um ambiente imersivo onde as crianças podem visualizar os conteúdos e os monstros. Neste ambiente, o usuário deve selecionar o monstro com o qual deseja interagir. Após a seleção, é possível então visualizar o monstro e os conteúdos a ele associados (nos formatos de áudio, vídeo e imagem).

Neste sentido, esta dissertação descreveu o jogo *K-Hunters*, bem como as funcionalidades do mesmo. Apresentou as telas de interação, a descrição dos botões, formato dos monstros virtuais e como ocorre as interações dentro do jogo. Demonstrou também as funcionalidades do site de gerenciamento, onde os especialistas podem ter o controle sobre as crianças que utilizam o jogo. Neste site os especialistas podem cadastrar os usuários, gerenciar suas informações pessoais, cadastrar os objetos de aprendizagem e associá-los aos monstros que desejarem. Além disso, os mesmos podem definir os locais onde estes monstros devem estar para assegurar a segurança das crianças. Neste site, é possível também acompanhar as estatísticas de evolução das crianças no jogo, para que os mesmos tenham controle e possam tomar decisões sobre o uso do jogo com as crianças.

Descreveu-se ainda um mecanismo que busca automaticamente definir as hiperfúdias mais adequadas para transmitir os conhecimentos tomando como base os perfis autistas das crianças. Para isso, desenvolveu-se uma ontologia de domínio, construída para que os traços autistas das crianças fossem levados em conta pela aplicação durante a escolha das estratégias que serão utilizadas para transmitir os conteúdos. Além disso, esta ontologia tem a capacidade de definir em qual grau de autismo o usuário se encontra, disponibilizando esta informação para que o SMA defina a melhor hiperfúdia para os usuários semelhantes.

Uma segunda ontologia também foi desenvolvida, sendo esta um suporte para acompanhamento dos especialistas e servindo de fonte de informação para o Sistema Multiagente desenvolvido. Esta ontologia armazena as relações dos usuários com os conteúdos, provendo informações de quais perfis apresentam bons índices de acerto das questões a partir das hiperfúdias dos objetos de aprendizagem.

A partir dos resultados apresentados, pode-se comprovar que o jogo apresenta potencial para alcançar os objetivos propostos. Foi-se demonstrado ainda que o mesmo apresenta potencial para ser utilizado por outras pessoas que estão fora da condição do

Transtorno do Espectro Autista. Foi indicado também que o mesmo tem muito potencial para auxiliar na aprendizagem das crianças, tendo como ponto positivo a possibilidade dos especialistas trabalharem os conteúdos que as crianças necessitam.

5.5 PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas publicações e participações em eventos científicos que contribuíram significativamente para o desenvolvimento do projeto. Em seguida, estão descritas as publicações alcançadas:

- *KNOWLEDGEMON HUNTERS: A Serious Game with Geolocation to Support Learning of Children with Autism and Learning Difficulties*. Anais do 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality, LOCAL, 2017.
- Um Jogo Séri Multiagente como Ferramenta Auxiliar na Aprendizagem de Crianças. Anais do XXV Ciclo de Palestras Sobre Novas Tecnologias na Educação, Gramado, 2017.
- K-HUNTERS: Um Jogo Séri com Geolocalização para Crianças com Transtorno do Espectro Autista, Anais do SBGames, LOCAL, 2017.

Para a corrente dissertação as seguintes produções científicas submetidas estão em fase de análise:

- *A Serious Game as an Auxiliary Tool for the Learning Process of Children with ASD*. Capítulo para o livro: *Handbook of Research on Immersive Digital Games in Educational Environments*;

REFERÊNCIAS

ABC NEWS. “Serious games' for children with autism could provide new therapy options”. Disponível em: <http://www.abc.net.au/news/health/2016-08-18/serious-games-could-provide-new-therapies-for-kids-with-autism/7700380> . Acesso em Março de 2018.

ABT, C. C.: “Serious Games”. Lanham, MD: University Press of America. 1st Edition. Vol. 1, pp. 10-14. New York, NY, USA. 1987. ISBN: 0819161489, 9780819161482. (Reprint. Originally published: New York: Viking Press, 1970.)

ALLEMANG, D.; HENDLER, J. Semantic Web for the Working Ontologist, Second Edition: Effective Modeling in RDFS and OWL. 2. ed. Waltham, MA: Morgan Kaufmann, 2011.

ALMEIDA, M; BAX, M. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. Revista Ciência da Informação, 32(3), 2003.

AJURIAHUERRA J., Las Psicosis Infantiles (1977). Manual de Psiquiatria Infantil, Editora Toray-Masson (Barcelona), 4ª edição,; 673-731.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (APA). Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - DSM 5. Tradução de Maria Inês Correa Nascimento et al; revisão técnica Aristides Volpato Cordiolo. 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2014.

ASSOCIAÇÃO AMIGOS DO AUTISTA. Disponível em: <http://www.ama.org.br>. Acesso em Dezembro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTISMO. Disponível em: <http://www.autismo.org.br/>. Acesso Dezembro de 2016.

APACHE. “Fuseki: serving RDF data over HTTP”. Disponível em: https://jena.apache.org/documentation/serving_data/ Acesso em Setembro de 2017.

AUDINO, D. F. Objetos de aprendizagem hipermédia aplicado à cartografia escolar no sexto ano do ensino fundamental em geografia. Florianópolis: UFSC, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/99501>>. Acesso em: outubro 2016.

AZUMA, R. et al. (2001) “Recent Advances in Augmented Reality.” IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, p. 34-47.

BARBOSA, H. F. A. Análise do recurso a novas tecnologias no ensino de autistas. Diss. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2009.

BATISTA, A. F. de M. Sistemas Multiagentes na Construção de um Middleware para Suporte a Ambientes Computacionais. (2008). Disponível em: <http://bcc.ufabc.edu.br/documentos/ModeloIC.pdf> Acessado em 13 de Outubro de 2016.

BBC BRASIL. “Como Pokémon Go transformou vida de jovem com autismo que não conseguia sair de casa”. (2016). Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/geral-36964257>. Acesso em Dezembro de 2016.

BLACKBURN, S; MARCONDES, D. Dicionário Oxford de Filosofia. Tradução de Murcho et al., Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1997

BLACKMAN, S. 2005. "Serious Games... and Less!" ACM Siggraph Computer Graphics 39(1):12-16.

BLENDER. “Open Source 3D creation. Free to use for any purpose, forever.” Disponível em: <https://www.blender.org/> Acesso em Novembro de 2016.

BORDERCLOUD. (2017). Lib PHP for SPARQL 1.1. Disponível em: <https://github.com/BorderCloud/SPARQL> Acesso em Agosto de 2017

BOSA, C. A. (2002). Autismo: atuais interpretações para antigas observações. In C. R. Baptista & C. A. Bosa (Orgs.), *Autismo e educação: reflexões e propostas de intervenção* (pp. 21-39). Porto Alegre: Artmed.

BOSA, C. A. "Autismo: intervenções psicoeducacionais Autism: psychoeducational intervention." *Rev bras psiquiatr* 28.Supl I (2006): S47-53.

BOTELHO, R. P., & PIRES, D. F. (2008, October). Uso de ontologias para a representação semântica de objetos de aprendizagem. In *Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web* (pp. 158-160). ACM.

BRAGA, M. Realidade virtual e educação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 1, p. 1–8, 2001.

BROM, C., PREUSS, M.; KLEMENT, D. (2011) “*Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasiexperimental study*”. *Computers & Education*, 57(3), p.1971-1988.

CARDBOARD. “Google Cardboard”. Disponível em: <https://vr.google.com/cardboard/> Acesso em Setembro de 2017.

CAMARGO, S.; C., A., BOSA.: Competência social, inclusão escolar e autismo: revisão crítica da literatura. (2009) *Psicologia & sociedade*. São Paulo SP. Vol. 21, n. 1 (jan./abr. 2009), p. 65-74.

CARVALHO, R. *Design Thinking: entenda o que é e como funciona*. Disponível em: <https://www.napratica.org.br/design-thinking-entenda-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em Abril de 2017.

CESÁRIO, V. et al. Crescendo: Routine Learning App for Children with Autism Spectrum Disorders. In: *Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children*. ACM, 2016. p. 571-576.

CHU, Y. et al. To develop the Mandarin-phonetic-symbol communication aid for high-functioning autism children. In: 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). IEEE, 2014. p. 17-19.

CLASSIFICAÇÃO ESTATÍSTICA INTERNACIONAL DE DOENÇAS E PROBLEMAS RELACIONADOS À SAÚDE - CID-10. Disponível em: http://www.datasus.gov.br/cid10/V2008/WebHelp/f30_f39.htm#F32. Acesso em Dezembro de 2016.

COMMONWEALTH OF LEARNING (2016). “Taking OER beyond the OER Community”. Disponível em: <http://oerworkshop.weebly.com/>. Acesso em Janeiro de 2016.

CUNHA, P. et al. Augmented reality for cognitive and social skills improvement in children with ASD. In: 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). IEEE, 2016. p. 334-335.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User Acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Manage sci.*, New York, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989.

DECLARAÇÃO REA DE PARIS EM 2012. Disponível em http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/WPFD2009/Portuguese_Declaratio n.html. Acesso em Dezembro de 2016.

DE SOUZA, R. C.; NETO, F. M. M (2015). Construção de um Repositório de Recursos Educacionais Abertos Baseado em Serviços Web para Apoiar Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *RENOTE*, v. 12, n. 2.

DOTTA, L. T. TERAPIA ASSISTIDA POR ANIMAIS COM CRIANÇAS AUTISTAS. 2012. Artigo - Curso de Terapia Ocupacional, Centro Universitário Franciscano - Unifra, Santa Maria, 2012.. Disponível em: <http://www.unifra.br/eventos/sepe2012/Trabalhos/5434.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

EARNSHAW, Rae A. (Ed.). *Virtual reality systems*. Academic press, 2014.

EXTRA DIGITAL. Hospital infantil usa Pokémon Go para tirar pacientes do leito (2016). Disponível em: <http://extra.globo.com/noticias/mundo/hospital-infantil-usa-jogo-pokemon-go-para-tirar-pacientes-do-leito-19741332.html> Acessado em 11 de outubro de 2016.

FAGGIANE. (2010) “Terapia ABA”. Disponível em: <http://www.autismo.psicologiaeciencia.com.br/terapia-aba/>>. Acesso em Setembro de 2017

FARDO, M. L.: “A Gamificação Aplicada em Ambientes de Aprendizagem”. *RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 11, n. 1, 2013.

FERNANDES, A. H. A informática como recurso para a aprendizagem de alunos autistas. (2011). Disponível em: <http://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/33257/ADRIANO%20HIDALGO%20FERNANDES.pdf?sequence=1>. Acesso em Dezembro de 2016.

FERNANDES, F. G., OLIVEIRA, L. C. D., Rodrigues, M. L., & Vita, S. S. B. V. Sistema para auxílio na alfabetização de crianças com autismo utilizando realidade aumentada para dispositivos móveis. http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014_artigo007_r01.pdf. Acesso em Março de 2018. v. 29, n. 10, p. 2015, 2014.

FIPA. Welcome to the Foundation for Intelligent Physical Agents. Site Oficial do Padrão FIPA, 2017. Disponível em: <<http://www.fipa.org/>>. Acesso em Setembro de 2017.

FONTES, L. M. O. Uma Arquitetura Multiagente de Apoio à Aprendizagem Baseada em Problema. 2013. Tese de Dissertação (Mestrado). Mossoró: Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. UFERSA/UERN.

GADIA, C.; TUCHMAN, R. e ROTTA, N.: Autismo e doenças invasivas do desenvolvimento. (2004). *Jornal de Pedriatía*, 80, 583-594.

GARTNER (2016). Disponível em: <http://www.gartner.com/technology/research/gamification/> . acesso em outubro/2016.

GARZOTTO, F. et al. Wearable Immersive Storytelling for Disabled Children. In: *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*. ACM, 2016. p. 196-203.

GILBERT, C.: Autism and pervasive development disorders. (1990). In *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 31, 99-119.

GO BR.CLUB. “Mãe revela: “Pokémon Go mudou a vida do meu filho autista””. (2016). Disponível em: <https://pokemongobr.club/>. Acesso em: Dezembro 2016.

GOOGLE VR. “Google VR SDK for Unity”. Disponível em: <<https://developers.google.com/vr/unity/>> Acesso em Setembro de 2017.

HANI, H.; ABU-WANDI, R. DISSERO Mobile Application for AUTISTIC Children's. In: *Proceedings of the International Conference on Intelligent Information Processing, Security and Advanced Communication*. ACM, 2015. p. 90.

HARROLD, N. et al. CopyMe: an emotional development game for children. In: *CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2014. p. 503-506.

HORRIDGE, M. et al. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools Edition 1.0. University of Manchester, 2011.

HYPESCIENCE. “Como Pokémon Go está ajudando crianças com autismo e Asperger”. (2016) Disponível em: <http://hypescience.com/como-pokemon-go-esta-ajudando-criancas-com-autismo-e-asperger/>. Acesso em Dezembro de 2016.

HUOTARI, K.; HAMARI, J.: “Defining gamification: a service marketing perspective”, In *Proceedings of the 16th International Academic MindTrek Conference, October 3-5, 2012, Tampere, Finland*, ACM, pp. 17-22.

IGLESIAS, C. A.; GARIJO, M. The Agent-Oriented Methodology MAS-CommonKADS. In: HENDERSON-SELLERS, B.; GIORGINI, P. Agent-Oriented Methodologies. Hershey, PA: IDEA Group Publishing, 2005. Cap. III, p. 46-78.

JADE. (2017) “JAVA Agent DEvelopment Framework”. Disponível em: <<http://jade.tilab.com/>>. Acesso em Julho de 2017.

JORDAN, R (2005).: Managing Autism and Asperger’s syndrome in current educational provision. *Pediatric Rehabilitation*, 8, 104-112.

JORDAN, R. e POWELL, S. *Understanding and Teaching Children with Autism*. West Sussex, England: John Wiley&Sons Ltd, 1995.

KANNER, L. (1943). Affective disturbances of affective contact. *Nervous Child*, 2, 217-250.

KANWAR A. e TRUMBIC S. U. A Basic Guide to Open Educacional Resources (OER). Commonwealth of Learning. ISBN 978-1-894975-41-4. 2011. Disponível em <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002158/215804e.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2016.

KARAGIANNIS, A., STAINBACK, S., & STAINBACK, W. (1999). Fundamentos do ensino inclusivo. In S. Stainback & W. Stainback (Orgs.), *Inclusão - Um guia para educadores* (M. Lopes, Trad., pp. 21-34). Porto Alegre: Artmed.

KATSALIAKI, K.; MUSTAFEE, N. A survey of serious games on sustainable development. In: *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC)*. IEEE, 2012. p. 1-13.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: *Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC. 2007.

LAKSHMIPRABHA, N. S. et al. [Poster] An augmented and virtual reality system for training autistic children. In: *Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2014 IEEE International Symposium on*. IEEE, 2014. p. 277-278.

LATTA, J. N.; OBERG, D. J.: “A conceptual virtual reality model”. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, v. 14, p. 23–29, January 1994. ISSN 0272-1716.

MACHADO, J.A.C.; et. al.; Terapia Assistida por Animais (TAA). ; *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*; 10; 1-7; 2008.

MARÇAL, J. O. M.: “MAS-COMMONKADS+: Uma Extensão à Metodologia MAS COMMONKADS para Suporte ao Projeto Detalhado de Sistemas Multiagentes Racionais”. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Ceará, 2010.

MAPBOX. “Build experiences for exploring the world”. Disponível em: <<https://www.mapbox.com/>> Acesso em Março de 2017

MATSENTIDOU, S.; POULLIS, C. Immersive visualizations in a VR cave environment for the training and enhancement of social skills for children with autism. In: *Computer Vision*

Theory and Applications (VISAPP), 2014 International Conference on. IEEE, 2014. p. 230-236.

MICHAEL D. and CHEN, S. (2006) “Serious games: games that educate, train and inform, Thomson Course Technology”.

MILGRAM, P. et. al. (1994) “Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum”. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, p. 282-292.

MORAIS, E. A. M.; AMBRÓSIO, A. P. L. Ontologias: conceitos, usos, tipos, metodologias, ferramentas e linguagens. Universidade Federal de Goiás, 2007.

MORAIS II, M. J. D. O. MAS-CommonKADS+: Uma Extensão à Metodologia Mas-CommonKADS para Suporte ao Processo Detalhado de Sistemas Multiagentes Racionais. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará - UECE. Fortaleza, CE. 2010.

MOREIRA, J. L. K. “Qual é a Distância entre dois Pontos na Superfície da Terra?”. Disponível em: < <http://staff.on.br/jlkm/geopath/>> Acesso em Março de 2017.

NOY, N. F; MCGUINNESS, D. L. (2002). “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology”. Disponível em: <http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html> acesso em Dezembro de 2016.

PAIVA, J.: Casos de autismo sobem para 1 a cada 68 crianças. (2014) [online] Disponível em: <http://www.revistaautismo.com.br/noticias/casos-de-autismo-sobem-para-1-a-cada-68-criancas> . Acessado em 29 de Agosto de 2016.

PASSERINO, L.: Pessoas com autismo em ambientes digitais de aprendizagem: estudo dos processos de interação social e mediação. (2005). Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação.

PASSERINO, L. M.; AVILA, B. G.; BEZ, M. R. SCALA: um Sistema de Comunicação Alternativa para o Letramento de Pessoas com Autismo. RENOTE: revista novas tecnologias na educação. Vol. 8, n. 2 (jul. 2010), 10 f., 2010.

PECS-BRAZIL. “O que é PECS?”. Disponível em: <<http://www.pecs-brazil.com/pecs.php>> Acesso em Setembro de 2017.

PEREIRA, L. M.; PORTO, F. A. M.; MELO, R. N. Objetos de Aprendizado Reutilizáveis (RLOs): Conceitos, padronização, uso e armazenamento. Monografia Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002.

PICONI, A. C.; TANAKA, E. H A construção de histórias em quadrinhos eletrônicas por alunos autistas. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2003. p. 385-394.

POKEMONGO (2017). Disponível em <https://www.pokemongo.com/pt-pt/> Acesso em Julho de 2017

PRIETRO, L. M. et al. Uso das Tecnologias Digitais em Atividades Didáticas nas Séries Iniciais. *Renote: revista novas tecnologias na educação*, Porto Alegre, v. 3, n 1, p.1-11, 2005.

PROTEGE. “A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems”. Disponível em: <<https://protege.stanford.edu/>> Acesso em Dezembro de 2016.

R7. Autismo atinge mais de dois milhões de brasileiros. Disponível em: <<http://entretenimento.r7.com/hoje-em-dia/videos/autismo-atinge-mais-de-dois-milhoes-de-brasileiros-19102015>> Acesso em Dezembro de 2016.

REAB. “Realidade virtual pode ajudar pessoas com Autismo a treinar habilidades”. Disponível em: <<https://www.reab.me/realidade-virtual-pode-ajudar-pessoas-com-autismo-a-treinar-habilidades/>>. Acesso em Março de 2018.

Reimeringer, M. J. (2016). Gamification: a tool to enhance response quality in lean market research (Bachelor's thesis, University of Twente).

REVISTA DIGITAL. “Uma aplicação de realidade aumentada ajuda a tratar as pessoas com autismo”. Disponível em: <<https://www.digitalvmagazine.com/pt/2012/03/12/una-aplicacion-de-realidad-aumentada-ayuda-a-tratar-a-personas-con-autismo/>>. Acesso em Março de 2018.

RODRIGUES, O. M. P. R.; MELCHIORI, L. E. “Aspectos do Desenvolvimento na Idade Escolar e do Adolescente”. 2014. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila-material didático). Disponível em <https://acervodigital.unesp.br/bitstream/unesp/155338/3/unesp-nead_reei1_ee_d06_s01_texto01.pdf>. Acesso em Junho de 2017.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. Inteligência artificial. 3ª Edição. Rio de Janeiro. Elsevier, 2013. 1599 p.

SANT'ANA, I. M. (2005). Educação inclusiva: concepções de professores e diretores. *Psicologia em Estudo*, 10, 227 - 234.

SCIENTIFIC AMERICAN. “Realidade virtual ajuda pessoas com autismo a vencer medos”. Disponível em: http://www2.uol.com.br/vivermente/noticias/realidade_virtual_ajuda_pessoas_com_autismo_a_vencer_medos.html. Acesso em Março de 2018.

SILVA, L. C. N. MobiLE - Um Ambiente Multiagente de Aprendizagem Móvel para Apoiar a Remomendação Ubíqua de Objetos de Aprendizagem. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

SOUZA, H. Autismo, use a tecnologia para ajudar. (2016). Disponível em: <https://pplware.sapo.pt/informacao/autismo-use-a-tecnologia-para-ajudar/> Acessado em 11 de Outubro de 2016.

SOUZA R. C., MENDES NETO F. M., MUNIZ R. C. Generic OER Factory: Uma Ferramenta de Autoria para Adaptação dos Recursos Educacionais Abertos aos Novos Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 11, p. 1-10, 2013.

SOSTERIC, M.; HESEMEIER, S. When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, v. 3, n. 2, 2002. Disponível em: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/Article/106> Acessado em 13 de Outubro de 2016

THE NATIONAL AUTISTIC SOCIETY. **Site Oficial. Autism Concept**. Disponível em : <http://www.nas.org.uk>. Acessado em Dezembro de 2016.

UNC SCHOOL OF MEDICINE. “*TEACCH Autism Program*”. Disponível em: <https://www.teacch.com/>. Acesso em Setembro de 2017

VALENTE, J. A.: O uso inteligente do computador na educação. (1997) NIED – UNICAMP – Texto publicado na: Pátio – revista pedagógica. Editora Artes Médicas Sul. Ano 1, Nº1, p.19-21.

VOLIOTI, C. et al. VLSS-Virtual Learning and Social Stories for Children with Autism. In: ICALT. 2014. p. 606-610.

VOWL. “VOWL: Visual Notation for OWL Ontologies”. Disponível em: <http://vowl.visualdataweb.org/> Acesso em Dezembro de 2016.

VUFORIA. “Vuforia is the leading AR platform”. Acesso em Agosto de 2017.

WEINERMAN, C. H. Escalas de Medicion en Ciências Sociales. Buenos Aires: Nueva Vision. 1976.

WING, L. *El Autismo en niños y adultos: una guía para la familia*. Buenos Aires: Ed. Paidós, 1998.

WINOTO, P. Reflections on the Adoption of Virtual Reality-based Application on Word Recognition for Chinese Children with Autism. In: Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children. ACM, 2016. p. 589-594.

ZYDA, M. 2005. "From Visual Simulation to Virtual Reality to Games." *Computer* 38(9):25-32

APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DE AUTISMO SEGUINDO O MANUAL DIAGNÓSTICO E ESTATÍSTICO DE TRANSTORNOS MENTAIS V

Este apêndice apresenta o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais⁷ (DSM) desenvolvido pela APA (*American Psychiatric Association*) que atualmente está na sua quinta versão. O mesmo é um manual bem difundido entre instituições especializadas em autismo. Segundo o DSM-5 índice 299.00 (F84.0), as características utilizadas para diagnóstico do autismo são (APA, 2014):

- A. Déficits persistentes na comunicação social e na interação social em múltiplos contextos, conforme manifestado pelo que segue, atualmente ou por história prévia (os exemplos são apenas ilustrativos, e não exaustivos; ver o texto):
1. Déficits na reciprocidade sócio emocional, variando, por exemplo, de abordagem social anormal e dificuldade para estabelecer uma conversa normal a compartilhamento reduzido de interesses, emoções ou afeto, a dificuldade para iniciar ou responder a interações sociais.
 2. Déficits nos comportamentos comunicativos não verbais usados para interação social, variando, por exemplo, de comunicação verbal e não verbal pouco integrada a anormalidade no contato visual e linguagem corporal ou déficits na compreensão e uso gestos, a ausência total de expressões faciais e comunicação não verbal.
 3. Déficits para desenvolver, manter e compreender relacionamentos, variando, por exemplo, de dificuldade em ajustar o comportamento para se adequar a contextos sociais diversos a dificuldade em compartilhar brincadeiras imaginativas ou em fazer amigos, a ausência de interesse por pares.
- B. Padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades, conforme manifestado por pelo menos dois dos seguintes, atualmente ou por história prévia (os exemplos são apenas ilustrativos, e não exaustivos; ver o texto):
1. Movimentos motores, uso de objetos ou fala estereotipados ou repetitivos (p. ex., estereotipias motoras simples, alinhar brinquedos ou girar objetos, ecolalia, frases idiossincráticas).

⁷ Mais informações em: <<http://c026204.cdn.sapo.io/1/c026204/cld-file/1426522730/6d77c9965e17b15/b37dfc58aad8cd477904b9bb2ba8a75b/obaudoeeducador/2015/DSM%20V.pdf>>

2. Insistência nas mesmas coisas, adesão inflexível a rotinas ou padrões ritualizados de comportamento verbal ou não verbal (p. ex., sofrimento extremo em relação a pequenas mudanças, dificuldades com transições, padrões rígidos de pensamento, rituais de saudação, necessidade de fazer o mesmo caminho ou ingerir os mesmos alimentos diariamente).
 3. Interesses fixos e altamente restritos que são anormais em intensidade ou foco (p. ex., forte apego, ou preocupação com objetos incomuns, interesses excessivamente circunscritos ou perseverativos).
 4. Hiper ou hiporreatividade a estímulos sensoriais ou interesse incomum por aspectos sensoriais do ambiente (p. ex., indiferença aparente a dor/temperatura, reação contrária a sons ou texturas específicas, cheirar ou tocar objetos de forma excessiva, fascinação visual por luzes ou movimento).
- C. Os sintomas devem estar presentes precocemente no período do desenvolvimento (mas podem não se tornar plenamente manifestos até que as demandas sociais excedam as capacidades limitadas ou podem ser mascarados por estratégias aprendidas mais tarde na vida).
- D. Os sintomas causam prejuízo clinicamente significativo no funcionamento social, profissional ou em outras áreas importantes da vida do indivíduo no presente.
- E. Essas perturbações não são mais bem explicadas por deficiência intelectual (transtorno do desenvolvimento intelectual) ou por atraso global do desenvolvimento. Deficiência intelectual ou transtorno do espectro autista costumam ser comórbidos; para fazer o diagnóstico da comorbidade de transtorno do espectro autista e deficiência intelectual, a comunicação social deve estar abaixo do esperado para o nível geral do desenvolvimento.

Além dos cinco elementos anteriormente apresentados, o DSM-5 também dispõe de uma tabela na qual o transtorno do espectro autista pode ser classificado em graus ou níveis. A Tabela 5 apresenta três níveis de gravidade que são baseadas nas características de comunicação social e comportamentos restritivos e repetitivos.

Tabela 5 - Classificação dos Níveis de Autismo

Nível de Gravidade	Comunicação Social	Comportamentos Repetitivos e Restritivos
Nível 3 – “Exigido muito apoio substancial”	Déficits graves nas habilidades de comunicação social verbal e não verbal causam prejuízos graves de funcionamento, limitação em iniciar interações sociais e resposta mínima a aberturas sociais que partem de outros.	Inflexibilidade de comportamento, extrema dificuldade em lidar com a mudança ou outros comportamentos restritos/repetitivos interferem acentuadamente no funcionamento em todas as esferas. Grande sofrimento/dificuldade para mudar o foco ou as ações.
Nível 2 – “Exigido apoio substancial”	Déficits graves nas habilidades de comunicação social verbal e não verbal, prejuízos sociais aparentes mesmo na presença de apoio, limitação em dar início a interações sociais e resposta reduzida ou anormal a aberturas sociais que partem dos outros.	Inflexibilidade do comportamento, dificuldade de lidar com a mudança ou outros comportamentos restritos/repetitivos aparecem com frequência suficiente para serem óbvios ao observador casual e interferem no funcionamento em uma variedade de contextos. Sofrimento/dificuldade para mudar o foco ou as ações.
Nível 1 – “Exigido Apoio”	Na ausência de apoio, déficits na comunicação social causam prejuízos notáveis. Dificuldade para iniciar interações sociais e	Inflexibilidade de comportamento causa interferência significativa no funcionamento em um ou mais contextos. Dificuldade

	exemplos claros de respostas atípicas ou sem sucesso a aberturas sociais dos outros. Pode aparentar pouco interesse por interações sociais.	em trocar de atividade. Problemas para organização e planejamento são obstáculos à independência.
--	---	---

Fonte: (APA, 2014)

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARECER DOS JOGOS

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação



Avaliação de Um Conjunto de Jogos Sérios para Apoiar a Aprendizagem de Crianças com Autismo e Dificuldades de Aprendizado

(Por favor preencha em letra de forma bem legível todos os dados abaixo)

Data: ___/___/___

Atuação Profissional: _____

Facilidade de Uso:

Os jogos oferecem uma interface de fácil interação para com a criança				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

Os Jogos requerem muito esforço para serem utilizados				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

Aprender a dinâmica dos jogos foi fácil				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

Utilidade Percebida:

Os jogos podem ser utilizados na intervenção junto a crianças e jovens com Transtorno no Espectro Autista				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

Os jogos têm potencial para serem utilizados por mais pessoas				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

O que levaria uma criança em circunstâncias do transtorno do espectro autista a não utilizar os jogos?

Atitude Em Relação

É viável utilizar os jogos como auxílio na aprendizagem das crianças				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

É viável utilizar os jogos como ferramenta para minimizar o tempo de isolamento social das crianças				
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
()	()	()	()	()

