

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA E GESTÃO DO CONHECIMENTO**

Yuri Gomes Cardenas

**MODELO DE ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DE  
JOGOS DIGITAIS DE DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Dissertação submetida ao Programa de  
de Pós-Graduação em Engenharia e  
Gestão do Conhecimento da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Mestre em Engenharia e Gestão do  
Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. João Bosco da  
Mota Alves.

Coorientador: Prof. Dr. Denilson Sell.

Florianópolis  
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cardenas, Yuri Gomes

Modelo de ontologia para representação de jogos digitais de disseminação do conhecimento / Yuri Gomes Cardenas ; orientador, João Bosco da Mota Alves ; coorientador, Denilson Sell. - Florianópolis, SC, 2014.

149 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Inclui referências

1. Engenharia e Gestão do Conhecimento. 2. Engenharia do Conhecimento. 3. Mídia e Conhecimento. 4. Ontologias. 5. Jogos educacionais digitais. I. Alves, João Bosco da Mota. II. Sell, Denilson. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. IV. Título.

Yuri Gomes Cardenas

**MODELO DE ONTOLOGIA PARA REPRESENTAÇÃO DE  
JOGOS DIGITAIS DE DISSEMINAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Especialidade em Engenharia do Conhecimento, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Florianópolis, 6 de março de 2014.

---

Prof. Gregório Varvakis, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.  
Orientador  
UFSC

---

Prof. Tarcísio Vanzin, Dr.  
UFSC

---

Prof. Roderval Marcelino, Dr.  
UFSC

---

Prof. Alexandre Leopoldo  
Gonçalves, Dr.  
UFSC



Dedico esta dissertação a Lauro N. T. Cardenas.  
(*In memoriam.*)



## AGRADECIMENTOS

Aos que têm relação direta com a elaboração desta dissertação, agradeço à UFSC e ao EGC, aos servidores e professores. Agradeço ao meu orientador, Bosco, pela amizade e por organizar os pensamentos nos momentos de aflição, e ao meu coorientador, Denilson, pelas conversas e perguntas que me fez sobre o tema que muito me fizeram refletir. Sem a orientação deles este trabalho não seria nada. Agradeço também aos membros da banca, Alexandre, Roderval e Vanzin, pelas observações e sugestões que me ajudaram a lapidar o trabalho. Agradeço muitíssimo aos amigos De Lucca e Wagner, parceiros de trabalho e de ciência. Além de terem ajudado com a dissertação em si, aprendi muito do que sei sobre pesquisa científica com esses dois caras de muito *respeito tecnológico*. Um obrigado gigante à amiga Djali, com quem tenho o privilégio de trabalhar e com quem posso ter inspiradoras conversas existenciais que vão muito além das questões de trabalho. Agradeço também aos demais colegas do projeto Universo de Ciências, Giacomazzi, Jaime, João, Fresh, Robson, Van Gogh, Renato, Ivo e Charley, com os quais adquiri a experiência no mundo dos jogos educacionais digitais que direcionou o tema e me deu condições de escrever esta dissertação. Agradeço aos colegas de curso Rafael Savi e Marcos dos Santos, que também me ajudaram bastante, embora não saibam, pois a tese e a dissertação deles muito me serviram para tirar dúvidas de formato e conteúdo.

Agradeço também às comunidades de *software* livre que desenvolveram os programas que usei durante toda a longa elaboração da dissertação: Linux/Debian/Ubuntu, LibreOffice, Protégé, Nautilus, Firefox, Thunderbird, Tomboy, Recoll, Dia, Inkscape, GIMP, Exaile, Evince, Apache, Rsync e Guake. Obrigado também às organizações que desenvolveram os programas e o buscador que agilizaram/possibilitaram o processo todo: Mozilla, Canonical, Mendeley e Google, e à Avell, que fez o *hardware* do meu *notebook*.

As pessoas que tornaram possível esta dissertação pelo alento à alma, sou imensamente grato. Muito obrigado ao meu tio Mauro, por todo o apoio que me possibilitou fazer o mestrado. Agradeço muitíssimo à minha amável Cris, pelo amor, carinho e paciência. Minha gratidão eterna à minha mãe, Vânia, pelo apoio e parceria de vida inteira. O término do meu mestrado, mãe, representa mais uma vitória nossa nessa difícil mas compensadora caminhada da vida.

A todos vocês, muito obrigado.



## RESUMO

Dada a grande popularidade dos jogos digitais (*games*), estudiosos de diversas áreas e de muitos países têm pesquisado sobre a utilização de jogos digitais em contextos de ensino-aprendizagem. Os jogos digitais são apontados como um instrumento de ensino-aprendizagem relevante, por favorecer aspectos como a motivação, a interatividade, a colaboração e a aprendizagem baseada em experiência. No mesmo sentido, empresas, instituições acadêmicas e governos têm empreendido esforços para desenvolver jogos digitais para ensino-aprendizagem, treinamento e mudança de comportamento. Considerando a complexidade e a relevância da área dos *games* educacionais, julga-se importante o desenvolvimento de bases de conhecimento sobre *games* educacionais, as quais podem promover o compartilhamento de conhecimento sobre os mesmos e a construção de repositórios de referência de iniciativas existentes. As Ontologias são um bom recurso para a modelagem de conhecimento e para a construção de bases de conhecimento. Elas são um instrumento utilizado pela Engenharia do Conhecimento para criar, organizar, formalizar, compartilhar, aplicar e refinar o conhecimento de um dado domínio. Diante disso, esta dissertação propõe um modelo de ontologia que permite representar qualquer jogo educacional digital no que se refere a seus atributos. O modelo, desenvolvido a partir da Metodologia para Desenvolvimento de Ontologias 101, utiliza como base conceitos do modelo de ontologia para adaptatividade em jogos educacionais digitais ELEKTRA e, complementarmente, inspira-se na proposta de classificação de jogos sérios G/P/S para modelar atributos que caracterizam um jogo educacional. Por fim, um exemplo de aplicação do modelo é demonstrado através da criação de uma base de conhecimento com 5 jogos educacionais digitais existentes e são demonstradas diferentes consultas à base, cujos resultados são respostas a questões de competência que definem o escopo do modelo de ontologia. Espera-se que o modelo proposto nesta dissertação contribua para o cenário de pesquisa e desenvolvimento de *games* educacionais tanto no âmbito acadêmico quanto no organizacional.

**Palavras-chave:** Engenharia do Conhecimento. Mídia e Conhecimento. Ontologias. Jogos educacionais digitais. Disseminação de conhecimento.



## ABSTRACT

Considering the huge popularity of digital games, researchers of many knowledge fields and countries have been studying of using games for teaching and learning contexts. Games are considered an important instrument for learning, because they foster aspects like motivation, interactivity, collaboration and experience-based learning. In this same direction, enterprises, academic institutions and governments have been making efforts to develop digital games for teaching and learning, training and behavior change. Given the complexity and importance of educational games field of study, it is deemed important to develop educational games knowledge bases, which can promote knowledge sharing about educational games and the development of reference repositories of existing initiatives. Ontologies are a good expedient for knowledge modeling and for building knowledge bases. They are a tool used by Knowledge Engineering to create, organize, formalize, share, apply and refine the knowledge of a given domain. Therefore, this dissertation proposes an ontology model for representing any digital educational game with regard to their attributes. The model, which was developed using the Methodology for Ontology Development 101, uses concepts of the ELEKTRA ontology model for adaptivity in educational games as well as of the G/P/S serious games classification model to model attributes that characterize an educational game. Finally, an example application of the model is demonstrated by creating a knowledge base containing 5 existing educational digital games. Different queries from the knowledge base are demonstrated, from which results are responses to competency questions that define the scope of the proposed ontology model. It is expected that the model proposed in this dissertation contributes to research and development of educational games both in academia and in the organizational context.

**Keywords:** Knowledge Engineering. Knowledge media. Ontologies. Educational digital games. Knowledge dissemination.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre jogos digitais (video games), jogos sérios (serious games) e Serious Gaming.....	39
Figura 2: Gameplay bricks.....	45
Figura 3: Representação sumária do modelo G/P/S.....	49
Figura 4: Representação da função de pré-requisito.....	63
Figura 5: Modelo ELEKTRA com indicações das classes removidas (com “X”) e da classe alterada Learner (com círculo tracejado).....	75
Figura 6: Listagem de todas as classes do modelo em ordem alfabética.....	80
Figura 7: Diagrama com relacionamentos entre a classe Game e as classes reusadas/inspiradas no modelo ELEKTRA.....	84
Figura 8: Diagrama que representa a classe Game e suas relações com as classes que foram criadas com inspiração no modelo G/P/S.....	85
Figura 9: Diagrama com as relações da classe Game com as demais classes próprias do modelo desta dissertação.....	86
Figura 10: Diagrama com a visão de todas as classes e relações do modelo.....	87
Figura 11: Diagrama com as propriedades da classe Game que configuram as relações diretas da mesma com as demais classes.....	91
Figura 12: Restrições de propriedades da classe Game.....	91
Figura 13: Diagrama com as propriedades das classes Gameplay e GameplayBrick.....	92
Figura 14: Diagrama com as propriedades da classe Artwork.....	93
Figura 15: Diagrama com as propriedades da classe Scope.....	93
Figura 16: Restrições de propriedades das classes Gameplay, GameplayBrick, Artwork e Scope.....	93
Figura 17: Diagrama com as propriedades das classes LearningSituation, Skill, SkillSet, Concept, ActionVerb, Curriculum e LearningUnit.....	94
Figura 18: Restrições de propriedades das classes LearningSituation, Skill, SkillSet, Concept, ActionVerb, Curriculum, LearningUnit.....	95

Figura 19: Instâncias das classes Blocos de Gameplay (GameplayBrick), Tipo de Bloco de Gameplay (GameplayBrickType) e Tipo de Jogo (KindOfPlay)...	96
Figura 20: Instâncias das subclasses da classe Propósito (Purpose).....	97
Figura 21: Instâncias de Público (Public) e Segmento de Mercado (Market)....	97
Figura 22: Instâncias das classes Nível de Conhecimento (Depth) Eventos de Aprendizagem (LearningEvent).....	98
Figura 23: Instâncias das classes Plataforma (Platform), Idioma (Language), Dimensões (Dimension) e Estilos de Desenho Gráfico (GraphicDesignStyle)..	99
Figura 24: Jogo Termodinâmica. Fase 8, seleção do Titânio na barra à esquerda .....	101
Figura 25: Relacionamentos entre a instância do jogo Termodinâmica e as demais instâncias que o caracterizam.....	102
Figura 26: Jogo Óptica.....	110
Figura 27: Jogo Reciclagem.....	115
Figura 28: Jogo Fotovoltaico.....	119
Figura 29: Jogo Fotossíntese.....	124
Figura 30: Resultado da consulta do Quadro 62.....	128
Figura 31: Resultado da consulta do Quadro 63.....	129
Figura 32: Resultado da consulta do Quadro 64.....	129
Figura 33: Resultado da consulta do Quadro 65.....	130
Figura 34: Resultado da consulta do Quadro 66.....	130
Figura 35: Resultado da consulta do Quadro 67.....	131
Figura 36: Resultado da consulta do Quadro 68.....	131
Figura 37: Resultado da consulta do Quadro 69.....	132
Figura 38: Resultado da consulta do Quadro 70.....	132
Figura 39: Resultado da consulta do Quadro 71.....	133
Figura 40: Resultado da consulta do Quadro 72.....	134
Figura 41: Resultado da consulta do Quadro 73.....	134

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorias de artigos relacionados com jogos educacionais digitais	54
Quadro 2: Categorias de artigos não relacionados com jogos educacionais digitais.....	55
Quadro 3: Termos importantes.....	72
Quadro 4: Classes retiradas, não reusadas, do modelo ELEKTRA.....	73
Quadro 5: Classe do modelo ELEKTRA alterada para ser reusada.....	74
Quadro 6: Classes exclusivas do modelo proposto nesta dissertação.....	76
Quadro 7: Classes reusadas ou inspiradas no modelo ELEKTRA.....	77
Quadro 8: Classes inspiradas no modelo G/P/S.....	78
Quadro 9: Propriedades simples das classes do modelo.....	81
Quadro 10: Tipo e cardinalidade das propriedades simples das classes do modelo.....	89
Quadro 11: Termodinamica, instância da classe Game.....	103
Quadro 12: ArteGraficaTermodinamica, instância da classe Artwork.....	104
Quadro 13: EscopoTermodinamica, instância da classe Scope.....	104
Quadro 14: GameplayTermodinamica, instância da classe Gameplay.....	105
Quadro 15: PerfilDe12a14anos, instância da classe LearnerProfile.....	105
Quadro 16: PrincipioAprendizagemSignificativa, instância da classe PedagogicPrinciple.....	105
Quadro 17: PrincipioTresMomentosPedagogicos, instância da classe PedagogicPrinciple.....	106
Quadro 18: DesenvolvedorGeNESS, instância da classe Developer.....	106
Quadro 19: DesenvolvedorMentesBrilhantes, instância da classe Developer..	106
Quadro 20: SituacaoDeAprendizagemTitanioMauCondutor, instância da classe LearningSituation.....	107
Quadro 21: UnidadeDeAprendizagemParametrosCurricularesNacionais, instância da classe LearningUnit.....	107
Quadro 22: CurriculoEscolarBrasileiro, instância da classe Curriculum.....	108

Quadro 23: HabilidadeCompreenderBaixaCondutividade, instância da classe Skill.....	108
Quadro 24: HabilidadeCompreenderTitanioTemMuitoBaixaCondutividade, instância da classe Skill.....	108
Quadro 25: VerboCompreender, instância da classe ActionVerb.....	109
Quadro 26: ConceitoBaixaCondutividadeTermica, instância da classe Concept.....	109
Quadro 27: ConceitoTitanioTemMuitoBaixaCondutividade, instância da classe Concept.....	109
Quadro 28: Optica, instância da classe Game.....	111
Quadro 29: GameplayOptica, instância da classe Gameplay.....	112
Quadro 30: SituacaoDeAprendizagemReflexaoEmEspelhosPlanos, instância da classe LearningSituation.....	112
Quadro 31: CurriculoEscolarBrasileiro, instância da classe Curriculum.....	113
Quadro 32: HabilidadeCompreenderReflexaoEmEspelhoPlano, instância da classe Skill.....	113
Quadro 33: HabilidadeCompreenderAnguloDeIncidenciaIgualAoDeReflexao, instância da classe Skill.....	113
Quadro 34: VerboCompreender, instância da classe ActionVerb.....	114
Quadro 35: ConceitoReflexaoEmEspelhoPlano, instância da classe Concept.....	114
Quadro 36: ConceitoAngulosDeIncidenciaEDeReflexao, instância da classe Concept.....	114
Quadro 37: Reciclagem, instância da classe Game.....	115
Quadro 38: GameplayReciclagem, instância da classe Gameplay.....	116
Quadro 39: SituacaoDeAprendizagemGarrafaPlasticaNaColetoraVermelha, instância da classe LearningSituation.....	116
Quadro 40: CurriculoNaoRegular, instância da classe Curriculum.....	117
Quadro 41: HabilidadeCompreenderSeparacaoDeResiduosSolidos, instância da classe Skill.....	117

Quadro 42: HabilidadeCompreenderPlasticoDescartadoEmColetoraVermelha, instância da classe Skill.....	118
Quadro 43: VerboCompreender, instância da classe ActionVerb.....	118
Quadro 44: ConceitoSeparacaoDeResiduosSolidos, instância da classe Concept .....	118
Quadro 45: ResiduosPlasticosSaoDescartadosEmColetoraVermelha, instância da classe Concept.....	119
Quadro 46: Fotovoltaico, instância da classe Game.....	120
Quadro 47: GameplayFotovoltaico, instância da classe Gameplay.....	120
Quadro 48: SituacaoDeAprendizagemEstadoEnergeticoDosEletrons, instância da classe LearningSituation.....	121
Quadro 49: CurriculoNaoRegular, instância da classe Curriculum.....	121
Quadro 50: HabilidadeCompreenderFuncionamentoDePlacaFotovoltaica, instância da classe Skill.....	122
Quadro 51: HabilidadeCompreenderEstadosEnergeticosDosEletrons, instância da classe Skill.....	122
Quadro 52: VerboCompreender, instância da classe ActionVerb.....	123
Quadro 53: ConceitoGeracaoDeEnergiaEletricaAtravesDePlacaFotovoltaica, instância da classe Concept.....	123
Quadro 54: ConceitoEstadosEnergeticosDosEletrons, instância da classe Concept.....	123
Quadro 55: Fotossintese, instância da classe Game.....	124
Quadro 56: GameplayFotossintese, instância da classe Gameplay.....	125
Quadro 57: SituacaoDeAprendizagemProcessoFotossintetico, instância da classe LearningSituation.....	125
Quadro 58: CurriculoEscolarBrasileiro, instância da classe Curriculum.....	126
Quadro 59: HabilidadeCompreenderProcessoFotossintetico, instância da classe Skill.....	126
Quadro 60: VerboCompreender, instância da classe ActionVerb.....	126
Quadro 61: ConceitoProcessoFotossintetico, instância da classe Concept.....	127

Quadro 62: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.1.....	128
Quadro 63: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.2.....	128
Quadro 64: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.3.....	129
Quadro 65: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.4.....	129
Quadro 66: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.5.....	130
Quadro 67: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.6.....	131
Quadro 68: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.7.....	131
Quadro 69: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.8.....	132
Quadro 70: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.9.....	132
Quadro 71: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.10.....	133
Quadro 72: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.11.....	133
Quadro 73: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.12.....	134

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>15</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>19</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.1.QUESTÃO DE PESQUISA.....	28
1.2.OBJETIVOS.....	28
1.2.1 Objetivo Geral.....	28
1.2.2 Objetivos Específicos.....	28
1.3.JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	28
1.4.ESCOPO DO TRABALHO.....	30
1.5.ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO CONHECIMENTO.....	31
1.6.METODOLOGIA.....	32
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>33</b>
2.1 JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS.....	33
2.1.1 Histórico sobre jogos digitais na educação.....	33
2.1.2 Abordagens de aplicação e efeitos do uso de jogos educacionais digitais.....	34
2.1.3 Interseção com o construtivismo.....	35
2.1.4 Questões em aberto sobre jogos digitais na educação.....	36
2.2 CLASSIFICAÇÃO DE JOGOS DIGITAIS.....	37
2.2.1 Categorização de jogos sérios.....	37
2.2.2 Histórico de classificação de jogos sérios.....	39
2.2.3 Classificação de jogos de entretenimento.....	42
2.2.4 O modelo Gameplay/Purpose/Scope (G/P/S).....	43
2.2.4.1 Gameplay.....	43
2.2.4.2 Propósito (Purpose).....	45
2.2.4.3 Escopo (Scope).....	47
2.2.5 Resumo do modelo G/P/S.....	48

2.3 ONTOLOGIAS.....	50
2.4 USO DE ONTOLOGIAS PARA JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS .....	52
2.5 AVALIAÇÃO EM JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS.....	56
2.6 ADAPTATIVIDADE EM AMBIENTES EDUCACIONAIS DIGITAIS .....	57
<b>2.6.1 Adaptatividade em jogos educacionais digitais.....</b>	<b>59</b>
2.7 PROJETO ELEKTRA.....	60
<b>2.7.1 Descrição do modelo de ontologia ELEKTRA.....</b>	<b>63</b>
<b>3 MODELO PROPOSTO.....</b>	<b>67</b>
3.1 DETERMINAR O ESCOPO DA ONTOLOGIA.....	67
3.2 CONSIDERAR O REUSO.....	71
3.3 LISTAR TERMOS IMPORTANTES.....	71
3.4 DEFINIR CLASSES.....	72
3.5 DEFINIR PROPRIEDADES.....	80
3.6 DEFINIR RESTRIÇÕES DAS PROPRIEDADES.....	88
3.7 CRIAR INSTÂNCIAS.....	95
<b>4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MODELO.....</b>	<b>101</b>
4.1 CRIAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO.....	101
<b>4.1.1 Jogo Termodinâmica.....</b>	<b>101</b>
<b>4.1.2 Jogo Óptica.....</b>	<b>110</b>
<b>4.1.3 Jogo Reciclagem.....</b>	<b>115</b>
<b>4.1.4 Jogo Fotovoltaico.....</b>	<b>119</b>
<b>4.1.5 Jogo Fotossíntese.....</b>	<b>124</b>
4.2 EXEMPLOS DE BUSCAS À BASE DE CONHECIMENTO.....	127
<b>4.2.1 Qual o título (nome) dos jogos que a base de conhecimento contém?.....</b>	<b>128</b>
<b>4.2.2 Qual o propósito do jogo Reciclagem?.....</b>	<b>128</b>
<b>4.2.3 Que Blocos de Gameplay têm os jogos da base?.....</b>	<b>129</b>
<b>4.2.4 Para que faixa etária foram feitos os jogos da base?.....</b>	<b>129</b>

4.2.5 A que público e mercado destinam-se os jogos da base?.....	130
4.2.6 Quais organizações desenvolvem jogos educacionais digitais no Brasil?.....	130
4.2.7 Que habilidades os estudantes poderão desenvolver com os jogos da base?.....	131
4.2.8 Que habilidades são necessárias para que os estudantes joguem os jogos da base?.....	132
4.2.9 Que habilidades estão relacionadas a que níveis de conhecimento?.....	132
4.2.10 Que habilidades podem ser desenvolvidas com games cujo evento de aprendizagem é experimentação/reactividade?.....	133
4.2.11 Que assuntos/disciplinas os jogos da base tratam?.....	133
4.2.12 Que habilidades são necessárias para os games cujo propósito é Educativo e que tratam de temas da disciplina de Física do Currículo Escolar Brasileiro?.....	134
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>135</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	135
5.2 TRABALHOS FUTUROS.....	136
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO A – Modelo de ontologia ELEKTRA.....</b>	<b>149</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Estudiosos de diversas áreas e de muitos países têm pesquisado sobre a utilização de jogos digitais em contextos de ensino-aprendizagem (CONNOLLY et al., 2012; RITTERFELD; CODY; VORDERER, 2009). Os jogos digitais (ou *games*<sup>1</sup>) são apontados como um instrumento de ensino-aprendizagem relevante, por favorecer aspectos como a motivação, interatividade, colaboração e a aprendizagem baseada em experiência.

Muitos jovens e crianças da atualidade têm contato com as tecnologias digitais desde muito cedo. Prensky (2001) faz uma analogia para caracterizar esta geração: são *falantes nativos* da linguagem dos computadores, da Internet e dos *videogames*. Por isso, a aplicação de jogos digitais em contextos de ensino-aprendizagem tem um forte apelo motivacional, pois aproxima os estudos, por vezes vistos como nada divertidos, de algo que esses jovens e crianças adoram e estão acostumados desde sempre em suas vidas (PRENSKY, 2001). As pessoas são capazes de manterem-se jogando, imersas no mundo virtual proposto pelo jogo, em estado de absoluta concentração – o estado de *Flow*, descrito por Csíkszentmihályi (1990). É nesse sentido que o fator motivação é um dos benefícios mais recorrentemente associados ao uso de jogos digitais e que pode ser aproveitado no ensino, no intuito de auxiliar um estudante a se manter interessado em algum conteúdo didático, cujo aprendizado se desenvolve através de um *game*.

A interatividade é a principal característica que distingue os jogos digitais das demais mídias (KELMAN, 2006). Os jogos se modificam a partir da interação do jogador; são uma experiência ativa que requer um participante, não um expectador, leitor ou ouvinte que se mantém passivo (KELMAN, 2006). Por exemplo, é longe de ser trivial a distinção entre a experiência de ler sobre um protagonista em uma narrativa e ser o protagonista em uma narrativa (KELMAN, 2006). Mesmo que esta distinção tenha implicações que precisam ser melhor exploradas e compreendidas, porque são complexas (KELMAN, 2006), a interatividade é referida como o fator que enriquece a experiência de entretenimento de jogar os *games* (VORDERER; HARTMANN; KLIMMT, 2003) e está, portanto, por trás da popularidade dessa mídia.

Os jogos digitais também podem encorajar jogadores a trabalharem colaborativamente para a resolução de desafios em equipe (HAMALAINEN, 2008). Este tipo de atividade, em jogos educacionais,

---

<sup>1</sup> Nesta dissertação, usa-se o termo em inglês *game* como sinônimo de jogo digital, pelo fato de o termo ser utilizado mundialmente.

possibilita aos participantes não somente aprenderem um conteúdo e/ou aprender a resolver certos tipos de problemas, como também permite que eles desenvolvam habilidades de trabalho em equipe, comunicação, liderança e de coordenação (MUNGAI; JONES; WONG, 2002; DE FREITAS, 2006), mesmo que estejam geograficamente distantes (DE FREITAS, 2006). Este benefício dos *games* é conexo à aprendizagem baseada em experiência, um tipo de aprendizagem ativa que promove a colaboração e a aprendizagem em equipe (MUNGAI; JONES; WONG, 2002).

A indústria dos jogos de entretenimento mundial teve receita de 63 bilhões de dólares em 2012 (REUTERS, 2013). Nos Estados Unidos, um dos maiores mercados de *games* do mundo (GAMESINDUSTRY, 2012), 58% das pessoas jogam *games* (ESA, 2013). Em relação ao Brasil, dados mais recentes de pesquisa afirmam que os jogos digitais fazem parte da vida de pessoas de todos os grupos sociais (IDGNOW, 2012). Há uma quantidade expressiva de pessoas que jogam na Web, celulares, *smartphones*, *tablets* e em redes sociais (IBOPE, 2012a; IBOPE, 2012b; IDGNOW, 2012), das quais o perfil de jogadores é mais heterogêneo do que o perfil estereotipado do adolescente do sexo masculino (IDGNOW, 2012). Por exemplo, uma pesquisa de 2012 apontou que metade dos jogadores brasileiros das plataformas acima citadas gostam dos chamados jogos casuais, que são mais simples do que os *games* tradicionais<sup>2</sup> (IBOPE, 2012a). Vale destacar ainda que os jogos casuais foram os preferidos entre as mulheres e que a audiência dos sites de jogos casuais esteve entre as que mais cresceram no Brasil em 2012 (IBOPE, 2012a). Além disso, outra pesquisa realizada no Brasil referente ao ano de 2012 apontou que 42% das pessoas jogam pelo computador (IBOPE, 2012b), plataforma preferida pelas pessoas com mais de 40 anos de idade, que costumam jogar *games* de cartas e outros *games* casuais (IBOPE, 2012a).

O interesse acadêmico em torno dos jogos sérios – jogos digitais que tenham outros objetivos além de entretenimento, o que engloba os jogos educacionais<sup>3</sup> – se amplia ao longo dos últimos anos acompanhando a popularidade expressiva dos *games*, tornando-se objeto

---

<sup>2</sup> Jogos casuais são mais simples do que os *games* tradicionais em termos de regras e facilidade de aprender a jogar. Servem como um passatempo rápido, que não exige muita dedicação. Os *games* tradicionais, neste contexto, são mais complexos em termos de regras, narrativa e jogabilidade e, por isso, exigem mais dedicação e tempo do jogador.

<sup>3</sup> Nesta dissertação é utilizado o conceito de jogo sério definido por Djaouti, Alvarez e Jessel (2011). Esta definição é abordada na seção 2.2.1.

de debate em diversas conferências, convenções e simpósios internacionais, por diferentes profissionais de diferentes áreas de atuação (RITTERFELD; CODY; VORDERER, 2009). As vantagens intrínsecas dos jogos digitais, tais como as citadas motivação e a imersão que o estudante-jogador pode experimentar enquanto joga – em estado de *Flow* – despertaram o interesse dos pesquisadores em entender os efeitos do uso de jogos digitais (CONNOLLY et al., 2012). No mesmo movimento, empresas, instituições acadêmicas e governos, dentre outras organizações, têm empreendido esforços para desenvolver jogos digitais para ensino-aprendizagem, treinamento e mudança de comportamento (CONNOLLY et al., 2012; DE FREITAS, 2006).

O desenvolvimento de *games* é um processo complexo, em parte por abranger diversas áreas do conhecimento (RABIN, 2009). De forma geral, o desenvolvimento de um jogo digital compreende atividades como (BETHKE, 2003):

- *Game design*: que envolve ou pode envolver subáreas como definição da mecânica do jogo, *design* de níveis (fases) e/ou de missão e criação de história.
- Programação: programação da mecânica do jogo, de gráficos 2D ou 3D, de inteligência artificial, da interface, de áudio, de editor de níveis ou de missão e de comunicação em rede, de servidor e cliente.
- Criação gráfica: desenho conceitual, arte 2D, *design* de interface, modelagem 3D, modelagem de personagem, animação, captura de movimentos e *storyboards*.
- Criação de áudio: gravação de falas, efeitos sonoros e trilhas sonoras.

Além de áreas e processos como gestão de projetos, testes, licenciamento, comercialização e pós-venda, que podem fazer parte de projetos de desenvolvimento de *software*.

Ao desenvolverem-se jogos educacionais, a complexidade do processo de desenvolvimento aumenta, em função das características educacionais que o jogo deverá conter. Dentre alguns exemplos de características e desafios no desenvolvimento de *games* educacionais, apontam-se:

- Balanceamento entre diversão e educação (PRENSKY, 2003; MINOVIĆ; MILOVANOVIĆ, 2009; TANG; HANNEGHAN, 2010).
- Possuir objetivos educacionais bem definidos (SAVI, 2011).
- Mecanismos de avaliação, com os quais se pode, por exemplo, avaliar o progresso do desempenho do estudante-jogador enquanto ele joga (KICKMEIER-RUST et al., 2008b; UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010; MORENO-GER et al., 2008).
- Mecanismos de adaptatividade, com os quais se pode identificar o perfil do estudante e alterar o ambiente do jogo, de acordo com o estilo de aprendizagem do perfil identificado, de maneira a facilitar o aprendizado (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008; KICKMEIER-RUST et al., 2008a; KICKMEIER-RUST et al., 2008b; MORENO-GER et al., 2008).

Diante disso, como forma de apoiar a construção e a promoção de jogos digitais para um ambiente educacional, torna-se importante a busca e o aproveitamento de bases de conhecimento de referência acerca dos vários aspectos e preocupações envolvidos no desenvolvimento dessa categoria de jogos. Bases de conhecimento sobre jogos educacionais apresentam-se como um recurso bastante útil à realização das várias atividades previstas no processo de desenvolvimento de um *game* educacional, podendo servir a múltiplos propósitos. Um exemplo é a possibilidade de serem estabelecidas como um repositório que informe sobre casos de criação de jogos, viabilizando o reconhecimento de projetos existentes e possivelmente influenciando a tomada de decisão em novos projetos. Neste último caso, de sua função de repositório, uma base de conhecimento em *game* educacional pode converter-se efetivamente em um quadro norteador para o desenvolvimento de um jogo, auxiliando desde sua implementação em *software* até sua aplicação em contexto de interesse.

No plano conceitual, a tarefa de organizar um conhecimento estruturado sobre os diversos elementos de criação e aplicação de um *game* educacional pode ser feita através das Ontologias. As Ontologias são uma das ferramentas utilizadas pela Engenharia do Conhecimento (ONTOKEM, 2013; RAUTENBERG; TODESCO; STEIL, 2011) para criar, organizar, formalizar, compartilhar, aplicar e refinar o conhecimento de um dado domínio (RAUTENBERG; TODESCO; STEIL, 2011). Para a Engenharia e Gestão do Conhecimento, o

conhecimento do ser humano pode ser capturado, codificado, armazenado, compartilhado e reutilizado (SCHREIBER, 2000). Na parte de compartilhamento, tem-se as mídias de conhecimento, as quais viabilizam a disseminação de conhecimento através de tecnologias de comunicação e colaboração (SCHWARTZ, 2006). Os jogos educacionais são um tipo de mídia de conhecimento<sup>4</sup> (SAVI, 2011).

Observa-se na literatura propostas que utilizam Ontologias para diferentes propósitos no campo dos *games* educacionais, tais como: descrição de recursos educacionais (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008), adaptatividade em jogos educacionais digitais (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008; KICKMEIER-RUST et al., 2008b) e formalização do domínio de conhecimento de um *game* educacional (HANNIG et al., 2012).

Apesar de tratar-se de um bom recurso para a representação semântica de um domínio de conhecimento (MAEDCHE; STAAB, 2001; KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008), não se observa na literatura abordagem que utilize Ontologias para representar um jogo educacional digital no que concerne aos atributos que o caracterizam, como, por exemplo: quem o desenvolveu, plataformas para o qual fora desenvolvido, faixa etária e/ou público para que se destina, diretrizes pedagógicas que o baseiam, *gameplay*, arte gráfica, habilidades que podem ser desenvolvidas ao jogar, habilidades necessárias para que se possa transpor os desafios do jogo, recursos de adaptatividade, recursos de avaliação, dentre outros atributos que caracterizam um jogo digital educacional. Uma abordagem neste sentido permitiria às organizações construir bases de conhecimento de *games* educacionais, classificar *games* educacionais e compartilhar conhecimento sobre os mesmos, dentre outras aplicações possíveis a partir do uso de Ontologias.

---

<sup>4</sup> As mídias de conhecimento são objeto de estudo da área de Mídia e Conhecimento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEGC), a qual objetiva formar “profissionais e pesquisadores responsáveis pela geração e disseminação do conhecimento nas organizações e na sociedade em geral” (EGC, 2014a). Diante disso, optou-se por referir-se a jogos digitais educacionais também como jogos digitais de disseminação de conhecimento para destacar que nesta dissertação os jogos digitais educacionais são analisados sob a ótica do PPGEGC.

## 1.1. QUESTÃO DE PESQUISA

Como representar semanticamente jogos digitais de disseminação de conhecimento no que concerne aos atributos que os caracterizam?

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta dissertação é desenvolver um modelo baseado em Ontologias para representação de jogos digitais de disseminação de conhecimento no que concerne aos atributos que os caracterizam.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais atributos utilizados nas classificações de *games* educacionais;
- Identificar como são utilizadas as Ontologias no campo dos jogos educacionais digitais na atualidade;
- Selecionar modelos existentes para reusá-los, se forem adequados, no modelo proposto neste trabalho;
- Identificar e representar os construtos associados ao modelo de ontologia;
- Demonstrar a aplicação do modelo proposto para representar jogos educacionais digitais existentes, como exemplo de utilização do modelo a partir da criação de uma base de conhecimento de jogos educacionais digitais e da realização de buscas nesta base de conhecimento.

## 1.3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Ainda que atualmente os jogos digitais tenham se tornado parte da vida das pessoas e o estudo dos impactos da utilização deles, inclusive para fins educacionais, seja de grande e crescente interesse dos pesquisadores, há temas pouco pesquisados e outros que precisam de evidências empíricas sobre sua eficiência (CONNOLLY et al., 2012).

Especialmente para o uso educacional dos jogos digitais, vê-se grande necessidade de pesquisa e desenvolvimento. Em quesitos como

adaptatividade, *gameplay*, qualidade gráfica e qualidade de narrativa, por exemplo, os jogos digitais de entretenimento estão muito à frente dos jogos digitais educacionais (KICKMEIER-RUST et al., 2008b). Muito deste quadro se deve à complexidade da área de desenvolvimento de jogos educacionais digitais. Por exemplo, conciliar as características de diversão e motivação sem esquecer dos aspectos educacionais que se buscam não é tarefa fácil (TANG; HANNEGHAN, 2010).

Uma questão chave para o uso de jogos digitais na educação é a avaliação, para que se possa compreender se um jogo é benéfico no contexto de ensino-aprendizagem (SAVI, 2011). Ainda, dentro da área de avaliação, há uma subárea chamada avaliação não invasiva, que não seja perceptível ao estudante-jogador (KICKMEIER-RUST et al., 2008b). Com esse tipo de avaliação, tem-se a vantagem de não interromper a imersão, o estado de *Flow*, do estudante e de avaliar-se o desempenho do mesmo a partir do contexto do jogo. Trata-se um tipo de avaliação fundamental aos *games* educacionais, dada a natureza dos mesmos, mas que nem sempre é possível através de outras técnicas de avaliação (KICKMEIER-RUST et al., 2008b; UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010). Esta área de avaliação não invasiva é bastante desafiadora e exige mais desenvolvimento acadêmico para que se possa, por exemplo, mensurar habilidades de ordem superior – pensamento crítico, tomada de decisão e resolução de problemas – e habilidades comportamentais – trabalho em equipe e liderança (UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010).

Outro exemplo de área complexa é a área de adaptatividade, a qual exige técnicas sofisticadas e grandes investimentos financeiros, o que resulta em um quadro de limitada aplicação no âmbito educacional (PEIRCE; CONLAN; WADE, 2008). Ainda no campo da adaptatividade para ambientes educacionais digitais, observa-se a falta de padrões para descrição de recursos adaptativos e baixa reusabilidade desses recursos (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008; AKBULUT; CARDAK, 2012). Há uma proposta na literatura, de um projeto chamado ELEKTRA, que visa a resolver esses problemas do campo da adaptatividade com o uso de Ontologias, as quais têm potencial para prover o reuso de recursos de adaptatividade para jogos educacionais digitais (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008; KICKMEIER-RUST et al., 2008a; KICKMEIER-RUST et al., 2008b).

Além de ser um bom instrumento para a representação de domínios de conhecimento (RAUTENBERG; TODESCO; STEIL, 2011; KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008) e oferecer condições para o

reuso e interoperabilidade de objetos educacionais adaptativos, o uso de Ontologias traz uma alta carga semântica que possibilita realizar inferências para descoberta de conhecimento implícito (BALANCIERI, 2010). Entretanto, apesar das vantagens do uso das Ontologias, não foram encontradas na literatura abordagens que visem a representar os jogos educacionais digitais no que toca aos vários atributos que os caracterizam. Propor um modelo para preencher esta lacuna possibilitaria a construção de bases de conhecimento de referência sobre jogos educacionais digitais e o compartilhamento de conhecimento sobre os mesmos, entre outras aplicações possíveis, e conseqüentemente apoiaria a promoção e o desenvolvimento do campo de jogos educacionais digitais. É neste ponto que está a relevância e a contribuição esperada desta dissertação.

Assim, julga-se relevante o modelo apresentado por esta dissertação, o qual se baseia em modelos acadêmicos existentes. Avançar propostas existentes e prover um modelo de ontologia para representar jogos educacionais digitais tende a contribuir para melhorar o quadro de pesquisa e desenvolvimento de *games* educacionais, tanto no âmbito acadêmico quanto no organizacional.

#### 1.4. ESCOPO DO TRABALHO

Esta dissertação propõe um modelo de Ontologia para representação de jogos digitais de disseminação de conhecimento que poderá ser utilizado para aplicações como desenvolvimento de sistemas e bases de conhecimento para registro, classificação e busca de conhecimento sobre tais jogos. Vale destacar que não são contemplados no modelo artefatos de *software* propriamente, a não ser diagramas e outras representações que especificam o modelo ontológico.

Além disso, o modelo proposto não é atrelado a uma específica corrente pedagógica, pois se trata de um modelo que objetiva representar o jogo educacional em si. Ou seja, o modelo possibilitará representar qual(is) corrente(s) pedagógica(s) baseia(m) determinado *game* educacional. Porém, neste ponto, há uma restrição: o modelo abrange somente jogos digitais educacionais cujas bases pedagógicas possibilitem representar como um conjunto de habilidades o conhecimento que o jogo pode ensinar aos estudantes. A seção 2.7.1 **Descrição do modelo de ontologia ELEKTRA** detalha o que é um conjunto de habilidades no escopo deste trabalho.

## 1.5. ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO CONHECIMENTO

São três as áreas de concentração do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEGC): Gestão do Conhecimento, Engenharia do Conhecimento e Mídia e Conhecimento.

Dentre as três, destacam-se trechos da descrição da Engenharia do Conhecimento e da Mídia e Conhecimento para justificar a aderência desta dissertação ao programa.

A área de Engenharia do Conhecimento, tem como objetivo “a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas e ferramentas para a formalização, codificação e gestão do conhecimento” (EGC, 2014a).

Sobre a área de Mídia e Conhecimento:

Atualmente, esta área [de Mídia e Conhecimento] trata do **desenho, desenvolvimento<sup>5</sup> e avaliação de mídia voltada a catalisar a habilidade de grupos de pensar, comunicar, apreender, e criar conhecimento.**

[...]

Em relação à educação, a área de M&C [Mídia e Conhecimento] prepara os estudantes para contribuir no desenho, **implementação e acesso de inovações educacionais ancoradas no uso de tecnologia.** Por meio da imersão nas melhores práticas, pesquisa e teoria, a área permite aos estudantes **apreciarem as diversas perspectivas da tecnologia, mídia, ensino e aprendizado,** de forma tal a investigar e desenhar modelos tecnológicos pedagógicos baseados na pesquisa, e liderar a implementação e avaliação de inovações baseadas em tecnologias. (EGC, 2014a)

Portanto, esta dissertação é aderente ao PPGEGC por fazer parte de duas das três áreas de concentração do programa:

- Engenharia do Conhecimento, por propor um modelo voltado para formalização e codificação do conhecimento e baseado em metodologia, técnicas e ferramentas utilizadas por esta área; e

---

<sup>5</sup> Destaques em negrito acrescentados pelo autor desta dissertação.

- Mídia e Conhecimento, pelo fato de o modelo ser direcionado a jogos digitais educacionais, que são mídias de disseminação de conhecimento, objeto de estudo da área.

Ainda, dentre as linhas de pesquisa do PPGEHC, esta dissertação está inserida na linha Teoria e Prática em Engenharia do Conhecimento, na qual: "Estudam-se metodologias e técnicas da Engenharia do Conhecimento e da Inteligência Computacional e suas relações com a gestão e com a mídia e conhecimento." (EGC, 2014b) e na linha Mídia e Conhecimento na Educação, a qual visa, dentre outros objetivos, a construir conhecimento e resolver problemas com foco em facilitar a educação baseada em tecnologias multimídia (EGC, 2014b) – tais quais os jogos educacionais digitais.

## 1.6. METODOLOGIA

Quanto à natureza, esta dissertação configura-se como pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática voltados à solução de problemas específicos (GIL, 1991). Quanto aos objetivos, caracteriza-se como pesquisa exploratória, uma vez que visa a proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito, e envolveu pesquisas bibliográficas (GIL, 1991).

Na parte da fundamentação teórica, na seção 2.4 foi feita uma busca sistemática para entender o uso das Ontologias em *games* educacionais na atualidade.

Para a parte de classificação de jogos educacionais digitais, foi utilizado o modelo para classificação de jogos sérios G/P/S (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011), um modelo bastante sólido sobre o tema, fruto de uma pesquisa que revisou detalhadamente o quadro atual da classificação de *games*.

Para o desenvolvimento do modelo proposto, foi utilizada a Metodologia para Desenvolvimento de Ontologias 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001). Foram utilizadas como base partes do modelo de ontologia e aspectos do projeto ELEKTRA (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008) e foram utilizados conceitos do modelo de classificação de jogos sérios G/P/S (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011) para definir atributos que caracterizam um *game* educacional. O Editor de Ontologias Protégé versão 4.3 foi utilizado para criar o modelo de ontologia e para o exemplo de aplicação do mesmo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS**

#### **2.1.1 Histórico sobre jogos digitais na educação**

As características motivacionais dos jogos digitais e a suposição de que os jogadores desenvolveriam habilidades úteis ao jogá-los (SUBRAHMANYAM; GREENFIELD, 1994) trouxe um otimismo sobre que os jogos ofereceriam uma nova possibilidade de ensino-aprendizagem atrativa e útil (DE FREITAS, 2006). Estudos sugerem inclusive que, ao jogar, os jovens estão expostos a situações de aprendizagem ainda mais complexas e desafiadoras do que aquelas propostas pelas atividades escolares formais (SANDFORD; WILLIAMSON, 2005). Disso, cresceu tanto o interesse em discutir como utilizar jogos de entretenimento – não desenvolvidos com propósito educacional – em contextos educacionais quanto o interesse em projetar e desenvolver jogos digitais especificamente para serem usados no ensino-aprendizagem.

Entretanto, outra linha inicial dos estudos acadêmicos sobre jogos digitais, segundo Connolly et al. (2012), estava relacionada aos efeitos negativos dos mesmos sobre o jogador, e procuravam avaliar a existência e o grau de associação entre jogar jogos violentos e comportamentos agressivos (ANDERSON, 2004; ANDERSON; BUSHMAN, 2001). Outros efeitos prejudiciais também foram foco de estudo, tais como: dificuldade no controle do tempo dispendido jogando (OGLETREE; DRAKE, 2007), vício (GRIFFITHS; DAVIES, 2002), isolamento social e propensão a náuseas de jogos que demandem equipamentos acoplados à cabeça do jogador (MERHI et al., 2007).

De outra parte, em uma pesquisa que tratou dos efeitos positivos e negativos desses jogos foi encontrada uma relação entre jogar jogos digitais violentos e ter melhores habilidades espaciais, enquanto que nenhuma relação entre comportamento agressivo e jogar jogos violentos foi encontrada (FERGUSON, 2007).

Há autores que afirmam ainda que os jogos digitais possuem atributos que podem ser aplicados para suprir a crescente demanda por uma educação de alta qualidade, quais sejam (MINOVIĆ; MILOVANOVIĆ, 2009; FEDERATION OF AMERICAN SCIENTISTS, 2006):

- Objetivos claros;
- Lições que podem ser praticadas repetidamente até o ponto de se dominá-las;
- Monitoramento do progresso do estudante-jogador e ajuste das instruções de acordo com o nível de aprendizado dele;
- Preencher a lacuna entre o que é aprendido e sua aplicação prática;
- Motivação que incita despende tempo em uma tarefa; e
- Personalização do aprendizado.

Atualmente, o interesse em jogos é grande e crescente, em diversas áreas de conhecimento, para diversos objetivos/resultados (CONNOLLY et al., 2012). Além da área de jogos para entretenimento, áreas como saúde, negócios, indústria, *marketing*, governo e educação avaliam e desenvolvem jogos – os chamados *serious games*<sup>6</sup>, ou jogos sérios, em tradução livre – com o objetivo de ensinar, treinar ou mudar comportamentos (CONNOLLY et al., 2012; ULICSAK, 2010).

### **2.1.2 Abordagens de aplicação e efeitos do uso de jogos educacionais digitais**

Moreno-Ger et al. (2008) comentam que o interesse no uso de jogos na educação tem levado a 3 abordagens distintas:

1. Migração de conteúdo educacional oficial para um ambiente de jogo;
2. Uso de jogos comerciais ressignificados; e
3. uma categoria intermediária de jogos especialmente projetados para serem educacionais.

Na primeira abordagem, o jogo é construído a partir do conteúdo pré-identificado. Neste caso, se o aspecto de entretenimento falha, todas as boas perspectivas que um jogo pode trazer (como o de motivação e engajamento) vão por terra. Na segunda abordagem, fica-se à mercê da criação de jogos que possam ser adotados no currículo; o que não é sempre natural. Muitos jogos podem ser considerados adequados a isso,

---

<sup>6</sup> Connolly et al. (2012) indicam que muitas vezes jogos sérios e jogos educacionais são sinônimos na academia, apesar de o termo jogos sérios também ser utilizado para jogos que têm objetivos mais amplos do que o ensino-aprendizagem, como treinamento e mudança de comportamento.

ainda que, em muitas situações, aspectos pedagógicos não são considerados na criação do jogo, o que pode pôr a perder seu uso em atividades educacionais e o realismo ou a precisão com que temas e conceitos são tratados podem ser colocados em segundo plano em função da necessidade de manter a jogabilidade ou a diversão. A terceira abordagem trilha no que a maioria dos pesquisadores sugere para a obtenção de um projeto bem-sucedido de jogo digital aplicado à educação: a busca de equilíbrio entre diversão e valor educacional (MORENO-GER et al., 2008; TANG; HANNEGHAN, 2010; KIRRIEMUIR; MCFARLANE, 2004). Entretanto, esse equilíbrio é difícil, porque o projeto de jogos não é tarefa fácil e requer habilidades para envolver e manter os jogadores motivados sem esquecer os aspectos de valor acadêmico que se buscam (TANG; HANNEGHAN, 2010).

Dentre os efeitos obtidos a partir da utilização de jogos digitais, a literatura aponta algumas categorizações, tais quais os exemplos a seguir. Uma das categorizações abrange efeitos de: desenvolvimento de habilidade (motora e técnica), cognitivos (conhecimento declarativo, procedural e estratégico) e emocionais (crenças e comportamento) (GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002). Este último efeito tem relação com o potencial que os jogos digitais têm para afetar as emoções de um jogador além de ajudá-lo a aprender.

Outra categorização distingue 5 famílias de demandas cognitivas: compreensão de conteúdo, resolução de problemas (dependentes de conteúdo); colaboração, comunicação e autocontrole (independentes de conteúdo) (O'NEILL; WAINESS; BAKER, 2005).

O reconhecimento de categorizações amplas como as supracitadas fizeram surgir, por exemplo, modelos para avaliação de jogos educacionais que consideram as diversas variáveis que contribuem ou influenciam o desempenho de educandos ao utilizarem jogos educacionais, tais como: motivação (a qual pode abranger, por exemplo, satisfação, confiança e interesse), a experiência prévia com jogos, preferências, percepções e atitudes (SAVI, 2011; CONNOLLY; STANSFIELD; HAINEY, 2008).

### **2.1.3 Interseção com o construtivismo**

Teorias modernas de aprendizagem sugerem que a aprendizagem é mais efetiva quando ativa, experimental, situada, baseada em problemas e provê *feedback* imediato (BOYLE; CONNOLLY;

HAINNEY, 2011) e os jogos parecem oferecer atividades que têm essas características (CONNOLLY et al., 2012). A aprendizagem com jogos digitais combina com teorias construtivistas de aprendizagem (BOYLE; CONNOLLY; HAINNEY, 2011), as quais defendem que a mesma deve ser um processo ativo, em que os alunos constroem novas ideias/conceitos baseados no conhecimento prévio que têm e na relação com o objeto de estudo.

Lainema e Saarinen (2010) sustentam que o construtivismo oferece um forte arrazoado para o uso de jogos no suporte ao aprendizado. Por exemplo, a interatividade e a colaboração são elementos comuns no construtivismo e nos jogos digitais (PIVEC; PIVEC, 2011). Em jogos, os jogadores são apresentados a problemas, projetos ou experiências complexos e relevantes (ao ambiente imersivo do jogo) e devem explorar, experimentar, construir, converter e refletir sobre a atividade para aprender e poder avançar no jogo resolvendo o problema.

Outra característica muito relevante nas propostas construtivistas e que pode estar presente em jogos digitais é a individualização de acordo com as características do aluno (SAVERY; DUFFY, 1995).

#### **2.1.4 Questões em aberto sobre jogos digitais na educação**

Vários aspectos do quadro teórico atual sobre o uso de jogos digitais em ensino-aprendizagem podem ser observados na revisão sistemática realizada por Connolly et al. (2012). Apesar do reconhecimento acadêmico dos vários efeitos possíveis da utilização de jogos para o ensino-aprendizagem, há certas áreas que foram mais exploradas que outras. Por exemplo, o fator usabilidade foi melhor explorado do que o fator diversão (SWEETSER; WYETH, 2005), este que tem pouco desenvolvimento acadêmico (CONNOLLY et al., 2012). Outro exemplo é o baixo número de aplicações de jogos de entretenimento em salas de aula, principalmente em função da dificuldade de se combinarem as características de um jogo de entretenimento com as especificidades de um currículo de ensino.

Por outro lado, abordagens baseadas em jogos digitais são utilizadas em currículos de diversas áreas. Os estudantes-jogadores parecem gostar dessa abordagem para aprender, a qual acham divertida e motivadora. Entretanto, ainda é necessário que pesquisas acadêmicas analisem com maior profundidade as características motivacionais de jogos educacionais e jogos sérios (CONNOLLY et al., 2012). Além

disso, segundo Connolly et al. (2012), não são fortes as evidências de que jogos digitais levam a um aprendizado mais efetivo do que o tradicional.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DE JOGOS DIGITAIS

O surgimento de jogos sérios em diversas áreas – tais quais saúde, defesa, educação, comunicação, política, etc. – suscitou a necessidade de classificar esses jogos. Desta necessidade, vários sistemas de classificação foram propostos, principalmente pelo fato de cada sistema de classificação normalmente ser feito para resolver determinado problema (DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011)<sup>7</sup>.

A partir deste cenário, Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) propuseram o modelo de classificação de jogos sérios *Gameplay/Purpose/Scope* (G/P/S), que pode ser usado para classificar qualquer jogo sério. O modelo foi criado para que se possa, por exemplo, ajudar professores a identificar jogos que tenham potencial educativo ainda que não sejam considerados educacionais a princípio.

No escopo desta dissertação, este modelo foi analisado para identificarem-se atributos utilizados para a classificação de jogos educacionais digitais.

### 2.2.1 Categorização de jogos sérios

Ainda que não haja consenso sobre a definição do termo jogo sério, para o modelo G/P/S foi utilizada a seguinte definição, que é abrangente: um jogo sério é qualquer *software* que combine um propósito que não seja de entretenimento (sério) com uma estrutura de jogo digital (jogo). Um jogo sério, portanto, tem duas dimensões: a “séria” e a de “jogo”. Um jogo digital de entretenimento tem apenas a dimensão “jogo”, segundo essa concepção.

Observa-se, entretanto, que *games* de entretenimento podem e são utilizados por professores como instrumento de ensino. Essa prática, chamada alteração de finalidade – do inglês *purpose shifting* –, é inclusive objeto de estudo acadêmico. Há quem não considere como

---

<sup>7</sup> Esta seção é baseada no artigo de Djaouti, Alvarez e Jessel (2011). Portanto, todas as afirmações contidas nela vêm desta referência, a não ser quando indicado o contrário. Este artigo foi selecionado por nele terem sido analisados vários sistemas de classificação de jogos sérios anteriores para, então, propor um modelo de classificação consistente e genérico, que pode ser aplicado a qualquer jogo sério.

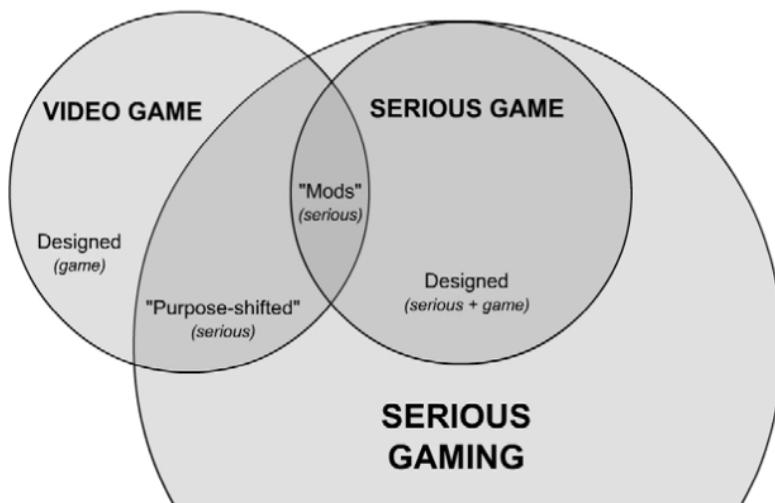
jogos sérios os jogos com alteração de finalidade, porque foram concebidos a partir da ótica do entretenimento. O contra-argumento diz que quando um educador utiliza um *game* para alguma atividade educativa ele cria um próprio cenário “sério”, o qual é introduzido ao passo que os estudantes jogam. Ou seja, ainda que a dimensão “séria” não esteja embutida no jogo, o educador utiliza-a para influenciar a experiência de jogo dos estudantes. Este contra-argumento é utilizado pelos autores do modelo G/P/S, que consideram que os jogos com finalidade alterada têm as duas dimensões, séria e de jogo, o que reflete no modelo que propõem.

Há ainda o meio-termo entre os jogos sérios e os jogos com finalidade alterada, os jogos sérios desenvolvidos a partir de modificações de jogos de entretenimento. Em inglês, usa-se o termo *mods* para referir-se a este tipo de jogo. Em outras palavras, jogos sérios criados a partir de *mods* envolvem desenvolvimento de *software*, diferentemente dos jogos com finalidade alterada, mas não são feitos desde o início, porque se utilizam de um jogo de entretenimento existente como ponto de partida.

Ainda que os *mods* possam se beneficiar de uma estrutura já pronta, o que pode diminuir o tempo de desenvolvimento de um jogo, há uma limitação de *design*, pois a dimensão “séria” a ser desenvolvida tem de se adequar ao cenário preexistente do jogo de entretenimento que será usado como base. Em contrapartida, tem-se total liberdade criativa em ambas dimensões quando o jogo sério é desenvolvido desde o início.

Dentro ainda destas distinções no campo dos jogos sérios, Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) propõem uma categorização que enfatiza a diferença entre os jogos com finalidade alterada e as demais abordagens, criando uma categoria ampla chamada *Serious Gaming*. Esta categoria abrange tanto os jogos com finalidade alterada quanto os jogos sérios, sendo os jogos sérios uma subcategoria que engloba jogos digitais que possuam ambas as dimensões, séria e de jogo, no *software* em si. A categoria *Serious Gaming* envolve qualquer aplicação que seja utilizada com propósitos sérios, independentemente se a dimensão “séria” tenha feito parte do *design* do jogo ou não. A Figura 1 demonstra a relação entre jogos digitais (*video games*), jogos sérios (*serious games*) e *Serious Gaming*. Nesta figura, o termo em inglês *designed* refere-se ao que é concebido e desenvolvido desde o início com determinado propósito.

Figura 1: Relação entre jogos digitais (*video games*), jogos sérios (*serious games*) e *Serious Gaming*.



Fonte: Djaouti, Alvarez e Jessel (2011)

Esta categorização serve de base para o modelo de classificação de jogos sérios G/P/S, que será detalhado a seguir.

### 2.2.2 Histórico de classificação de jogos sérios

Nesta seção são apontadas propostas de classificação de jogos sérios anteriores à do modelo G/P/S e as limitações das mesmas.

Os primeiros sistemas de classificação baseavam-se em apenas um critério (SAWYER; SMITH, 2008), os quais podem ser organizados em duas vertentes: classificações baseadas em mercado e classificações baseadas em propósito.

Os sistemas de classificação baseados em mercado distinguem os jogos de acordo com as classes de pessoas que os utilizam. Por exemplo, Zyda (2005) divide os jogos sérios em cinco mercados:

- saúde;
- política pública;
- comunicação estratégica;
- defesa; e
- treinamento e educação.

Outra classificação deste tipo identifica sete mercados de jogos sérios (ALVAREZ; MICHAULD, 2008), similar ao exemplo anterior:

- saúde;
- publicidade;
- informação e comunicação;
- cultura;
- ativismo;
- defesa; e
- treinamento e educação;

Ainda que útil, esse tipo de classificação tem o problema de somente informar sobre o uso de um jogo sério, não sobre o conteúdo que ele carrega. Outra limitação é o fato de haver sempre o surgimento de novos mercados para os jogos sérios.

As classificações baseadas em propósito classificam os jogos sérios pelos objetivos para os quais estes foram desenvolvidos. Um exemplo de classificação desse tipo é a de Bergeron (2006) que descreveu sete categorias de propósitos:

- Jogos de ativismo;
- Jogos de publicidade;
- Jogos de negócios;
- *Exergames* (de exercícios, sejam mentais ou físicos);
- Jogos de saúde e medicina;
- *Newsgames* (jornalismo de jogos digitais);
- Jogos sobre política.

Outro exemplo deste tipo de classificação separa em seis as categorias de propósitos (Despont, 2008):

- *Edugames*;
- Jogos de publicidade;
- *Newsgames* (jornalismo de jogos digitais);
- Jogos de ativismo;
- Jogos educacionais de mercado (que têm objetivo de informar ou treinar mas também têm o objetivo de disseminar uma mensagem comercial);
- Jogos de treinamento e simulação.

Pode-se observar que algumas categorias das classificações baseadas em propósito têm relação com as categorias das classificações baseadas em mercado – por exemplo, Jogos de saúde e medicina – enquanto outras categorias têm relação com o propósito propriamente dito – tais como Jogos educacionais e *Exergames*. Esta heterogeneidade de categorias é um problema para sistemas de classificação amplos, que visam a classificar qualquer jogo digital.

Entretanto, apesar deste problema de heterogeneidade, a natureza complementar dos critérios utilizados nos sistemas de classificação de mercado e de propósito inspirou um sistema baseado em ambos critérios: a taxonomia de jogos sérios – *Serious Game Taxonomy*, em inglês (SAWYER; SMITH, 2008). Essa taxonomia organiza os jogos sérios da seguinte maneira, usando os dois critérios:

- **Mercado:** Governo e ONGs; Defesa; Saúde; *Marketing* e comunicação; Educação; Empresa; Indústria.
- **Propósito:** Jogos para a saúde; Jogos de publicidade; Jogos de treinamento; Jogos para a educação; Jogos para a ciência e pesquisa; Produção; Jogos como trabalho.

Esta taxonomia foi resultado de um bom trabalho de análise e combinação das propostas de classificação anteriores e possibilita um melhor entendimento dos jogos sérios, em relação aos sistemas de critério único, pois provê categorização mais precisa. Entretanto, esta proposta sofre da mesma limitação das classificações anteriores: há categorias de mercado e de propósito que se sobrepõem.

Há ainda uma significativa limitação de escopo dos citados sistemas de classificação de mercado e propósito: nenhuma das propostas classifica um jogo sério como um jogo. Nenhuma das propostas informa sobre a estrutura do jogo. Ou seja, retomando a definição das dimensões de um jogo sério, os sistemas de classificação citados tratam apenas da dimensão “séria” de um jogo sério, não tratam da dimensão “jogo”.

Ao longo dos anos, criou-se uma rica cultura de jogos digitais de entretenimento, com diversos estilos, gêneros e *designs*. Neste mesmo movimento, desde o início dos anos 80, muitas classificações de jogos de entretenimento foram criadas, as quais podem dar o direcionamento para uma proposta de classificação de jogos sérios que leve em consideração também a dimensão “jogo”.

### 2.2.3 Classificação de jogos de entretenimento

A abordagem mais comum de classificação de *games* de entretenimento é categorizá-los por gênero. As primeiras classificações deste tipo foram feitas pelos próprios jogadores e pela imprensa da área de *games*. Elas foram criadas a partir de análises subjetivas e empíricas e delas surgiram várias outras classificações que têm estruturas parecidas, mas se baseiam em diferentes definições e diferentes gêneros. Ademais, essas classificações são muito específicas para serem usadas como referência para um sistema de classificação amplo. Iniciativas acadêmicas e de *designers* tentaram refinar as classificações pré-existentes para produzir sistemas de classificação baseados em gênero mais confiáveis, mas não houve consenso entre as propostas.

A revisão e a identificação dos problemas das classificações baseadas em gênero e a percepção de que outras abordagens de classificação seriam necessárias fizeram surgir novas abordagens não baseadas em gênero para classificar jogos digitais de entretenimento.

Um exemplo destas novas abordagens é a classificação que considera o que o jogador faz enquanto joga (STRANGE AGENCY, 2006). Ela define 49 atividades possíveis, como dirigir, coletar, gerenciar e construir, etc. O resultado desta classificação é um perfil de atividades de um jogo, o que possibilita uma análise bastante detalhada sobre como o jogo funciona a partir da perspectiva do jogador.

Outro exemplo de nova abordagem propõe uma classificação baseada em uma topologia de jogos digitais com 17 dimensões, como objetivos, desafio, sincronicidade, etc. Cada dimensão é um critério com um conjunto finito de valores, o que viabiliza classificar a mecânica de um jogo de forma bastante minuciosa. Entretanto, ambos exemplos de classificação acima, que são complexos e precisos, são mais indicados para análises detalhadas sobre a estrutura de um jogo do que para uma proposta de classificação ampla.

Pelo fato de o mundo dos *games* continuar produzindo novos tipos de jogos, muitos estudos sobre classificação continuam sendo feitos. Entretanto, as propostas se limitam a classificar os jogos digitais a partir de uma dimensão somente. Assim, como os jogos sérios possuem duas dimensões, a de “jogo” e a “séria”, Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) propõem um novo modelo de classificação de jogos sérios, que será detalhado na seção a seguir.

## 2.2.4 O modelo *Gameplay/Purpose/Scope* (G/P/S)

Para combinar ambas dimensões “séria” e “jogo”, o modelo G/P/S estende as abordagens de classificação propósito e mercado com a adição do critério *gameplay*. Especificamente, o modelo G/P/S conta com três aspectos:

- *Gameplay*: critério relacionado à estrutura do jogo sério, a como ele é jogado.
- Propósito (*Purpose*): critério relacionado às finalidades (que não entretenimento) planejadas pelo *designer* do jogo sério.
- Escopo (*Scope*): critério relacionado às aplicações do jogo sério, o mercado, a audiência, quem o utilizará.

Considerando que as abordagens de classificação por gênero normalmente utilizadas na área dos *games* são subjetivas e empíricas, o modelo G/P/S traz uma proposta diferente para a dimensão “jogo” de um jogo sério: focar em um conceito fundamental da dimensão “jogo”, o *gameplay*.

### 2.2.4.1 *Gameplay*

Não há consenso sobre a definição de *gameplay* na área de jogos. De um ponto de vista empírico, *gameplay* parece relacionado à forma como o *game* é jogado – em inglês, uma das acepções do verbo *play* é jogar. Mas há quem utilize *gameplay* para referir-se à experiência geral de jogar. A definição utilizada para o modelo G/P/S é a de Portugal (2006 apud DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011), que estabelece *gameplay* como a combinação de cinco componentes: um conjunto de regras, métodos de entrada/controla, organização espacial, organização temporal, organização dramatúrgica<sup>8</sup>.

O componente conjunto de regras foi escolhido como critério para classificação baseada em *gameplay* para o modelo G/P/S. Os autores observam que este componente é bastante interessante para tarefas de classificação, porque sua natureza lógica torna-o passível de desconstrução formal.

<sup>8</sup> O artigo de Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) contém, em nota de rodapé, o trecho em francês do texto original de Portugal (2006 apud DJAOUTI; ALVAREZ; JESSEL, 2011). A tradução **organização dramatúrgica** veio do termo *l'organisation dramaturgique*. No contexto dos *games*, a palavra dramaturgia refere-se à história, enredo, que um jogo digital pode ter.

São identificados diferentes tipos de regras nos estudos teóricos da área de jogos. Uma das distinções é a de Caillois (1958) que identifica duas maneiras de jogar: uma estruturada, delimitada por regras bem definidas, chamada *ludus*, e outra totalmente livre, sem regras, chamada *paidia*<sup>9</sup>. Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) afirmam que essas formas de jogar têm relação com a definição das palavras jogo (*ludus*) e jogar (*paidia*) e podem ser aplicadas a qualquer tipo ou estrutura de jogo – seja jogo de tabuleiro, de cartas, brinquedos, etc.

Ambas maneiras de jogar também existem nos jogos digitais e são vinculadas aos tipos de regras utilizados no *design* dos jogos. *SimCity* é um exemplo de jogo cuja ênfase está no **jogar**. Trata-se de um jogo de construção e gerenciamento de uma cidade virtual (SERIOUS GAME CLASSIFICATION, 2013a), no qual não há regras que determinem objetivos finais, em que não há vencer ou perder. Já *Pac-Man* (SERIOUS GAME CLASSIFICATION, 2013b) é um clássico exemplo de jogo cuja ênfase está no **jogo**. O jogo possui objetivos claros – comer as bolinhas e fugir dos fantasmas – que são usados para dar um *feedback* positivo – aumento do escore – ou negativo – perda de vida – ao jogador. Portanto, para o critério *gameplay*, o modelo G/P/S distingue os jogos que têm objetivos finais (ênfase no jogo) e os jogos que não têm objetivos finais (ênfase no jogar<sup>10</sup>).

Essa distinção entre o *gameplay* dos jogos pode ser interessante para professores que queiram utilizar jogos com finalidade alterada. Por exemplo, parece mais fácil, ainda que isso nem sempre se aplique, alterar a finalidade de um jogo com ênfase no jogar, pelo fato de não haver objetivos pré-definidos. O professor pode, assim, propor seus próprios objetivos, com considerável liberdade, quando for aplicar o jogo em suas aulas. Os jogos com ênfase no jogo, por outro lado, parecem mais limitados para a alteração de finalidade, uma vez que os objetivos já estão definidos e o professor terá que se adaptar a eles.

Outro critério relacionado ao *gameplay* resultou do estudo das regras de 600 jogos digitais. Deste estudo, foram identificados padrões de regras que podem ser combinados para representar as regras fundamentais em jogos digitais. Os autores chamaram esses padrões de **blocos de *gameplay***, representados por um verbo de ação. Os blocos de

<sup>9</sup> Caillois (1958) define que há um contínuo entre as duas formas de jogar *paidia* e *ludus*. Os autores Djaouti, Alvarez e Jessel (2011) discretizam essas categorias, classificando como *paidia* jogos digitais que não tenham objetivos definidos, em que não há vitória ou derrota.

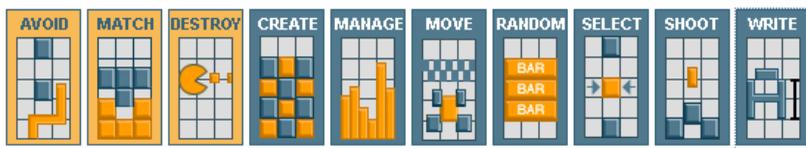
<sup>10</sup> O texto original em inglês dá o nome *game-based* aos jogos com ênfase no **jogo** e *play-based* aos jogos com ênfase no **jogar**.

*gameplay* são divididos em blocos de jogo, que indicam que objetivos deve-se atingir, e blocos de jogar, que definem os meios e restrições para atingir os objetivos. São eles:

- **Objetivos:** Evitar, Combinar, Destruir.
- **Meios e restrições:** Criar, Gerenciar, Mover, Selecionar, Atirar, Escrever, Aleatorizar.

Na Figura 2, a seguir, são exibidos os ícones que representam os blocos de *gameplay*<sup>11</sup>:

Figura 2: *Gameplay bricks*.



Fonte: SERIOUS GAME CLASSIFICATION (2013c)

Vê-se, então, que os blocos de *gameplay* classificam as regras básicas utilizadas em jogos digitais e provêm um panorama sobre como eles são jogados. Em resumo, as regras de *gameplay* possibilitam classificar jogos digitais com diferentes níveis de detalhe. Uma diferenciação inicial é feita a partir da ênfase no jogo ou no jogar, determinada pela presença ou ausência de objetivos finais no jogo. Um detalhamento um pouco mais aprofundado vem com os blocos de *gameplay*, os quais distinguem as regras básicas que dão forma ao *gameplay* de um jogo.

#### 2.2.4.2 Propósito (*Purpose*)

Os autores do modelo G/P/S analisam a heterogeneidade e as sobreposições de categorias dos sistemas de classificação baseada em propósito para combiná-las e propor o critério propósito. Por exemplo, das quatro diferentes classificações baseadas em propósito analisadas, comparam-se os propósitos Jogos educacionais, Jogos para a educação e *Edugames* aos propósitos relacionados a Jogos de publicidade. O propósito dos Jogos educacionais é disseminar conhecimento educacional. O propósito dos Jogos de publicidade é a propaganda, que

<sup>11</sup> A tradução, em ordem de apresentação dos blocos: Evitar, Combinar, Destruir, Criar, Gerenciar, Mover, Aleatorizar, Selecionar, Atirar, Escrever.

pode ser entendida como um tipo de conhecimento comercial relacionado a um produto. Portanto, ainda que as intenções sejam diferentes – educacional ou comercial – ambas categorias parecem compartilhar o mesmo propósito: **disseminar uma mensagem**. A mesma observação cabe a outras categorias. *Newsgames* disseminam mensagens relacionadas a notícias. Jogos sobre política disseminam mensagens políticas. Ou seja, o propósito de cada categoria é usado para diferenciar a natureza das mensagens que são disseminadas pelo jogo.

Assim, o modelo G/P/S propõe quatro características menos específicas das mensagens que podem ser disseminadas pelos jogos:

- Educativa (*Edugames*);
- Informativa (*Newsgames*);
- Persuasiva (Jogos de publicidade e Jogos sobre política);
- Subjetiva (Jogos militares e Jogos de arte).

Porém, nem todo jogo sério é baseado em disseminação de mensagem. Jogos que são categorizados como Jogos de simulação e treinamento ou Jogos para a saúde, por exemplo, têm o propósito de **treinar**. No caso dos jogos para a saúde, há jogos que visam a dar treinamento a médicos sobre como lidar em situações de emergência, como o jogo *Pulse!!*. No caso militar, há jogos de simulação que são usados para treinar soldados para operações militares. O propósito principal deste tipo de jogo não é disseminar uma mensagem, mas aperfeiçoar as habilidades cognitivas e/ou motoras do jogador para executar tarefas ou aplicações que exijam precisão.

Ao observar-se minuciosamente as categorias de propósito existentes, percebe-se que elas agrupam jogos de treinamento e de disseminação de mensagem. Por exemplo, a categoria Jogos para a saúde abrange tanto jogos de treinamento, como o *Pulse!!*, quanto jogos de disseminação de mensagens, como o *Re-mission*. Um sistema de classificação precisa distinguir esses dois tipos de jogos.

Há ainda uma terceira categoria de propósito que compõe o modelo G/P/S, relacionada à **troca de dados**. Trata-se de uma categoria recente que agrupa poucos jogos sérios ainda. Um exemplo famoso deste tipo de jogo é o *Foldit*, um jogo sério em que os jogadores devem achar a melhor maneira de dobrar proteínas até que a forma da estrutura dela esteja de acordo com a sua função (FOLDIT, 2013). As soluções encontradas pelos jogadores são usadas para ampliar o conhecimento científico.

O exemplo anterior tem a característica de a troca ser unidirecional: dos jogadores para os desenvolvedores do jogo. Outros jogos do mesmo tipo focam na troca de dados entre os jogadores. O jogo *Lure of the Labyrinth*, por exemplo, foi desenvolvido para dar suporte ao ensino de matemática básica e geometria. Nele, o professor configura uma sessão online do jogo para os estudantes participarem e resolverem desafios matemáticos colaborativamente. Os jogadores ganham pontos ao ajudar os colegas. *PowerUp* é outro exemplo de jogo que utiliza conceitos parecidos para abordar assuntos ecológicos.

Dessa maneira, o modelo G/P/S propõe que se classifique o propósito de acordo com os critérios a seguir. Um jogo digital pode ser desenvolvido para um, muitos ou nenhum desses propósitos.

- **Disseminação de mensagem:** o jogo é projetado para disseminar uma mensagem. Essa mensagem por ser de vários tipos: educativa (*Edugames*), informativa (*Newsgames*), persuasiva (Jogos de publicidade e Jogos sobre política) e/ou Subjetiva (Jogos militares e Jogos de arte).
- **Treinamento:** o jogo é projetado para melhorar o desempenho cognitivo ou habilidades motoras. *Exergames*, relacionados ao treinamento mental ou físico, são exemplos típicos desse propósito.
- **Troca de dados:** o jogo é projetado para dar suporte à troca de dados. Jogos que coletam informação dos seus jogadores ou que os encoraje a compartilhar dados são exemplos desse propósito.

#### 2.2.4.3 Escopo (*Scope*)

As análises das classificações baseadas em mercado feitas pelos autores do modelo G/P/S destacam a principal limitação desta abordagem: o número sempre crescente de mercados. Para esse critério, a solução tomada para o modelo G/P/S foi combinar os mercados previamente identificados em uma listagem única e possibilitar a inclusão de novos mercados. A listagem de mercados é a seguinte:

- Estado e Governo;
- Exército e Defesa;
- Saúde;
- Educação;
- Negócios;

- Religioso;
- Cultura e Arte;
- Ecologia;
- Política;
- Humanitarismo;
- Publicidade;
- Pesquisa científica; e
- Entretenimento.

Em relação ao mercado Negócios, os autores ressaltam que ele serve para classificar jogos projetados para serem usados em uma empresa e não para qualquer jogo que tenha sido lançado por uma empresa. Isso por que, como já citado, critério mercado faz referência somente aos domínios em que o jogo será utilizado. Quanto ao mercado Entretenimento, os autores ressaltam que há jogos sérios que são utilizados tanto em mercados de Entretenimento quanto em outros mercados.

Ademais, outros critérios compõem a dimensão Escopo no modelo G/P/S. Para classificar os jogos com mais precisão, são utilizados os seguinte dados do público ao qual o jogo se destina:

- **Idade:** faixas etárias são utilizadas, como 0 a 3 anos, 4 a 7 anos, etc.
- **Tipo de público:** **Público em geral**, que se refere a qualquer pessoa; **Profissionais**, para trabalhadores do mercado ao qual se destina o jogo; e **Estudantes**. Por exemplo, no mercado de Saúde, o tipo de público Profissionais pode referir-se a médicos, o Público em geral aos pacientes dos médicos e o tipo Estudantes aos estudantes de um curso de graduação em medicina.

### 2.2.5 Resumo do modelo G/P/S

A Figura 3, a seguir, representa em resumo o modelo G/P/S<sup>12</sup>. Os autores frisam que se pode classificar um jogo rapidamente ao marcarem-se os quadrados e círculos da ilustração. Vale notar que os círculos representam marcação exclusiva – marca-se *Game-based* ou *Play-based* –, enquanto os quadrados representam marcação inclusiva –

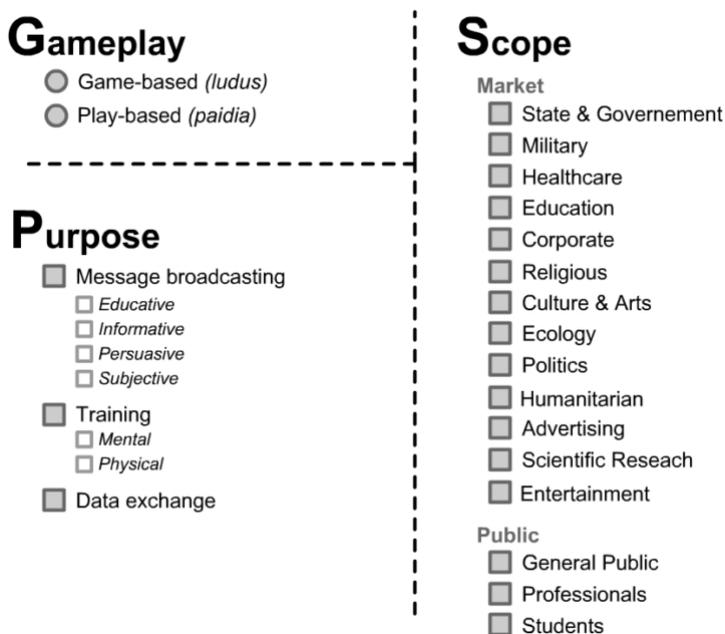
<sup>12</sup> Apesar de ser um quadro de resumo, nota-se que os autores omitiram os blocos de *gameplay* e a faixa etária.

por exemplo, um jogo pode se destinar a mais de um mercado e incluir Disseminação de mensagem e Troca de dados.

Na aplicação no modelo G/P/S, jogos puramente de entretenimento são caracterizados pela falta de qualquer marcação no critério Propósito (*Purpose*) e pela presença apenas do mercado Entretenimento (*Entertainment*) no critério Escopo (*Scope*). De acordo com a definição dos autores, qualquer jogo digital classificado com qualquer um dos Propósitos e com qualquer outro mercado que não (ou além de) Entretenimento será considerado um jogo sério.

Por fim, tem-se no modelo G/P/S um sistema de classificação amplo, com que se pode classificar qualquer jogo sério a partir de três critérios que abrangem as duas dimensões “séria” e “jogo”: *Gameplay*, Propósito e Escopo.

Figura 3: Representação sumária do modelo G/P/S



Fonte: Djauti, Alvarez e Jessel (2011)

Além disso, os autores desenvolveram uma base de dados colaborativa, a partir do modelo G/P/S, para classificação de jogos sérios (SERIOUS GAME CLASSIFICATION, 2013d). Acessada por um *site* na Internet (SERIOUS GAME CLASSIFICATION, 2013e), a

base hoje conta com 2842 jogos e pode ser utilizada por qualquer pessoa para fazer buscas ou classificar novos jogos sérios.

Dentre os benefícios apontados pelos autores, o modelo pode servir para professores identificarem jogos não rotulados como educacionais a princípio, mas que podem ser relevantes para o uso em sala de aula, dado o propósito sério dos mesmos. Os professores também podem buscar e comparar diferentes jogos sobre um mesmo tema. Por exemplo, jogos que tratem de ecologia podem ter distintos *gameplay* (mover, gerenciar, etc.) e propósitos (informar, treinar, etc.). Aliás, ao comparar o modelo G/P/S com as classificações anteriores, os autores consideram como o maior benefício do modelo a rapidez com que se pode identificar e diferenciar os jogos sérios.

A limitação do modelo G/P/S reconhecida pelos autores é o revés de tratar-se de uma proposta de classificação ampla: o modelo não é capaz de fornecer informações detalhadas sobre uma área específica do campo dos jogos sérios. Por exemplo, para jogos relacionados ao mercado de educação, a classificação que o G/P/S oferece não é capaz de diferenciar aqueles que tratam de matemática daqueles que tratam de linguística. O modelo apenas tem capacidade de distinguir jogos de acordo com critérios compartilhados por todos os domínios de aplicação dos jogos sérios.

Por fim, a partir do modelo G/P/S pôde ser identificada uma série de atributos que caracterizam um jogo sério. Tais atributos são utilizados para compôr o modelo proposto neste trabalho. Entretanto, dadas as limitações do modelo G/P/S, outros atributos são necessários para caracterizar um jogo educacional digital, os quais serão identificados em seções seguintes.

### 2.3 ONTOLOGIAS

Ontologia é “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada” (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998), afirma uma das definições amplamente aceitas – definição esta que é baseada em outras duas definições de conceituados autores da área, Gruber (1993) e Borst (1997). Ainda segundo Studer, Benjamins e Fensel (1998), **conceitualização** refere-se a um modelo abstrato de algum fenômeno no mundo que representa os conceitos relevantes deste fenômeno. O termo **explícito** significa que os tipos de conceitos utilizados e as restrições para o uso dos mesmos são explicitamente definidos – por exemplo, em domínios de conhecimento médico, doença

e sintoma são conceitos, eles têm uma relação causal e uma restrição é que uma doença não pode causar ela mesma. O termo **formal** remete ao fato de as Ontologias poderem ser entendidas por máquinas, por *software*. O termo **compartilhada** refere-se ao fato de as Ontologias representarem conhecimento consensual, que não é de um indivíduo isolado, mas aceito por um grupo.

As Ontologias são utilizadas para a representação de informação e conhecimento de um determinado domínio de conhecimento (RAUTENBERG; TODESCO; STEIL, 2011; KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). Elas são utilizadas em áreas como Ciência da Informação, Ciência da Computação e Engenharia do Conhecimento (RAUTENBERG; TODESCO; STEIL, 2011).

No contexto dos ambientes digitais de apoio ao ensino-aprendizagem, as Ontologias servem como instrumento para obter-se precisão semântica entre o domínio de conhecimento de dado material didático, o conhecimento prévio do estudante e os objetivos da atividade pedagógica (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). Além disso, as Ontologias dão condições para a troca e o reuso de conteúdos entre pessoas e *softwares* (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

Dentre os principais componentes de uma ontologia estão as classes, instâncias, herança e relacionamentos entre classes (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

As classes descrevem conceitos de um domínio de conhecimento (NOY; MCGUINNESS, 2001). Por exemplo, uma ontologia sobre países poderia ter uma classe País que representaria todos os países. A descrição das classes pode ser feita a partir de propriedades das mesmas, os quais possuem um rótulo, um tipo e um ou mais valores (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). Em relação aos tipos de valores das propriedades, tem-se os tipos *String* e *Integer*, por exemplo. O primeiro, corresponde a uma cadeira de caracteres, que pode conter letras, números, caracteres especiais, etc. A classe País poderia ter uma propriedade Nome do tipo *String*. O segundo corresponde a um número inteiro. A classe País poderia ter a propriedade Número de Habitantes do tipo *Integer*.

As instâncias são a representação de um indivíduo de uma classe. No exemplo acima, Brasil e Uruguai seriam exemplos de instâncias da classe País.

O relacionamento entre classe acontece quando uma classe tem uma propriedade que aceita como valor instâncias de outra classe ou

dela mesma. Por exemplo, a classe País poderia ter a propriedade País Vizinho que aceitaria como valores instâncias da classe País.

A herança é caracterizada por uma relação hierárquica, de generalização/especialização, entre classes (o que configura uma taxonomia) ou entre propriedades (MAEDCHE; NEUMANN; STAAB, 2003). Por exemplo, a classe País poderia ser especializada em uma classe País Sul Americano, que abrangeria somente países localizados na América do Sul, enquanto a classe País representa qualquer país do mundo.

As Ontologias também contêm axiomas, com os quais se pode definir restrições entre classes, de valores de atributos e de relacionamentos (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998). Ainda no exemplo anterior, uma restrição poderia ser definida para que a propriedade País Vizinho não aceitasse como valor uma instância da própria classe. Afinal, um país não pode ser vizinho dele mesmo. Assim, para o país Brasil, a instância Uruguai seria válida para a propriedade País Vizinho, mas a instância Brasil não seria válida.

Um dos benefícios mais importantes do uso de Ontologias está nos recursos de raciocínio que podem ser aplicados sobre os relacionamentos existentes (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). No exemplo anterior, que ilustrou a explicação dos elementos de uma ontologia, caso a ontologia dos países tivesse uma instância Brasil como País Vizinho da instância Brasil, um motor de inferências aplicado sobre a ontologia apontaria uma inconsistência. Além disso, novas relações entre instâncias podem ser derivadas pela aplicação de regras lógicas. O raciocínio pode ser de pertencimento a classes, equivalência entre classes, consistência ou classificação (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

## 2.4 USO DE ONTOLOGIAS PARA JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS

Para compreender de que maneira as Ontologias têm sido empregadas no cenário dos jogos educacionais digitais, foi feita uma busca sistemática, entre 7 e 14 de julho de 2013, na plataforma Springer Link, uma base de artigos, livros, dentre outros documentos de produção científica.

As palavras-chave da busca sistemática foram *ontology AND educational AND game AND learning AND object*, para o período de

dez anos, entre **2003 e 2013**. Foram encontrados 774 resultados que compreenderam artigos e capítulos de livros.

Foram lidos os 100 primeiros resumos, com a lista de resultados ordenada por relevância. Cada resumo lido foi analisado para identificar as diferentes categorias de temas de cada artigo/capítulo de livro. Vale ressaltar que, na categorização criada, nem sempre o tema principal do artigo foi o tema categorizado nesta busca sistemática. Pode ter sido categorizado o tema mais relevante para o objetivo com que se fez a busca, ou seja, o tema mais relacionado à utilização de Ontologias para jogos educacionais. Quando ausente o resumo, trechos do artigo/capítulo foram lidos.

Na listagem do resultado da busca, notou-se que a quantidade de artigos e capítulos de livros que tratam de jogos digitais começaram a escassear a partir do 40º item.

Do artigo/capítulo 41º até o 60º, dos 20 artigos/capítulos, 5 trataram de jogos, 1 tratou do uso de Ontologias para objetos de aprendizagem. Dos 5 que trataram de jogos, nenhum tratou de Ontologias.

Do artigo/capítulo 61º até o 80º, de 20 artigos/capítulos, 4 trataram de jogos educacionais, dos quais:

- 1 tratou de um Reestruturação de jogos sérios para que sejam reusáveis;
- 1 tratou de Desenvolvimento de um jogo educacional específico;
- 2 trataram de Modelagem de conhecimento para *games* educacionais usando Ontologias; e
- 1 tratou de Modelagem de conhecimento para *games* educacionais.

Dos que não trataram de jogos, 3 trataram de Modelagem do estudante baseada em Ontologias e 1 tratou do Uso de Ontologias para Objetos de Aprendizagem.

Do artigo/capítulo 81º até o 100º, de 20 artigos/capítulos, 4 trataram de jogos, dos quais:

- 2 trataram de Modelagem de conhecimento para *games* educacionais usando Ontologias.
- 1 tratou de Modelagem do estudante baseada em Ontologias e Adaptatividade/personalização em *games* educacionais

- 1 artigo tratou de Outros temas relacionados ao uso de Ontologias em jogos educacionais digitais.

Os quadros a seguir organizam as categorias em que foram enquadrados os artigos e capítulos da busca sistemática. O Quadro 1 lista as categorias que têm relação com jogos educacionais digitais. O Quadro 2 lista as categorias que não tratam de jogos educacionais digitais. A soma das quantidades de artigos é maior do que 100 porque alguns artigos foram enquadrados em mais de uma categoria.

Quadro 1: Categorias de artigos relacionados com jogos educacionais digitais

TEMA PRINCIPAL DO ARTIGO OU CAPÍTULO	QUANTIDADE
Descrição de recursos baseada em Ontologias	1
Modelagem de conhecimento para <i>games</i> educacionais sem usar Ontologias	2
Modelagem de conhecimento para <i>games</i> educacionais usando Ontologias	6
Adaptatividade/personalização em <i>games</i> educacionais	10
Avaliação em <i>games</i> educacionais	5
Design de <i>games</i> educacionais	2
Transformação de Objetos de Aprendizagem tradicionais para Objetos de Aprendizagem para <i>games</i> educacionais	2
Reestruturação de jogos sérios para que sejam reusáveis	1
Desenvolvimento de um jogo educacional específico	4
Outros temas relacionados ao uso de Ontologias em jogos educacionais digitais	2
Outros temas relacionados a jogos e aprendizagem	2
Acesso indisponível	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 2: Categorias de artigos não relacionados com jogos educacionais digitais

TEMA PRINCIPAL DO ARTIGO OU CAPÍTULO	QUANTIDADE
Uso de Ontologias para Objetos de Aprendizagem	5
Modelagem do estudante baseada em Ontologias	5
Modelagem de conhecimento para Sistemas Tutoriais Inteligentes	1
Compartilhamento de conhecimento sobre Ontologias entre agentes	2
Compartilhamento de conhecimento em ambientes colaborativos baseado em Ontologias	2
Adaptatividade em sistemas educacionais	5
Adaptatividade em sistemas educacionais baseada em Ontologias	2
Ambientes educacionais baseados em semântica (Ambientes baseados em recursos da Web Semântica, uso de anotações semânticas, etc.)	4
Outros temas educacionais (Diversos: sistemas educacionais não baseados em Ontologias, linguagens de modelagem educacional, temas filosóficos/teóricos sobre educação e/ou tecnologia, avaliação educacional baseada em tecnologia, avaliação de tecnologias educacionais, etc.)	28
Outros temas relacionados a Ontologias (na conotação computacional)	6
Outros temas relacionados à Ciência da Computação	2
Outros temas relacionados a Sistemas de Informação	1
Outros temas relacionados à Gestão do Conhecimento	2
Outros temas	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Segundo a busca realizada, percebe-se que os temas de Adaptatividade, Avaliação e Modelagem de conhecimento de jogos educacionais são áreas de bastante interesse acadêmico. A categoria Modelagem de conhecimento refere-se a como modelar o conhecimento que um *game* educacional pode ensinar, ou seja, tem relação com o uso de Ontologias para representar o conhecimento do jogo como um Objeto

de Aprendizagem. As Ontologias estão presentes na Modelagem de conhecimento para *games* educacionais e são utilizadas em outros ambientes educacionais que não jogos. Foram encontrados também muitos artigos e capítulos de livros sobre outros temas educacionais que não são relevantes para o objetivo desta busca sistemática, dos quais alguns tratam de ontologia na acepção filosófica da palavra, não no sentido computacional ou da Engenharia do Conhecimento.

Por fim, na busca sistemática realizada não foram encontradas propostas que utilizem Ontologias para representar especificamente os atributos dos jogos educacionais digitais. Entretanto, há propostas que utilizam Ontologias para descrever recursos, para prover adaptatividade, que tratam de avaliação em *games* educacionais, etc. Alguns dos temas mais recorrentes da busca sistemática foram analisados, como pode ser visto nas seções seguintes, com o intuito de melhor compreendê-los e de verificar a possibilidade de reuso para o modelo proposto por esta dissertação.

## 2.5 AVALIAÇÃO EM JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS

Um tipo de avaliação aplicada a jogos digitais educacionais é a avaliação não invasiva – do inglês, *non-invasive assessment*<sup>13</sup>. Trata-se de um tipo de avaliação que ocorre no momento em que o jogador estiver jogando, mas que não é percebida por ele.

A avaliação não invasiva é especialmente interessante para os jogos digitais, principalmente em função do estado de *Flow* (CSÍKSZENTMIHÁLYI, 1990), o qual os bons *games* costumam proporcionar, que acontece quando o estudante-jogador está completamente imerso no *game*, alheio a distrações. Com a avaliação não invasiva, este estado não é afetado, uma vez que a avaliação não é notada pelo jogador, não impactando negativamente na motivação intrínseca ao *Flow* (KICKMEIER-RUST et al., 2008b; UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010).

Ainda que as técnicas de avaliação tradicionais – que utilizam questionários que os estudantes respondem, por exemplo – sejam bastante eficientes em determinadas aplicações, inclusive para a

---

<sup>13</sup> Vários termos são utilizados na literatura para referir-se à avaliação (*assessment*, em inglês) que é imperceptível para o jogador, como *stealth assessment* (SHUTE; KE, 2012), *non-invasive assessment* (KICKMEIER-RUST et al., 2008b) e *embedded assessment* (UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010). Foi escolhido um dos termos para esta dissertação por simples convenção.

avaliação de jogos educacionais (SAVI, 2011), a natureza dinâmica dos jogos digitais requer uma avaliação diferente, mais abrangente (UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010).

A aprendizagem com *games* acontece a partir da interação contínua entre o jogador e o *game* e, por isso, a aprendizagem está intrinsecamente ligada ao contexto (SHUTE; KE, 2012). A interpretação do conhecimento e das habilidades que resultam do aprendizado não deve ser feita dissociada desse contexto, portanto. Além disso, é por esse fato que as avaliações ligadas às ações dos estudantes-jogadores enquanto jogando podem ter vantagem em relação às técnicas de avaliação tradicionais, pois estas nem sempre possibilitam identificar conhecimentos e habilidades a partir do contexto (UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010).

## 2.6 ADAPTATIVIDADE EM AMBIENTES EDUCACIONAIS DIGITAIS

As hipermídias são um exemplo de ambiente digital utilizado como apoio ao ensino-aprendizagem. Tais ambientes trazem inerentemente a não linearidade como característica, que provê liberdade de navegação ao estudante (CHEN, 2002) e representa uma das maiores diferenças entre a hipermídia e métodos tradicionais de ensino (LAWLESS; BROWN, 1997). Contudo, a não linearidade traz problemas como o de desorientação (CHEN, 2002; ULBRICHT, 1996), o qual é reconhecido como um dos problemas-chave da navegação em ambientes hipermidiáticos. Disso, programas de ensino baseados em hipermídias podem não ser apropriados para todas pessoas, já que alguns são mais dependentes da interação social para o aprendizado, enquanto outros têm mais facilidade para aprender sozinhos, por exemplo.

Para minimizar este tipo de problema e beneficiar-se do uso de ambientes hipermidiáticos para o ensino, mecanismos de adaptatividade foram modelados para ambientes educacionais hipermidiáticos, para que se pudesse, por exemplo, dar liberdade aos alunos mais independentes e manter a orientação aos alunos menos independentes (CHEN, 2002). O rastreamento das ações do usuário no ambiente de hipermídia é um ponto-chave da adaptatividade, pois possibilita (CARRO, 1993):

- Inferir o estilo cognitivo do aluno, para então modificar as regras de apresentação do conteúdo dinamicamente;

- Medir a utilidade do ambiente enquanto apoiador no processo de ensino-aprendizagem;
- Medir a satisfação do aluno com o ambiente.

Assim como a adaptatividade, a avaliação não invasiva utiliza como insumo o rastreo do desempenho do estudante-jogador no jogo. Disso, vê-se na literatura uma ligação muito próxima entre adaptatividade e avaliação não invasiva, como, por exemplo, na proposta de metodologia para o desenvolvimento de avaliações não invasivas visando à adaptatividade (UNDERWOOD; KRUSE; JAKL, 2010) e na proposta do projeto ELEKTRA, que será detalhada adiante, que coloca como pré-requisito para a adaptatividade uma avaliação individualizada de conhecimento e progresso de aprendizado (KICKMEIER-RUST et al., 2008b) – em outras palavras, a adaptatividade pressupõe alguns tipos de avaliações.

A adaptação da experiência de aprendizado às necessidades dos estudantes é possível por diversos fatores além do estilo cognitivo, tal como a habilidade intelectual, o conhecimento prévio, a ansiedade e a motivação (AKBULUT; CARDAK, 2012). Percebe-se, portanto, que o campo de adaptatividade é bastante amplo e complexo.

Ainda que a adaptatividade de ambientes educacionais tenha recebido grande atenção da comunidade acadêmica no mundo todo, autores questionam a aplicabilidade de se incorporarem estilos de aprendizado à prática educacional (AKBULUT; CARDAK, 2012) ou acreditam que os resultados possíveis são limitados (COFFIELD et al., 2004). O fator principal deste questionamento é a escassez de pesquisas que apresentem fortes evidências empíricas para apoiar as afirmações (PASHLER et al., 2008; AKBULUT; CARDAK, 2012). Outros fatores são apontados como obstáculos à adaptatividade em ambientes educacionais, que são (AKBULUT; CARDAK, 2012):

- Baixa reusabilidade de objetos de aprendizagem;
- Inconsistência de técnicas pedagógicas;
- Pouca interoperabilidade entre diferentes sistemas.

Apesar das críticas em relação à aplicabilidade da adaptatividade em ambientes educacionais, as pesquisas na área continuam e muitos estudos demonstram que modelos propostos influenciaram a satisfação e o sucesso no aprendizado de estudantes (AKBULUT; CARDAK, 2012).

## 2.6.1 Adaptatividade em jogos educacionais digitais

No sentido de aliar os benefícios do ensino-aprendizagem com jogos digitais às vantagens da adaptatividade, há pesquisas que propõem arcabouços conceituais para experiências de aprendizagem personalizada com jogos digitais (PEIRCE; CONLAN; WADE, 2008; CARRO et al., 2002). Torrente, Moreno-Ger e Fernández-Manjón (2008) inclusive sugerem que os jogos digitais são particularmente adequados para aprendizagem adaptativa.

Ainda que a indústria de jogos de entretenimento ativamente pesquise e já utilize recursos de adaptatividade baseada em inteligência artificial, a aplicação destes recursos para jogos educacionais é fraca ainda (PEIRCE; CONLAN; WADE, 2008). Trata-se de uma área complexa que exige técnicas sofisticadas e grandes investimentos financeiros, o que influencia neste quadro de limitada aplicação no âmbito educacional (PEIRCE; CONLAN; WADE, 2008).

Law e Rust-Kickmeier (2008) argumentam que, ao serem substancialmente diferentes as abordagens para o aprendizado nos jogos em relação às abordagens tradicionais do *e-learning*, as técnicas de adaptatividade também são diferentes, com novos conceitos. As abordagens existentes são inapropriadas para um ambiente de aprendizagem em jogo. Um exemplo apresentado pelos autores seria a impensável reordenação de tarefas que, num jogo, implicaria no rompimento da narrativa e enredo.

Uma das abordagens utilizadas tem sido agregar conteúdos adaptativos a jogos educacionais já existentes. Tais abordagens têm demonstrado resultados promissores quanto à aplicabilidade do uso de adaptação como funcionalidade favorável a jogos educacionais digitais (PEIRCE; CONLAN; WADE, 2008). Entretanto, muitas dessas aplicações são fortemente acopladas ao jogo, o que implica em utilização apenas para determinado jogo, dificultando o reuso das mesmas (PEIRCE; CONLAN; WADE, 2008).

Na tentativa de reverter este quadro, há a proposição de uma arquitetura por Peirce, Conlan e Wade (2008) que apresenta o conceito de adaptação abstrata, que representa uma adaptação que poderia ser reutilizada em diferentes jogos – o que reduziria os custos de desenvolvimento para novos projetos. Os pesquisadores indicam que há bons resultados com a aplicação da arquitetura proposta, apesar de os experimentos não terem sido completos e, por isso, alguns aspectos não

foram testados inteiramente, tal qual o reuso de funcionalidades de adaptação abrangendo diferentes gêneros de jogos.

Corroborando com a descrição do quadro de dificuldades de se aplicar adaptatividade em jogos educacionais digitais, Kickmeier-Rust e Albert (2008) apresentam motivos para o fato de, apesar de necessária, a adaptatividade ainda não ser amplamente utilizada em ambientes educacionais digitais. Dentre esses motivos, apontam-se:

- A descrição de recursos educacionais atual não é consenso e provavelmente ainda não é expressiva o suficiente;
- O reuso de recursos educacionais entre diferentes aplicações ainda é difícil, em função de um forte acoplamento entre Objetos de Aprendizagem, lógica adaptativa e *background* psicopedagógico;
- Muitos dos sistemas educativos adaptativos atuais são orientados à tecnologia e não possuem uma base psicopedagógica plausível.

Vê-se, portanto, que há interseção entre os problemas encontrados por diferentes pesquisadores no campo da adaptatividade para ambientes educacionais digitais. Na seção seguinte, será detalhada uma proposta baseada em Ontologias que visa a resolver os problemas citados.

## 2.7 PROJETO ELEKTRA

Na tentativa de resolver dificuldades inerentes à adaptatividade em jogos educacionais digitais, o projeto ELEKTRA – *Enhanced Learning Experience and Knowledge TRAnsfer*, em inglês – desenvolveu pesquisas no sentido de oferecer uma metodologia para o *design* de jogos educacionais digitais, demonstrada através de um jogo 3D de aventura que ensina ótica, de acordo com o currículo escolar de alguns países europeus (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008; KICKMEIER-RUST et al., 2008a; KICKMEIER-RUST et al., 2008b).

Com a proposição de um modelo de ontologia homônimo, o projeto ELEKTRA objetiva oferecer uma base consistente para a adaptatividade e a descrição de recursos educacionais, de modo a permitir, dentre outras coisas, a interoperabilidade e o reuso de Objetos Educacionais. A opção do projeto por utilizar Ontologias vem do fato de

elas oferecerem uma abordagem estrutural e semanticamente rica para modelar determinado domínio do conhecimento (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

Um ponto importante da proposta do projeto ELEKTRA é a proposição de uma mudança conceitual: a separação da competência do desempenho (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). Normalmente, esta relação é feita em um mapeamento de um para um, uma competência para determinado desempenho. Cognitivamente, esta abordagem tradicional é falha, pois não considera que o desempenho pode ser resultado de várias competências (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). Tal distinção resulta em uma base sólida para lidar com os seguintes problemas (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008):

- Oferece uma abordagem orientada ao estudante e cognitivamente bem fundamentada;
- Possibilita a descrição de recursos sem foco em determinado Objeto de Aprendizagem (OA) – não se trata do conteúdo que o OA possui, mas o que o estudante pode aprender com um OA;
- Possibilita a separação de OA, mecanismos de adaptação e princípios psicopedagógicos.

É neste contexto que a opção por utilizar uma ontologia tem papel importante: ela possibilita definir clara e precisamente as competências relativas a um dado domínio; podendo, portanto, ser utilizada como base para um jogo educacional adaptativo, como o proposto pelo ELEKTRA (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). Por exemplo, dado o fato de as Ontologias oferecerem recursos de raciocínio lógico, através dos quais se podem inferir novas relações entre instâncias, é possível determinar quais habilidades são necessárias para a resolução de dado problema. Assim, com essa base ontológica, a partir do desempenho do jogador (este que é observável, rastreável), ou seja, do subconjunto de problemas que o estudante sabe resolver, é possível identificar habilidades necessárias para um Objeto de Aprendizagem específico e evidenciar caminhos de aprendizagem dentro de determinado jogo educacional digital (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

Em resumo, o modelo de ontologia proposto pelo projeto ELEKTRA pretende:

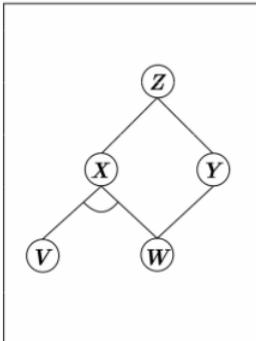
- Prover os requisitos para intervenções adaptativas em um jogo educacional, no sentido de balancear habilidades e desafio;
- Prover caminhos de aprendizagem efetivos;
- Manter a motivação e imersão;
- Promover o reuso, já que oferece uma descrição de recursos rica em semântica.

Mais detalhadamente, a concepção do modelo de ontologia ELEKTRA teve como fundamento o *Competence-based Knowledge Space Theory* (CbKST). Similarmente às Ontologias, o CbKST provê entidades (as competências ou habilidades) que têm relacionamentos bem definidos (relação de pré-requisito) (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

No CbKST, um dado domínio de conhecimento Q é caracterizado por um conjunto de problemas. O estado de conhecimento de um indivíduo é identificado pelo conjunto de problemas que ele é capaz de resolver, enquanto que a coleção de todos os possíveis estados de conhecimento é chamada estrutura de conhecimento K. Disso, a ideia básica por trás do CbKST é assumir um conjunto E de habilidades (competências) abstratas para os problemas e Objetos de Aprendizagem de um determinado domínio.

A relação entre habilidades e problemas (ou OAs) é estabelecida para função de habilidade, a qual determina uma coleção de subconjuntos de habilidades necessários para cada problema. Ficam determinadas, assim, que habilidades são necessárias para dado OA. Há também o conceito de função de pré-requisito uma vez que um problema pode ter muitos pré-requisitos (relacionamentos do tipo AND/OR). Por exemplo, se o estudante tem a habilidade X, então pode-se assumir que tem também as habilidades V e/ou W. A Figura 4 a seguir ilustra este exemplo. A curva abaixo do elemento X indica uma relação lógica OR.

Figura 4: Representação da função de pré-requisito.



Fonte: Kickmeier-Rust e Albert (2008).

É este conjunto de conceitos do CbKST que possibilita, a partir do desempenho (observável) do estudante, ou seja, do subconjunto de problemas que ele sabe resolver, identificar as habilidades necessárias para a resolução de dado problema. Dessa maneira, caminhos de aprendizado podem ser traçados sem a necessidade de se utilizar a relação de um desempenho para uma competência (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).

### 2.7.1 Descrição do modelo de ontologia ELEKTRA

Nesta seção o modelo de ontologia ELEKTRA será descrito. Nele estão representadas as classes e relacionamentos que caracterizam a adaptatividade para jogos educacionais digitais. Como será visto, o foco do modelo é no estudante e em suas competências, o que permite, segundo os autores, uma descrição bastante precisa de um Objeto de Aprendizagem. Pode-se observar a representação gráfica deste modelo no ANEXO A – Modelo de ontologia ELEKTRA. A seguir, são detalhadas as principais classes e alguns dos relacionamentos mais relevantes (KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008):

- **Learner (estudante):** é a classe central. Atributos como idade, série, gênero, país e estilos de aprendizado permitem criar diferentes grupos de estudantes – tal agrupamento é chave da adaptatividade. Está (indiretamente) relacionada a OAs, habilidades, estados de solução de problemas e currículo escolar.

- ***Skill (habilidade, competência)***: é a classe mais importante no que concerne à descrição do estudante. Ela é definida por um conceito – por exemplo, uma **lanterna** que exista em um dado jogo – que se relaciona a um verbo de ação – **ligar** a lanterna, por exemplo. Tal definição de competência vem de Heller et al. (2006 apud KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008) e tem ligação com a taxonomia de níveis de conhecimento de Bloom (1984 apud KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008), que difere seis tipos de processos cognitivos: conhecer, compreender, aplicar, analisar, sintetizar, avaliar. Segundo a taxonomia, para chegar-se aos níveis mais complexos desses processos cognitivos, deve-se passar primeiro pelos mais simples. Há, para a classe competência, a relação *has\_prerequisite* que possibilita a definição de competências que são pré-requisito de outras competências – como definido pela CbKST.
- ***Learning Objects / Learning Situations (objetos de aprendizagem / situações de aprendizagem)***: os autores utilizam o termo situações de aprendizagem para o contexto do aprendizado com jogos educacionais digitais. A classe *LearningSituation* tem a relação *skills\_taught*, que se refere às competências (classe *Skill*) que podem ser aprendidas em dada situação de aprendizagem, e a relação *skills\_required*, que corresponde às competências necessárias para se poder experienciar com êxito dada situação de aprendizagem.
- ***Curriculum e Learning Unit (currículo e unidade de aprendizado)***: a classe *Curriculum* representa o currículo de determinada escola, país ou região ao qual estão relacionados os conteúdos do jogo educacional digital. A classe *LearningUnit* representa unidades de aprendizado mais abrangentes do que o currículo, para o currículo ou para o jogo.
- ***Object - Problem Solution States (objeto - estados de solução de problemas)***: Para a adaptatividade, que tenta analisar estados para intervir (com uma dica, por exemplo), há a classe *Object*, a qual representa objetos que existem em situações de aprendizado do jogo – por exemplo, um livro, uma lente, um microscópio, uma lanterna. A relação com a classe *PositionCategory* serve para identificar competências disponíveis e que o estudante/jogador ainda não tem, para então dar dicas relevantes. *PositionCategory* refere-se às categorias de posições dos objetos no espaço virtual 3D do jogo.

- **Domain Ontology (ontologia de domínio):** os autores relacionam uma ontologia de domínio ao modelo de ontologia que descreve a adaptatividade para jogos educacionais digitais. As Ontologias de domínio servem para descrever um determinado domínio de conhecimento – por exemplo, os conhecimentos relativos a determinada matéria de um currículo escolar.
- **Depth (Nível de conhecimento) e Learning Event (Evento de Aprendizagem):** os Eventos de Aprendizagem referem-se aos 8 eventos de aprendizagem descritos por Leclercq e Poumay (2005), caracterizados como um par de aprendizagem/ensino. São eles: *imitation / modeling; reception / transmission; exercising / guidance; exploration / documentation; experimentation / reactivity; creation / confrontation; self-reflection / co-reflection; e debate / animation*. Os Níveis de Conhecimento vêm da taxonomia de objetivos de aprendizagem de Bloom (1984 apud KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). No nível cognitivo, os níveis de conhecimento são: *Knowledge, Comprehension, Application, Analysis, Synthesis, Evaluation*.

Quanto aos resultados da aplicação da metodologia proposta pelo projeto ELEKTRA, investigações empíricas e estudos de avaliação foram conduzidos, especialmente em relação à efetividade educacional das funcionalidades adaptativas. Segundo os pesquisadores, as análises revelaram que as funcionalidades adaptativas, no contexto do projeto ELEKTRA, resultaram em melhor desempenho no aprendizado dos estudantes e em uma melhor experiência de jogo, em relação a grupos de estudantes que não receberam intervenções adaptativas ao jogar (KICKMEIER-RUST et al., 2008a; KICKMEIER-RUST et al., 2008b).

Ao modelar recursos adaptativos para *games* educacionais, o modelo ELEKTRA representa ontologicamente aspectos dos conteúdos pedagógicos que um jogo digital educacional pode ensinar. Além de possibilitar o reuso, esse fato preenche a lacuna de atributos que caracterizam um *game* educacional que não foram encontrados no modelo de classificação G/P/S. Por isso, parte do modelo de ontologia ELEKTRA é reusada no modelo proposto nesta dissertação, como pode ser visto no capítulo seguinte.



### 3 MODELO PROPOSTO

O modelo de ontologia proposto neste trabalho utiliza a *Ontology Development 101*, uma metodologia que descreve um processo iterativo de sete passos para construção de Ontologias (RAUTENBERG et al., 2008; NOY; MCGUINNESS, 2001). São eles:

1. Determinar o escopo da ontologia;
2. considerar o reuso;
3. listar termos importantes;
4. definir classes;
5. definir propriedades;
6. definir restrições das propriedades; e
7. criar instâncias.

Esses sete passos serão seguidos neste capítulo para guiar o desenvolvimento e formalizar o modelo de ontologia para representação de jogos digitais de disseminação de conhecimento proposto nesta dissertação.

#### 3.1 DETERMINAR O ESCOPO DA ONTOLOGIA

Neste passo, a metodologia 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001) indica uma série de questões a serem respondidas para que o escopo da ontologia seja determinado.

##### **Qual é o domínio que a ontologia abrangerá?**

O domínio de conhecimento que o modelo de ontologia abrangerá será o de representação de jogos educacionais digitais.

##### **Para que a ontologia será utilizada?**

O modelo deverá ser utilizado para representar ontologicamente qualquer *game* educacional no que se refere aos atributos que o caracterizam. Dentre os cenários de aplicação de um modelo de ontologia, são projetados os seguintes para o modelo proposto neste trabalho:

- Criação de bases de conhecimento de jogos educacionais digitais;
- Integração de sistemas já existentes a bases de conhecimento de *games* educacionais;
- Interoperabilidade entre diferentes bases de conhecimento de *games* educacionais;
- Classificação de jogos educacionais digitais, a partir de quaisquer dos atributos previstos pelo modelo;
- Compartilhamento de conhecimento sobre jogos educacionais digitais entre diferentes organizações, pessoas e sistemas;
- Referência sobre que elementos compõem um *game* educacional, em termos dos atributos que caracterizam um jogo educacional digital;
- Insumo para o desenvolvimento de sistemas de conhecimento para a Gestão de Conhecimento em organizações desenvolvedoras de jogos educacionais digitais;
- Reuso do modelo para domínios de conhecimento diferentes mas correlatos.

### **Para que tipos de perguntas a ontologia deveria dar respostas?**

O modelo de ontologia, uma vez utilizado para representar jogos educacionais digitais, poderá responder o seguinte conjunto de perguntas relativas a um jogo educacional específico:

- Qual o título (nome) do jogo?
- Qual a versão do jogo?
- Como é o *gameplay* do jogo?
- Qual o perfil de estudantes (faixa etária, sexo, país, estilos de aprendizagem, série) atendido pelo jogo?
- Por qual(is) organização(ões) o jogo foi desenvolvido?
- A que público o jogo se destina?
- A que mercado o jogo se destina?
- Em que plataformas o *game* pode ser jogado?
- Em que idiomas o jogo está disponível?
- Qual o estilo da arte gráfica do jogo?
- Em quantas dimensões são os gráficos do jogo?
- Que princípios pedagógicos foram utilizados como base para o *game* educacional?

- Que recursos adaptativos o jogo possui?
- Que mecanismos de avaliação o jogo possui?
- Para que propósitos o jogo foi projetado?
- Com que Situações de Aprendizagem o jogador poderá se deparar ao jogar o *game*?
- Que habilidades o estudante poderá desenvolver com o jogo?
- Que habilidades são necessárias para que o estudante jogue o *game*?
- A que Unidade de Aprendizagem (por exemplo, Parâmetros Curriculares Nacionais) o jogo é atrelado?
- A que currículos educacionais o jogo é atrelado?
- Que Eventos de Aprendizagem o jogo abrange?
- Que níveis de conhecimento (Objetivos de Aprendizagem) o jogo abrange?

Além disso, ao pensar-se em uma base de conhecimento baseada no modelo proposto neste trabalho que contenha, por exemplo, dezenas ou centenas de jogos educacionais, seria possível responder perguntas mais elaboradas, as chamadas, pela metodologia 101, questões de competência (do inglês, *competency questions*):

- Para que tipo de público organizações de determinada região têm desenvolvido *games* educacionais?
- Em que plataforma os jogos educacionais digitais estão mais presentes?
- Quais currículos de ensino dispõem de jogos educacionais em um dado país?
- Quais organizações desenvolvem jogos educacionais digitais no Brasil?
- Qual a porcentagem de jogos educacionais brasileiros que estão disponíveis em outros idiomas além do português?
- Que estilos de aprendizagem têm o perfil dos estudantes de jogos cujo nível de conhecimento é aplicação?
- Há correlação entre o tipo de *gameplay* dos *games* educacionais e o perfil do estudante?
- Há correlação entre o estilo gráfico dos *games* educacionais e o perfil do estudante?

- Há correlação entre os mercados para o quais os jogos se destinam e os propósitos para os quais eles foram desenvolvidos?
- Que perfil de estudante têm os jogos cujo mercado é militar?
- Que tipo de *gameplay* os jogos educacionais costumam utilizar?
- Que tipos de *gameplay*, propósitos, eventos de aprendizagem e níveis de conhecimento têm os jogos educacionais voltados para os idosos?
- Que mecanismos de avaliação e recursos de adaptatividade são empregados em jogos cujo propósito é treinamento?
- Que mecanismos de avaliação e recursos de adaptatividade são empregados em jogos cujo propósito é disseminação de mensagem?
- Que princípios pedagógicos têm os jogos cujo mercado é a saúde?
- Que habilidades estão relacionadas a que níveis de conhecimento?
- Que habilidades estão relacionadas ao nível de conhecimento síntese?
- Que situações de aprendizagem compartilham habilidades (que podem ser desenvolvidas)?
- Que habilidades são necessárias para os *games* cujo mercado é ecologia?
- Que habilidades são necessárias para os *games* cujo propósito é treinamento?
- Que habilidades podem ser desenvolvidas com *games* cujo evento de aprendizagem é experimentação/reactividade?
- Que níveis de conhecimento e que eventos de aprendizagem estão relacionados a jogos cujo propósito é troca de dados?
- Que habilidades são desenvolvidas em jogos cujo propósito é troca de dados?

Esta lista não engloba todas as questões que uma base de conhecimento baseada no modelo deste trabalho poderia responder. A metodologia 101 indica que essa listagem não precisa ser exaustiva (NOY; MCGUINNESS, 2001), porque ela serve para que se possa validar e refinar a ontologia posteriormente, ou seja, para saber se a ontologia tem informação o suficiente para responder às questões, se as

questões exigem um determinado nível de detalhamento para uma área em particular, etc.

### **Quem irá usar e manter a ontologia?**

O modelo de ontologia poderá ser utilizado por organizações e pessoas que desenvolvam, utilizem e/ou pesquisem sobre jogos educacionais digitais.

## **3.2 CONSIDERAR O REUSO**

Para aproveitar Ontologias existentes, o modelo deste trabalho utilizará parte do modelo de ontologia ELEKTRA. Ainda que se trate de um modelo bastante específico, para adaptatividade em *games* educacionais, pode-se utilizá-lo como ponto de partida, já que algumas classes do modelo representam conceitos educacionais e do jogo e si e, por isso, podem ser reusadas. As classes muito específicas da área de adaptatividade serão descartadas e novas classes e relações serão adicionadas para compor o modelo proposto.

Além disso, algumas classes do modelo foram inspiradas no modelo para classificação de jogos sérios G/P/S, como será visto adiante.

## **3.3 LISTAR TERMOS IMPORTANTES**

Nesta seção são listados os termos relevantes da ontologia, os conceitos do domínio de conhecimento que a ontologia representará. A metodologia 101 indica, neste passo, simplesmente uma listagem de termos relevantes do domínio que possa ser utilizada como ponto de partida, sem preocupar-se com termos que se referem ao mesmo conceito, relações entre os termos ou propriedades que um termo pode ter (NOY; MCGUINNESS, 2001). A seguir, um quadro com os termos do domínio jogos educacionais digitais, em ordem alfabética:

Quadro 3: Termos importantes

Adaptatividade	Habilidades
Arte gráfica	Idioma
Avaliação	Jogo
Avaliação não invasiva	Mercado
Bloco de <i>gameplay</i>	Nível de conhecimento
Currículo escolar	Objetivos de aprendizagem
Desenvolvedor	País
Dimensões	Parâmetros Curriculares
Disseminação de mensagem	Plataforma
Educação	Princípios pedagógicos
Escopo	Propósito
Estilos de aprendizagem	Público
Eventos de aprendizagem	Situação de aprendizagem
Faixa etária	Treinamento
<i>Gameplay</i>	Troca de dados

Fonte: elaborado pelo autor.

### 3.4 DEFINIR CLASSES

Neste passo são detalhados os conceitos fundamentais da ontologia, as classes. O ponto de partida para a definição das classes do modelo de ontologia proposto neste trabalho foi verificar que classes poderiam ser aproveitadas, reusadas, do modelo de ontologia ELEKTRA, tendo como parâmetro a listagem de termos importantes criada na seção anterior.

Ao analisar o modelo ELEKTRA, tem-se classes que foram retiradas, por serem muito específicas da área da adaptatividade, e uma classe que foi alterada, utilizada para representar um conceito parecido com o conceito original, mas em um contexto diferente.

O Quadro 4 mostra as classes retiradas com as respectivas justificativas. A classe alterada é exibida no Quadro 5.

Quadro 4: Classes retiradas, não reusadas, do modelo ELEKTRA

CLASSE	JUSTIFICATIVA DE REMOÇÃO
<b><i>AssessmentSituation</i></b> <b>(Situação de Avaliação)</b>	Uma Situação de Avaliação faz sentido para um modelo de ontologia para adaptatividade, como o ELEKTRA, em que em dada situação, com determinadas características, uma avaliação é efetuada para apresentar ou não uma intervenção adaptativa ao jogador. Entretanto, para um modelo de ontologia de representação de <i>games</i> educacionais, essa classe representa um conceito muito específico. O modelo deve representar as possíveis técnicas de avaliação utilizadas para um determinado jogo educacional digital em nível macro.
<b><i>Object</i></b> (Objeto)	O Objeto é um conceito bastante específico do modelo ELEKTRA, pois representa objetos virtuais em um cenário de jogo 3D – por exemplo, uma lanterna que o jogador pode pegar para executar alguma tarefa. Para o modelo proposto nesta dissertação, este nível de detalhe não é relevante, porque não serão representados na ontologia os objetos dos cenários de um jogo.
<b><i>PositionCategory</i></b> <b>(Categoria de Posição)</b>	A classe Categoria de Posição tem relação com a classe do Objeto, porque representa Categorias de posicionamento do Objeto do espaço virtual 3D. Esta classe é tão irrelevante para o modelo ontológico desta dissertação quanto a classe Objeto.
<b><i>SkillState</i></b> <b>(Estado de Habilidade)</b>	Esta classe também representa algo específico da aplicação a que se destina o modelo de ontologia ELEKTRA: um conjunto de habilidades único que um jogador pode ter em dado momento de tempo enquanto joga. Afinal, o ELEKTRA utiliza o rastreamento das ações do jogador e trata de adaptatividade em tempo real.

	Para o modelo deste trabalho são interessantes as habilidades que o estudante poderá desenvolver ao jogar o <i>game</i> e que habilidades ele deve ter para que ele possa jogar o <i>game</i> . Portanto, não é relevante representar um conjunto de habilidades do estudante em um dado momento de tempo.
--	--

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 5: Classe do modelo ELEKTRA alterada para ser reusada

CLASSE	JUSTIFICATIVA DE ALTERAÇÃO
<b><i>Learner (Estudante)</i></b>	Em relação à classe alterada, trata-se da classe <i>Learner</i> (Estudante), a qual, no modelo ELEKTRA, representa diferentes grupos de estudantes, que têm atributos como idade, série, gênero, país e estilos de aprendizado. Esta classe é o cerne da adaptatividade, uma vez que a mesma ocorre a partir da identificação do perfil do estudante. Entretanto, para o modelo de ontologia proposto nesta dissertação, este contexto é muito específico. Esta classe será alterada no sentido de representar o perfil do público ao qual se destina um <i>game</i> educacional.

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 5 apresenta o diagrama do modelo de ontologia ELEKTRA com marcações de quais classes foram excluídas e qual foi alterada. O ANEXO A – Modelo de ontologia ELEKTRA traz o diagrama original do modelo ELEKTRA.



Descrito o reuso do modelo ELEKTRA, parte-se para a descrição de todas as classes que compõem o modelo de ontologia deste trabalho. Os Quadros 6, 7 e 8 apresentam as classes que foram reusadas ou inspiradas no modelo ELEKTRA, as classes que foram pensadas a partir do modelo para classificação de jogos sérios G/P/S e as classes que foram criadas para representar conceitos que não estavam presentes nos dois modelos anteriores mas que são necessários para caracterizar um *game* educacional<sup>14</sup>.

Quadro 6: Classes exclusivas do modelo proposto nesta dissertação

CLASSE	DESCRIÇÃO
<b>Game (Jogo)</b>	Representa o jogo educacional digital em si.
<b>Artwork (Arte gráfica)</b>	A arte gráfica do jogo.
<b>GraphicDesignStyle (Estilo de desenho gráfico)</b>	Compõe a classe <i>Artwork</i> , representando o estilo do desenho (se no estilo <i>cartoon</i> , realista ou retrô) <sup>15</sup> .
<b>Dimensions (Dimensões)</b>	Compõe a classe <i>Artwork</i> , representando se a arte do jogo foi feita em 2D, 3D ou pseudo-3D.
<b>Developer (Desenvolvedor)</b>	A organização desenvolvedora do jogo.
<b>Language (Idioma)</b>	Representa os idiomas em que o jogo está disponível.
<b>PedagogicPrinciple (Princípios pedagógicos)</b>	Os princípios pedagógicos que basearam o projeto e desenvolvimento do jogo educacional.
<b>Platform (Plataforma)</b>	Plataformas em que o jogo digital pode ser jogado.

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>14</sup> Estes conceitos/classes são propostos nesta dissertação com base em estudos diversos, não tão aprofundados quanto as análises feitas sobre o ELEKTRA e o G/P/S, e na experiência do autor na área de jogos educacionais digitais.

<sup>15</sup> As categorias *cartoon*, realista ou retrô são propostas por Feldman (2001). É uma categorização simples que pode caracterizar qualquer jogo digital.

Quadro 7: Classes reusadas ou inspiradas no modelo ELEKTRA

CLASSE	DESCRIÇÃO
<b><i>AdaptiveFeature</i></b> <b>(Recursos adaptativos)</b>	Representa os recursos adaptativos que o jogo utiliza, se houver.
<b><i>AssessmentFeature</i></b> <b>(Mecanismos de avaliação)</b>	Os recursos de avaliação que o jogo utiliza, se houver.
<b><i>LearningSituation</i></b> <b>(Situação de Aprendizagem)</b>	Representa uma situação de jogo em que o estudante depara-se com alguma atividade ou tarefa educativa. Uma Situação de Aprendizagem contém um conjunto de Habilidades que representa o que o estudante poderá desenvolver ao enfrentá-la e poderá conter outro conjunto de Habilidades que representa que Habilidades o estudante necessita ter previamente para poder jogar aquela Situação de Aprendizagem.
<b><i>Curriculum</i></b> <b>(Currículo)</b>	Currículo educacional ao qual uma Situação de Aprendizagem está atrelada, se houver.
<b><i>Depth</i></b> <b>(Nível de conhecimento)</b>	Níveis de conhecimento a que uma Situação de Aprendizagem pode abranger. Corresponde à taxonomia de objetivos de aprendizagem de Bloom (1984 apud KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008).
<b><i>LearnerProfile</i></b> <b>(Perfil do estudante)</b>	Representa o perfil dos estudantes para o qual o jogo foi desenvolvido.
<b><i>LearningEvent</i></b> <b>(Evento de Aprendizagem)</b>	Eventos de Aprendizagem que uma Situação de Aprendizagem pode abranger. Corresponde aos 8 Eventos de Aprendizagem propostos por Leclercq e Poumay (2005).
<b><i>LearningUnit</i></b> <b>(Unidade de Aprendizagem)</b>	Representa Unidades de Aprendizagem, que são mais abrangentes do que o currículo educacional, como, por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais.

<b><i>Skill</i> (Habilidade)</b>	Representa tanto as habilidades que o estudante poderá desenvolver ao jogar o <i>game</i> quanto as habilidades necessárias para que ele possa jogar o <i>game</i> .
<b><i>ActionVerb</i> (Verbo de Ação)</b>	Verbo de Ação que, unido a um Conceito, define uma Habilidade.
<b><i>Concept</i> (Conceito)</b>	Conceito que, unido a um Verbo de Ação, define uma Habilidade.
<b><i>SkillSet</i> (Conjunto de Habilidades)</b>	Um conjunto de habilidades necessárias ao estudante para transpôr determinada Situação de Aprendizagem.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 8: Classes inspiradas no modelo G/P/S

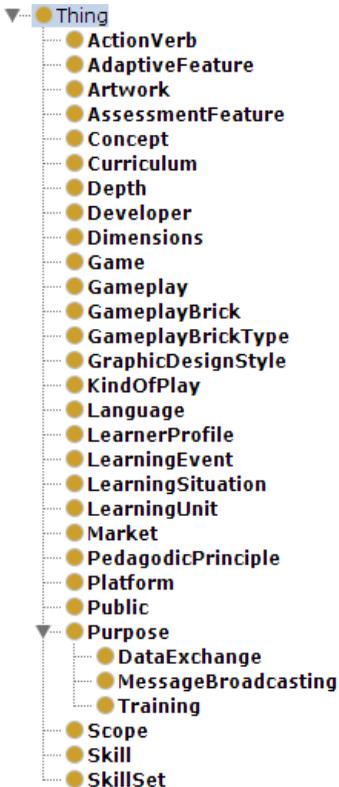
CLASSE	DESCRIÇÃO
<b><i>Gameplay</i></b>	Representa as características da dimensão jogo do <i>Game</i> . Determina se há ênfase no jogo ou no jogar (o Tipo de Jogo, a seguir) e como o <i>Game</i> é jogado (o Bloco de <i>Gameplay</i> , a seguir).
<b><i>GameplayBrick</i> (Bloco de <i>Gameplay</i>)</b>	Compõe o <i>Gameplay</i> , representando os Blocos de <i>Gameplay</i> definidos pelo modelo G/P/S.
<b><i>GameplayBrickType</i> (Tipo de Bloco de <i>Gameplay</i>)</b>	Especifica o tipo de Bloco de <i>Gameplay</i> , se Meios e Restrições ( <i>Means and Constraints</i> ) ou Objetivos ( <i>Stated Goals</i> ).
<b><i>KindOfPlay</i> (Tipo de Jogo)</b>	Compõe o <i>Gameplay</i> , representando se há ênfase no jogar ( <i>Play-Based</i> ) ou no jogo ( <i>Game-Based</i> ).
<b><i>Purpose</i> (Propósito)</b>	O Propósito para o qual jogo foi projetado, se Disseminação de mensagem, Troca de dados ou Treinamento.
<b><i>DataExchange</i> (Troca de dados)</b>	Subclasse de Propósito.

<b><i>MessageBroadcasting</i></b> <b>(Disseminação de mensagem)</b>	Subclasse de Propósito.
<b><i>Training</i></b> (Treinamento)	Subclasse de Propósito.
<b><i>Scope</i></b> (Escopo)	O Escopo do jogo educacional, composto por Mercado e Público.
<b><i>Market</i></b> <b>(Segmento de mercado)</b>	Compõe o Escopo, representando o Segmento de Mercado para o qual o jogo é destinado.
<b><i>Public</i></b> (Público)	Compõe o Escopo, representando o público-alvo macro para o qual o jogo é destinado (se Público em geral, Profissionais ou Estudantes)

Fonte: elaborado pelo autor.

As classes dos quadros acima apresentados representam, portanto, os conceitos fundamentais do modelo de ontologia proposto neste trabalho. Para uma visualização ampla, a Figura 6 contém a listagem das classes do modelo tal qual é exibida no Editor de Ontologias Protégé, em que é mostrada a relação hierárquica entre *Purpose* (Propósito) e suas subclasses.

Figura 6: Listagem de todas as classes do modelo em ordem alfabética



Fonte: elaborada pelo autor.

### 3.5 DEFINIR PROPRIEDADES

Nesta seção são detalhadas as propriedades das classes do modelo. As propriedades descrevem a estrutura interna dos conceitos, das classes. A classe *Jogo (Game)*, por exemplo, tem como propriedade *Título (Title)* e *Data de Lançamento (Release date)*, como será visto a seguir. Como indicado pela metodologia 101, alguns dos termos levantados na seção 3.3 LISTAR TERMOS IMPORTANTES que não foram representados como classes possivelmente serão propriedades delas. As propriedades também definem as relações entre as classes de uma ontologia. Por exemplo, um determinado *Jogo* que esteja disponível

no Idioma Português significa, neste modelo, que a classe Jogo tem uma propriedade que aceita instâncias da classe Idioma.

A seguir, o Quadro 9, que especifica as propriedades simples – as que não recebem instâncias – de cada classe do modelo.

Quadro 9: Propriedades simples das classes do modelo

CLASSE	PROPRIEDADES
<b>Game (Jogo)</b>	<i>Title</i> (Título) <i>Version</i> (Versão) <i>Release date</i> (Data de lançamento) <i>Description</i> (Descrição)
<b>Scope (Escopo)</b>	<i>Label</i> (Título/rótulo) <i>Description</i>
<b>Public (Público)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Market (Segmento de mercado)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>LearnerProfile (Perfil do estudante)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i> <i>Age</i> (Idade) <i>School Level</i> (Série escolar) <i>Sex</i> (Sexo) <i>Country</i> (País) <i>LearningStyle</i> (Estilos de Aprendizado)
<b>Gameplay</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>GameplayBrick (Bloco de Gameplay)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>GameplayBrickType (Tipo de Bloco de Gameplay)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>KindOfPlay (Tipo de Jogo)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Purpose (Propósito)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>

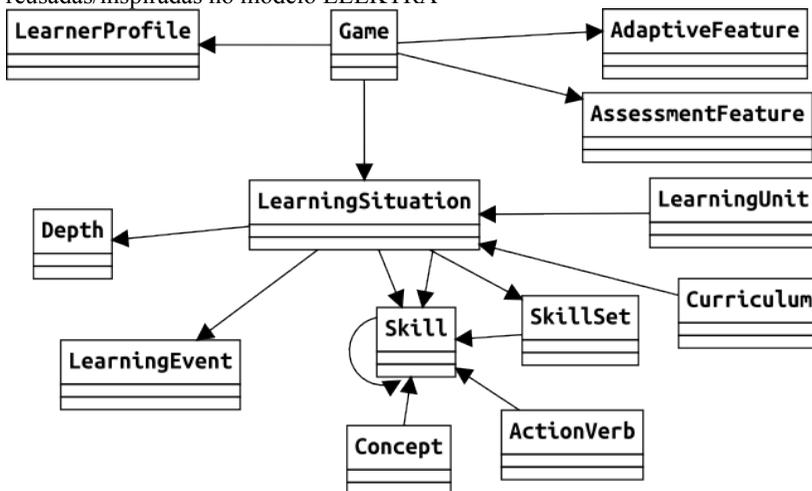
<b>DataExchange</b> (Troca de dados)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>MessageBroadcasting</b> (Disseminação de mensagem)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Training</b> (Treinamento)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Artwork</b> (Arte)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Language</b> (Idioma)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Platform</b> (Plataforma)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>Dimension</b> (Dimensão)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>GraphicDesignStyle</b> (Estilo de desenho gráfico)	<i>Label</i> <i>Description</i> <i>References</i> (Referências/Inspirações)
<b>Developer</b> (Organização desenvolvedora)	<i>Name</i> (Nome) <i>Description</i> <i>Country</i>
<b>PedagogicPrinciple</b> (Princípios pedagógicos)	<i>Title</i> <i>Description</i> <i>Author</i> (Autor) <i>ReferenceWork</i> (Obras de referência)
<b>AdaptiveFeature</b> (Recursos adaptativos)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b>AssessmentFeature</b> (Mecanismos de avaliação)	<i>Label</i> <i>Description</i> <i>Type</i> (Tipo) – Se tradicional (pós-jogo) ou não invasiva, por exemplo.
<b>LearningSituation</b> (Situação de Aprendizagem)	<i>Label</i> <i>Description</i>

<b><i>LearningUnit</i></b> <b>(Unidade de Aprendizagem)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b><i>LearningEvent</i></b> <b>(Evento de Aprendizagem)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b><i>Curriculum</i></b> <b>(Currículo)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i> <i>Subject</i> (Disciplina ou assunto) <i>Level</i> (Série/ano) <i>Country</i> <i>Release date</i> (Data de publicação) <i>Version</i> (Versão)
<b><i>Depth</i></b> <b>(Níveis de conhecimento)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b><i>Skill</i></b> (Habilidade)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b><i>SkillSet</i></b> (Conjunto de Habilidades)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b><i>Concept</i></b> (Conceito)	<i>Label</i> <i>Description</i>
<b><i>ActionVerb</i></b> <b>(Verbo de Ação)</b>	<i>Label</i> <i>Description</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Definidas as propriedades simples das classes do modelo, descrevem-se as propriedades que recebem como valor instâncias de classes, que configuram as relações entre classes. Começa-se pela relação da classe Jogo (*Game*) com as classes reusadas do modelo ELEKTRA. O diagrama a seguir ilustra as relações dessas classes.

Figura 7: Diagrama com relacionamentos entre a classe *Game* e as classes reusadas/inspiradas no modelo ELEKTRA



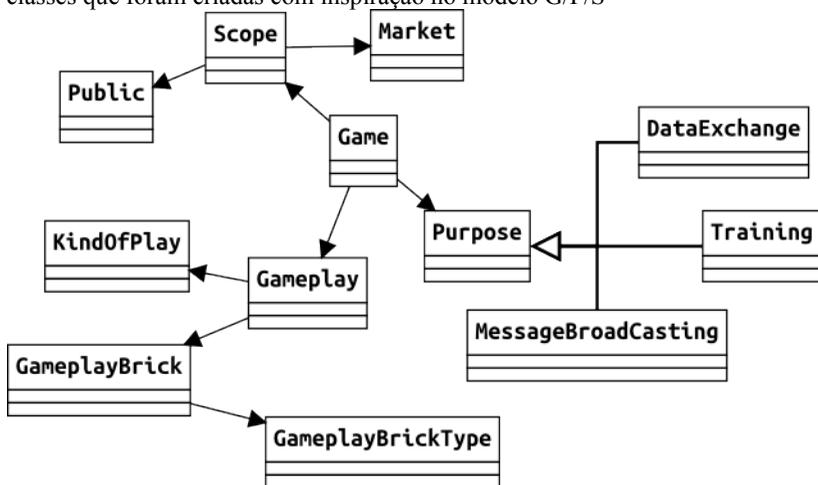
Fonte: elaborada pelo autor.

Como descrito anteriormente, as classes *SkillState*, *PositionCategory*, *Object* e *AssessmentSituation* foram retiradas. A classe *Learner*, que tinha relação com a classe *LearningSituation* no modelo ELEKTRA, no modelo deste trabalho se chama *LearnerProfile* e tem relação com a classe *Game*. Isso por que a classe representa o Perfil de Estudantes para o qual o Jogo é voltado, e não os diferentes grupos de estudantes para determinadas Situações de Aprendizagem para realizar a adaptatividade, como acontece no ELEKTRA. Pode-se perceber também, ainda na Figura 7, que as classes *AdaptiveFeature* e *AssessmentFeature* estão ligadas a *Game*, ou seja, um dado Jogo pode dispor de determinados Recursos Adaptativos e determinados Mecanismos de Avaliação. Vê-se que várias classes do modelo ELEKTRA puderam ser utilizadas para o contexto do modelo desta dissertação. Em outras palavras, para o modelo, um Jogo possui Situações de Aprendizagem (*LearningSituation*), as quais têm determinados Níveis de Conhecimento (*Depth*), Eventos de Aprendizagem (*LearningEvent*), Habilidades (*Skill*) e Conjuntos de Habilidades (*SkillSet*). As duas setas que ligam *LearningSituation* a *Skill* correspondem às (1) Habilidades que o estudante pode desenvolver ao vivenciar a Situação de Aprendizagem e (2) Habilidades que o estudante necessita ter previamente para que possa vivenciar a Situação

de Aprendizagem. A seta que liga a classe *Skill* com ela mesma representa uma relação de pré-requisito entre Habilidades. Por último, as classes *Curriculum* e *LearningUnit* têm relação com a classe *LearningSituation*, representando que um dado Currículo Escolar e uma Unidade de Aprendizagem podem abranger diversas Situações de Aprendizagem.

As relações da classe *Jogo (Game)* com as classes inspiradas no modelo de classificação de jogos sérios G/P/S podem ser visualizadas na Figura 8, a seguir.

Figura 8: Diagrama que representa a classe *Game* e suas relações com as classes que foram criadas com inspiração no modelo G/P/S



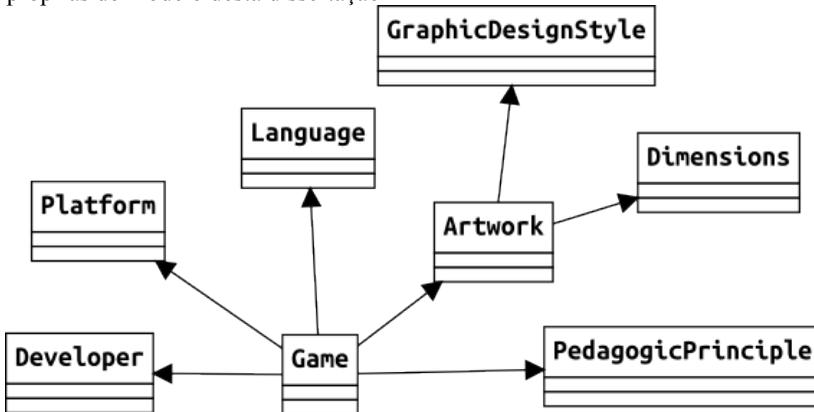
Fonte: elaborada pelo autor

A classe *Game* (Jogo) relaciona-se com as classes *Purpose*, *Gameplay* e *Scope*, as quais são caracterizadas por outras classes. Ou seja, um Jogo tem Propósitos, Escopo e *Gameplay*. O Escopo é composto por um Público (*Public*) e um Segmento de Mercado (*Market*). O *Gameplay* é composto por um Tipo de Jogo (*Kind of Play*) e por Blocos de *Gameplay* (*GameplayBrick*), os quais têm diferentes tipos (*GameplayBrickType*). Já a classe *Purpose* foi modelada de maneira diferente. O fato de as classes *DataExchange*, *Training* e *MessageBroadCasting* serem subclasses da classe *Purpose* significa que elas são uma especialização de *Purpose*. Isso quer dizer que se pode afirmar, por exemplo, que Treinamento (*Training*) é um Propósito (*Purpose*). Em contraste, para ilustrar, essa afirmação não poderia ser

feita sobre o Público (*Public*): Público não é um Escopo (*Scope*), porque Escopo é um conceito composto por Mercado e Público.

As relações da classe *Jogo (Game)* com as demais classes criadas para o modelo proposto neste trabalho são exibidas na Figura 9.

Figura 9: Diagrama com as relações da classe *Game* com as demais classes próprias do modelo desta dissertação

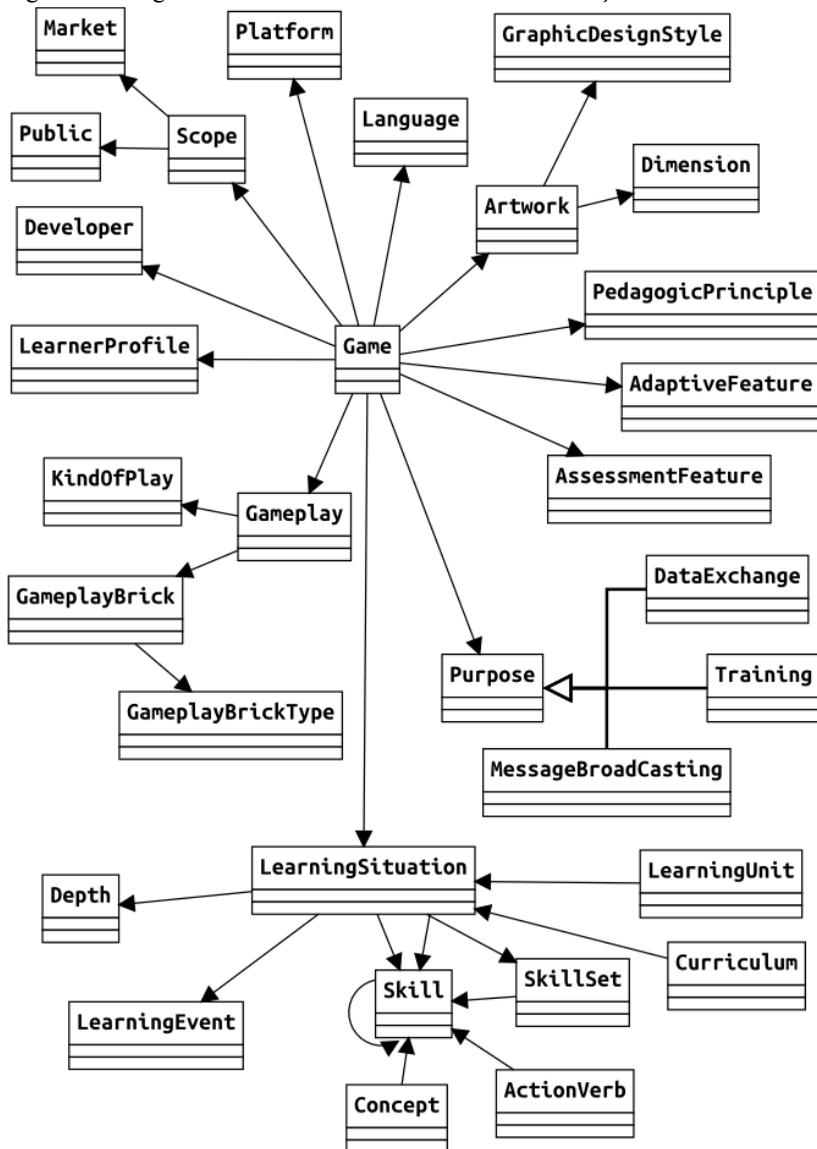


Fonte: elaborada pelo autor

Vê-se que um *Jogo (Game)* tem uma Organização Desenvolvedora (*Developer*), pode ser jogado em determinadas Plataformas (*Platform*), está disponível em certos Idiomas (*Language*), tem Princípios Pedagógicos (*PedagogicPrinciple*) que o baseiam e a Arte Gráfica (*Artwork*), a qual é composta por Estilos de Desenho Gráfico (*GraphicDesignStyle*) e dadas Dimensões (*Dimensions*).

Desta forma, foram demonstradas todas as propriedades das classes do modelo. Para uma visualização completa, a Figura 10 contém o diagrama que representa todas as relações entre todas as classes.

Figura 10: Diagrama com a visão de todas as classes e relações do modelo



Fonte: elaborada pelo autor.

### 3.6 DEFINIR RESTRIÇÕES DAS PROPRIEDADES

As propriedades anteriormente criadas têm seus valores e relações especificados nesta seção. Este refinamento reforça o formalismo dos relacionamentos entre classes, como será visto adiante.

As restrições de propriedades passam pelos tipos de valores que as mesmas poderão conter – quando são propriedades simples –, que instâncias de que classes são permitidas e a quantidade de valores/classes permitidas para determinada propriedade – a chamada cardinalidade.

Por exemplo, em relação aos tipos de valores das propriedades simples, tem-se os tipos *String* e *Integer*. O primeiro, corresponde a uma cadeia de caracteres, que pode conter letras, números, caracteres especiais, etc. A propriedade Título (*Title*) da classe Jogo (*Game*) tem o tipo *String* no modelo desta dissertação. O segundo corresponde a um número inteiro. A propriedade Age (Idade) da classe Perfil do Estudante (*LearnerProfile*) é do tipo *Integer*.

Quanto às instâncias de que classes são permitidas em determinada propriedade, trata-se de quais classes são relacionadas à classe que a propriedade caracteriza. Por exemplo, a relação entre Jogo (*Game*) e Organização Desenvolvedora (*Developer*) é definida por uma propriedade chamada *temDesenvolvedor* (*hasDeveloper*). Esta propriedade só aceita como valor instâncias da classe Organização Desenvolvedora. Para ilustrar e demonstrar a importância das restrições, não faria sentido essa propriedade aceitar instâncias de outras classes: um Idioma ou um Princípio Pedagógico não poderia representar uma organização que desenvolveu um jogo.

A cardinalidade das propriedades define quantos valores ou instâncias de classes são permitidas para aquela propriedade. Por exemplo, a relação entre as classes Jogo (*Game*) e Idioma (*Language*) é definida por uma propriedade chamada *estáDisponívelNoIdioma* (*isAvailableInLanguage*), a qual pode conter qualquer quantidade de instâncias da classe Idioma (por exemplo, Português, Espanhol ou Inglês podem ser instâncias da classe Idioma). Afinal, um certo Jogo pode estar disponível em 1, 2, 4 ou 50 Idiomas. Já a relação entre a classe Jogo e a classe Escopo (*Scope*) é diferente. Um Jogo tem somente um Escopo (propriedade *hasScope* – *temEscopo*). O Escopo, por sua vez, é composto por um ou mais Públicos (*Public*) e um ou mais Segmentos de Mercado (*Market*). Assim, indiretamente, um dado Jogo pode ser voltado para diferentes Segmentos de Mercado e Públicos, mas será

caracterizado por um Escopo somente. Em suma, a cardinalidade das propriedades poderá ser determinada por (NOY; MCGUINNESS, 2001):

- Um valor mínimo. Por exemplo, um Jogo deverá ter no mínimo uma Organização Desenvolvedora;
- Um valor exato (*exactly*, em inglês). Um jogo terá exatamente 1 Escopo.
- Um valor máximo. Uma Situação de Aprendizagem pode abranger no máximo 8 Eventos de Aprendizagem.

Há também outra forma de restringir as propriedades, com os quantificadores existencial ( $\exists$ ) e universal ( $\forall$ ). O quantificador existencial representa a restrição **alguns** (*some*, em inglês), ou **pelo menos um**. Por exemplo, a relação da classe Jogo (*Game*) com a classe Princípio Pedagógico (*PedagogicPrinciple*) é definida pela propriedade *temPrincípioPedagógico* (*hasPedagogicPrinciple*) sobre a qual foi definida a restrição com o quantificador existencial. Ou seja, para o modelo deste trabalho, um jogo educacional tem de ter pelo menos um princípio pedagógico. O quantificador universal representa a restrição **somente** (*only*, em inglês), que determina que uma dada propriedade pode conter como valor somente instâncias de determinada classe.

O Quadro 10 a seguir indica o tipo e a cardinalidade das propriedades simples das classes do modelo desta dissertação.

Quadro 10: Tipo e cardinalidade das propriedades simples das classes do modelo

CLASSE	PROPRIEDADE	TIPO	CARDINALIDADE
<b>Múltiplas classes</b>	<i>Label</i>	<i>String</i>	Exat. 1
	<i>Description</i>	<i>String</i>	Exat. 1
<b>Game</b>	<i>Title</i>	<i>String</i>	Exat. 1
	<i>Version</i>	<i>Double</i>	Exat. 1
	<i>Release date</i>	<i>Date</i>	Exat. 1
<b>LearnerProfile</b>	<i>Age</i>	<i>Integer</i>	Mín. 0
	<i>School Level</i>	<i>Integer</i>	Mín. 0
	<i>Sex</i>	<i>String</i>	Mín. 1, Máx. 2

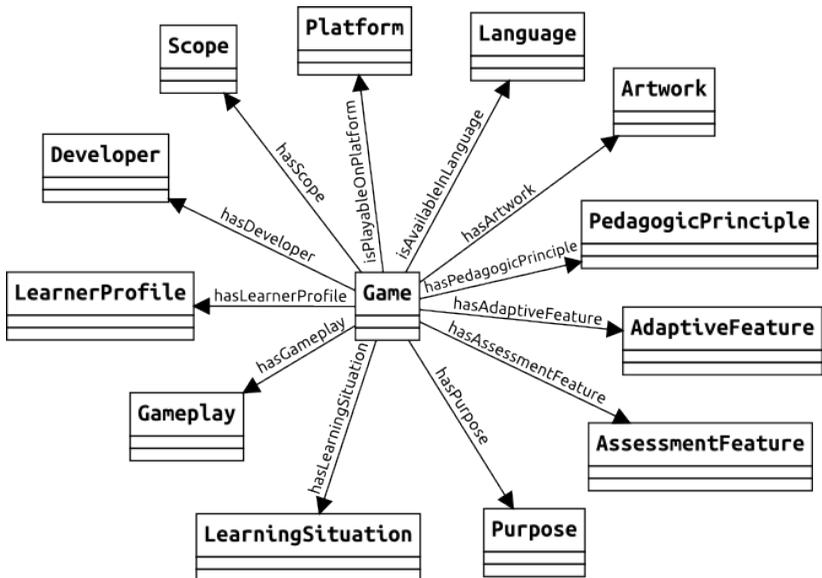
	<i>Country</i>	<i>String</i>	Mín. 1
	<i>LearningStyle</i>	<i>String</i>	Mín. 0
<b><i>Developer</i></b>	<i>Name</i>	<i>String</i>	Exat. 1
	<i>Country</i>	<i>String</i>	Mín. 1
<b><i>PedagogicPrinciple</i></b>	<i>Title</i>	<i>String</i>	Exat. 1
	<i>Author</i>	<i>String</i>	Mín. 1
	<i>ReferenceWork</i>	<i>String</i>	Mín. 1
<b><i>AssessmentFeature</i></b>	<i>Type</i>	<i>String</i>	Mín. 1
<b><i>Curriculum</i></b>	<i>Subject</i>	<i>String</i>	Mín. 0
	<i>Level</i>	<i>Integer</i>	Mín. 0
	<i>Country</i>	<i>String</i>	Mín. 1
	<i>Release date</i>	<i>Date</i>	Máx. 1
	<i>Version</i>	<i>String</i>	Máx. 1

Fonte: elaborado pelo autor.

As propriedades com cardinalidade no mínimo 0 indicam que a propriedade poderá conter qualquer quantidade de valor, inclusive nenhum. Para o modelo deste trabalho, por exemplo, admite-se que o Perfil do Estudante (*LearnerProfile*) de um Jogo (*Game*) não determine uma faixa de Idade e/ou uma Série Escolar específicas.

Em relação às restrições de que instâncias de que classes as propriedades aceitam, começa-se pela classe Jogo (*Game*) e suas relações diretas, como mostram o diagrama da Figura 11 e a Figura 12.

Figura 11: Diagrama com as propriedades da classe *Game* que configuram as relações diretas da mesma com as demais classes



Fonte: elaborada pelo autor.

A figura seguinte exibe as restrições de propriedades da classe Jogo (*Game*) feitas no programa Protégé.

Figura 12: Restrições de propriedades da classe *Game*

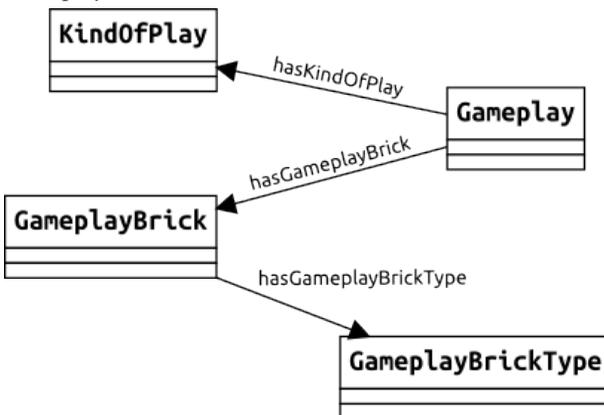
- **hasAdaptiveFeature** **min 0** AdaptiveFeature
- **hasArtwork** **exactly 1** Artwork
- **hasAssessmentFeature** **min 0** AssessmentFeature
- **hasDeveloper** **some** Developer
- **hasGameplay** **exactly 1** Gameplay
- **hasLearnerProfile** **some** LearnerProfile
- **hasLearningSituation** **some** LearningSituation
- **hasPedagogicPrinciple** **some** PedagogicPrinciple
- **hasPurpose** **some** Purpose
- **hasScope** **exactly 1** Scope
- **isAvailableInLanguage** **some** Language
- **isPlayableOnPlatform** **some** Platform

Fonte: elaborada pelo autor.

Destaca-se a restrição da classe Jogo com a classe *Gameplay*: um Jogo é composto por apenas um *Gameplay*. Isso por que a classe *Gameplay*, como pode ser visto nas Figuras 13 e 16, é composta por exatamente 1 Tipo de Jogo (*KindOfPlay*) e um ou mais Blocos de *Gameplay* (*GameplayBrick*). Ou seja, um dado Jogo pode ter várias formas de ser jogado, pelas diferentes combinações de Blocos de *Gameplay* e Tipos de Jogo, mas isso configura um determinado *Gameplay* para o modelo proposto nesta dissertação. A mesma lógica se aplica às relações de Jogo com Arte Gráfica (*Artwork*) e Escopo (*Scope*), vide Figuras 14, 15 e 16. Adicionalmente, nota-se que um Jogo deve ter pelo menos: um Princípio Pedagógico (*PedagogicPrinciple*), uma Situação de Aprendizagem (*LearningSituation*) e um Perfil de Estudante (*LearnerProfile*). A modelagem também contempla que um Jogo pode estar disponível em mais de um Idioma (*Language*), pode ser jogado em mais de uma Plataforma (*Platform*) e pode ter sido desenvolvido por mais de uma Organização (*Developer*). Por fim, um Jogo pode ter ou não Recursos de Adaptatividade (*AdaptativeFeatures*) ou Mecanismos de Avaliação (*AssessmentFeatures*).

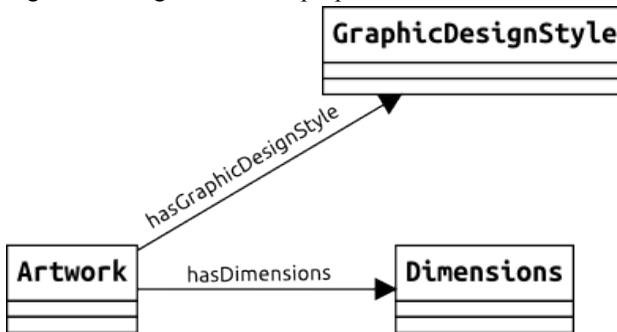
Os diagramas seguintes indicam as propriedades das classes *Gameplay*, *GameplayBrick* (Bloco de *Gameplay*), *Artwork* (Arte Gráfica) e *Scope* (Escopo).

Figura 13: Diagrama com as propriedades das classes *Gameplay* e *GameplayBrick*



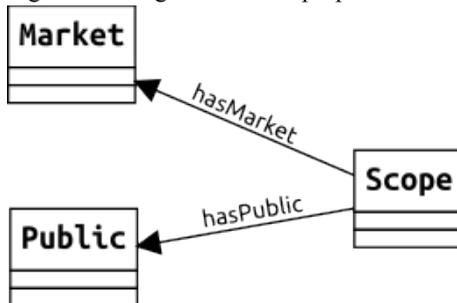
Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 14: Diagrama com as propriedades da classe *Artwork*



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 15: Diagrama com as propriedades da classe *Scope*



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 16 especifica as restrições de propriedades das classes *Gameplay*, *GameplayBrick*, *Artwork* e *Scope*.

Figura 16: Restrições de propriedades das classes *Gameplay*, *GameplayBrick*, *Artwork* e *Scope*

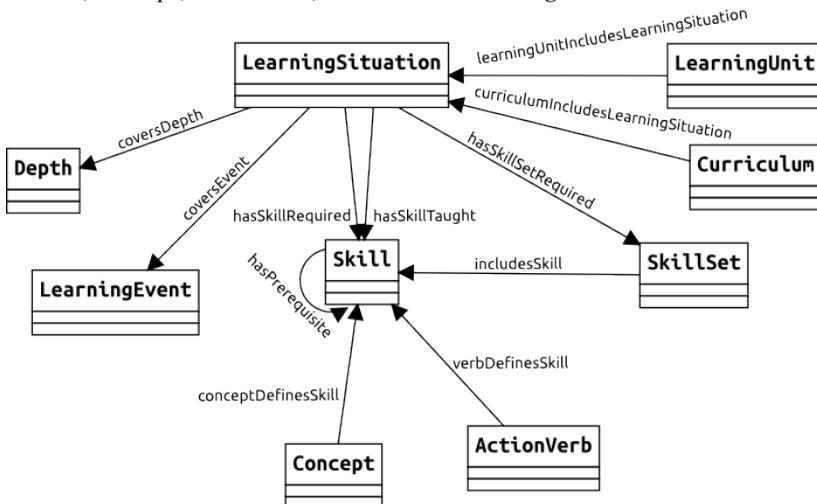
- **hasGameplayBrick** **some** GameplayBrick
- **hasKindOfPlay** **exactly 1** KindOfPlay
- **hasGameplayBrickType** **exactly 1** GameplayBrickType
- **hasDimensions** **some** Dimensions
- **hasGraphicDesignStyle** **some** GraphicDesignStyle
- **hasMarket** **some** Market
- **hasPublic** **some** Public

Fonte: elaborada pelo autor.

Algumas restrições de propriedades de classes que foram criadas inspiradas no modelo G/P/S foram alteradas. Isso por que o modelo G/P/S admite classificar jogos que não tenham um Público e/ou um Mercado e/ou um Propósito. O modelo desta dissertação estabelece que um Jogo (*Game*) educacional tenha pelo menos um Propósito (*Purpose*) e exatamente um Escopo (*Scope*), o qual deverá ter pelo menos um Segmento de Mercado (*Market*) e pelo menos um Público (*Public*). Por outro lado, a restrição de um *Gameplay* ser de exatamente 1 Tipo de Jogo (*KindOfPlay*) é idêntica a como o modelo G/P/S propõe. Ainda, pode-se visualizar que a Arte Gráfica (*Artwork*) de um Jogo pode abranger diferentes Estilos de Design Gráfico (*GraphicDesignStyle*) e Dimensões (*Dimensions*).

A Figura 17 a seguir demonstra as propriedades das classes *LearningSituation* (Situação de Aprendizagem), *Skill* (Habilidade), *SkillSet* (Conjunto de Habilidades), *Concept* (Conceito), *ActionVerb* (Verbo de Ação), *Curriculum* (Currículo) e *LearningUnit* (Unidade de Aprendizagem).

Figura 17: Diagrama com as propriedades das classes *LearningSituation*, *Skill*, *SkillSet*, *Concept*, *ActionVerb*, *Curriculum* e *LearningUnit*



Fonte: elaborada pelo autor. Inspirada no modelo de Kickmeier-Rust e Albert (2008).

A Figura 18 seguinte especifica as restrições de propriedades das classes da Figura 17.

Figura 18: Restrições de propriedades das classes *LearningSituation*, *Skill*, *SkillSet*, *Concept*, *ActionVerb*, *Curriculum*, *LearningUnit*

- coversDepth **some** Depth
- coversEvent **some** LearningEvent
- hasSkillRequired **min 0** Skill
- hasSkillSetRequired **min 0** SkillSet
- hasSkillTaught **some** Skill
- learningUnitIncludesLearningSituation **some** LearningSituation
- curriculumIncludesLearningSituation **some** LearningSituation
- includesSkill **some** Skill
- verbDefinesSkill **some** Skill
- conceptDefinesSkill **some** Skill
- hasPrerequisite **min 0** Skill

Fonte: elaborada pelo autor.

Percebe-se que uma Situação de Aprendizagem (*Learning Situation*) sempre tem pelo menos uma Habilidade (*Skill*) que pode ensinar ao jogador que vivenciá-la (propriedade *hasSkillTaught*), entretanto, pode haver Situações de Aprendizagem que não tenham qualquer Habilidade necessária previamente ao estudante para enfrentá-la (propriedades *hasSkillRequired* e *hasSkillSetRequired*). Vê-se também que nem toda Habilidade tem outra Habilidade como pré-requisito. Por último, destaca-se que Verbos de Ação (*ActionVerb*) e Conceitos (*Concept*) podem descrever mais de uma Habilidade.

Assim, foram definidas todas as restrições de propriedades das classes do modelo deste trabalho.

### 3.7 CRIAR INSTÂNCIAS

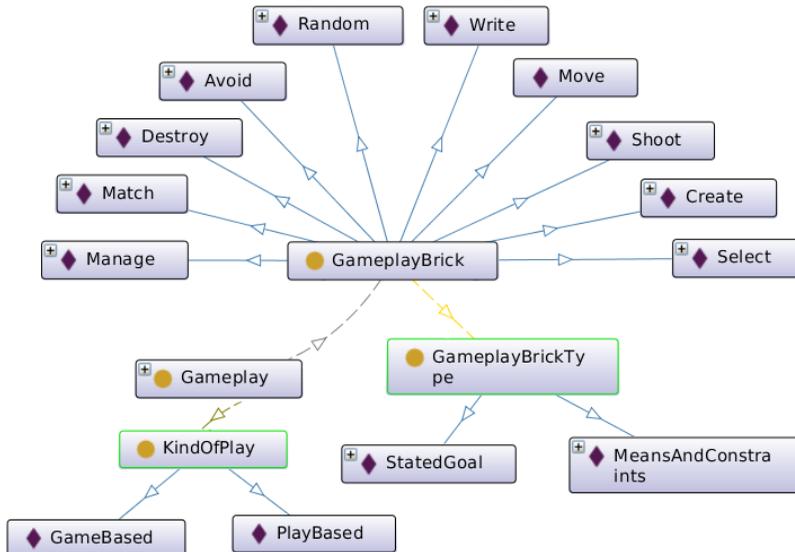
O último passo da metodologia 101 trata da criação das instâncias das classes da ontologia. Esta atividade consiste em:

1. Escolher uma classe;
2. Criar uma instância dessa classe;
3. Preencher os valores das propriedades da mesma.

No caso do modelo de ontologia deste trabalho, este passo significaria criar uma instância da classe Jogo (*Game*), preencher os valores das suas propriedades e repetir essa tarefa para todas as classes do modelo, o que resultaria na representação de todos os atributos que

caracterizam um certo *game* educacional. Entretanto, neste passo serão criadas instâncias de classes que comporão o modelo. Por exemplo, o modelo de ontologia deste trabalho utiliza Blocos de *Gameplay* (*GameplayBrick*) para caracterizar o *Gameplay* de um Jogo. A classe Bloco de *Gameplay* representa todos os Blocos de *Gameplay*. O modelo G/P/S define 10 diferentes Blocos de *Gameplay* – mover, selecionar, combinar, etc. Então, o modelo desta dissertação representa cada Bloco de *Gameplay* do modelo G/P/S como uma instância da classe Bloco de *Gameplay*. O mesmo acontece com outras classes, como pode ser visto mais adiante. A criação de instâncias de classes para representar Jogos educacionais específicos, como indicado pela metodologia 101, será feita na seção 4.1, em que é demonstrada a utilização do modelo a partir da criação de uma base de conhecimento de jogos educacionais digitais. Na Figura 19, demonstram-se as instâncias das classes que caracterizam o *Gameplay* de um Jogo: Blocos de *Gameplay*, Tipo de Bloco de *Gameplay* (*GameplayBrickType*) e Tipo de Jogo (*KindOfPlay*). Esta figura exibe a visualização de instâncias e classes da aba OntoGraf do Editor de Ontologias Protégé.

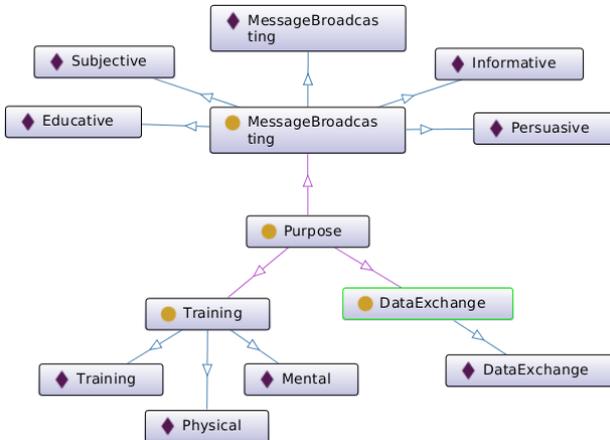
Figura 19: Instâncias das classes Blocos de *Gameplay* (*GameplayBrick*), Tipo de Bloco de *Gameplay* (*GameplayBrickType*) e Tipo de Jogo (*KindOfPlay*)



Fonte: elaborada pelo autor.

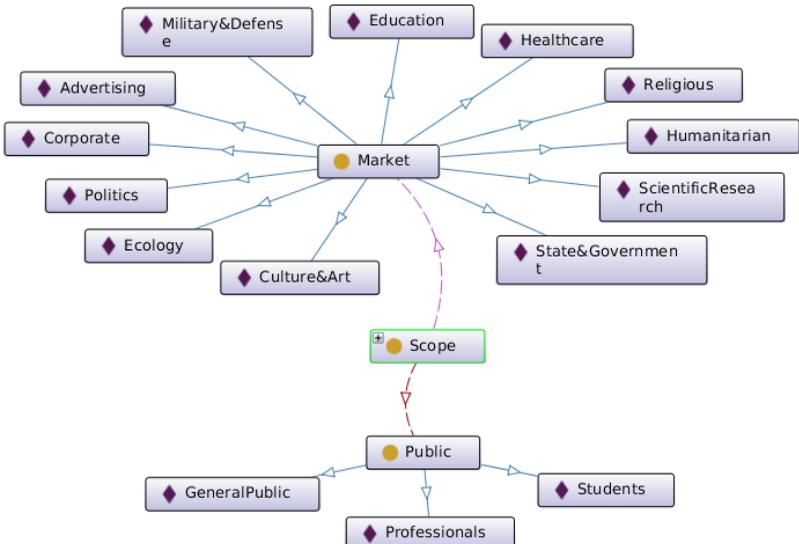
Ainda sobre as classes que foram inspiradas no modelo G/P/S, as Figuras 20 e 21 exibem as instâncias das subclasses da classe Propósito (*Purpose*) e as instâncias das classes que compõem a classe Escopo (*Scope*), Público (*Public*) e Segmento de Mercado (*Market*):

Figura 20: Instâncias das subclasses da classe Propósito (*Purpose*)



Fonte: elaborada pelo autor.

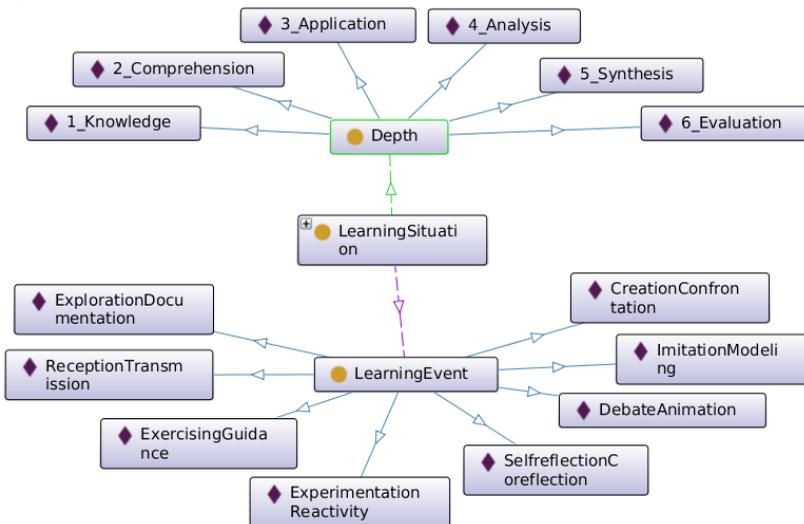
Figura 21: Instâncias de Público (*Public*) e Segmento de Mercado (*Market*)



Fonte: elaborada pelo autor.

Classes reusadas do modelo ELEKTRA também contam com instâncias que compõem o modelo proposto nesta dissertação, vide a Figura 22. A classe Nível de Conhecimento (*Depth*), por exemplo, possui instâncias de cada Objetivo de Aprendizagem do domínio cognitivo da taxonomia de Bloom (1984 apud KICKMEIER-RUST; ALBERT, 2008). A classe Evento de Aprendizagem (*LearningEvent*) tem instâncias dos Eventos de Aprendizagem definidos por Leclercq e Poumay (2005).

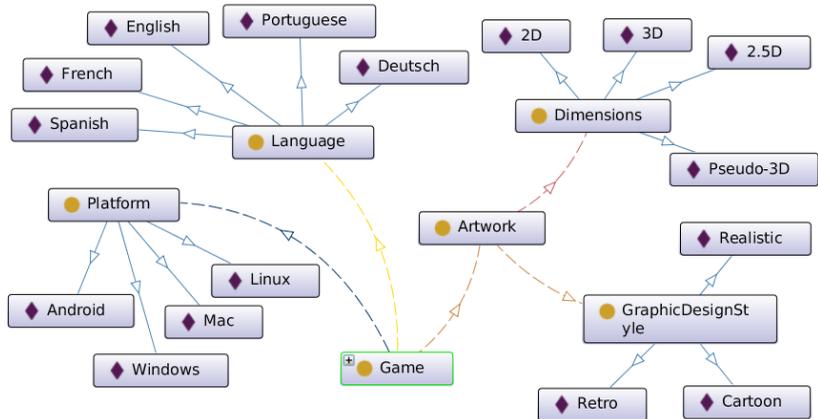
Figura 22: Instâncias das classes Nível de Conhecimento (*Depth*) Eventos de Aprendizagem (*LearningEvent*)



Fonte: elaborada pelo autor.

Outras classes do modelo desta dissertação também contam com instâncias que estabelecem os possíveis Estilos de Desenho Gráfico (*GraphicDesignStyle*) e Dimensões (*Dimension*) da Arte Gráfica, além de exemplos das possíveis Plataformas (*Platform*) e Idiomas (*Language*) em que um Jogo específico pode ser jogado/estar disponível. A Figura 23 exhibe essas instâncias.

Figura 23: Instâncias das classes Plataforma (*Platform*), Idioma (*Language*), Dimensões (*Dimension*) e Estilos de Desenho Gráfico (*GraphicDesignStyle*).



Fonte: elaborada pelo autor.

As instâncias Pseudo-3D e 2.5D referem-se a jogos que são 2D mas que usam técnicas para simular a aparência em 3D. Eles são dois termos diferentes que designam o mesmo conceito. É possível definir formalmente em uma ontologia que duas instâncias de diferentes nomes referem-se ao mesmo conceito, e isso foi feito no modelo deste trabalho.

Desta forma, através dos 7 passos indicados pela metodologia 101, foram descritos todos os elementos do modelo de ontologia para representação de jogos digitais de disseminação de conhecimento proposto nesta dissertação. Foram definidas classes, propriedades, restrições de propriedades e instâncias de classes que poderão ser utilizadas para representar ontologicamente quaisquer *games* educacionais. No próximo capítulo, um exemplo de aplicação do modelo é descrito.



## 4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MODELO

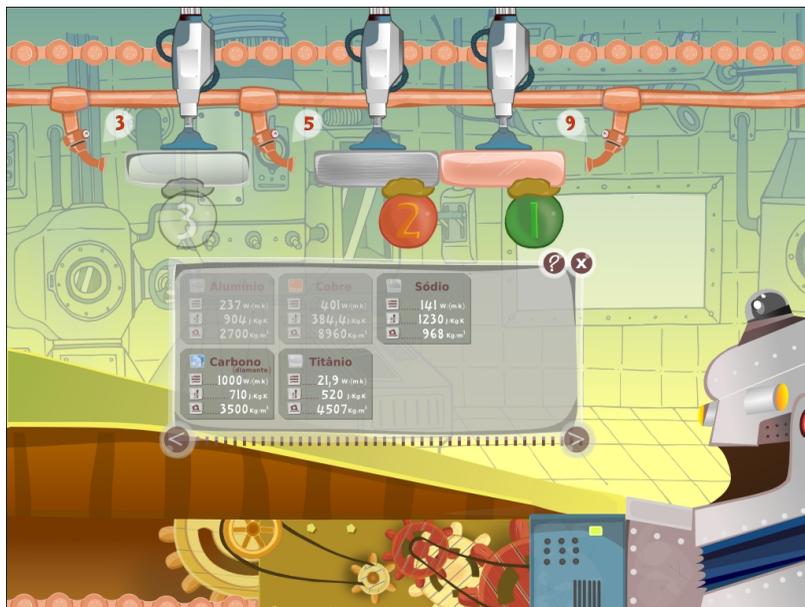
### 4.1 CRIAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTO

Para exemplificar a aplicabilidade do modelo proposto nesta dissertação, nesta seção são descritos 5 jogos educacionais digitais que formarão uma pequena base de conhecimento de *games* educacionais ao serem representados com o modelo. Estes jogos foram desenvolvidos no âmbito do projeto Universo de Ciências, que visou ao desenvolvimento de ambiente multiusuário virtual, imersivo, participativo e interativo, com temática centrada na educação formal e não formal de Ciências. O projeto foi executado de 2011 a 2013 e foi uma parceria entre a empresa Mentes Brilhantes Brinquedos Inteligentes e o Centro GeNESS (INE/UFSC), tendo sido financiado pelo CNPq.

#### 4.1.1 Jogo Termodinâmica

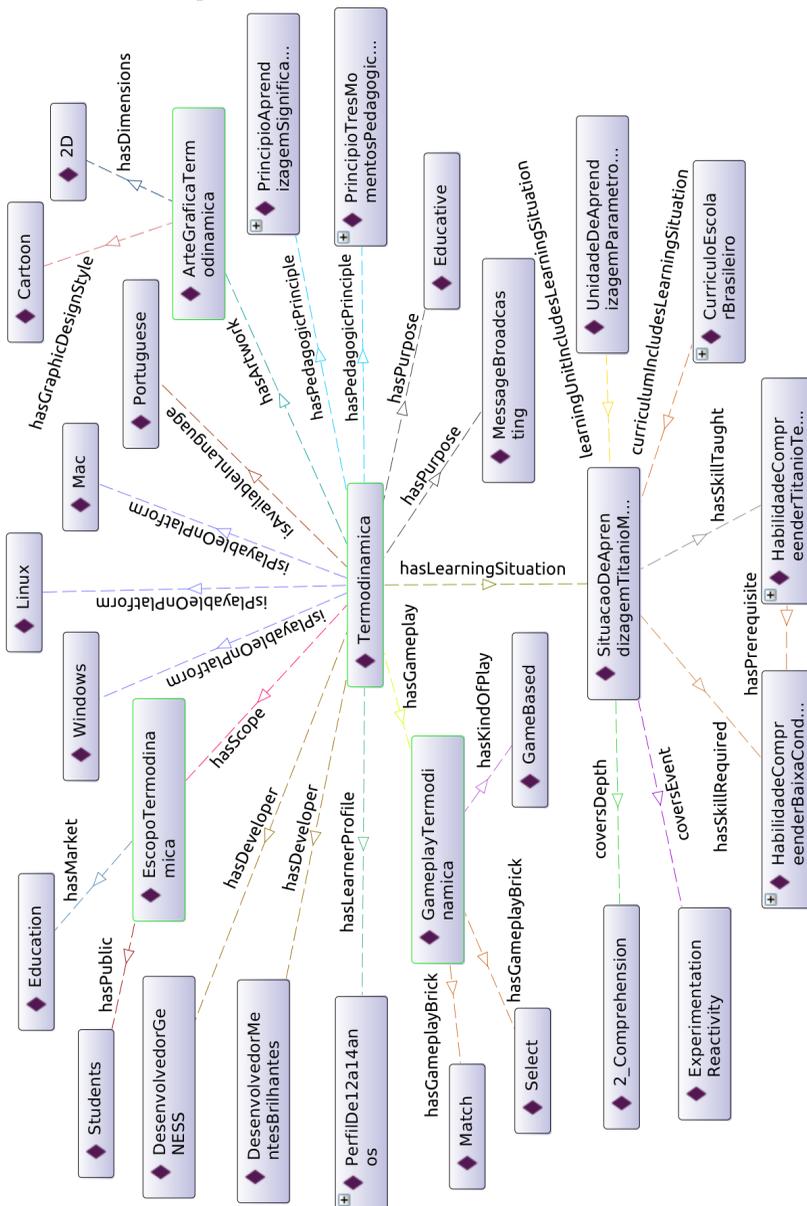
O jogo Termodinâmica trata do tema transferência de energia térmica, o calor. A Figura 24 ilustra uma tela do jogo.

Figura 24: Jogo Termodinâmica. Fase 8, seleção do Titânio na barra à esquerda



Fonte: Projeto Universo de Ciências.

Figura 25: Relacionamentos entre a instância do jogo Termodinâmica e as demais instâncias que o caracterizam.



A Figura 25 demonstra e os quadros seguintes descrevem as instâncias e propriedades que caracterizam o jogo Termodinâmica. Algumas relações entre instâncias foram omitidas na Figura 25 para que se possa enxergar um panorama do jogo em uma só figura. Não aparecem na imagem: Tipo de *GameplayBrick* (*GameplayBrickType*), Verbo de ação (*ActionVerb*) e Conceito (*Concept*). Outras instâncias de classe não aparecem simplesmente porque não foi necessário utilizá-las ou não se aplicam ao jogo Termodinâmica, que são: Conjunto de Habilidades (*SkillSet*), Recursos de Adaptatividade (*AdaptiveFeatures*) e Mecanismos de Avaliação (*AssessmentFeatures*).

Quadro 11: Termodinamica, instância da classe *Game*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Termodinâmica
<i>Version</i>	1.0
<i>Release date</i>	Não se aplica (ainda não lançado)
<i>Description</i>	Este jogo tem como tema a termodinâmica, que objetiva o ensino da transmissão de energia, mais especificamente da condução de calor, assunto clássico do ensino de Física. A estrutura do que é ensinado foi feita de maneira a se assemelhar a experimentos clássicos da Física, o que garantiria que a estrutura ensinada é bastante similar à do fenômeno em análise. O <i>game</i> é composto por barras condutoras (com melhor ou pior capacidade condutiva) que devem ser trocadas de modo a fazer com que três esferas numeradas de um a três entrem em um determinado local em ordem crescente. A interatividade do estudante com o jogo se dá através da escolha do material de que a barra é feita (os materiais estão dispostos em uma lista), de modo a garantir que as esferas cheguem ao destino de maneira crescente numericamente.
<i>Artwork</i>	Instância ArteGraficaTermodinamica
<i>PlayableOnPlatform</i>	Instâncias Linux, Windows, Mac

<i>Scope</i>	Instância EscopoTermodinamica
<i>Purpose</i>	Instâncias <i>Educative, MessageBroadcasting</i>
<i>AvailableInLanguage</i>	Instância Portuguese
<i>Developer</i>	Instâncias DesenvolvedorGeNESS, DesenvolvedorMentesBrilhantes
<i>Gameplay</i>	Instância GameplayTermodinamica
<i>LearnerProfile</i>	Instância PerfilDe12a14anos
<i>PedagogicPrinciple</i>	Instâncias PrincipioAprendizagemSignificativa, PrincipioTresMomentosPedagogicos
<i>LearningSituation</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemTitanioMauCondutor

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 12: ArteGraficaTermodinamica, instância da classe *Artwork*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Arte gráfica do jogo Termodinâmica
<i>Description</i>	O Termodinâmica é um jogo em 2D que tem o estilo gráfico <i>cartoon</i> .
<i>Dimensions</i>	Instância 2D
<i>GraphicDesignStyle</i>	Instância <i>Cartoon</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 13: EscopoTermodinamica, instância da classe *Scope*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Escopo do jogo Termodinâmica
<i>Description</i>	O jogo Termodinâmica tem como Escopo o público estudante e o segmento de mercado educação.
<i>Market</i>	Instância <i>Education</i>
<i>Public</i>	Instância <i>Students</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 14: *GameplayTermodinamica*, instância da classe *Gameplay*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	<i>Gameplay</i> do jogo Termodinâmica
<i>Description</i>	O <i>Gameplay</i> do jogo Termodinâmica consiste em um tipo de jogo com ênfase no jogo ( <i>Game-based</i> ) e tem os blocos de <i>gameplay</i> Combinar ( <i>Match</i> ) e Selecionar ( <i>Select</i> ).
<i>GameplayBrick</i>	Instâncias <i>Match</i> , <i>Select</i>
<i>KindOfPlay</i>	Instância <i>GameBased</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 15: *PerfilDe12a14anos*, instância da classe *LearnerProfile*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Estudantes brasileiros de 12 a 14 anos
<i>Description</i>	Este perfil de estudantes refere-se a estudantes de idade entre 12 a 14 anos de ambos os sexos.
<i>LearnerProfileAge</i>	12, 13, 14
<i>SchoolLevel</i>	7, 8
<i>Sex</i>	Feminino, Masculino
<i>LearningStyle</i>	Voltado para qualquer estilo de aprendizagem.
<i>Country</i>	Brasil

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 16: *PrincipioAprendizagemSignificativa*, instância da classe *PedagogicPrinciple*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Aprendizagem Significativa
<i>Description</i>	Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel, Joseph D. Novak e Helen Hanesian.

<i>Author</i>	David Paul Ausubel, Helen Hanesian, Joseph D. Novak
<i>ReferenceWork</i>	AUSUBEL, D.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 17: PrincipioTresMomentosPedagogicos, instância da classe *PedagogicPrinciple*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Metodologia de ensino dos Três Momentos Pedagógicos
<i>Description</i>	Metodologia de ensino de Ciências de Demétrio Delizoicov e Jose Andre Peres Angotti
<i>Author</i>	Demétrio Delizoicov, Jose Andre Peres Angotti
<i>ReferenceWork</i>	DELIZOIVOC, D. E ANGOTTI, J.A. Metodologia do Ensino de Ciências. São Paulo: Cortez, 1992.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 18: DesenvolvedorGeNESS, instância da classe *Developer*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Name</i>	GeNESS - INE - UFSC
<i>Description</i>	Centro de Geração de Novos Empreendimentos em Software e Serviço, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina.
<i>Country</i>	Brasil

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 19: DesenvolvedorMentesBrilhantes, instância da classe *Developer*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Name</i>	Mentes Brilhantes Brinquedos Inteligentes

<i>Description</i>	Mentes Brillhantes Brinquedos Inteligentes LTDA, Florianópolis, Santa Catarina.
<i>Country</i>	Brasil

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 20: SituacaoDeAprendizagemTitanioMauCondutor, instância da classe *LearningSituation*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Necessário selecionar Titânio na barra do lado esquerdo na fase 8
<i>Description</i>	Materiais de baixa condutividade conduzem energia lenta e ineficazmente. O estudante precisará usar esse conhecimento para selecionar um material de muito baixa condutividade na barra relativa ao maçarico do lado esquerdo, que é o primeiro a acender, na fase 8 – vide Figura 24. Isso fará com que a queda da bola 3 seja retardada e seja possível fazer a combinação correta. Sendo o Titânio o material correto para a barra da esquerda para a solução da fase, o estudante deverá aprender que o mesmo é um péssimo condutor de energia.
<i>Depth</i>	Instância 2_ <i>Comprehension</i>
<i>LearningEvent</i>	Instância <i>ExperimentationReactivity</i>
<i>SkillRequired</i>	Instância HabilidadeCompreenderBaixaCondutividade
<i>SkillTaught</i>	Instância HabilidadeCompreenderTitanioTemMuitoBaixaCon dutividade

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 21: UnidadeDeAprendizagemParametrosCurricularesNacionais, instância da classe *LearningUnit*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Parâmetros Curriculares Nacionais

<i>Description</i>	Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de Ciências no Brasil.
<i>Includes</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemTitanioMauCondutor

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 22: CurriculoEscolarBrasileiro, instância da classe *Curriculum*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Currículo escolar brasileiro
<i>Description</i>	Não se refere a nenhum currículo em específico, mas trata do tema da Termodinâmica, assunto tratado nas disciplinas de Ciências do Ensino Fundamental e de Física do Ensino Médio das escolas brasileiras.
<i>Subject</i>	Física, Termodinâmica
<i>Country</i>	Brasil
<i>Includes</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemTitanioMauCondutor

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 23: HabilidadeCompreenderBaixaCondutividade, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender baixa condutividade térmica
<i>Description</i>	Compreender que um material com baixa condutividade térmica conduz energia lenta e ineficazmente.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 24: HabilidadeCompreenderTitanioTemMuitoBaixaCondutividade, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender que o Titânio tem condutividade

	térmica muito baixa
<i>Description</i>	Compreender que o material Titânio tem condutividade térmica muito baixa.
<i>Prerequisite</i>	Instância HabilidadeCompreenderBaixaCondutividade

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 25: VerboCompreender, instância da classe *ActionVerb*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender
<i>Description</i>	Compreender um dado fato ou ideia. Refere-se ao nível 2 da taxonomia de objetivos educacionais de Bloom.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderBaixaCondutividade, HabilidadeCompreenderTitanioTemMuitoBaixaCon dutividade

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 26: ConceitoBaixaCondutividadeTermica, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Baixa condutividade térmica
<i>Description</i>	A baixa condutividade térmica é a baixa capacidade de materiais conduzirem energia térmica.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderBaixaCondutividade

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 27: ConceitoTitanioTemMuitoBaixaCondutividade, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Titânio tem baixa condutividade térmica

<i>Description</i>	O material Titânio tem muito baixa condutividade térmica, ou seja, conduz energia térmica muito ineficazmente.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderTitanioTemMuitoBaixaCon dutividade

Fonte: elaborado pelo autor.

### 4.1.2 Jogo Óptica

O jogo Óptica trata do tema Óptica Geométrica, da reflexão e refração da luz. A Figura 26 ilustra uma tela do jogo e os quadros seguintes descrevem as instâncias e propriedades que caracterizam o jogo Óptica.

Figura 26: Jogo Óptica



Fonte: Projeto Universo de Ciências.

O jogo Óptica e os demais jogos das próximas seções – Fotovoltaico, Reciclagem e Fotossíntese – são parecidos em vários aspectos com o jogo Termodinâmica, por terem sido desenvolvidos pelo mesmo projeto. Os jogos são iguais nos seguintes aspectos:

Desenvolvedores, Plataformas, Idioma, Arte Gráfica, Princípios Pedagógicos, Propósito, Perfil de Estudante, Escopo, Nível de Conhecimento, Evento de Aprendizagem e Unidade de Aprendizagem. Por esse motivo, para esses jogos são descritas principalmente as instâncias e propriedades de classes que têm diferenças em relação ao jogo Termodinâmica. Esses jogos, assim com o Termodinâmica, não contam com Mecanismos de Avaliação ou Recursos de Adaptatividade.

Quadro 28: Optica, instância da classe *Game*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Óptica
<i>Version</i>	1.0
<i>Release date</i>	Não se aplica (ainda não lançado)
<i>Description</i>	O jogo Óptica tem como tema a ótica geométrica. O objetivo dele é trabalhar a ideia de reflexão em espelhos planos e da refração no vidro. Esse é um assunto bastante trabalhado no ensino de ciências e que permeia o cotidiano dos estudantes. O jogo é composto por espelhos refletores móveis, refratores móveis, divisores móveis (que dividem o laser em 2 ou 3 raios) e um canhão laser fixo. O jogador interage com o <i>game</i> movendo os espelhos, divisores e refratores de modo a destruir lixo espacial através do laser. Para isso o jogador tem liberdade de movimentar os objetos e escolher o ângulo em que o laser incidirá sobre os mesmos. Ao final do minijogo é esperado que o estudante-jogador tenha construído a ideia de que o ângulo de reflexão depende do ângulo de incidência, assim como a refração depende de como o laser incide sobre o objeto refrator.
<i>Gameplay</i>	Instância GameplayOptica
<i>LearningSituation</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemReflexaoEmEspelhosPlanos

Quadro 29: *GameplayÓptica*, instância da classe *Gameplay*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	<i>Gameplay</i> do jogo Óptica
<i>Description</i>	O <i>Gameplay</i> do jogo Óptica consiste em um Tipo de Jogo com Ênfase no Jogo ( <i>Game-based</i> ) e tem os Blocos de <i>Gameplay</i> Mover ( <i>Move</i> ), Selecionar ( <i>Select</i> ), Atirar ( <i>Shoot</i> ), Evitar ( <i>Avoid</i> ) e Destruir ( <i>Destroy</i> ).
<i>GameplayBrick</i>	Instâncias <i>Move, Select, Shoot, Avoid, Destroy</i>
<i>KindOfPlay</i>	Instância <i>GameBased</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 30: *SituacaoDeAprendizagemReflexaoEmEspelhosPlanos*, instância da classe *LearningSituation*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Uso do refletor para destruir lixos espaciais
<i>Description</i>	Os refletores, equipamentos com espelhos planos acoplados, são utilizados no jogo Óptica para a destruição dos lixos espaciais. Para resolver qualquer fase que contenha refletores como instrumento para destruir os lixos, o estudante terá de entender o conceito de reflexão e poderá entender que o ângulo de reflexão é igual ao de incidência.
<i>Depth</i>	Instância <i>2_Comprehension</i>
<i>LearningEvent</i>	Instância <i>ExperimentationReactivity</i>
<i>SkillRequired</i>	Instância HabilidadeCompreenderReflexaoEmEspelhoPlano
<i>SkillTaught</i>	Instância HabilidadeCompreenderAnguloDeIncidenciaIgualAoDeReflexao

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 31: CurrículoEscolarBrasileiro, instância da classe *Curriculum*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Currículo escolar brasileiro
<i>Description</i>	Não se refere a nenhum currículo em específico, mas trata do tema da Óptica, assunto tratado nas disciplinas de Física do Ensino Médio das escolas brasileiras.
<i>Subject</i>	Física, Óptica
<i>Country</i>	Brasil
<i>Includes</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemReflexaoEmEspelhosPlan os

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 32: HabilidadeCompreenderReflexaoEmEspelhoPlano, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender reflexão da luz em espelho plano
<i>Description</i>	Compreender o fenômeno físico da reflexão da luz em espelhos planos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 33: HabilidadeCompreenderAnguloDeIncidenciaIgualAoDeReflexao, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender que o ângulo de incidência é igual ao de reflexão
<i>Description</i>	Compreender que o ângulo de incidência é igual ao de reflexão quando a luz é refletida por um espelho plano.
<i>Prerequisite</i>	Instância HabilidadeCompreenderReflexaoEmEspelhoPlano

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 34: VerboCompreender, instância da classe *ActionVerb*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender
<i>Description</i>	Compreender um dado fato ou ideia. Refere-se ao nível 2 da taxonomia de objetivos educacionais de Bloom.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderReflexaoEmEspelhoPlano, HabilidadeCompreenderAnguloDeIncidenciaIgual AoDeReflexao

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 35: ConceitoReflexaoEmEspelhoPlano, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Reflexão de luz em espelho plano
<i>Description</i>	O fenômeno físico da reflexão da luz em espelhos planos.
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderReflexaoEmEspelhoPlano

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 36: ConceitoAngulosDeIncidenciaEDeReflexao, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Ângulos de incidência e de reflexão
<i>Description</i>	O comportamento da luz quando incide em um espelho plano: o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderAnguloDeIncidenciaIgual AoDeReflexao

Fonte: elaborado pelo autor.

### 4.1.3 Jogo Reciclagem

O jogo Reciclagem trata do tema da reciclagem de resíduos sólidos. A Figura 27 ilustra uma tela do jogo e os quadros seguintes descrevem as instâncias e propriedades que caracterizam o jogo Reciclagem.

Figura 27: Jogo Reciclagem



Fonte: Projeto Universo de Ciências.

Quadro 37: Reciclagem, instância da classe *Game*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Reciclagem
<i>Version</i>	1.0
<i>Release date</i>	Não se aplica (ainda não lançado)
<i>Description</i>	O jogo Reciclagem tem como tema a reciclagem, a separação de resíduos sólidos. A missão do jogador é separar os recicláveis que passam por uma esteira, arremessando-os para suas respectivas coletores. A esteira apresenta diferentes velocidades para aumentar o desafio. A quantidade

	e tamanho de resíduos recicláveis também varia, o que aumenta a dificuldade de acordo com a fase.
<i>Gameplay</i>	Instância <i>GameplayReciclagem</i>
<i>LearningSituation</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemGarrafaPlasticaNaColetoraVermelha

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 38: *GameplayReciclagem*, instância da classe *Gameplay*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	<i>Gameplay</i> do jogo Reciclagem
<i>Description</i>	O <i>Gameplay</i> do jogo Reciclagem consiste em um Tipo de Jogo com Ênfase no Jogo ( <i>Game-based</i> ) e tem os Blocos de <i>Gameplay</i> Combinar ( <i>Match</i> ) e Atirar ( <i>Shoot</i> ).
<i>GameplayBrick</i>	Instâncias <i>Match, Shoot</i>
<i>KindOfPlay</i>	Instância <i>GameBased</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 39: *SituacaoDeAprendizagemGarrafaPlasticaNaColetoraVermelha*, instância da classe *LearningSituation*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Arremesso da garrafa plástica na coletora vermelha
<i>Description</i>	O jogo reciclagem conta com diversos resíduos dos materiais Plástico, Papel, Vidro, Metal e Orgânico. Para cada material, há as respectivas coletoras, com as diferentes cores utilizadas no Brasil. Nesta Situação de Aprendizagem, o jogador deverá saber que a separação dos resíduos acontece em diferentes coletoras e poderá descobrir que a garrafa plástica deve ser arremessada na coletora de plásticos, a coletora vermelha.
<i>Depth</i>	Instância <i>2_Comprehension</i>

<i>LearningEvent</i>	Instância <i>ExperimentationReactivity</i>
<i>SkillRequired</i>	Instância HabilidadeCompreenderSeparacaoDeResiduosSolidos
<i>SkillTaught</i>	Instância HabilidadeCompreenderPlasticoDescartadoEmColetoraVermelha

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 40: *CurriculoNaoRegular*, instância da classe *Curriculum*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Currículo não regular
<i>Description</i>	Não se refere a nenhum currículo regular em específico.
<i>Subject</i>	Reciclagem, Resíduos Sólidos
<i>Country</i>	Brasil
<i>Includes</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemGarrafaPlasticaNaColetoraVermelha

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 41: *HabilidadeCompreenderSeparacaoDeResiduosSolidos*, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender a separação de resíduos sólidos
<i>Description</i>	Compreender o processo de separação de resíduos sólidos no Brasil.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 42: HabilidadeCompreenderPlasticoDescartadoEmColetoraVermelha, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender que resíduos plásticos devem ser descartados em coletora vermelha
<i>Description</i>	Compreender que resíduos plásticos devem ser descartados em coletora vermelha e não nas outras.
<i>Prerequisite</i>	Instância HabilidadeCompreenderSeparacaoDeResiduosSolidos

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 43: VerboCompreender, instância da classe *ActionVerb*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender
<i>Description</i>	Compreender um dado fato ou ideia. Refere-se ao nível 2 da taxonomia de objetivos educacionais de Bloom.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderSeparacaoDeResiduosSolidos HabilidadeCompreenderPlasticoDescartadoEmColetoraVermelha

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 44: ConceitoSeparacaoDeResiduosSolidos, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	A separação de resíduos sólidos
<i>Description</i>	Processo de separação de resíduos sólidos tal como acontece no Brasil.
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderSeparacaoDeResiduosSolidos

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 45: ResíduosPlásticosSaoDescartadosEmColetoraVermelha, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Resíduos plásticos são descartados em coletores vermelhas
<i>Description</i>	Resíduos plásticos são descartados em coletores vermelhas no Brasil.
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderPlasticoDescartadoEmColetoraVermelha

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.4 Jogo Fotovoltaico

O jogo Fotovoltaico trata do tema geração de energia elétrica a partir de uma placa solar fotovoltaica. A Figura 28 ilustra uma tela do jogo e os quadros seguintes descrevem as instâncias e propriedades que caracterizam o jogo Fotovoltaico.

Figura 28: Jogo Fotovoltaico



Fonte: Projeto Universo de Ciências.

Quadro 46: Fotovoltaico, instância da classe *Game*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Fotovoltaico
<i>Version</i>	1.0
<i>Release date</i>	Não se aplica (ainda não lançado)
<i>Description</i>	Esse jogo demonstra o funcionamento de uma placa fotovoltaica, que são as placas usadas para gerar energia elétrica a partir da energia solar. Neste jogo, o jogador controla um canhão concentrador de energia e deve atirar nos elétrons para excitá-los, fazendo com que eles gerem energia. Esses elétrons ficam posicionados na parte inferior da placa e o jogador tem que esperar o momento certo de atirar para acertar o elétron, pois o canhão fica sempre em movimento. Em cada uma das fases o jogador tem uma quantidade fixa de tiros e deve acertar um número pré-determinado de elétrons para gerar a energia necessária para completar a missão. O jogo possui cinco fases em sequência com um grau de dificuldade cada vez maior. Essa dificuldade se baseia na energia que os elétrons possuem e na energia que o canhão tem. Assim, além de acertar o elétron o jogador deve acertá-lo com a quantidade de energia correta. Outro ponto colocado no jogo para dificultá-lo são pombos que voam por cima das placas e ao serem acertados consomem um tiro do jogador.
<i>Gameplay</i>	Instância GameplayFotovoltaico
<i>LearningSituation</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemEstadoEnergeticoDosEletrons

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 47: GameplayFotovoltaico, instância da classe *Gameplay*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	<i>Gameplay</i> do jogo Fotovoltaico

<i>Description</i>	O <i>Gameplay</i> do jogo Fotovoltaico consiste em um Tipo de Jogo com Ênfase no Jogo ( <i>Game-based</i> ) e tem o Bloco de <i>Gameplay</i> Atirar ( <i>Shoot</i> ).
<i>GameplayBrick</i>	Instância <i>Shoot</i>
<i>KindOfPlay</i>	Instância <i>GameBased</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 48: *SituacaoDeAprendizagemEstadoEnergeticoDosEletrons*, instância da classe *LearningSituation*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Estado energético dos elétrons
<i>Description</i>	O estudante poderá compreender que cada elétron está em um estado energético (representado por sua cor) e que deve ser estimulado com a quantidade de energia necessária correspondente (representado pela cor que o canhão apresenta) para sair de uma camada para a outra. Para isso, ele deverá saber anteriormente o funcionamento de uma placa fotovoltaica.
<i>Depth</i>	Instância <i>2_Comprehension</i>
<i>LearningEvent</i>	Instância <i>ExperimentationReactivity</i>
<i>SkillRequired</i>	Instância HabilidadeCompreenderFuncionamentoDePlacaFotovoltaica
<i>SkillTaught</i>	Instância HabilidadeCompreenderEstadosEnergeticosDosEletrons

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 49: *CurriculoNaoRegular*, instância da classe *Curriculum*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Currículo não regular

<i>Description</i>	Não se refere a nenhum currículo regular em específico.
<i>Subject</i>	Energia solar, Placa fotovoltaica
<i>Country</i>	Brasil
<i>Includes</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemEstadoEnergeticoDosEletrons

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 50: HabilidadeCompreenderFuncionamentoDePlacaFotovoltaica, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender o funcionamento de placa fotovoltaica
<i>Description</i>	Compreender a geração de energia elétrica a partir de placas solares fotovoltaicas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 51: HabilidadeCompreenderEstadosEnergeticosDosEletrons, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender estados energéticos dos elétrons
<i>Description</i>	Compreender que diferentes estados energéticos dos elétrons requerem diferentes quantidades de energia para que o elétron se mova de uma camada para a outra.
<i>Prerequisite</i>	Instância HabilidadeCompreenderFuncionamentoDePlacaFotovoltaica

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 52: VerboCompreender, instância da classe *ActionVerb*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender
<i>Description</i>	Compreender um dado fato ou ideia. Refere-se ao nível 2 da taxonomia de objetivos educacionais de Bloom.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderFuncionamentoDePlacaFotovoltaica, HabilidadeCompreenderEstadosEnergeticosDosEletrons

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 53: ConceitoGeracaoDeEnergiaEletricaAtravesDePlacaFotovoltaica, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Geração de energia elétrica através de placa fotovoltaica
<i>Description</i>	Geração de energia elétrica a partir do uso de placa solar fotovoltaica.
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderFuncionamentoDePlacaFotovoltaica

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 54: ConceitoEstadosEnergeticosDosEletrons, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Estados energéticos dos elétrons
<i>Description</i>	Os diferentes estados energéticos dos elétrons
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderEstadosEnergeticosDosEletrons

Fonte: elaborado pelo autor.

### 4.1.5 Jogo Fotossíntese

O jogo Fotossíntese trata do processo fotossintético, da geração de energia química a partir da energia solar. A Figura 29 ilustra uma tela do jogo e os quadros seguintes descrevem as instâncias e propriedades que caracterizam o jogo Fotossíntese.

Figura 29: Jogo Fotossíntese



Fonte: Projeto Universo de Ciências.

Quadro 55: Fotossíntese, instância da classe *Game*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Title</i>	Fotossíntese
<i>Version</i>	1.0
<i>Release date</i>	Não se aplica (ainda não lançado)
<i>Description</i>	Jogo que trata dos três principais parâmetros envolvidos na fase clara da fotossíntese, que são: gás carbônico, água e luz solar. Nele tem-se um robô que usa como fonte de energia a fotossíntese, graças a uma célula vegetal acoplada a ele. O objetivo do estudante é capturar CO <sup>2</sup> , H <sup>2</sup> O e Luz

	de modo a produzir a energia para o robô. Para isso o jogo acontecerá em seis locais diferentes. Pantanal, Caatinga, Mata Atlântica (através do Mangue), Amazônia, Pampas e Cerrado. Cada cenário foi cuidadosamente planejado para ter características únicas desses ambientes considerando o quão abundante cada um dos elementos é em cada região.
<i>Gameplay</i>	Instância <i>GameplayFotossintese</i>
<i>LearningSituation</i>	Instância <i>SituacaoDeAprendizagemProcessoFotossintetico</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 56: *GameplayFotossintese*, instância da classe *Gameplay*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	<i>Gameplay</i> do jogo Fotossíntese
<i>Description</i>	O <i>Gameplay</i> do jogo Fotossíntese consiste em um Tipo de Jogo com Ênfase no Jogo ( <i>Game-based</i> ) e tem os Blocos de <i>Gameplay</i> Evitar ( <i>Avoid</i> ) e Mover ( <i>Move</i> ).
<i>GameplayBrick</i>	Instâncias <i>Avoid, Move</i>
<i>KindOfPlay</i>	Instância <i>GameBased</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 57: *SituacaoDeAprendizagemProcessoFotossintetico*, instância da classe *LearningSituation*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Processo Fotossintético
<i>Description</i>	O estudante deverá compreender que o processo fotossintético ocorre ao capturarem-se CO <sup>2</sup> , H <sup>2</sup> O e Luz Solar.
<i>Depth</i>	Instância <i>2_Comprehension</i>
<i>LearningEvent</i>	Instância <i>ExperimentationReactivity</i>

<i>SkillRequired</i>	Nenhuma.
<i>SkillTaught</i>	Instância HabilidadeCompreenderProcessoFotossintetico

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 58: CurrículoEscolarBrasileiro, instância da classe *Curriculum*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Currículo escolar brasileiro
<i>Description</i>	Não se refere a nenhum currículo em específico, mas trata do tema da Fotossíntese, assunto tratado nas disciplinas de Ciências do Ensino Fundamental e de Biologia e Química do Ensino Médio das escolas brasileiras.
<i>Subject</i>	Biologia, Química, Fotossíntese
<i>Country</i>	Brasil
<i>Includes</i>	Instância SituacaoDeAprendizagemProcessoFotossintetico

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 59: HabilidadeCompreenderProcessoFotossintetico, instância da classe *Skill*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender o funcionamento do processo fotossintético
<i>Description</i>	Compreender que o processo fotossintético envolve a captura de CO <sup>2</sup> , H <sup>2</sup> O e de Luz para a produção de energia química.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 60: VerboCompreender, instância da classe *ActionVerb*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Compreender

<i>Description</i>	Compreender um dado fato ou ideia. Refere-se ao nível 2 da taxonomia de objetivos educacionais de Bloom.
<i>Defines</i>	Instâncias HabilidadeCompreenderProcessoFotossintetico

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 61: ConceitoProcessoFotossintetico, instância da classe *Concept*

PROPRIEDADE	VALOR/INSTÂNCIA
<i>Label</i>	Processo Fotossintético
<i>Description</i>	O processo fotossintético, de geração de energia química a partir da energia solar.
<i>Defines</i>	Instância HabilidadeCompreenderProcessoFotossintetico

Fonte: elaborado pelo autor.

Dessa forma, cinco jogos educacionais existentes foram representados utilizando-se o modelo proposto neste trabalho. Eles formam uma pequena base de conhecimento que será explorada na próxima seção.

## 4.2 EXEMPLOS DE BUSCAS À BASE DE CONHECIMENTO

Nesta seção são demonstrados exemplos de buscas à base de conhecimento de *games* educacionais especificada na seção anterior, utilizado-se as questões de competência definidas na seção 3.1 para tal.

Algumas questões de competência não podem ser respondidas pelo fato de a base de conhecimento de exemplo ser pouco heterogênea. Os jogos têm os mesmos Perfil de Estudante, Propósitos, Plataformas, Idioma, Princípios Pedagógicos e Escopo, dentre outras propriedades. Assim, o conjunto de perguntas e buscas a seguir exemplifica mas não esgota as perguntas que podem ser respondidas por uma base de conhecimento feita a partir do modelo proposto neste trabalho.

Algumas perguntas foram alteradas no sentido de buscarem-se propriedades de todos os jogos na base de conhecimento. Por exemplo, a pergunta 4.2.1 a seguir corresponde, na seção 3.1, à pergunta **Qual o título (nome) do jogo?**.

As perguntas são demonstradas com um quadro e uma figura: o quadro exibe a consulta em linguagem SPARQL<sup>16</sup>, a figura exibe o resultado da consulta<sup>17</sup>. Todas as consultas foram feitas no programa Protégé, na aba SPARQL *Query*.

#### 4.2.1 Qual o título (nome) dos jogos que a base de conhecimento contém?

Quadro 62: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.1

```
SELECT DISTINCT ?GameTitle
WHERE {
?Game modelo:hasGameTitle ?GameTitle.
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 30: Resultado da consulta do Quadro 62

GameTitle
"Reciclagem"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Fotovoltaico"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Fotossíntese"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Termodinâmica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.2.2 Qual o propósito do jogo Reciclagem?

Quadro 63: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.2

```
SELECT DISTINCT ?Purpose
WHERE {
?Game modelo:hasGameTitle "Reciclagem"^^xsd:string .
?Game modelo:hasPurpose ?Purpose.
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>16</sup> SPARQL é uma linguagem de consulta utilizada pelo Protégé para realizarem-se consultas sobre instâncias e propriedades de uma ontologia.

<sup>17</sup> Os resultados de consulta muitas vezes vêm com uma notação que indica o tipo da propriedade no padrão ^^<http://uri-do-tipo/#>. O valor da propriedade antecede essa notação e está entre aspas.

Figura 31: Resultado da consulta do Quadro 63

Purpose
MessageBroadcasting
Educative

Fonte: elaborada pelo autor.

### 4.2.3 Que Blocos de *Gameplay* têm os jogos da base?

Quadro 64: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.3

```
SELECT DISTINCT ?GameTitle ?GameplayBrick
WHERE {

?Game modelo:hasGameTitle ?GameTitle.
?Game modelo:hasGameplay ?Gameplay.
?Gameplay modelo:hasGameplayBrick ?GameplayBrick.

}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 32: Resultado da consulta do Quadro 64

GameTitle	GameplayBrick
"Reciclagem"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Match
"Reciclagem"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Shoot
"Fotovoltaico"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Shoot
"Fotossíntese"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Move
"Fotossíntese"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Avoid
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Select
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Avoid
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Shoot
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Move
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Destroy
"Termodinâmica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Select
"Termodinâmica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>	Match

Fonte: elaborada pelo autor.

### 4.2.4 Para que faixa etária foram feitos os jogos da base?

Quadro 65: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.4

```
SELECT DISTINCT ?Age
WHERE {

?Game modelo:hasLearnerProfile ?LearnerProfile.
?LearnerProfile modelo:hasLearnerProfileAge ?Age.

}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 33: Resultado da consulta do Quadro 65

Age
"12"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
"13"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
"14"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>

Fonte: elaborada pelo autor.

## 4.2.5 A que público e mercado destinam-se os jogos da base?

Quadro 66: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.5

```
SELECT DISTINCT ?Game ?Public ?Market
WHERE {
    ?Game modelo:hasScope ?Scope .
    ?Scope modelo:hasMarket ?Market .
    ?Scope modelo:hasPublic ?Public .
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 34: Resultado da consulta do Quadro 66

Game	Public	Market
Reciclagem	Students	Education
Fotovoltaico	Students	Education
Fotossíntese	Students	Education
Óptica	Students	Education
Termodinâmica	Students	Education

Fonte: elaborada pelo autor.

## 4.2.6 Quais organizações desenvolvem jogos educacionais digitais no Brasil?

Esta pergunta serve de exemplo para uma consulta sobre a organizações que desenvolvem *games* educacionais no Brasil, mas o resultado da Figura 35 reflete o fato de a base de conhecimento em questão ter poucos jogos, os quais foram desenvolvidos pelas mesmas organizações. Em um cenário em que o modelo proposto nesta dissertação fosse utilizado para a criação de uma base de conhecimento de abrangência nacional, certamente a consulta do Quadro 67 não resultaria em apenas duas organizações.

#### Quadro 67: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.6

```
SELECT DISTINCT ?DeveloperName
WHERE {

?Game modelo:hasDeveloper ?Developer .
?Developer modelo:hasDeveloperName ?DeveloperName .
?Developer modelo:hasDeveloperCountry "Brasil"^^xsd:string
.
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### Figura 35: Resultado da consulta do Quadro 67

DeveloperName
"Mentes Brilhantes Brinquedos Inteligentes"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"GeNESS - INE - UFSC"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Fonte: elaborada pelo autor.

### 4.2.7 Que habilidades os estudantes poderão desenvolver com os jogos da base?

#### Quadro 68: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.7

```
SELECT DISTINCT ?Game ?SkillLabel
WHERE {

?Game modelo:hasLearningSituation ?LearningSituation.
?LearningSituation modelo:hasSkillTaught ?Skill.
?Skill modelo:hasSkillLabel ?SkillLabel
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

#### Figura 36: Resultado da consulta do Quadro 68

Game	SkillLabel
Reciclagem	"Compreender que resíduos plásticos devem ser descartados em coiletora vermelha".
Fotovoltaico	"Compreender estados energéticos dos elétrons"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
Fotossíntese	"Compreender o funcionamento do processo fotossintético"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
Óptica	"Compreender que o ângulo de incidência é igual ao de reflexão"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
Termodinâmica	"Compreender que o Titânio tem condutividade térmica muito baixa."^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Fonte: elaborada pelo autor.

## 4.2.8 Que habilidades são necessárias para que os estudantes joguem os jogos da base?

Quadro 69: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.8

```
SELECT DISTINCT ?Game ?SkillLabel
WHERE {

?Game modelo:hasLearningSituation ?LearningSituation.
?LearningSituation modelo:hasSkillRequired ?Skill.
?Skill modelo:hasSkillLabel ?SkillLabel

}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 37: Resultado da consulta do Quadro 69

Game	SkillLabel
Reciclagem	"Compreender a separação de resíduos sólidos"
Fotovoltaico	"Compreender o funcionamento de placa fotovoltaica"
Optica	"Compreender reflexão da luz em espelho plano"
Termodinamica	"Compreender baixa condutividade térmica"

Fonte: elaborada pelo autor.

## 4.2.9 Que habilidades estão relacionadas a que níveis de conhecimento?

Quadro 70: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.9

```
SELECT DISTINCT ?Depth ?SkillLabel
WHERE {

?Game modelo:hasLearningSituation ?LearningSituation .
?LearningSituation modelo:hasSkillTaught ?Skill .
?Skill modelo:hasSkillLabel ?SkillLabel .
?LearningSituation modelo:coversDepth ?Depth

}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 38: Resultado da consulta do Quadro 70

Depth	SkillLabel
2_Comprehension	"Compreender que resíduos plásticos devem ser descartados em coileta vermelha"
2_Comprehension	"Compreender estados energéticos dos elétrons"
2_Comprehension	"Compreender o funcionamento do processo fotossintético"
2_Comprehension	"Compreender que o ângulo de incidência é igual ao de reflexão"
2_Comprehension	"Compreender que o Titânio tem condutividade térmica muito baixa."

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.2.10 Que habilidades podem ser desenvolvidas com *games* cujo evento de aprendizagem é experimentação/reactividade?

Quadro 71: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.10

```
SELECT DISTINCT ?SkillLabel
WHERE {

?Game modelo:hasLearningSituation ?LearningSituation .
?LearningSituation modelo:coversEvent
modelo:ExperimentationReactivity .
?LearningSituation modelo:hasSkillTaught ?Skill.
?Skill modelo:hasSkillLabel ?SkillLabel .

}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 39: Resultado da consulta do Quadro 71

SkillLabel
"Compreender que resíduos plásticos devem ser descartados em coletora vermelha"
"Compreender estados energéticos dos elétrons"^^< <a href="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">http://www.w3.org/2001/XMLSchema</a>
"Compreender o funcionamento do processo fotossintético"^^< <a href="http://www.w3.org/">http://www.w3.org/</a>
"Compreender que o ângulo de incidência é igual ao de reflexão"^^< <a href="http://www.w3">http://www.w3</a>
"Compreender que o Titânio tem condutividade térmica muito baixa."^^< <a href="http://www">http://www</a>

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.2.11 Que assuntos/disciplinas os jogos da base tratam?

Quadro 72: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.11

```
SELECT DISTINCT ?Subject
WHERE {

?Game modelo:hasLearningSituation ?LearningSituation .
?Curriculum
modelo:curriculumIncludesLearningSituation ?
LearningSituation .
?Curriculum modelo:hasCurriculumSubject ?Subject

}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 40: Resultado da consulta do Quadro 72

Subject
"Reciclagem"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Resíduos Sólidos"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Energia solar"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Placa fotovoltaica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Biologia"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Química"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Fotossíntese"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Óptica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Física"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Termodinâmica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Fonte: elaborada pelo autor.

#### 4.2.12 Que habilidades são necessárias para os *games* cujo propósito é Educativo e que tratam de temas da disciplina de Física do Currículo Escolar Brasileiro?

Quadro 73: Consulta em linguagem SPARQL relativa à pergunta 4.2.12

```
SELECT DISTINCT ?SkillRequiredLabel
WHERE {
  ?Game modelo:hasPurpose modelo:Educative .
  ?Game modelo:hasLearningSituation ?LearningSituation .
  ?LearningSituation modelo:hasSkillRequired ?SkillRequired .
  ?SkillRequired modelo:hasSkillLabel ?SkillRequiredLabel .
  ?Curriculum modelo:curriculumIncludesLearningSituation ?
  LearningSituation .
  ?Curriculum modelo:hasCurriculumSubject "Física"^^xsd:string
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41: Resultado da consulta do Quadro 73

SkillRequiredLabel
"Compreender reflexão da luz em espelho plano"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>
"Compreender baixa condutividade térmica"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string>

Fonte: elaborada pelo autor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expressiva popularidade dos jogos digitais de entretenimento suscitou o interesse acadêmico em entender os efeitos do uso desta mídia e em descobrir formas de utilizá-la e desenvolvê-la como instrumento educacional. No mesmo sentido, organizações de diferentes naturezas também passaram a empregar esforços para desenvolver *games* para ensino-aprendizagem, treinamento e mudança de comportamento.

Considerando os desafios inerentes ao desenvolvimento de *games* educacionais, julga-se importante o desenvolvimento de bases de conhecimento sobre os mesmos, o que pode promover o compartilhamento de conhecimento sobre jogos e a construção de repositórios de referência de iniciativas existentes. As Ontologias são um bom instrumento para a modelagem de conhecimento e para a construção de bases de conhecimento.

Foram encontradas na literatura abordagens que utilizam Ontologias para temas como adaptatividade e modelagem de conteúdos pedagógicos, mas não foi encontrada abordagem que represente um *game* educacional no que se refere aos atributos que o caracterizam. Neste sentido, esta dissertação propõe um modelo de ontologia para representação de jogos educacionais digitais.

O primeiro passo do desenvolvimento do modelo foi a busca por atributos utilizados em modelos de classificação de jogos digitais para encontrarem-se atributos que caracterizam um *game* educacional. Essa busca resultou na utilização de conceitos do modelo de classificação de jogos sérios G/P/S, um modelo consistente construído a partir de ampla pesquisa de outras propostas de classificação de jogos digitais.

Em seguida foi feita uma busca sistemática para que se pudesse compreender de que maneiras as Ontologias vêm sendo utilizadas no campo dos *games* educacionais. Disso, foram analisados os temas mais recorrentes da busca sistemática, relacionados ao uso de Ontologias no campo dos *games* educacionais, como a adaptatividade e a avaliação não invasiva, no intuito de encontrarem-se propostas reusáveis para o modelo proposto nesta dissertação. Nessa análise foi encontrado o modelo de ontologia para adaptatividade em jogos educacionais ELEKTRA, o qual foi selecionado para reuso no modelo deste trabalho.

Para construir o modelo, foi utilizada a Metodologia de Desenvolvimento de Ontologias 101. A série de 7 passos indicada pela metodologia foi seguida para a criação de classes, propriedades, restrições e instâncias que compõem o modelo proposto por essa dissertação. Nesta etapa, foram criadas classes inspiradas no modelo de classificação G/P/S, grande parte das classes do modelo ELEKTRA foram reusadas e um outro grupo de classes foi proposto por este trabalho para completar o conjunto de classes que representa os atributos que caracterizam um jogo educacional digital. Toda a etapa de construção do modelo foi feita no Editor de Ontologias Protégé.

Para demonstrar a aplicabilidade o modelo proposto, foi construída no Editor de Ontologias Protégé uma pequena base de conhecimento com 5 jogos educacionais digitais existentes. Exemplos de consultas a essa base de conhecimento foram demonstrados na forma de respostas às questões de competência especificadas para determinar o escopo da ontologia no primeiro passo da metodologia 101.

O modelo de ontologia para representação de jogos educacionais digitais proposto nesta dissertação pode contribuir para a área de *games* educacionais, pois pode ser aplicado em diversos cenários. Um desses cenários é o de criação de bases de conhecimento de referência de jogos educacionais digitais. Tais bases podem promover o compartilhamento de conhecimento sobre jogos educacionais digitais entre diferentes organizações, pessoas e sistemas. O modelo proposto também pode ser utilizado como base para sistemas de classificação de *games* educacionais, a partir de quaisquer dos atributos previstos pelo modelo. Além disso, o modelo pode servir como referência sobre que elementos compõem um *game* educacional, uma vez que tem modelados os atributos que caracterizam um jogo educacional digital. Por último, o modelo ontológico também pode ser utilizado como insumo para o desenvolvimento de sistemas de conhecimento para a Gestão de Conhecimento em organizações desenvolvedoras de jogos educacionais digitais.

Por fim, espera-se que o modelo proposto nesta dissertação contribua para o cenário de pesquisa e desenvolvimento de *games* educacionais tanto no âmbito acadêmico quanto no organizacional.

## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

O modelo proposto nesta dissertação deve passar por um cenário de aplicação mais abrangente para que possa ser validado e refinado.

Uma base de conhecimento mais heterogênea que conte com mais jogos digitais educacionais, de diferentes organizações e que tenham todas as situações de aprendizagem modeladas, possibilitaria a validação e também o refinamento do modelo, uma vez que o desenvolvimento de Ontologias é um processo iterativo que pode durar todo o ciclo de vida de uma ontologia (NOY; MCGUINNESS, 2001).

Além disso, dependendo do escopo do cenário de aplicação, o modelo de ontologia deste trabalho pode sofrer modificações ou ser estendido nos seguintes aspectos:

- A classe *Artwork* pode ser mais detalhada, caso a parte do *design* gráfico seja mais relevante para um certo cenário de aplicação;
- Utilizar-se de outras ontologias existentes para melhor representar algumas classes ou propriedades. Por exemplo, as propriedades *Country* (País), presentes em classes como *Organização (Developer)* e *LearnerProfile* (Perfil do Estudante), poderiam ser representadas com a *Geopolitical Ontology*, uma ontologia para representação de entidades geopolíticas, como países, territórios e regiões;
- Ainda que para o modelo deste trabalho tenha-se utilizado o domínio cognitivo da taxonomia de objetivos educacionais de Bloom, ela abrange três domínios diferentes: cognitivo, emocional e psicomotor. Seria possível distinguir esses diferentes domínios e seus respectivos objetivos educacionais estendendo a classe *Depth* (Nível de Conhecimento);
- Vários outros Idiomas (*Language*) devem ser adicionados ao modelo;
- A Plataforma (*Platform*) em que o *game* pode ser jogado pode ser melhor detalhada, com a versão do sistema operacional, o tamanho da tela dos dispositivos móveis, etc;
- O modelo poderia representar em que tecnologias o jogo foi desenvolvido;
- Pelo fato de os Mecanismos de Avaliação (*AssessmentFeatures*) e os Recursos de Adaptatividade (*AdaptiveFeatures*) estarem relacionados com a classe Jogo (*Game*), não é possível responder perguntas como **Quais mecanismos de avaliação são utilizados com que recursos adaptativos?**. Caso o cenário de aplicação necessite responder perguntas como essa, as

referidas classes poderiam ser relacionadas com a classe Situação de Aprendizagem (*LearningSituation*).

## REFERÊNCIAS

- AKBULUT, Y.; CARDAK, C. S. Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. In: **Computers & Education**, v. 58, p. 835-842, fev 2012.
- ALVAREZ, J.; MICHAUD, L. **Serious Games**: Advergaming, edugaming, training and more. França: IDATE, 2008.
- ANDERSON, C. A. **An update on the effects of playing violent video games**. Journal of Adolescence, p. 113-122, 2004.
- ANDERSON, C. A.; BUSHMAN, B. J. **Effects of violent video games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behavior**: a meta-analytic review of the scientific literature. Psychological Science, p. 353-359, 2001.
- BALANCIERI, R. **Um método baseado em ontologias para explicitação de conhecimento derivado da análise de redes sociais de um domínio de aplicação**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Curso de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- BERGERON, B. **Developing Serious Games.**, EUA: Charles River Media, 2006.
- BETHKE, Erik. **Game Development and Production**. EUA: Wordware Publishing, 2003.
- BORST, W. N. **Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse**. Tese, University of Twente – Centre for Telematica and Information Technology, Holanda, 1997.
- BOYLE, E.; CONNOLLY, T. M.; HAINEY, T. **The role of psychology in understanding the impact of computer games**. Entertainment Computing, v. 2, n. 2, p. 69-74, jan 2011.
- CAILLOIS, R. **Les jeux et les hommes**. Paris: Gallimard, 1958.

CARRO, R. M. Adaptive Hypermedia in Education: New Considerations and Trends. In **Proceedings of the Winter Meeting**, Chalmers University of Technology, Suécia, 1993.

CARRO, R. M.; BREDÁ, A. M.; CASTILLO, G.; BAJUELOS, A. L. A Methodology for Developing Adaptive Educational-Game Environments. In: **Proceedings of the Second International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems**, p. 90-99, Londres: Springer, 2002.

CHEN, S. **A cognitive model for non-linear learning in hypermedia programmes**. British Journal of Educational Technology. v. 33, n. 4, p. 449-460, 2002.

COFFIELD, F.; MOSELEY, D.; HALL, E.; ECCLESTONE, K. **Should we be using learning styles?** – What research has to say to practice. Learning and Skills Research Centre, London: University of Newcastle upon Tyne, 2004.

CONNOLLY, T. M.; BOYLE, E. A.; MACARTHUR, E.; HAINEY, T.; BOYLE, J. **A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games**. Computers & Education, v. 59, n. 2, p. 661-686, mar 2012.

CONNOLLY, T. M.; STANSFIELD, M. H.; HAINEY, T. Development of a general framework for evaluating games-based learning. In: **Proceedings of the 2nd European conference on games-based learning**. Espanha: Universitat Oberta de Catalunya, 2008.

CSÍKSZENTMIHÁLYI, M. Flow: **The psychology of optical experience**. Nova Iorque: Harper Perennial, 1990.

DE FREITAS, S. **Learning in immersive worlds**. Joint Information Systems Committee, 2006.

DESPONT, A. **Serious Games et intention sérieuse**: typologie. Symetrix, 2008.

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J. Classifying Serious Games: the G/P/S model In: **Handbook of Research on Improving Learning**

**and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches.** Pensilvânia, EUA: IGI Global, p. 118-136, 2011.

EGC. **Áreas de concentração do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.** Disponível em <<http://www.egc.ufsc.br/index.php/egc/pos-graduacao/programa/areas-d-e-concentracao>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2014a.

EGC. **Linhas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.** Disponível em <<http://www.egc.ufsc.br/index.php/pt/pesquisas/linhas-de-pesquisa>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2014b.

ESA. **Essential facts about the computer and video game industry.** 2013. Disponível em: <[http://www.theesa.com/facts/pdfs/esa\\_ef\\_2013.pdf](http://www.theesa.com/facts/pdfs/esa_ef_2013.pdf)>. Acesso em: 20/02/2014.

FEDERATION OF AMERICAN SCIENTISTS. **R&D Challenges in Games for Learning.** The Learning Federation, Washington, EUA, 2006.

FELDMAN, Ari. **Designing Arcade Computer Game Graphics.** ISBN 1-55622-755-8, Wordware Publishing, 2001.

FERGUSON, C. J. **The good, the bad and the ugly: a meta-analytic review of positive and negative effects of violent video games.** *Psychiatric Q*, v. 78, p. 309-316, 2007.

FOLDIT. **The Science Behind Foldit.** Disponível em <<http://fold.it/portal/info/about>>. Acesso em 8 de agosto de 2013.

GAMESINDUSTRY. **US still the gaming super power.** Publicado em 11/12/2012. Disponível em: <<http://www.gamesindustry.biz/articles/2012-12-11-us-still-the-gaming-super-power>>. Acesso em: 20/02/2014.

GARRIS, R.; AHLERS, R.; DRISKELL, J. E. **Games, motivation, and learning: a research and practice model.** *Simulation and Gaming*, v. 33, n. 4, p. 441-467, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GRIFFITHS, M. D.; DAVIES, M. N. O. **Excessive online computer gaming**: implications for education. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 18, p. 379-380, 2002.

GRUBER, T. R. **A Translation Approach to Portable Ontology Specifications**. v. 5, p. 199-220, 1993.

HAMALAINEN, R. **Designing and evaluating collaboration in a virtual game environment for vocational learning**. *Computers & Education*, v. 50, n. 1, p. 98-109, jan 2008.

HANNIG, A.; KUTH, N.; ÖZMAN, M.; JONAS, S.; SPRECKELSEN, C. **eMedOffice**: a web-based collaborative serious game for teaching optimal design of a medical practice. *BMC medical education*, v. 12, p. 104, jan 2012.

IBOPE. **Pesquisa Game On**. Publicado em 19/09/2012a. Disponível em:  
<<http://www.ibope.com.br/pt-br/conhecimento/artigospapers/paginas/ga-me-on.aspx>>. Acesso em: 08/02/2014.

IBOPE. **Pesquisa Games Pop**. Publicado em 21/09/2012b. Disponível em:  
<<http://www.ibope.com.br/pt-br/conhecimento/Infograficos/Paginas/Games-pop.aspx>>. Acesso em: 08/02/2014.

IDGNOW. **Mulheres são maioria entre os social gamers**. Publicado em 10/09/2012. Disponível em:  
<<http://idgnow.com.br/blog/circuito/2012/09/10/mulheres-sao-maioria-entre-os-social-gamers/>>. Acesso em: 08/02/2014.

KELMAN, N. **Video Game Art**. ISBN: 9782843237294, Assouline, 2006.

KICKMEIER-RUST, M. D.; ALBERT, D. **The ELEKTRA ontology model**: A learner-centered approach to resource description. *Advances in Web Based Learning – ICWL*, p. 78-89, Berlim: Springer, 2008.

KICKMEIER-RUST, M. D.; MARTE, B.; LINEK, S.; LALONDE, T.; ALBERT, D. The Effects of Individualized Feedback in Digital Educational Games. In: **Proceedings of the 2nd European Conference on Games Based Learning Proceeding**, p. 227-236, 2008a.

KICKMEIER-RUST, M. D.; HOCKEMEYER, C.; ALBERT, D.; AUGUSTIN, T. Micro adaptive, non-invasive assessment in educational games. In: **Proceedings of the second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning**, p. 135-137, Banff, Canada, 2008b.

KIRRIEMUIR, J.; MCFARLANE, A. **Literature Review in Games and Learning**. FutureLab, 2004. Disponível em <[http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/lit\\_reviews/Games\\_Review.pdf](http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Games_Review.pdf)> Acesso em 05/06/2012.

LAINEMA, T.; SAARINEN, E. Explaining the Educational Power of Games. In: **Design and Implementation of Educational Games: Theoretical and Practical Perspectives**, p. 17-31, IGI Global, 2010.

LAW, E. L.-C.; RUST-KICKMEIER, M. D. **80Days: Immersive Digital Educational Games with Adaptive Storytelling**. Computer, n. 3, 2008. Disponível em: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-386/p07.pdf>>. Acesso em 04/06/2012.

LAWLESS, K. A.; BROWN S. W. **Multimedia learning environments: issues of learner control and navigation**. Instructional Science, v. 25, p. 117-131, 1997.

LECLERCQ, Dieudonné; POUMAY, Marianne. **The 8 Learning Events Model and its principles**. University of Liège, 2005.

MAEDCHE, A.; NEUMANN, G.; STAAB, S. Bootstrapping an ontology-based information extraction system. In: **Intelligent exploration of the web**, ISBN: 3-7908-1529-2, p. 345-359, Alemanha: Physica-Verlag GmbH, 2003.

MAEDCHE, A.; STAAB, S. **Ontology learning for the semantic web**. IEEE Intelligent systems, p. 1-18, 2001.

MERHI, O.; FAUGLOIRE, E.; FLANAGAN, M.; STOFFREGEN, T. **Motion sickness, console video games, and head-mounted displays.** *Human Factors*, v. 45, n. 9, p. 920-935, 2007.

MINOVIĆ, M.; MILOVANOVIĆ, M. Knowledge Modeling for Educational Games. In: **Visioning and Engineering the Knowledge Society. A Web Science Perspective**, v. 5736, p. 156-165, 2009.

MORENO-GER, P.; BURGOS, D.; MARTÍNEZ-ORTIZ, I.; SIERRA, J. L.; FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. **Educational game design for online education.** *Computers in Human Behavior*, v. 24, n. 6, p. 2530-2540, set 2008.

MUNGAI, D.; JONES, D.; WONG, L. Games to teach by. In: **18th Annual Conference on Distance Teaching and Learning**, Madison, Wisconsin, 2002.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology.** Stanford University, p. 1-25, 2001.

OGLETREE, S. M.; DRAKE, R. **College students' video game participation and perceptions: gender differences and implications.** *Sex Roles*, v. 56, p. 537-542, 2007.

O'NEILL, H. F.; WAINESS, R.; BAKER, E. L. **Classification of learning outcomes: evidence from the computer games literature.** *The Curriculum Journal*, v. 16, p. 455-474, 2005.

ONTOKEM. **Website do ONTOKEM.** Disponível em: <<http://ontokem.egc.ufsc.br/>>. Acesso em 2 de fevereiro de 2013.

PASHLER, H.; MCDANIEL, M.; ROHRER, D.; BJORK, R. **Learning styles: concepts and evidence.** *Psychological Science in the Public Interest*, v. 9, n. 3, p. 105-119, 2008.

PEIRCE, N.; CONLAN, O.; WADE, V. Adaptive Educational Games: Providing Non-invasive Personalised Learning Experiences. In: **Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning**, p. 28-35, 2008.

PIVEC, P.; PIVEC, M. **Digital Games: Changing Education, One Raid at a Time**. International Journal of Game-Based Learning, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2011. Disponível em:

<<http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/ijgbl.2011010101>>. Acesso em: 9/3/2012.

PRENSKY, M. **Digital Game-Based Learning**. ISBN 0-07-136344-0, Nova Iorque: McGraw-Hill, 2001.

PRENSKY, M. **Digital game-based learning**. ACM Computers in Entertainment, Games2train, v. 1, n. 1, Nova Iorque, 2003.

RAUTENBERG, S.; GAUTHIER, F. A. O.; LOTTIN, P.; DUARTE, C. E. J.; TODESCO, J. L. ontoKEM: uma ferramenta para construção e documentação de ontologias. In: **Seminário de pesquisa em ontologia no Brasil**, Niteroi: UFF-IACS, 2008.

RAUTENBERG, S.; TODESCO, J. L.; STEIL, A. V. **Uma ontologia para instrumentos da gestão do conhecimento e agentes da engenharia do conhecimento**. Informação & Sociedade: Estudos, João Pessoa, v.21, n.1, p. 111-128, jan/abr 2011.

RABIN, Steve. **Introduction to Game Development**, Second Edition. Massachusetts, EUA: Charles River Media, 2009.

REUTERS. **FACTBOX - A look at the \$66 billion video-games industry**. Publicado em 10/06/2013.

Disponível em:

<<http://in.reuters.com/article/2013/06/10/gameshow-e-idINDEE9590DW20130610>>. Acesso em: 20/02/2014.

RITTERFELD, U.; CODY, M. J.; VORDERER, P. **Serious games: Mechanisms and effects**. [S.l.]: Taylor & Francis, 2009.

SANDFORD, R.; WILLIAMSON, B. **Games and learning**. FutureLab, 2005. Disponível em

<[http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/handbooks/games\\_and\\_learning2.pdf](http://archive.futurelab.org.uk/resources/documents/handbooks/games_and_learning2.pdf)>. Acesso em 05/06/2012.

SAVERY, J.R.; DUFFY, T.M. **Problem-based learning**: An instructional model and its constructivist framework, *Educational Technology*, v. 35, p. 31-38, 1995.

SAVI, R. **Avaliação de jogos voltados para a disseminação do conhecimento**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Curso de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

SAWYER, B.; SMITH, P. **Serious Game Taxonomy**. Serious Game Summit 2008, San Francisco, EUA, 2008.

SCHREIBER, G. **Knowledge engineering and management**: the CommonKADS methodology. Londres: The MIT Press, 2000.

SCHWARTZ, D. **Encyclopedia of knowledge management**. Londres: Idea Group Reference, 2006.

SERIOUS GAME CLASSIFICATION. **Sim City**. Disponível em <<http://www.gameclassification.com/EN/games/580-Sim-City/index.html>>. Acesso em 2 de agosto de 2013a.

SERIOUS GAME CLASSIFICATION. **Pac-Man**. Disponível em <<http://www.gameclassification.com/EN/games/501-Pac-Man/index.html>>. Acesso em 2 de agosto de 2013b.

SERIOUS GAME CLASSIFICATION. **Find out more**. Classification Guidelines. Gameplay. Disponível em <<http://serious.gameclassification.com/EN/about/bricks.html#GAMEPLAY>>. Acesso em 7 de agosto de 2013c.

SERIOUS GAME CLASSIFICATION. **A Collaborative Classification of Serious Games**. Disponível em <<http://serious.gameclassification.com/EN/index.html>>. Acesso em 7 de agosto de 2013d.

SERIOUS GAME CLASSIFICATION. **Games**. Disponível em <<http://serious.gameclassification.com/EN/games/index.html>>. Acesso em 7 de agosto de 2013e.

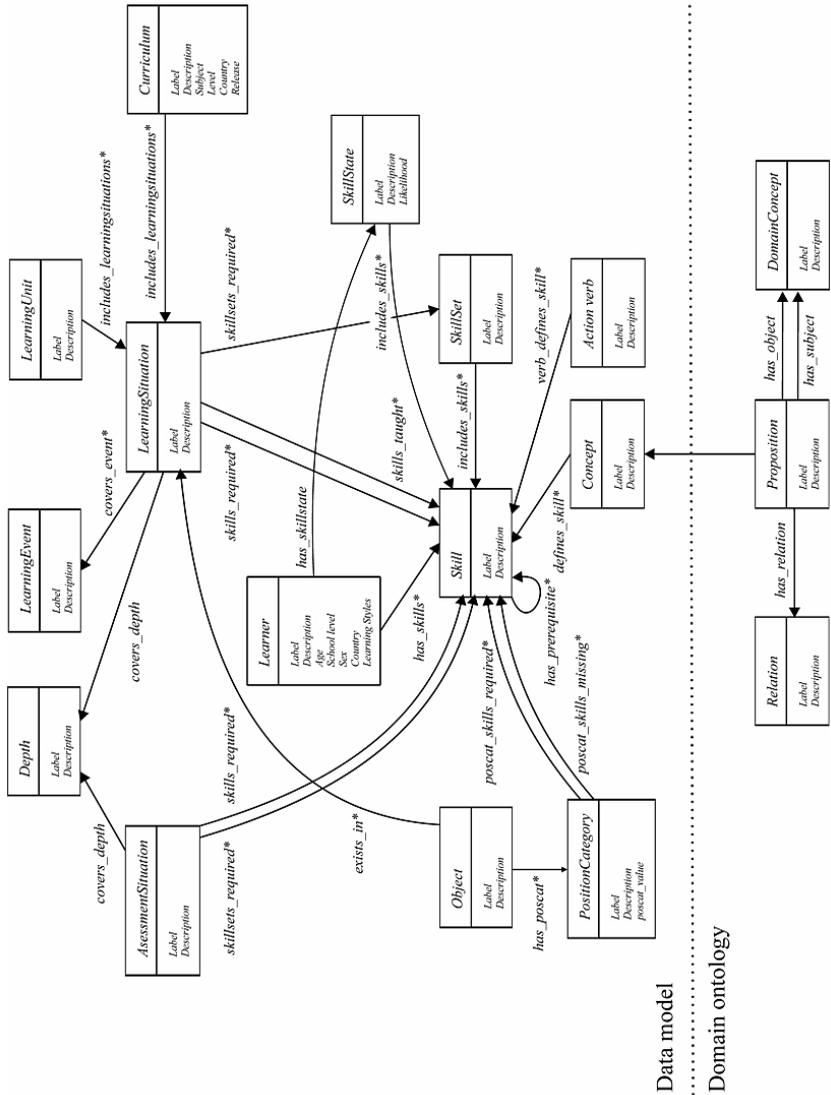
- SHUTE, V. J.; KE, F. Games, Learning, and Assessment. In: **Assessment in Game-Based Learning**, Nova Iorque: Springer, 2012.
- SUBRAHMANYAM, K.; GREENFIELD, P. M. **Effect of video game practice on spatial skills in girls and boys**. Journal of Applied Developmental Psychology, v. 15, p. 13-32, 1994.
- STRANGE AGENCY. **Strange Analyst Activity Groups Definitions**. Strange Agency, 2006.
- STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. **Knowledge engineering**: Principles and methods. Data & Knowledge Engineering, v. 25, n. 1-2, p. 161-197, mar 1998.
- SWEETSER, P.; WYETH, P. **GameFlow**: a model for evaluating player enjoyment. ACM Computers in Entertainment, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2005.
- TANG, S.; HANNEGHAN, M. Designing Educational Games: A Pedagogical Approach. In: ZEMLIANSKY, P.; WILCOX, D.; **Design and Implementation of Educational Games**: Theoretical and Practical Perspectives, p. 108-125, EUA: IGI Global, 2010.
- TORRENTE, J.; MORENO-GER, P.; FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. Learning Models for the Integration of Adaptive Educational Games in Virtual Learning Environments. In: **Proceedings of Technologies for E-Learning and Digital Entertainment**, v. 5093, p. 463-474, Berlim: Springer, 2008. Disponível em:  
<<http://www.springerlink.com/index/RP4857RXQ51K8128.pdf>>. Acesso em 04/06/2012.
- ULBRICHT, V. R. Conceitos, Definições e Metodologia para Desenvolvimento de Ambientes Hipermediáticos. In: ULBRICHT, V. R. **Ambientes Adaptativos: trilhando novos caminhos para a Hipermidia**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, p. 19-36, 1996.
- ULICSAK, M. **Games in Educacion: Serious Games Literature Review**. FutureLab. 2010. Disponível em  
<[http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit\\_reviews/Serious-Games\\_Review.pdf](http://media.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Serious-Games_Review.pdf)>. Acesso em 05/06/2012.

UNDERWOOD, J. S.; KRUSE, S.; JAKL, P. Moving to the Next Level: Designing Embedded Assessments into Educational Games. In: ZEMLIANSKY, P.; WILCOX, D. **Design and Implementation of Educational Games: Theoretical and Practical Perspectives**, p. 126-140. EUA: Information Science Reference, 2010.

VORDERER, P.; HARTMANN, T.; KLIMMT, C. Explaining the enjoyment of playing video games: the role of competition. In: **Proceedings of the second international conference on Entertainment computing**, p. 2-10, Carnegie Mellon University, EUA, 2003.

ZYDA, M. **From Visual Simulation to Virtual Reality to Games**. Computer, v. 38, n. 9, p. 25-32, 2005.

ANEXO A – Modelo de ontologia ELEKTRA



Fonte: Kickmeier-Rust e Albert (2008)