

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

Definição de uma Ontologia Aplicada ao Futebol

Mário Joaquim Firmino Leite Faria

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Prof. Dr. Luís Paulo Reis
Co-orientador: Eng. Pedro Abreu

Julho de 2009

Resumo

As Ontologias são actualmente uma ferramenta poderosa associada à Inteligência Artificial e à Representação do Conhecimento. Neste documento é apresentado o trabalho de Definição de uma Ontologia aplicada ao Futebol.

As tecnologias das Ontologias permitem a criação de modelos de domínios. O principal objectivo deste trabalho é representar da melhor maneira possível o domínio referente a um jogo de futebol na sua vertente associativa, de modo a que sistemas de análise ou simulação de jogos possam utilizar as representações conceptuais que esta ontologia oferece.

A partir de informações fornecidas em tempo real sobre o posicionamento dos jogadores e da bola no campo, a Ontologia do Futebol cria um modelo conceptual complexo do domínio, que permite a identificação de eventos e de situações presentes no jogo, até ser conseguido fazer a um mais alto-nível, uma análise aos comportamentos e características dos jogadores e das equipas.

A primeira fase do desenvolvimento deste trabalho consistiu num estudo das tecnologias disponíveis para a representação das ontologias. Esse estudo abordou os conceitos fundamentais, as linguagens, as ferramentas e também as metodologias de desenvolvimento de ontologias.

Num a segunda fase, com o objectivo de serem recolhidos conceitos para a representação do domínio do futebol, foi feito um estudo das ontologias do futebol existentes, dos conceitos presentes em linguagens utilizadas para treinar equipas de futebol robótico e também dos conceitos presentes em simuladores de jogos de futebol.

Após terem sido recolhidos todos os conhecimentos e informações relacionadas para a execução do trabalho, passou-se para a fase de desenvolvimento da “Ontologia Aplicada ao Futebol”. Este desenvolvimento consistiu principalmente na construção de relações complexas entre dados e objectos, com recurso à inserção de regras, permitindo que os vários conceitos presentes no futebol fossem representados através da tecnologia das Ontologias.

Este trabalho foi finalizado com uma fase de teste e avaliação dos conceitos representados pela ontologia desenvolvida.

Abstract

Nowadays, Ontologies are a powerful tool used in the Artificial Intelligence and Knowledge Representation fields. This document presents the developed work of a Football Ontology Designing.

The Ontologies technologies allow the designing of domain models. The main purpose of this work is to represent, best as possible, the association football game domain, so that game analysis or simulation systems, can use the conceptual representations that the ontology provides.

With the use of real-time information about player and ball positions in the pitch, the Football Game Ontology creates a complex conceptual model of the domain, allowing the identification of events and situations in the game, to be achieved at a high-level in an analysis of behaviours and characteristics of players and teams.

The first development phase related to this work, was a study of the available technologies for ontologies representation, about the fundamentals, languages, tools and methodologies for ontology development.

In a second phase, existing football ontologies, robotic football languages and also simulator football games were studied in order to being collected the representation concepts in the football domain.

After the study and extraction of all knowledge and information about the technologies and the domain, the next stage was the development of the "Football Game Ontology". This development was primarily based in the construction of complex relationships between data and objects, using the integration of rules, allowing the representation of the football using the Ontologies technologies.

The final stage of this work consists in an evaluation and assessment of the developed ontology representation concepts.

Índice

Resumo.....	iii
<i>Abstract</i>	v
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xvii
Capítulo 1.....	1
Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objectivos.....	1
1.3 Etapas do Trabalho	2
1.4 Estrutura do Documento	3
Capítulo 2.....	5
Estudo do Domínio das Ontologias	5
2.1 Introdução	5
2.2 Conceitos Fundamentais sobre as Ontologias	6
2.2.1 Algumas Definições de Ontologia.....	6
2.2.2 Objectivos das Ontologias	8
2.2.3 Componentes das Ontologias.....	9
2.2.4 Tipos de Ontologias.....	10
2.2.5 Ontologias vs. Outras Noções Similares	14
2.2.6 As Ontologias na Web Semântica	16
2.3 Linguagens de Representação de Ontologias	18
2.3.1 Evolução das Linguagens de Representação de Ontologias.....	18
2.3.2 Linguagens Clássicas.....	20
2.3.3 Linguagens Markup.....	22
2.3.4 Comparação entre Linguagens	24
2.3.5 A Linguagem OWL e suas Extensões.....	24
2.4 Ferramentas para as Ontologias	29

2.4.1	Funcionalidades das Ferramentas para as Ontologias	29
2.4.2	Ferramentas de Desenvolvimento de Ontologias	30
2.4.3	Comparação entre Ferramentas.....	41
2.4.4	A Ferramenta Protégé	42
2.5	Metodologias de Desenvolvimento de Ontologias	43
2.5.1	METHONTOLOGY	43
2.5.2	Metodologia 101	45
2.5.3	Metodologia UPON	46
2.5.4	Metodologia O4IS	48
2.5.5	Breve Comparação entre Metodologias	48
Capítulo 3.....		51
Ontologias e Conceitos no Domínio do Futebol.....		51
3.1	Ontologias no Domínio do Futebol	51
3.1.1	RANWEZ <i>Soccer Ontology</i>	52
3.1.2	SWAN <i>Soccer Ontology</i>	54
3.1.3	Robot <i>Soccer Ontology</i>	55
3.2	Conceitos nas Linguagens de Futebol Robótico	57
3.2.1	CLang	57
3.2.2	COACH UNILANG	59
3.3	Conceitos nos Jogos Simuladores de Futebol	63
3.3.1	PES 2009.....	63
3.3.2	FM 2009	68
3.4	Comparação dos Conceitos de Futebol.....	70
Capítulo 4.....		73
Definição da Ontologia Aplicada ao Futebol		73
4.1	Introdução	73
4.2	Definições Estruturais da Ontologia	74
4.2.1	Classes Principais	74
4.2.2	Principais Relações Conceptuais	75
4.2.3	Tipos de Dados Principais	79
4.2.4	Representação do Espaço de Jogo	80
4.3	Definição de Objectos	81
4.4	Definição de Regiões	82
4.4.1	Regiões do Campo	83
4.4.2	Regiões Pontuais	86
4.4.3	Regiões de Equipa	87
4.5	Definição de Períodos.....	89
4.6	Definição de Eventos.....	91
4.6.1	Definição de Condições	91
4.6.2	Definição de Acções.....	95
4.7	Definição de Situações.....	98
4.8	Definição de Jogadores	100
4.8.1	Posicionamento dos Jogadores	101
4.8.2	Atributos dos Jogadores	103
4.9	Definição de Equipas	107
4.9.1	Formações das Equipas	107

4.9.2 Táticas das Equipas	109
4.10 Conclusão	111
Capítulo 5.....	113
Análise de Resultados	113
5.1 Actividades de Teste da Ontologia.....	113
5.1.1 Consultas aos Objectos Jogadores	114
5.1.2 Consultas aos Objectos Equipas	117
5.2 Avaliação dos Conceitos da Ontologia	120
5.2.1 Inquérito aos Especialistas do Domínio	120
5.2.2 Análise de Tipos de Acções.....	121
5.2.3 Análise de Atributos dos Jogadores	126
5.2.4 Análise de Estratégias de Equipa	128
5.2.5 Análise de Posicionamentos e Formações.....	132
Capítulo 6.....	139
Conclusões e Trabalho Futuro	139
6.1 Conclusões	139
6.2 Trabalho Futuro	141
Referências.....	143

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Fases e etapas do trabalho.....	3
Figura 2.1 - Relações entre os tipos de ontologias quanto à sua generalidade [15].	12
Figura 2.2 - Espectro da Semântica [17].	15
Figura 2.3 - Evolução da World Wide Web [17].	17
Figura 2.4 - Arquitectura da Web Semântica [20].	18
Figura 2.5 - Evolução das linguagens de representação de ontologias [22].	19
Figura 2.6 - Linguagens de representação de ontologias clássicas [17].	22
Figura 2.7 - Linguagens de representação de ontologias baseadas na Web [17].	24
Figura 2.8 - Captura de ecrã da ferramenta Ontolingua [26].	31
Figura 2.9 - Captura de ecrã da ferramenta WebODE [45].	32
Figura 2.10 - Captura de ecrã da ferramenta SWOOP [46].	33
Figura 2.11 - Captura de ecrã da ferramenta Knoodl [47].	34
Figura 2.12 - Captura de ecrã da ferramenta Altova SemanticWorks [48].	35
Figura 2.13 - Captura de ecrã da ferramenta TopBraid Composer [49].	36
Figura 2.14 - Captura de ecrã da ferramenta OntoStudio [50].	37
Figura 2.15 - Captura de ecrã da ferramenta NeOn Toolkit [51].	38
Figura 2.16 - Captura de ecrã da ferramenta DODDLE-OWL [52].	39
Figura 2.17 - Captura de ecrã da ferramenta Protégé [53].	40
Figura 2.18 - METHONTOLOGY: Actividades constituintes e seus estados [54].	44
Figura 2.19 - Fases de desenvolvimento de uma ontologia na metodologia UPON [55].	47
Figura 3.1 - Modelo objecto do <i>Robot Soccer Ontology</i> [59].	56
Figura 3.2 - Captura de ecrã do simulador <i>Soccer Server</i> [60].	58

Figura 3.3 - Diagrama UML dos objectos em simulação [60].	58
Figura 3.4 - Divisão do campo em regiões na linguagem COACH UNILANG [62].	61
Figura 3.5 - Captura de ecrã no simulador PES 2009.	63
Figura 3.6 - Captura de ecrã no simulador FM 2009.	68
Figura 4.1 - Áreas conceptuais na ontologia aplicada ao futebol.....	76
Figura 4.2 - Hierarquia de classes estruturais na ontologia aplicada ao futebol.	76
Figura 4.3 - Principais propriedades objecto presentes na ontologia.	77
Figura 4.4 - Principais relações entre áreas conceptuais na ontologia.	77
Figura 4.5 - Tipos de dados utilizados na ontologia aplicada ao futebol.	78
Figura 4.6 - Representação dos dados de entrada da ontologia.	78
Figura 4.7 - Representação do espaço do jogo referente à ontologia.	80
Figura 4.8 - Representação da hierarquia da classe Objectos.	81
Figura 4.9 - Ilustração da segunda camada da divisão do campo em regiões.....	84
Figura 4.10 - Ilustração da quarta camada de divisão do campo em regiões.	84
Figura 4.11 - Medidas de um campo de futebol [63].	85
Figura 4.12 - Representação das regiões de uma equipa.	88
Figura 4.13 - Propriedades referentes aos períodos.	89
Figura 4.14 - Representação de uma regra para uma instância referente a um período.	90
Figura 4.15 - Tipos de condições presentes na ontologia.	91
Figura 4.16 - Representação hierárquica da classe Acções.	96
Figura 4.17 - Hierarquia da classe <i>Situações</i>	99
Figura 4.18 - Representação das posições dos jogadores.	102
Figura 4.19 - Tipos de atributos dos jogadores representados na ontologia.	102
Figura 4.20 - Tácticas de equipas na ontologia aplicada ao futebol.	108
Figura 5.1 - Pergunta para consulta das regiões do campo.	114
Figura 5.2 - Resultado da consulta às condições de distância.....	116
Figura 5.3 - Resultado da consulta às condições de jogador.	116
Figura 5.4 - Representação das propriedades de dados das equipas.....	117
Figura 5.5 - Representação de uma situação estática de jogo.	117
Figura 5.6 - Pergunta para consulta das tácticas das equipas.....	119

Figura 5.7 - Resposta à consulta das táticas das equipas.	120
Figura 5.8 - Meio campo dividido em regiões com vista à questão sobre os cruzamentos....	123
Figura 5.9 - Situação de jogo para análise de acções defensivas.	124
Figura 5.10 - Primeira situação de jogo para análise de posicionamentos e formações.	131
Figura 5.11 - Segunda situação de jogo para análise de posicionamentos e formações.....	131
Figura 5.12 - Análise gráfica das regiões de equipa.....	135

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Sumarização dos vários tipos de ontologias.....	14
Tabela 2.2 - Comparação entre as três sublinguagens de OWL.	26
Tabela 2.3 - Descrições das classes em OWL e seus construtores.	27
Tabela 2.4 - Características das propriedades em OWL e seus construtores.....	28
Tabela 3.1 - Classes na ontologia do futebol <i>RANWEZ</i>	53
Tabela 3.2 - Propriedades na ontologia do futebol <i>RANWEZ</i>	54
Tabela 3.3 - Alguns conceitos presentes na ontologia de futebol <i>SWAN</i>	55
Tabela 3.4 - Especificação de Acções na linguagem <i>CLang</i>	59
Tabela 3.5 - Conceitos presentes na linguagem <i>COACH UNILANG</i>	61
Tabela 3.6 - Representação das definições tácticas na linguagem <i>COACH UNILANG</i>	62
Tabela 3.7 - Definição dos tipos de jogador na linguagem <i>COACH UNILANG</i>	62
Tabela 3.8 - Posições dos jogadores no <i>PES 2009</i>	65
Tabela 3.9 - Atributos dos jogadores no <i>FM 2008</i>	69
Tabela 3.10 - Ordens individuais aos jogadores no <i>FM 2009</i>	70
Tabela 3.11 - Comparação dos conceitos estudados.	71
Tabela 4.1 - Regras para a definição das regiões de campo.	85
Tabela 4.2 - Representação dos períodos de jogo.....	89
Tabela 4.3 - Regras para a definição das condições de distância.....	93
Tabela 4.4 - Classificação da posição dos jogadores através das regiões de equipa.....	101
Tabela 5.1 - Valores das posições dos objectos em simulação.	114
Tabela 5.2 - Regiões do campo dos objectos simulados.....	115
Tabela 5.3 - Expressões de duas perguntas à ontologia.	115

Tabela 5.4 - Consultas relacionadas com as propriedades das equipas.....	118
Tabela 5.5 - Comparação de respostas a uma pergunta do inquérito com as da ontologia. ..	125
Tabela 5.6 - Respostas à questão sobre acções defensivas consideradas válidas.	125
Tabela 5.7 - Avaliação de afirmações sobre as características dos jogadores.....	127
Tabela 5.8 - Avaliação de grau de risco de uma equipa.	129
Tabela 5.9 - Resultados da questão sobre o conceito de linha defensiva.	130
Tabela 5.10 - Resultados da questão sobre o conceito de largura da equipa.....	130
Tabela 5.11 - Resultados das questões sobre o posicionamento dos jogadores.	133
Tabela 5.12 - Resultados das questões sobre as formações das equipas.	133
Tabela 5.13 - Resultados da ontologia para posicionamentos e formações.....	136

Abreviaturas e Símbolos

Lista de Abreviaturas

AI	<i>Artificial Intelligence</i>
FM	<i>Football Manager</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
O4IS	<i>Ontology for Information Systems</i>
PES	<i>Pro Evolution Soccer</i>
RSO	<i>Robot Soccer Ontology</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
UPON	<i>Unified Process for ONtology building</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo são apresentados o enquadramento, os objectivos e as etapas deste trabalho. Também é descrita a estrutura principal deste documento.

1.1 Enquadramento

A principal razão para o desenvolvimento desta ontologia é a sua integração num sistema inteligente de análise e simulação de futebol. O objectivo deste sistema é disponibilizar informações úteis para o trabalho dos treinadores de futebol, tal como os seus assistentes. A função da ontologia neste sistema é organizar, estruturar e interpretar as informações relacionadas com todos os acontecimentos, associados a um jogo de futebol.

A partir de informações fornecidas em tempo real sobre o posicionamento dos jogadores e da bola no campo, a Ontologia do Futebol cria um modelo conceptual do domínio, que ajuda à identificação de eventos e de situações presentes no jogo, até ser conseguido fazer a um mais alto-nível, uma análise aos comportamentos e características dos jogadores e das equipas.

1.2 Objectivos

O principal objectivo deste trabalho, que é a definição de uma ontologia, é representar da melhor maneira possível o domínio referente a uma partida de futebol, de modo a que sistemas de análise ou simulação de jogos possam utilizar as representações conceptuais que esta ontologia oferece.

Um sistema de aquisição de dados que recolha informações acerca dos intervenientes em jogo, apenas consegue apresentar valores relativos às posições dos jogadores e bola. O

objectivo da ontologia é transformar essas informações em conceitos (que são representações do jogo).

Previamente ao desenvolvimento propriamente dito da “Ontologia Aplicada ao Futebol”, é efectuado um estudo no domínio das tecnologias de representação de Ontologias, com o objectivo de serem assimilados todos os conhecimentos necessários para a realização deste mesmo trabalho.

A seguir ao estudo das tecnologias, é feito um estudo do domínio específico da ontologia, que neste caso é o futebol, com o objectivo de serem recolhidos todos os conceitos que pertencem a este mesmo domínio e que possam ser representados pela ontologia que se pretende desenvolvida.

Quanto à fase de desenvolvimento, os conceitos que se pretende identificados e representados pela “Ontologia Aplicada ao Futebol” são os seguintes:

- Representação do campo de jogo, através da definição de várias regiões.
- Representação dos períodos de jogo.
- Identificação das acções que decorrem durante o jogo.
- Identificação de situações de jogo.
- Representação de características e comportamentos dos jogadores.
- Identificação das posições base dos jogadores em campo.
- Identificação de formações das equipas.
- Representação de táticas ou estratégias das equipas.

1.3 Etapas do Trabalho

As etapas de desenvolvimento do trabalho referente a esta dissertação estão assentes em três fases principais: o estudo das tecnologias para a representação das ontologias, o estudo dos conceitos do futebol presentes em ferramentas que tentam representar o domínio do futebol e o desenvolvimento e teste da ontologia aplicada ao futebol. A figura 1.1 sumariza as várias etapas presentes em cada uma das fases deste trabalho.

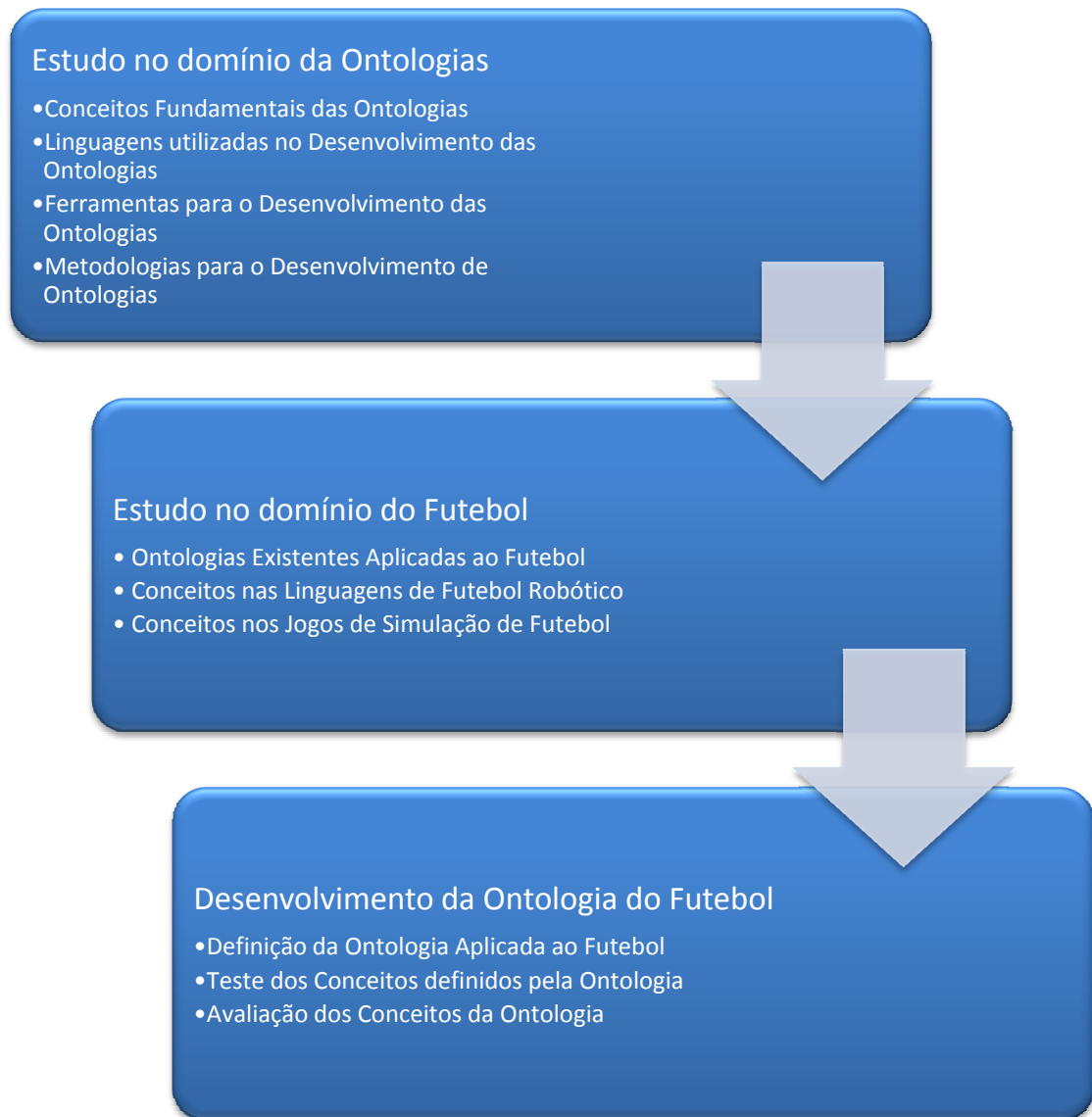


Figura 1.1 - Fases e etapas do trabalho.

1.4 Estrutura do Documento

O documento do trabalho de “Definição de uma Ontologia Aplicada ao Futebol” é constituído por seis capítulos. No Primeiro capítulo é efectuada a introdução. No Segundo capítulo é apresentado o estudo do estado da arte no domínio das ontologias, englobando o estudo de conceitos fundamentais, linguagens, ferramentas e metodologias para a definição de ontologias. No capítulo Três é apresentado o resultado do estudo de conceitos de futebol presentes: em ontologias já existentes, em linguagens utilizadas no futebol robótico, e em jogos de simulação de futebol. No Quarto capítulo é apresentada a “Definição da Ontologia Aplicada ao Futebol”. No capítulo Cinco é apresentada a análise de resultados, referentes ao

teste e avaliação dos conceitos representados pela ontologia. Finalmente, no Sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho e uma reflexão sobre o trabalho futuro.

A figura 1.1 resume os conteúdos principais referentes a este trabalho de “Definição de uma Ontologia aplicada ao Futebol”. A fase inicial do estudo no domínio das ontologias é apresentada no capítulo dois deste documento. A segunda fase referente ao estudo no domínio do futebol é apresentada no capítulo três. A fase de desenvolvimento da ontologia aplicada ao futebol é apresentada nos capítulos quatro e cinco deste documento.

Uma questão muito importante tem que ser referida aqui. A língua inglesa é utilizada na maioria das figuras e tabelas deste documento. Tal deve-se ao facto de a “Ontologia Aplicada ao Futebol” ter sido desenvolvida usando termos nesta língua. Isto também se aplica aos conceitos de futebol presentes noutras fontes. No corpo textual deste documento, a Língua Portuguesa estará na medida do possível sempre presente, havendo por isso uma tradução dos termos originais do futebol a partir da língua inglesa. Resumindo, o que o leitor terá que ter em atenção, é que os termos do futebol utilizados no corpo de texto deste documento não são os mesmo que são utilizados na ontologia definida.

Capítulo 2

Estudo do Domínio das Ontologias

Neste capítulo é apresentado o estudo do estado da arte no domínio da representação das Ontologias. Este estudo inicia-se com uma breve introdução sobre o domínio das ontologias (secção 2.1). Na secção 2.2 são apresentados os conceitos fundamentais associados a uma “ontologia”. Na secção 2.3 é apresentado um estudo das linguagens mais importantes utilizadas na representação das ontologias. Na secção 2.4 são apresentados os resultados do estudo das principais ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de ontologias. Finalmente na secção 2.5 são apresentados os resultados do estudo de várias metodologias de desenvolvimento de ontologias.

2.1 Introdução

As “Ontologias” são uma área associada ao domínio da Inteligência Artificial, que recentemente atingiu a sua maturidade. Também é uma poderosa ferramenta conceptual no domínio da Modelação do Conhecimento. Uma ontologia fornece uma base coerente para a construção através de um consensual vocabulário de conceitos, onde é possível desenvolver descrições e comunicações.

Inicialmente os princípios e os métodos para a representação das ontologias foram desenvolvidos no campo da Inteligência Artificial de modo a facilitar a partilha e reutilização do conhecimento. A partir dos inícios dos anos 90 do século passado, as ontologias tornaram-se um tópico de investigação popular em algumas comunidades académicas e grupos de investigação, por exemplo nas áreas: da Engenharia do Conhecimento, do Processamento Natural da Linguagem e da Representação do Conhecimento. Actualmente outras áreas de investigação, tais como, a da Integração Inteligente da Informação, da Recolha de Informação, da Gestão do Conhecimento e da Web Semântica também estão interessadas neste tópico.

A razão para esta popularidade deve-se principalmente à promessa de oferta de uma compreensão comum e partilhada sobre um domínio específico, que pode ser comunicado entre pessoas e sistemas de aplicação [1]. As ontologias foram desenvolvidas para fornecer semânticas processáveis por máquinas a partir de fontes de informação, que podem ser comunicadas entre diferentes agentes (entidades humanas ou software) [2]. Também são essenciais para o desenvolvimento e utilização de sistemas inteligência, particularmente para a interoperabilidade de sistemas homogêneos. As ontologias são por isso responsáveis por informar sobre o vocabulário de um dado domínio e explicar o significado que os sistemas interactivos atribuem aos termos.

A partir do momento em que as ontologias têm em vista a disponibilização de conhecimento consensual a um domínio, o seu desenvolvimento é frequentemente um processo cooperativo envolvendo pessoas de diferentes origens. Desde que o desenvolvimento de uma ontologia torna-se uma tarefa difícil e dispendiosa em tempo, é usual, por exemplo, usar uma parte de uma ontologia já existente ou mesmo ontologias completas.

2.2 Conceitos Fundamentais sobre as Ontologias

Nesta secção são focados alguns aspectos fundamentais no domínio das ontologias. Estes são: as definições, os objectivos, os tipos e os componentes das ontologias. Para se evitar confusões com o termo “Ontologia” também é feita uma comparação desta com outras noções similares. A finalizar esta secção, também é explicado o papel das “Ontologias” no relativamente recente domínio da “Web Semântica”.

2.2.1 Algumas Definições de Ontologia

Inicialmente o termo “ontologia” teve origem na filosofia, quando os povos ancestrais se preocuparam com as dificuldades encontradas quando tentaram encontrar a essência das coisas através das mudanças. Na filosofia, ontologia significa explicação sistemática do ser. O significado do termo ontologia para a filosofia foi inventado no século XVII, onde *Onto* significa *ser* e *Logos* significa *tratado* [3]. A partir dos finais do século XX, as ontologias surgiram como uma área de investigação nas ciências da computação, e a partir do início deste século é que esta palavra se tornou realmente relevante para as comunidades da inteligência artificial e da engenharia do conhecimento.

Existem várias definições de ontologia que foram surgindo nas últimas décadas. De qualquer das maneiras, existe um consenso entre a comunidade de investigadores na área das ontologias sobre o seu papel: estas proporcionam uma compreensão comum referente a um domínio de conhecimento.

Algumas das mais representativas definições de ontologia são citadas, na seguinte lista:

- **Neches e colegas** (1991) [4] definiram uma ontologia como o seguinte: *“Ontologia define os termos básicos e as relações de um vocabulário de uma determinada área tópica, tal como também as regras para combinar e relacionar termos para definir extensões para o vocabulário”*. Esta definição descreve como deve ser desenvolvida uma ontologia, identifica os termos básicos e o relacionamento entre eles, tal como também as regras para estes se combinarem.
- **Gruber** (1993) [5] deu a definição mais largamente citada: *“Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceptualização”*. “Conceptualização” é basicamente a ideia do domínio onde uma pessoa ou um grupo de pessoas está inserido; “explícita” significa que o tipo de conceitos e restrições sobre os seus usos são explicitamente definidos.
- **Borst** (1997) [6] modificou superficialmente a definição de Gruber ficando como segue: *“As ontologias são definidas como sendo uma especificação formal de uma conceptualização partilhada”*. Neste contexto, “partilhada” tem como significado que uma ontologia deve reflector o conhecimento consensual aceite por um grupo; “formal” refere-se ao facto que um computador deve entender a ontologia.
- **Studer e colegas** (1998) [7] englobaram as definições dadas por Gruber e Borst, tal como se segue: *“Uma ontologia é uma formal, explícita especificação de uma conceptualização partilhada”*. Os autores também explicaram a definição dada, como se segue: *“Conceptualização refere-se a um modelo abstracto de algum fenómeno no mundo, após terem sido identificados os conceitos relevantes para esse fenómeno. Explícito tem como significado que os tipos de conceitos utilizados e as condições ao seu uso são explicitamente definidos. Formal refere-se ao facto que uma ontologia ter que ser lida por máquinas. Partilhada reflecte a noção que uma ontologia captura conhecimento consensual, isto é, não é propriedade de algum indivíduo, mas aceite por um grupo”*.
- **Guarino e Giarretta** (1995) [8] compilaram várias definições de ontologia. Estas são enumeradas como se segue: *“(1) uma disciplina filosófica, (2) um sistema conceptual informal, (3) uma descrição semântica formal, (4) uma especificação de uma conceptualização, (5) uma representação de um sistema conceptual via uma teoria lógica, (6) o vocabulário utilizado pela teoria lógica, (7) uma especificação (meta-nível) de uma teoria lógica”*.
- **Grüninger e Fox** (1995) [9] afirmaram que uma ontologia é uma descrição formal de entidades, propriedades, condicionantes e comportamentos.
- **Uschold e Jasper** (1999) [10] concluíram que, embora as ontologias possam ter várias formas, elas sempre incluem um vocabulário específico e algumas especificações o tanto o quanto os seus significados são do interesse. Os autores incluem definições e

relações de como os conceitos são inter-relacionados, com a imposição de uma estrutura de um domínio colectivo e de restrições das possíveis interpretações dos termos.

- **Noy e McGuinness** (2001) [11] dizem que uma ontologia é uma formal e explícita descrição de conceitos num domínio de discurso, onde propriedades de cada conceito descrevem as características, os atributos dos conceitos e as condicionantes dos atributos.

Embora as várias definições de ontologias discutidas acima forneçam diferentes e complementares pontos de vista, estas partilham algumas funcionalidades comuns. De uma forma genérica, as ontologias visam capturar e modelar conhecimento e podem e devem ser reutilizadas e partilhadas entre softwares de aplicação e grupos de pessoas.

2.2.2 Objectivos das Ontologias

Diversas comunidades de investigação, em áreas como as da Representação do Conhecimento, Bases de Dados ou Engenharia de Software, utilizam as ontologias para vários propósitos: Processamento de Linguagem Natural, Comércio Electrónico, Gestão do Conhecimento, Web Semântica, etc.

Tal como acontece com a existência de várias definições de uma ontologia, também existem diferentes propostas sobre os usos das ontologias. De seguida são apresentadas as diferentes utilizações das ontologias de acordo com a perspectiva de vários investigadores.

De acordo com Gruber (1993) [5] as ontologias são desenvolvidas com os seguintes propósitos:

- Possibilitar uma máquina de utilizar conhecimento em alguma aplicação.
- Possibilitar a partilha de conhecimento entre máquinas.
- Ajudar os humanos a entender mais sobre alguma área do conhecimento.
- Ajudar as pessoas a chegar a um consenso sobre determinadas áreas do conhecimento.

Noy e McGuinness (2001) [11] propuseram as seguintes possíveis utilizações das ontologias:

- Para partilhar uma compreensão comum da estrutura de informação entre pessoas ou softwares.
- Para possibilitar a reutilização de conhecimento de domínio.
- Para elaborar suposições de domínio explícitas.
- Para separar o domínio de conhecimento do conhecimento operacional.
- Para analisar conhecimento de domínio.

Os usos das ontologias foram sumarizados por Grüninger e Lee (2002) [12], tal como se segue:

- Para comunicação: entre sistemas computacionais implementados, entre humanos, e entre humanos e sistemas computacionais implementados.
- Para dedução computacional: para planos de representação internos e planeamento de informação; para análise de estruturas internas, algoritmos, inputs e outputs de sistemas implementados em teorias e termos conceptuais.
- Para reutilização (e organização) de conhecimento: para estruturação ou organização de bibliotecas ou repositórios de planos e informações de domínio.

É importante realçar, que as ontologias são úteis para uma melhor interacção entre humanos e sistemas de computadores. Pois existe um problema prático associado às ciências computacionais, que consiste na dificuldade de permutação entre a inteligência humana e a inteligência computacional.

2.2.3 Componentes das Ontologias

Os componentes das ontologias variam conforme as linguagens de ontologias, mas todos estes partilham alguns elementos comuns. De acordo com o formalismo lógico de técnicas de modelação, os componentes das ontologias podem ser classificados em dois grupos. Um é baseado em *Frames* e Lógica de Primeira Ordem. Este grupo identifica cinco tipos de componentes: classes, relações, funções, axiomas formais e instâncias. O outro grupo é baseado na Lógica Descritiva (DL). Os sistemas DL permitem a representação das ontologias através de três tipos de componentes: conceitos, *roles*, e individuais. Os *conceitos* representam classes de objectos, as *roles* descrevem relações binárias entre conceitos permitindo a descrição de propriedades de conceitos, e os *individuais* representam instâncias das classes.

Embora cada uma destas perspectivas pretendam representar o mesmo conhecimento em diferentes níveis de formalidade e granularidade, estas têm os seguintes mesmos componentes básicos:

- **Classes:** para modelar os *conceitos* de domínio ou tarefa. Estas usualmente estão organizadas em taxonomias, e heranças também podem ser aplicadas. A taxonomia de uma classe é representada através de uma estrutura em árvore. Quando são permitidas múltiplas heranças, uma classe pode ter várias super-classes. As classes podem ser concretas ou abstractas. Em contraste com as classes abstractas, as classes concretas pode ter *instâncias* directas.
- **Atributos:** para representar as características dos *conceitos*. Os atributos também podem ser chamados de *slots*, *roles* ou *propriedades*. Estes normalmente são distintos

das relações pois no seu âmbito são usados tipos de dados (números, *strings*, booleanos, etc.)

- **Relações:** para se modelar tipos de associações entre *conceitos*. Relações binárias são por vezes usadas para expressar *atributos* dos *conceitos*. No entanto, o âmbito das *relações* é diferente do âmbito dos *atributos*: o âmbito de uma *relação* é um *conceito*.
- **Instâncias:** para a representação de elementos específicos. Estes são entidades específicas de uma dada classe. Novas *instâncias* pode ser criadas e valores podem ser atribuídos aos *atributos* e *relações*.
- **Funções:** para a representação de casos especiais de relações, no qual o enésimo elemento da relação é único para n-1 elementos predecessores.
- **Axiomas:** para a modelação de frases sempre verdadeiras. Os axiomas são usados para a verificação da consistência da ontologia ou da consistência do conhecimento armazenado.

É importante reter, que existem algumas implicações e conexões entre os componentes de modelação do conhecimento, os paradigmas da representação do conhecimento e as linguagens utilizadas para representar ontologias sobre um dado paradigma da representação do conhecimento. Isto é, uma ontologia com base em frames ou lógica descritiva pode ser implementada através de várias linguagens do tipo frame ou de lógica descritiva.

2.2.4 Tipos de Ontologias

Tal como se verificou anteriormente, existem várias definições de ontologia. Neste caso também existem vários critérios que podem ser usados para caracterizar e categorizar ontologias. A categorização pode ser feita com base no sujeito da conceptualização, na informação que a ontologia necessita para expressar a riqueza da sua estrutura interna, e o nível de dependência de uma determinada tarefa ou ponto de vista. Algumas propostas de definição de tipos de ontologias são quanto: à sua função, ao nível de formalismo do seu vocabulário, à sua aplicação, e à sua estrutura e conteúdo dos conceitos. De seguidas são apresentadas as classificações mais utilizadas.

Para Uschold e Gruninger (1996) [13], as ontologias diferem no grau de formalidade no qual são expressados os termos e os seus diferentes significados. O conhecimento expressado na ontologia pode ser sempre o mesmo, mas pode ser diferente quanto à forma como é expressado. Estes autores classificam as ontologias como:

- **Altamente Informais:** quando são expressadas numa linguagem natural. Este tipo de ontologia poderá ser ambígua devido à ambiguidade intrínseca de uma linguagem natural.
- **Semi-informais:** quando expressadas numa forma restrita e estruturada de linguagem natural. Neste tipo de ontologias existe mais clareza e redução de ambiguidade.

- **Semi-formais:** quando são expressadas através de linguagens artificiais, que estão formalmente definidas.
- **Rigorosamente Formais:** quando são precisamente definidas através de semânticas formais, teoremas e propriedades confirmadas.

Van Heijst e colegas (1997) [14] classificaram as ontologias de acordo com duas perspectivas: quanto à quantidade e tipo da estrutura conceptual, e quanto ao sujeito da conceptualização. Na primeira das perspectivas, os autores distinguem três categorias, que se distinguem principalmente quanto ao nível de granularidade:

- **Ontologias Terminológicas** que são constituídas por léxicos que especificam a terminologia que é utilizada para representar conhecimento no domínio do discurso.
- **Ontologias de Informação** que definem a estrutura de uma base de dados.
- **Ontologias de Modelação de Conhecimento** que especificam conceptualizações do conhecimento. Estas são frequentemente especificadas de acordo com uma utilização particular do conhecimento que descreve.

A respeito do sujeito da conceptualização, os autores distinguem quatro categorias, de acordo com o tipo de conhecimento que é modelado:

- **Ontologias de Aplicação** que definem os conceitos necessários para o modelo do conhecimento de um aplicação em particular. Normalmente, estas especializam termos obtidos a partir de ontologias mais gerais tais como as de domínio e as genéricas. Estas ontologias são de difícil reutilização.
- **Ontologias de Domínio** que definem conceitos e suas relações num domínio específico. Estas ontologias são reutilizáveis num dado domínio específico (ciências, engenharia, medicina, etc.)
- **Ontologias Genéricas** que definem conceitos independentes de domínio geral. O conhecimento de senso comum representado por estas ontologias é reutilizável entre domínios. Estas definem conceitos tais como: eventos, tempo, espaço, causalidade, comportamento, função, etc.
- **Ontologias de Representação** que capturam os princípios de representação usados para formalizar conhecimento sobre um dado paradigma da representação do conhecimento. Estas fornecem definições formais dos princípios da representação utilizados principalmente nas linguagens baseadas em frames e permitem a construção de outras ontologias através dos significados de convenções baseadas em frames.

Guarino (1998) [15] classifica as ontologias de acordo com o nível de generalidade. A figura 2.1 ilustra as relações entre esses tipos de ontologias. O autor apresenta as seguintes classificações:



Figura 2.1 - Relações entre os tipos de ontologias quanto à sua generalidade [15].

- **Ontologias de Alto-Nível** que descrevem conceitos muito gerais ou conhecimento do senso comum, os quais são independentes de um problema ou domínio em particular.
- **Ontologias de Domínio** que disponibilizam vocabulários sobre um domínio genérico. São reutilizáveis num dado domínio específico.
- **Ontologias de Tarefa** que descrevem conceitos relacionados com a execução de uma tarefa ou actividade em particular. Descrevem o vocabulário relacionado com uma tarefa ou actividade genérica através da especialização dos termos presentes em ontologias de alto nível.
- **Ontologias de Aplicação** que descrevem conceitos dependendo de um domínio ou tarefa em particular, normalmente sendo especializações de duas ontologias. Contêm todas as definições necessárias para o modelo do conhecimento necessário para uma aplicação em particular.

Lassila e McGuinness (2001) [16] classificaram as ontologias baseadas na riqueza da sua estrutura interna. As principais categorias são:

- **Vocabulários controlados** que são a mais simples noção de ontologia. São constituídas, por exemplo, por uma lista de termos finita. Um exemplo típico é um catálogo.
- **Glossários** que são listas de termos ou significados, que normalmente são expressados por frases numa linguagem natural.
- **Thesaurus** que fornecem uma semântica adicional entre termos. Podem fornecer, por exemplo, informação sobre uma relação sinónima. Os *Thesaurus* não fornecem uma estrutura hierárquica explícita.

- **Hierarquias *Is-a* Informais** que contêm uma noção geral de generalização e fornecem especialização embora não como uma hierarquia de subclasses estrita.
- **Hierarquias *Is-a* Formais** que organizam os conceitos de acordo com uma hierarquia de subclasses estrita.
- **Frames** que incluem classes e as suas propriedades que podem ser herdadas por classes de níveis inferiores da taxonomia *is-a* formal.
- **Restrições de Valor** que permitem a aplicação de restrições sobre os valores associados às propriedades.
- **Condicionantes de Lógica Geral** são geralmente escritas em linguagens de representação de ontologias muito expressivas, permitindo a especificação de condicionantes de Primeira Ordem Lógica sobre os conceitos e suas propriedades.

As ontologias não apresentam sempre a mesma estrutura, mas existem características comuns e componentes básicos numa grande parte delas. Mesmo apresentando propriedades distintas, é possível identificar tipos bem definidos. A tabela 2.1 sumariza as diferentes abordagens apresentadas.

Mesmo não havendo um consenso quanto à classificação das ontologias, pode-se observar que os diferentes tipos de ontologias são idênticos entre as suas funções. Conhecidos os principais tipos, ontologias existentes ou adequadas ao seu propósito, podem ser encontradas.

Tabela 2.1 - Sumarização dos vários tipos de ontologias.

Perspectiva	Classificação
Formalidade	Ontologias Altamente Informais
	Ontologias Semi-informais
	Ontologias Semi-Formais
	Ontologias Rigorosamente Formais
Granularidade	Ontologias Terminológicas
	Ontologias de Informação
	Ontologias de Modelação do Conhecimento
Assunto	Ontologias de Aplicação
	Ontologias de Domínio
	Ontologias Genéricas
	Ontologias de Representação
Generalidade	Ontologias de Alto Nível
	Ontologias de Domínio
	Ontologias de Tarefas
	Ontologias de Aplicação
Riqueza da Estrutura Interna	Vocabulários Controlados
	Glossários
	Thesaurus
	Hierarquias Is-a Informais
	Hierarquias Is-a Formais
	Frames
	Restrições de Valor
	Condicionantes de Lógica Gerais

2.2.5 Ontologias vs. Outras Noções Similares

Tal como foi discutido anteriormente, o termo *Ontologia* ou *Ontologias* é usado frequentemente nas áreas da inteligência artificial e dos sistemas de informação. De qualquer modo, não existe uma definição clara do que é uma *Ontologia*. Na maioria das vezes na literatura pode-se encontrar definições muito generalistas, ou outras definições muito orientadas ao domínio onde a aplicação é desenvolvida.

O termo *Ontologia* é por vezes usado como um sinónimo de outros termos tais como *Vocabulários Controlados*, *Taxonomias*, *Thesaurus* ou *Bases de Conhecimento*. Tal deve-se à sobreposição de algumas funções que são comuns a estes conceitos. A figura 2.2 tenta explicar algumas diferenças entre *Ontologias*, *Vocabulários Controlados*, *Taxonomias* e *Thesaurus*. Pode-se afirmar que estes termos são diferentes quanto ao seu nível semântico, onde a ontologia fica situada no topo. De seguida as várias noções são comparadas entre si.

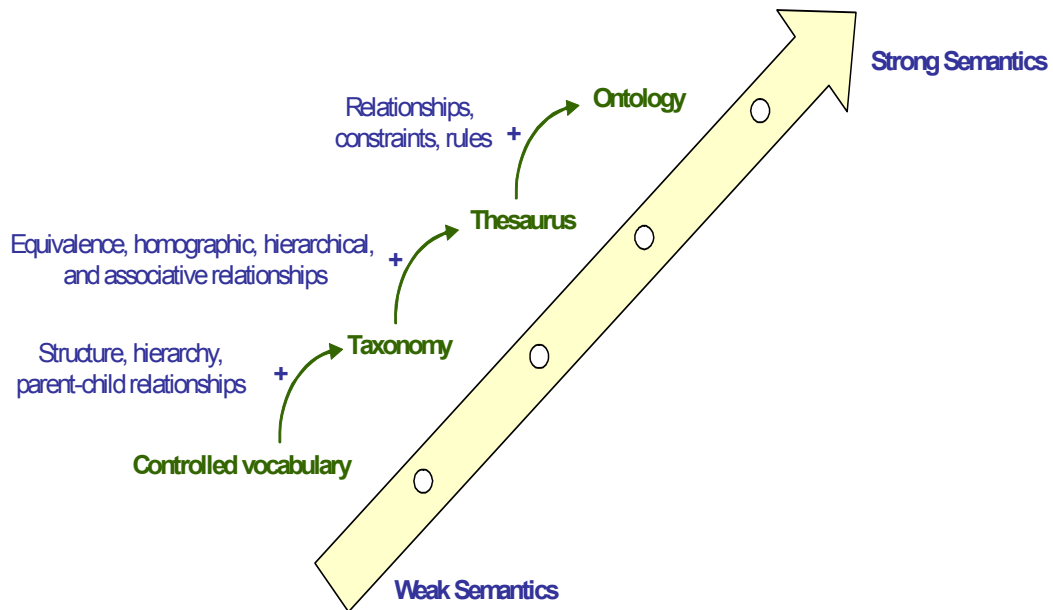


Figura 2.2 - Espectro da Semântica [17].

A diferença entre uma *Taxonomia* e um *Vocabulário Controlado* é que a primeira classifica os termos recorrendo a uma hierarquia ou árvore genealógica. Por sua vez, os *Thesaurus* são uma extensão de uma *Taxonomia*. Estes permitem que se elaborem frases e relações entre termos. Estes podem ser convertidos em uma *Taxonomia* ou num *Vocabulário Controlado*, mas nessa conversão perde-se a sua expressividade e o seu nível semântico. As *Ontologias* são similares às *Taxonomias* mas com a diferença que as relações entre termos e atributos são mais ricas quanto ao nível semântico.

Uma funcionalidade comum entre uma *Ontologia* e um *Thesaurus* é que ambos contêm um leque alargado de termos especiais referentes a um determinado domínio e fornecem uma compreensão clara dos seus significados. Ainda mais, tanto uma *Ontologia* como um *Thesaurus* usam relações entre termos para representar os seus significados. Contudo, a maioria das relações utilizadas num *Thesaurus* são diferentes das presentes nas *Ontologias*. Um *Thesaurus* lida com termos enquanto uma *Ontologia* lida com conceitos, mas esta última utiliza termos para representar conceitos [18].

Nas *Taxonomias* apenas existe um tipo de relação entre entidades, mais especificamente a relação *is-a*. Por esta razão, se numa *Ontologia*, se pretender representar conceitos usando apenas relações do tipo *is-a*, a *Ontologia* será equivalente a uma *Taxonomia*.

Adicionalmente, a comunidade ontológica faz uma distinção entre ontologias que são mais uma taxonomia, das ontologias que modelam um domínio de uma maneira mais profunda, dando condicionantes às semânticas do domínio:

- **Ontologias Ligeiras:** incluem conceitos, taxonomia dos conceitos, relações entre conceitos e propriedades que descrevem os conceitos.
- **Ontologias Pesadas:** adicionam à definição anterior axiomas e condicionantes.

As ontologias Ligeira e Pesadas podem ser modeladas através de diferentes técnicas de modelação e também podem ser implementadas através do uso de diferentes linguagens e ferramentas [13].

Ainda mais, o uso do termo *Ontologia* pode ser também confundido com o uso do termo *Base de Conhecimento*. Uma *Base de Conhecimento*, para a comunidade da inteligência artificial é constituída por duas partes: uma caixa terminológica, chamada *T-Box* e um caixa assertiva, chamada *A-Box*. A *T-Box* abrange um conjunto de conceitos e as suas definições. Esta normalmente inclui uma taxonomia de termos relacionados entre si. A *A-Box* abrange um conjunto de instâncias desses conceitos, denominados o universo do discurso, e um conjunto de asserções entre estas. A funcionalidade comum entre as *Ontologias* e as *Bases de Conhecimento* é que ambas representam conhecimento. Contudo, as *Bases de Conhecimento* disponibilizam instâncias adicionais, para as quais o conhecimento é aplicado e inferido. Portanto, se uma *Base de Conhecimento* for reduzida para uma *T-Box*, poder-se-á dizer que uma *Ontologia* será equivalente à *Base de Conhecimento* resultante [18].

2.2.6 As Ontologias na Web Semântica

A Web Semântica é reconhecida como sendo uma efectiva infra-estrutura para a melhoria da visibilidade do conhecimento na Web. Baseado na visão de Berners-Lee (2001) [19] a Web Semântica é a próxima geração da *World Wide Web*: “*É uma extensão da actual Web, onde a sua informação é dada uma entendimento bem definido, possibilitando assim que os computadores e as pessoas trabalhem em cooperação*”. O grande sucesso da actual *World Wide Web* leva a um novo desafio: “*Uma enorme quantidade de dados está de tal maneira desestruturada que apenas pode se compreendida pelos humanos, mas o facto é que esta quantidade de dados apenas pode ser processada eficientemente por máquinas*”.

A informação na Web pode ser definida de uma maneira que pode ser utilizada pelos computadores não apenas para ser apresentada no ecrã, mas também para a interoperabilidade e integração entre sistemas. Actualmente os desafios são possibilitar trocas de informação entre máquinas e uma solução é a Web Semântica.

A figura 2.3 apresenta o caminho da evolução da *World Wide Web*. Como pode ser visto na figura, as semânticas são o próximo passo da Web. A Web Semântica construída através de mudanças incrementais fornece descrições processáveis por computador aos dados e documentos já existentes na Web. A Web Semântica tem como objectivo o desenvolvimento de uma arquitectura, que reforça os conteúdos da Web com semânticas formais, possibilitando assim a criação de dados, informações e conhecimento processáveis por máquina.

	Static	Dynamic	Syntax	Semantic
Encoding	HTML	+ RDBMS	+ XML	+ RDF/OWL
Creation	Manually	Generated by server-side applications	Generated by applications based on schema	Generated by applications based on models
Users	Humans	Humans	Humans and applications	Humans and applications
Paradigm	Browse	Create/Query/Update	Integrate	Interoperate
Applications	Browsers	Browsers	Process Integration, EAI, BPMS, Workflows	Intelligent agents, Semantic engines



A horizontal timeline arrow pointing to the right, with the years 1995, 2000, and 2005 marked below it.

Figura 2.3 - Evolução da World Wide Web [17].

As Ontologias são a espinha dorsal da Web Semântica. Estas permitem a representação e troca de informação interpretáveis pelas máquinas. Tal significa que as ontologias podem estabelecer vocabulários comuns, definir conceitos comuns e partilhados, suas relações e semânticas. Berners-Lee acreditava que a aplicação das ontologias à escala Web iria acelerar o desenvolvimento da Web Semântica. O que também se sucedeu é que a representação das ontologias também evoluiu devido aos desafios da Web Semântica. Na sua visão, a estrutura da Web Semântica apresenta várias camadas, tal como é apresentado na figura 2.4.

Na figura 2.4, a camada referente ao vocabulário das ontologias é a principal área de investigação na Web Semântica. As tecnologias tais como o XML, RDF e RDF(S) representam a base da linguagem da ontologia. Ao mesmo tempo a camada referente ao vocabulário da ontologia adiciona anotações semânticas aos documentos Web e representa o comum acordo formal sobre o significado dos dados. As ontologias também estão integradas na camada lógica porque a maioria das ontologias necessitam de axiomas lógicos. Através da aplicação de lógica dedutiva, qualquer um pode inferir novo conhecimento a partir de informação que é está implicitamente definida nas ontologias.

Portanto, as ontologias são muito importantes ao desenvolvimento da Web Semântica e por sua vez a Web Semântica despoletou o desenvolvimento da representação das ontologias.

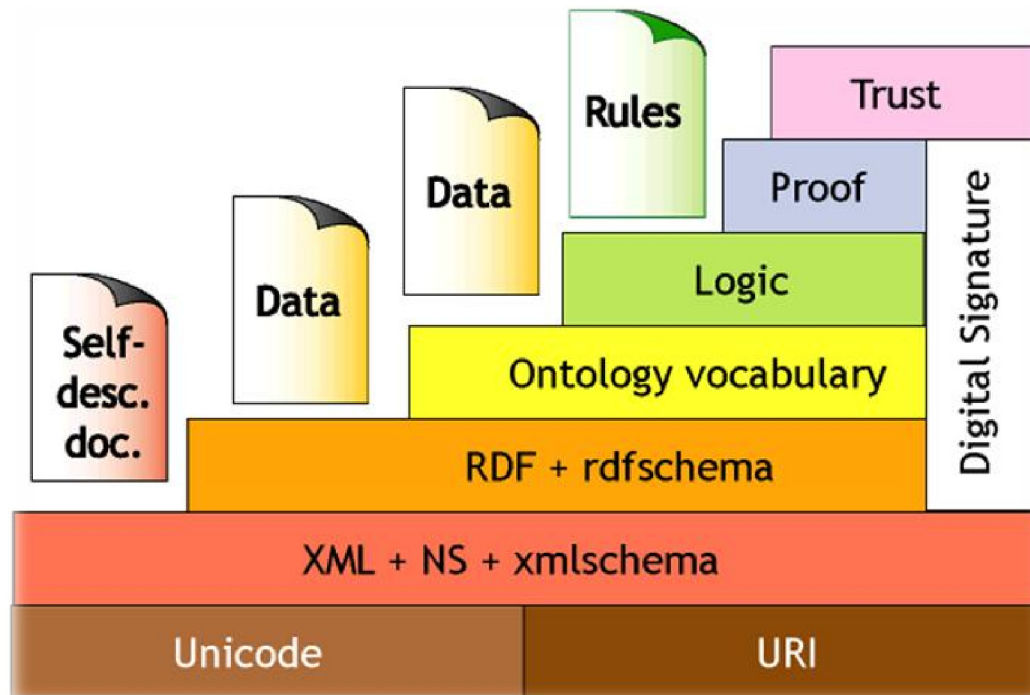


Figura 2.4 - Arquitetura da Web Semântica [20].

2.3 Linguagens de Representação de Ontologias

Nesta secção é apresentada uma perspectiva geral sobre as linguagens que são utilizadas para representação das ontologias. É importante deixar como nota, que existem várias linguagens específicas para representar as ontologias e outras que também podem ser utilizadas para atingir o mesmo objectivo. Antes de mais, para se tentar compreender sobre a evolução de cada uma das linguagens será feita uma abordagem inicial numa perspectiva histórica. Posteriormente serão apresentadas as linguagens mais significativas, terminando-se esta secção com uma descrição mais detalhada da linguagem OWL (*Web Ontology Language*).

2.3.1 Evolução das Linguagens de Representação de Ontologias

As linguagens de representação de ontologias são utilizadas principalmente para desenvolver ontologias. Estas permitem a codificação do conhecimento relativamente a domínios específicos e frequentemente incluem regras de raciocínio que suportam o processamento deste conhecimento.

No campo das Ontologias existe uma grande variedade de linguagens que podem ser utilizadas. As primeiras linguagens derivam de formalismos derivados da *Representação do Conhecimento*, tais como *Lógica Descritiva*, *Lógica de Primeira Ordem* e *Frames*. Com o aparecimento da *World Wide Web*, as novas linguagens de representação de ontologias, passaram a ser do tipo *Markup*, misturadas com alguns formalismos das linguagens derivadas da *Representação do Conhecimento*.

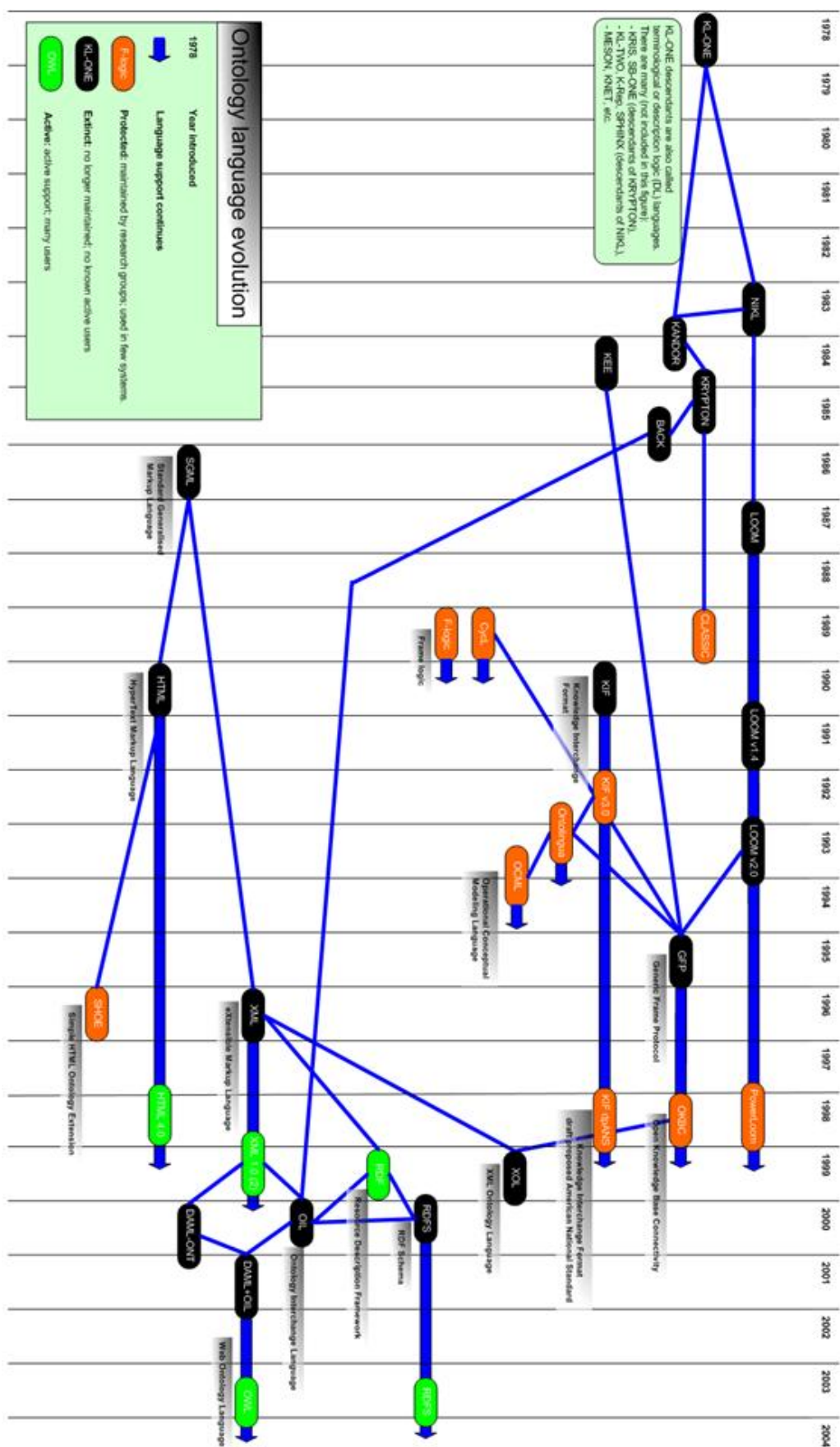


Figura 2.5 - Evolução das linguagens de representação de ontologias [22].

A figura 2.5 apresenta uma larga perspectiva histórica das linguagens de representação de ontologias. A referida figura apresenta o ano em que as linguagens mais importantes foram introduzidas. Também faz referência a linguagens que já se extinguíram (assinaladas a preto), a linguagens mantidas por grupos de investigação (assinaladas a laranja) e a linguagens activas (assinaladas a verde).

A comunidade ontológica, na prática, divide as linguagens em dois grupos:

- **Linguagens Clássicas** ou tradicionais, nas quais se incluem as linguagens de Lógica Descritiva, Frames, e Lógica de Primeira Ordem. Alguns exemplos são: LOOM, CycL, Ontolingua, OCML, Flogic, KIF e OKBC.
- **Linguagens Markup**, que são linguagens *Web standard* ou baseadas nestas. Alguns exemplos das utilizadas para a representação das ontologias são: SHOE, XOL, RDF, OIL, DAML+OIL e OWL.

De acordo com esta divisão em dois grupos de linguagens, em seguida é dada uma perspectiva geral das linguagens mais representativas.

2.3.2 Linguagens Clássicas

Tal como foi referido anteriormente algumas das linguagens clássicas deixaram de ser utilizadas, algumas ainda são mantidas por alguns grupos de investigação. As linguagens mais relevantes são apresentadas, tal como se segue:

- **CycL [23]** (*Cyc Language*) é uma linguagem formal baseada em *frames* e em *lógica de primeira ordem*. O vocabulário de *CycL* é constituído por termos. Os termos podem ser divididos em constantes, termos não atómicos, variáveis e um pouco de outros objectos. Os termos são combinados com expressões significativas da linguagem, possibilitando assim a elaboração de asserções na base de conhecimento *Cyc2*. *Cyc* é uma enorme base de conhecimento, baseada no senso comum, criada pela MCC (*Microelectronics and Computer Technology Corporation*).
- **Flogic [24]** foi desenvolvida *Departamento de Ciências Computacionais da Universidade do Estado de Nova York*. Esta linguagem integra funcionalidades derivadas da programação orientada ao objecto, da *representação de conhecimento* baseada em *frames* e da *lógica de primeira ordem*.
- **KIF [25]** (*Knowledge Interchange Format*) é uma linguagem desenhada para a troca de conhecimento entre sistemas a partir de diferentes sistemas computacionais (criados por programadores diferentes, em Alturas diferentes e com diferentes linguagens de programação). É uma linguagem de Lógica de Primeira Ordem com uma sintaxe simples e algumas extensões menores para o suporte de raciocínio sobre relações. Embora a linguagem KIF seja uma linguagem expressiva, é uma linguagem de baixo nível para representar ontologias.

- **Ontolingua** [26] é uma linguagem que foi desenvolvida pelo Laboratório de Sistemas do Conhecimento da Universidade de *Stanford*. Esta linguagem é baseada no *KIF* e na ontologia *Frame* sendo a linguagem de construção de ontologias utilizado pelo “*Ontolingua Server*”. A linguagem do “*Ontolingua Server*” disponibiliza suporte explícito para a construção de módulos ontológicos que pode ser agrupados, estendidos e refinados numa nova ontologia. Também faz uma separação explícita entre a apresentação e a representação de uma ontologia.
- **OCML** [27] (*Operational Conceptual Modelling Language*) foi desenvolvida pelo “*Knowledge Media Institute of the Open University*” para fornecer as competências da modelação operacional para o projecto VITAL. A linguagem OCML, que é baseada principalmente na linguagem Ontolingua é uma linguagem baseada em Frames com uma sintaxe semelhante às linguagens da família Lisp. Consequentemente, a linguagem OCML disponibiliza primitivas para a definição de classes, relações, funções, axiomas e instâncias. Também é possível definir regras e anexar procedimentos.
- **LOOM** [28] é uma linguagem e ambiente para o desenvolvimento de aplicações inteligente. O núcleo desta linguagem é um sistema de representação de conhecimento usado para fornecer suporte dedutivo, à parte declarativa da linguagem LOOM. O conhecimento declarativo presente nesta linguagem consiste em definições, regras e factos. A linguagem LOOM é o resultado de um projecto de investigação que está a ser levado a cabo pelo Instituto de Ciências da Informação da Universidade do Sul da Califórnia. O objectivo do projecto é desenvolver ferramentas avançadas para a representação do conhecimento e raciocínio na inteligência artificial.
- **OKBC** [29] (*Open Knowledge Base Connectivity Protocol for Knowledge Base Interoperation*) fornece um modelo uniforme dos sistemas de representação do conhecimento, baseado numa conceptualização comum de vários componentes. A linguagem OKBC é definida por uma linguagem de programação independente. O protocolo, de um modo transparente, suporta ligações em rede, tal como o acesso directo a sistemas de representação de conhecimento e bases de conhecimento.

A figura 2.6 pretende representar o relacionamento entre as linguagens clássicas apresentadas acima. Numa explicação simples, a linguagem Ontolingua é baseada na linguagem KIF integrada com as ontologias *Frame* e OKBC. O protocolo OKBC foi desenvolvido para permitir a interoperabilidade entre as linguagens Ontolingua, CycL e LOOM.

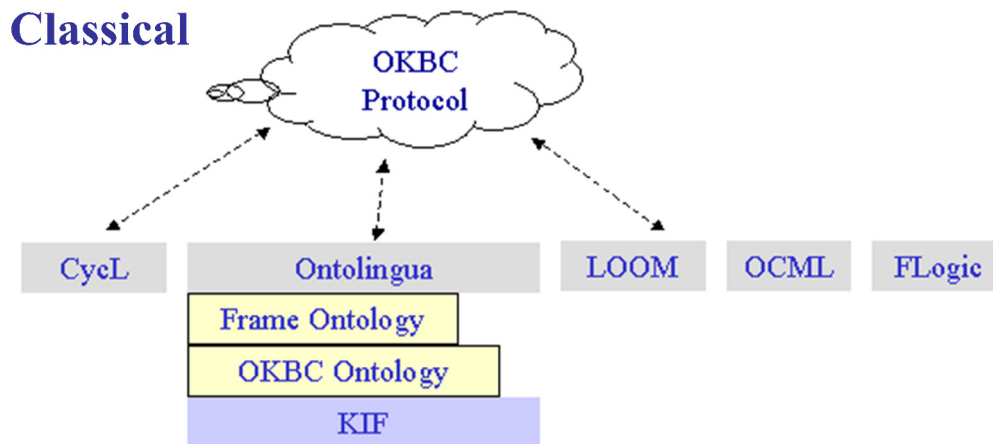


Figura 2.6 - Linguagens de representação de ontologias clássicas [17].

2.3.3 Linguagens Markup

A partir dos anos noventa, houve um esforço para investigação de como a ideia da representação do conhecimento a partir da inteligência artificial poderia ser útil para a *World Wide Web*. O resultado foi a criação de várias linguagens baseadas em HTML ou XML, e também em várias linguagens de representação do conhecimento baseadas em *frames* e em abordagens de aquisição de conhecimento.

As mais expressivas linguagens baseadas da Web que podem ser utilizadas para a representação das ontologias são exemplificadas na seguinte lista:

- **SHOE** [30] (*Simple HTML Ontology Extensions*) foi desenvolvida pela Universidade de Maryland. A linguagem SHOE, que é uma extensão do HTML, visa incorporar em documentos *Web* conhecimento semântico processável e disponibilizar *tags* específicas para a representação de ontologias.
- **XML** [31] (*eXtensible Markup Language*) é um subtipo da linguagem SGML (*Standard Generalized Markup Language*). O objectivo do XML é possibilitar a linguagem SGML genérica de ser disponibilizada e processada na Web. A linguagem XML foi desenvolvida para simplificar a implementação e para a interoperabilidade entre ambas as linguagens HTML e SGML.
- **XOL** [32] (*Ontology eXchange Language*) foi desenvolvida pela “Pangea Systems Inc.” e pelo Centro de Inteligência Artificial do “SRI (*Scientific Research Institute International*)” para facilitar a criação de ontologias partilhadas (foi originalmente desenvolvida para o uso na bioinformática). Esta linguagem é pressupostamente para ser utilizada como uma linguagem intermediária para a transferência de ontologias entre sistemas de bases de dados, ferramentas de desenvolvimento de ontologias ou programas aplicativos.
- **RDF** [33] (*Resource Description Framework*) foi desenvolvida pelo W3C (*World Wide Web Consortium*) como linguagem para processar metadados. Esta linguagem oferece

interoperabilidade entre aplicações, que transaccionam informação interpretável pelos computadores na Web. O RDF enfatiza as facilidades necessárias para permitir um processamento automático dos recursos da Web.

- **RDF Schema** [34] é uma linguagem que, tal como no RDF, foi desenvolvida pelo W3C e que é especificada em termos a partir do modelo de informação do RDF básico.
- **RDF(S)** [34] é uma combinação do *RDF* e do *RDF Schema*. É altamente expressiva visto que permite a representação de conceitos, taxonomias dos conceitos e relações binárias. Um mecanismo de inferência foi criado para ser utilizado com a linguagem, principalmente para verificar restrições.
- **OIL** [35] (*Ontology Inference Layer*) é uma proposta para representação Web e uma camada de inferência para ontologias, combinando as largamente utilizadas primitivas da modelação das linguagens baseadas em *Frames*. A linguagem OIL é compatível com o *RDF Schema* e inclui semânticas precisas para a descrição do significado dos termos.
- **DAML** (*DARPA Agent Markup Language*) é uma extensão das linguagens XML e RDF.
- **DAML+OIL** [36] é uma versão actualizada da linguagem DAML, que fornece um importante conjunto de construtores para a criação de ontologias e de geração de informação que pode ser lida e interpretável pelos computadores.
- **OWL** [37] (*Web Ontology Language*) é uma recomendação W3C destinada a ser utilizada quando a informação encapsulada em documentos precisa de ser automaticamente processada por aplicações bem como humanos. Esta linguagem pode ser utilizada para representar explicitamente o significado dos termos e as relações entre termos. A linguagem OWL é mais expressiva que o XML, RDF e RDF(S), e apresenta facilidades adicionais para a representação de conteúdo da Web interpretável por computador. A linguagem OWL é uma revisão da linguagem DAML+OIL.

Na figura 2.7 é apresentado um esquema das linguagens *Markup* para a representação de ontologias. Numa análise à figura 2.7, pode-se verificar que a linguagem SHOE, originalmente uma extensão do HTML, mais tarde foi adaptada como extensão do XML. Pode-se também verificar que a linguagem XOL é também uma extensão do XML. Por fim, pode-se verificar, que as linguagens OIL, DAML+OIL e OWL são evoluções das linguagens derivadas do RDF.

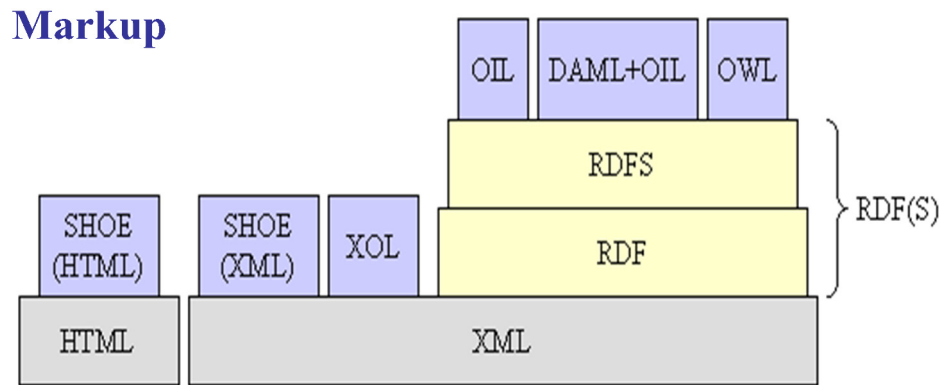


Figura 2.7 - Linguagens de representação de ontologias baseadas na Web [17].

2.3.4 Comparação entre Linguagens

Um dos tópicos mais importantes de comparação é sobre o que a linguagem OWL oferece e o que as linguagens XML, RDF e RDF(S) não oferecem. O XML oferece sintaxe para documentos estruturados, mas não define condicionantes semânticas sobre o significado dos documentos. A linguagem RDF é um modelo de dados para representar objectos e suas relações, que oferece semânticas simples e que pode ser representada na sintaxe do XML. A linguagem RDF(S) é um vocabulário para a descrição de propriedades e classes dos recursos da linguagem RDF com semânticas para a generalização de hierarquias das suas propriedades e classes. A linguagem OWL é uma evolução do RDF, fornecendo mais vocabulário para descrever propriedades e classes, incluindo relações entre estas, características de propriedades e também classes enumeradas.

Os conceitos organizados em taxonomias, relações binárias e instâncias são os únicos componentes que podem ser representados em todas as linguagens. Enquanto as linguagens Ontolingua e SHOE permitem a criação de múltiplas relações binárias, nas outras linguagens este tipo de relações são representadas por decomposição. Funções podem ser definidas nas linguagens Ontolingua, LOOM, OCML, FLogic, KIF, OIL, DAML+OIL e OWL. Axiomas formais podem ser definidos nas linguagens Ontolingua, LOOM, OCML e Flogic. Regras podem ser definidas em LOOM, OCML e SHOE. Procedimentos podem ser definidos em CycL, Ontolingua, LOOM, OCML e KIF. Em termos de mecanismos de inferência, muitos tipos são utilizados.

2.3.5 A Linguagem OWL e suas Extensões

De entre as linguagens de representação de ontologias apresentadas anteriormente, a linguagem OWL [37, 38, 39] (*Web Ontology Language*) é objecto de um estudo mais aprofundado. Com base no apresentado anteriormente, nem é preciso justificar muito a razão desta escolha. A linguagem OWL, em muitos aspectos, está muito à frente em comparação com outras linguagens. Esta foi desenhada para uso por aplicações que precisam de processar o conteúdo de informação ao contrário de apenas serem apresentadas informações às

peessoas. A linguagem OWL facilita uma maior interpretabilidade do conteúdo da Web do que o suportado pelas linguagens XML, RDF, e RDF(S) através da oferta de uma maior expressividade devido às adição de semânticas formais. A linguagem OWL também suporta técnicas de raciocínio mais poderosas. Existem muitas ferramentas disponíveis, que não fazem apenas alguns trabalhos gerais, mas também processam tarefas de raciocínio sobre as ontologias OWL.

Tal como também já foi referido, esta é uma linguagem recomendada pelo W3C (*World Wide Web Consortium*). Os documentos da linguagem OWL tornaram-se uma recomendação formal da W3C em Fevereiro de 2004. Uma candidatura a recomendação de uma segunda versão desta linguagem (OWL2) foi lançada em Junho de 2009. A linguagem OWL2 [40] fornece novas extensões à linguagem OWL original, com a adição de uns pequenos, mas úteis, conjuntos de funcionalidades requisitadas pelos utilizadores. Brevemente a linguagem OWL 2 passará a ser uma recomendação formal da W3C, mas o estudo desta linguagem será concentrado em OWL na sua versão original, pois as ferramentas de desenvolvimento de ontologias ainda não conseguem aproveitar todas as potencialidades que esta extensão do OWL original oferece. Segue-se agora um breve estudo desta linguagem.

Sublinguagens OWL

A linguagem OWL oferece três incrementalmente expressivas sublinguagens: *OWL Lite*, *OWL DL* e *OWL Full*. A sublinguagem *OWL Lite* suporta aqueles utilizadores que primariamente precisam apenas de funcionalidades como uma hierarquia de classificação e condicionantes simples. A sublinguagem *OWL DL* que é assim denominada devido à sua correspondência com a Lógica Descritiva; esta inclui todos os construtores da linguagem mas com algumas restrições. E a sublinguagem *OWL Full* que é destinada para os utilizadores que querem a máxima expressividade e liberdade sintáctica do RDF sem garantias computacionais. A tabela 2.2 apresenta uma breve comparação entre estas três sublinguagens. Numa análise à tabela 2.2 pode-se verificar OWL Lite é uma parte fundamental da linguagem OWL, mas tem também mais restrições à utilização das funcionalidades do que OWL DL ou OWL Full. OWL DL e OWL Full expandem OWL Lite, em muitos aspectos importantes.

Os mais importantes conceitos presentes na linguagem OWL são as classes, propriedades, instâncias de classes, e as relações entre essas instâncias. Segue-se agora uma apresentação destes conceitos.

Tabela 2.2 - Comparação entre as três sublinguagens de OWL.

	OWL Lite	OWL DL	OWL Full
Usage	-Classification hierarchy, simple constraints	-Maximum expressiveness -High reasoning ability	-Maximum expressiveness -Free syntax -Unwarranted reasoning
Representation Language	-Fundamental part -Subset of OWL DL	-All, but used under certain constraints -Based on description logic	-All, us free without constraints -Extension of RDF
Reasoning	High efficiency	High efficiency	No warrantee

Classes OWL

As classes na linguagem OWL fornecem um mecanismo de abstracção para grupos de recursos com características similares. Estas podem ser usadas para representar diferentes conceitos e suas hierarquias numa ontologia. Cada classe OWL está associada a um conjunto de individuais, denominados extensão de classe ou instâncias. As classes em OWL são descritas através de descrição de classe ou axiomas de classe.

Uma descrição de classe descreve uma classe OWL, quer por uma nome de classe ou especificando o nome ou extensão de uma classe anónima. A linguagem OWL distingue seis tipos de descrições de classe:

- Um identificador de classe
- Uma enumeração exaustiva dos individuais que formam as instâncias de uma classe.
- Uma restrição de propriedade
- A intersecção de duas ou mais classes descrição
- A união de duas ou mais classes descrição
- O complemento de uma descrição de classe

A tabela 2.3 apresenta a categorização dos construtores da linguagem com as diferentes descrições de classe.

Tabela 2.3 - Descrições das classes em OWL e seus construtores.

Description Type		Language constructs
Class identifier		owl: class rdfs: subClassOf
Enumeration		owl: oneOf
Property restrictions	Value constraints	owl: allValuesFrom owl: someValuesFrom owl: hasValue
	Cardinality constraints	owl: maxCardinality owl: minCardinality owl: Cardinality
Intersection, union, complement		owl: intersectionOf owl: unionOf owl: complementOf

Propriedades OWL

Uma propriedade é uma relação binária. A linguagem OWL distingue duas categorias de propriedades:

- **Propriedades Objecto** que definem as relações entre instâncias de duas classes. Por outras palavras, as Propriedades Objecto ligam individuais a individuais.
- **Propriedades *Datatype*** que definem as relações entre instâncias das classes e tipos de dados. Ou seja, as Propriedades *Datatype* ligam individuais a valores de dados.

Um axioma de propriedade define as características de uma propriedade. A tabela 2.4 categoriza as construções dos axiomas de propriedade suportadas pela linguagem OWL.

Individuais

Os individuais são instâncias das classes, e as propriedades devem ser usadas para relacionar os individuais entre si. Os individuais são definidos através de axiomas de individual. Existem dois tipos de axiomas de individual:

- Axiomas sobre os membros das classes e os valores de propriedade dos individuais.
- Axiomas sobre a identidade individual.

Tabela 2.4 - Características das propriedades em OWL e seus construtores.

Property Characteristics	Language constructs
RDF Schema constructs	rdfs: subPropertyOf
	rdfs: domain
	rdfs: range
Relations to other properties	owl: equivalentProperty
	owl: inverseOf
Global cardinality constraints	owl: FunctionalProperty
	owl: InverseFunctionalProperty
Logical property characteristics	owl: SymmetricProperty
	owl: TransitiveProperty

SWRL (*Semantic Web Rule Language*)

A SWRL [41] é uma expressiva linguagem de regras baseada na linguagem OWL. A linguagem SWRL combina as linguagens OWL e RuleML (*Rule Markup Language*), permitindo aos utilizadores a escrita de regras que podem ser expressadas no conjunto de axiomas presentes em OWL.

As regras propostas são da forma de uma implicação entre um antecedente (corpo) e um conseqüente (cabeçalho). O significado pretendido pode ser lido como: sempre que as condições especificadas no antecedente são asseguradas, então as condições especificadas no conseqüente devem também ser asseguradas.

Numa sintaxe que pode ser facilmente interpretável pelas pessoas, uma regra apresenta o seguinte formato:

Antecedente $\Rightarrow$ *Consequente*

Tanto o antecedente (corpo) como o conseqüente (cabeçalho) são compostos de zero ou mais átomos. Um antecedente vazio é tratado como sendo trivialmente verdadeiro, logo o conseqüente também deve ser satisfeito por qualquer interpretação. Um conseqüente vazio é tratado como sendo trivialmente falso, de modo que o antecedente também não pode ser satisfeito por nenhuma interpretação.

A linguagem SWRL também disponibiliza uma biblioteca de funções *built-ins*, para se poder efectuar, por exemplo, comparações, operações matemáticas e manipulação de strings, na formulação das regras.

SQWRL (*Semantic Query-enhanced Web Rule Language*)

A SQWRL [42] é uma linguagem de consulta baseada em SWRL que pode ser utilizada para questionar ontologias em OWL. A linguagem SQWRL oferece operações semelhantes à muito utilizada linguagem SQL para formatar conhecimento extraído a partir de uma ontologia em OWL. A linguagem SQWRL não altera as semânticas da SWRL, pois utiliza a mesma apresentação sintáctica desta última.

A linguagem SQWRL é definida através da utilização da biblioteca dos built-ins que efectivamente transforma a SWRL numa linguagem de consulta. Estes built-ins estão definidos na ontologia SQWRL.

2.4 Ferramentas para as Ontologias

O principal objectivo desta secção é oferecer um panorama de algumas das ferramentas de ontologias disponíveis actualmente. Existem várias ferramentas para o desenvolvimento de ontologias, para modelização de domínios, para a construção de sistemas de conhecimentos, para a visualização de ontologias, para a gestão de projectos ou outras tarefas de modelação. Muitas das ferramentas são protótipos de investigação que foram desenvolvidos para um projecto específico, Instituto ou Universidade.

2.4.1 Funcionalidades das Ferramentas para as Ontologias

Com a finalidade de se efectuar uma distinção entre as diferentes funcionalidades que as ferramentas podem ter, seguir-se-á uma classificação destas por tipos. O “*Onto Web Consortium*” (2002) [43] agrupou os vários tipos de ferramentas, tal como se segue:

- **Ferramentas de Desenvolvimento de Ontologias.** Este grupo inclui as ferramentas e ambientes que podem ser utilizados para se construir uma nova ontologia a partir do zero ou reutilizando ontologias já existentes. Para além das funcionalidades comuns de edição e navegação, estas ferramentas costumam incluir outras funcionalidades relacionadas tais como: documentação, exportação/importação de vários formatos, visualização gráfica, bibliotecas e motores de inferência anexados.
- **Ferramentas de Fusão e Integração de Ontologias.** Estas ferramentas têm surgido para resolver o problema da fusão ou integração de diferentes ontologias no mesmo domínio. Esta necessidade surge quando duas empresas ou organizações que são unidas, ou quando é necessário obter uma ontologia de melhor qualidade a partir de outras ontologias existentes no mesmo domínio.
- **Ferramentas de Avaliação de Ontologias.** Estas são ferramentas de apoio para assegurar que tanto as ontologias e as suas respectivas tecnologias tenham um determinado nível de qualidade. A garantia de qualidade é extremamente importante

para evitar problemas na integração de ontologias e de tecnologias baseadas em ontologias em aplicações industriais.

- **Ferramentas de Anotação Baseadas em Ontologias.** Estas ferramentas foram concebidas para permitir aos utilizadores a inserção e manutenção (semi)automática de markups baseados em ontologias em páginas da Web. A maior parte destas ferramentas surgiu com a aparição da Web Semântica. Actualmente, a maioria destas funcionalidades encontram-se já integradas em ambientes de desenvolvimento de ontologias.
- **Ferramentas de Armazenamento e Consulta de Ontologias.** Estas ferramentas foram criadas para permitir uma utilização e consulta de ontologias facilitada. Devido à grande aceitação e à utilização da Web como uma plataforma para a transmissão dos conhecimentos, novas linguagens para consultar ontologias surgiram neste contexto.

De acordo com estes grupos, as ferramentas mais adequadas para este trabalho são as de desenvolvimento de ontologias.

De seguida são apresentadas as funcionalidades que Escorcio e Cardoso [44] (2007) identificaram como sendo as mais importantes para procurar, aquando da selecção de uma ferramenta para o desenvolvimento de ontologias. Estas são as seguintes: ser robusta e pronta a usar, ser software livre e *open source*, suportar a maioria das actividades envolvidas no processo de desenvolvimento e teste de ontologias, suportar RDF(S) e OWL, oferecer um ambiente colaborativo, fornecer um ambiente multi-ontologias, oferecer um ambiente baseado num servidor com suporte para verificação de consistências, oferecer uma funcionalidade simples para criação e edição de vistas, oferecer um construtor de *queries*, suportar uma metodologia, suportar edição de axiomas formais e regras, suportar o crescimento de ontologias de grande escala, suportar *versioning*, promover a interoperabilidade, usar um reasoner, ter uma vista gráfica, promover uma fácil e rápida navegação entre conceitos, ter suporte para tutoriais e oferecer *plug-ins*.

Entre as funcionalidades acima apresentadas, algumas são mais importantes que outras, dependendo do tipo de trabalho que se quer desenvolver.

2.4.2 Ferramentas de Desenvolvimento de Ontologias

As ferramentas de desenvolvimento de ontologias ajudam os utilizadores na criação e edição de ontologias. Tipicamente, um editor de ontologias apoia a definição de conceitos, atributos, axiomas, restrições e hierarquias dos conceitos. Os editores permitem o desenvolvimento, controlo, navegação, codificação e manutenção de ontologias. De seguida, é dada uma sinopse das ferramentas consideradas mais relevantes. As ferramentas que foram seleccionadas são as seguintes:

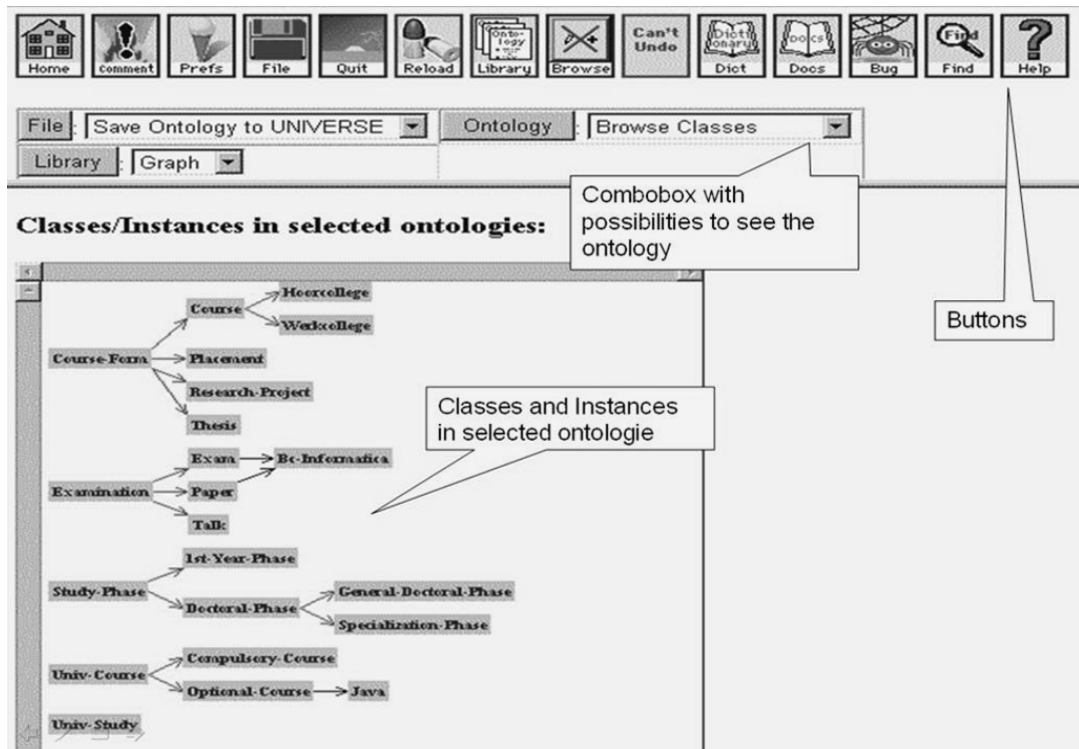


Figura 2.8 - Captura de ecrã da ferramenta Ontolingua [26].

- **Ontolingua**¹ [26] é uma interface Web criada pelo Laboratório de Sistemas de Conhecimento da Universidade de Stanford. O sistema consiste num servidor e numa linguagem de representação onde a Ontolingua é a linguagem base. Outros sistemas estão incluídos neste ambiente: Webster, servidor OKBC e ferramentas de fusão de ontologias. Este servidor foi concebido para permitir que vários utilizadores possam colaborar no processo de desenvolvimento de uma ontologia. Os principais módulos estão disponíveis para uso público através de um navegador da Web padrão. O servidor utiliza o conceito de utilizadores e grupos para conceder privilégios: o proprietário de uma ontologia pode dar acesso à leitura e escrita para utilizadores específicos ou grupos de utilizadores. O servidor notifica os outros utilizadores quando ocorre alguma alteração na ontologia. O servidor Ontolingua exporta e importa ontologias para várias linguagens: DAML+OIL, KIF, OKBC, LOOM, etc. Suporta a navegação e edição colaborativa de ontologias em Ontolingua. O Ontolingua, que foi o primeiro ambiente de ontologias desenvolvido, não tem nenhum motor de inferência. Os utilizadores devem ter algumas noções das linguagens KIF e Ontolingua para utilizar eficazmente esta ferramenta [44]. A Figura 2.8 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

¹ <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

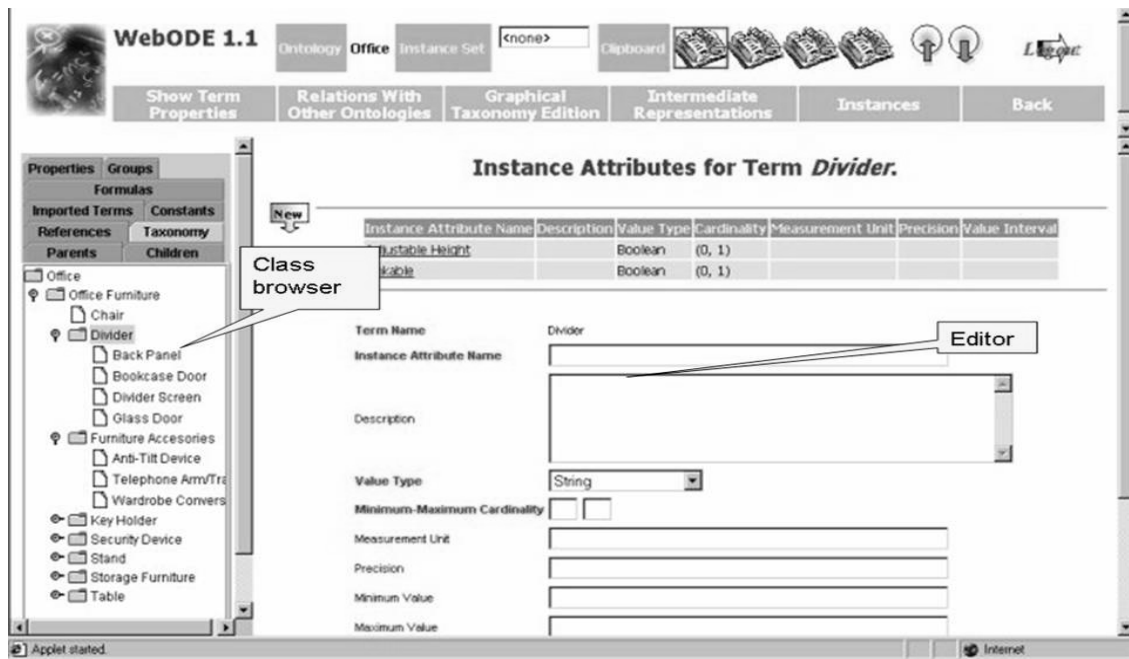


Figura 2.9 - Captura de ecrã da ferramenta WebODE [45].

- **WebODE²** [45] foi desenvolvida pelo Grupo de Engenharia de Ontologias do Departamento de Inteligência Artificial da Universidade Técnica de Madrid. O WebODE não é uma ferramenta apenas para o desenvolvimento de ontologias, também fornece vários serviços relacionados com a engenharia das ontologias. A ferramenta WebODE contém um editor, um sistema de gestão de conhecimento baseado em ontologias, um portal gerador automático de Web Semântica, uma ferramenta de anotação de recurso Web, e algumas ferramentas de edição de serviços para Web Semântica. As ontologias podem ser acedidas usando um Java API (*Application Programming Interface*) via um serviço local ou através de um aplicação a correr no mesmo computador onde o servidor da ontologia está instalado. Esta ferramenta permite a geração de ontologias em XML, RDF(S), OIL, DAML+OIL, OWL, FLogic e outras linguagens. A ferramenta WebODE é portanto uma aplicação Web onde as ontologias são conceptualizadas com um modelo de conhecimento muito expressivo. A WebODE suporta múltiplos utilizadores, também suporta a metodologia MENTHONTOLOGY, que será apresentada na próxima secção. Oferece serviços importação e exportação automática a partir de, e para XML. Suporta a maioria das actividades envolvidas no processo prático de desenvolvimento de uma ontologia, e também converte ontologias para Java. Na figura 2.9 é apresentada uma captura de ecrã desta ferramenta.

² <http://webode.dia.fi.upm.es/WebODEWeb/index.html>

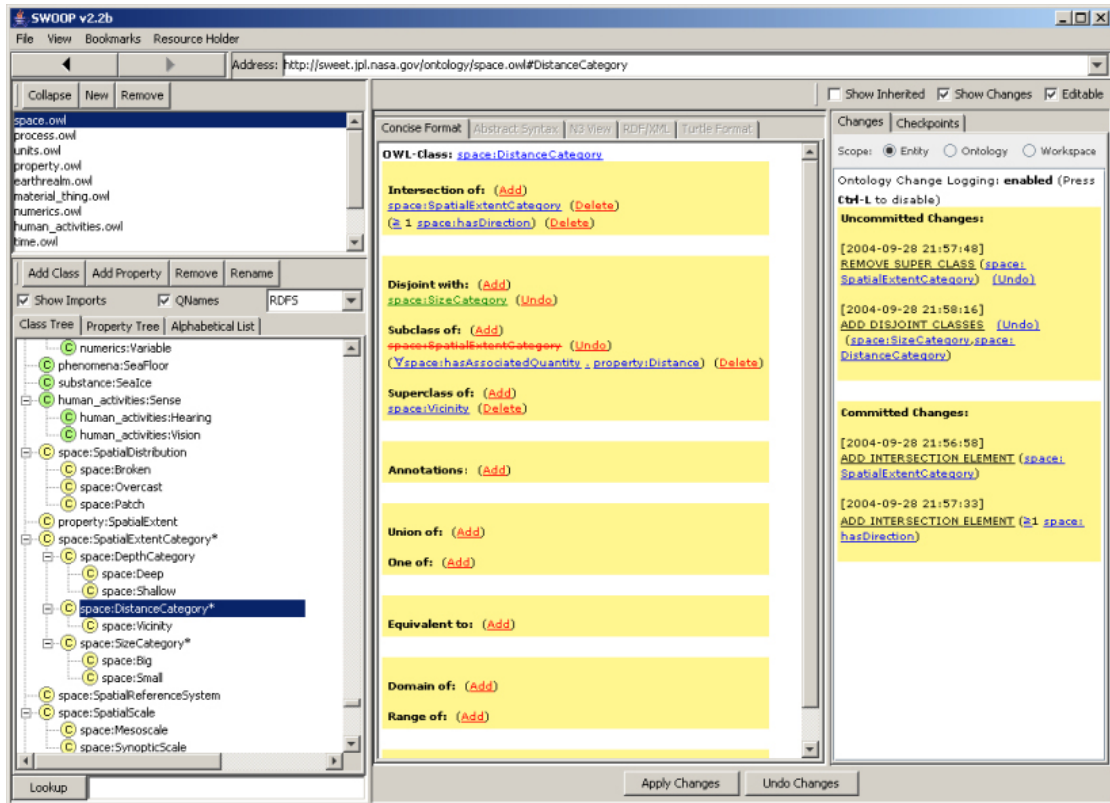


Figura 2.10 - Captura de ecrã da ferramenta SWOOP [46].

- **SWOOP**³ [46] é uma ferramenta *Open Source* baseada em Java, navegador e editor de ontologias OWL desenvolvida inicialmente pelo *MIND Lab* da Universidade de *Maryland*, mas posteriormente com contribuições de todo o lado. O **SWOOP** é uma ferramenta Web para a criação, edição, e processamento de ontologias OWL. Esta ferramenta conta com as seguintes funcionalidades: validação OWL, partição de ontologias e vários *plug-ins* disponíveis para diferentes sintaxes de apresentação. Esta ferramenta tem a capacidade de reutilizar dados de ontologias externas. Também vem equipada com um algoritmo de pesquisa de ontologias de modo a serem encontrados conceitos semelhantes, e também oferecendo a possibilidade de anotação colaborativa. Na figura 2.10 é apresentada uma captura de ecrã desta ferramenta.

³ <http://code.google.com/p/swoop/>

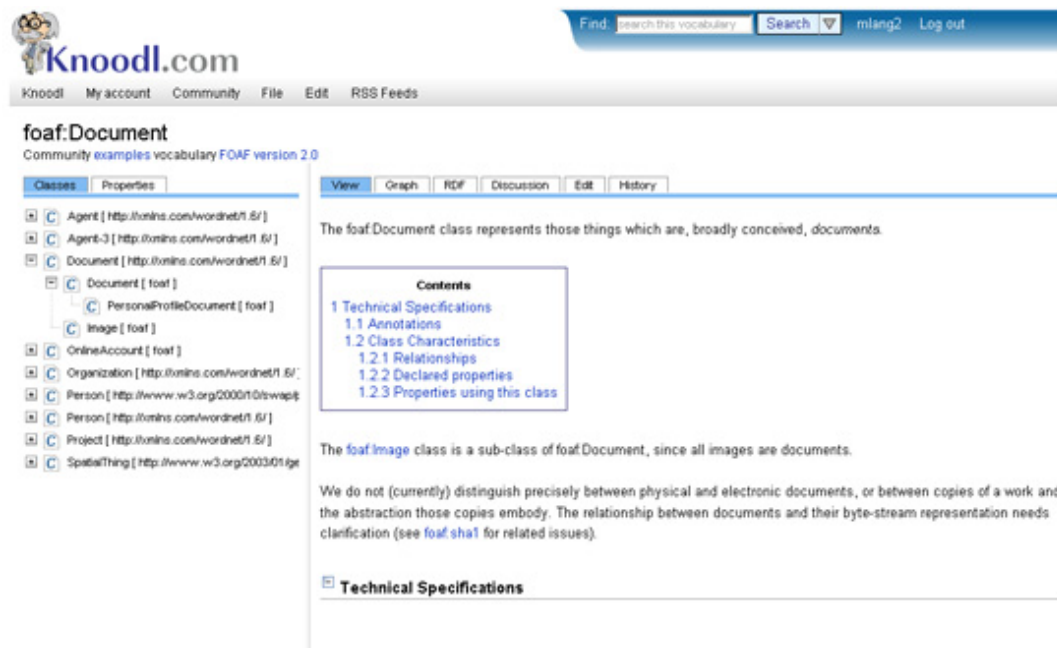


Figura 2.11 - Captura de ecrã da ferramenta Knoodl [47].

- Knoodl⁴ [47] é uma aplicação e serviço *Web* e que é ao mesmo tempo um editor de ontologias, um *wiki* e um registo de ontologias. Esta ferramenta hospeda ontologias colaborativas públicas e também é uma base de conhecimento desenvolvida pela empresa *Revelytix*. A ferramenta Knoodl suporta a criação de comunidades onde os membros podem colaborativamente importar, criar, discutir, documentar e publicar ontologias. Esta ferramenta suporta as linguagens OWL, RDF e RDF(S). Também suporta *queries* SPARQL. A figura 2.11 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

⁴ <http://www.knoodl.com/>

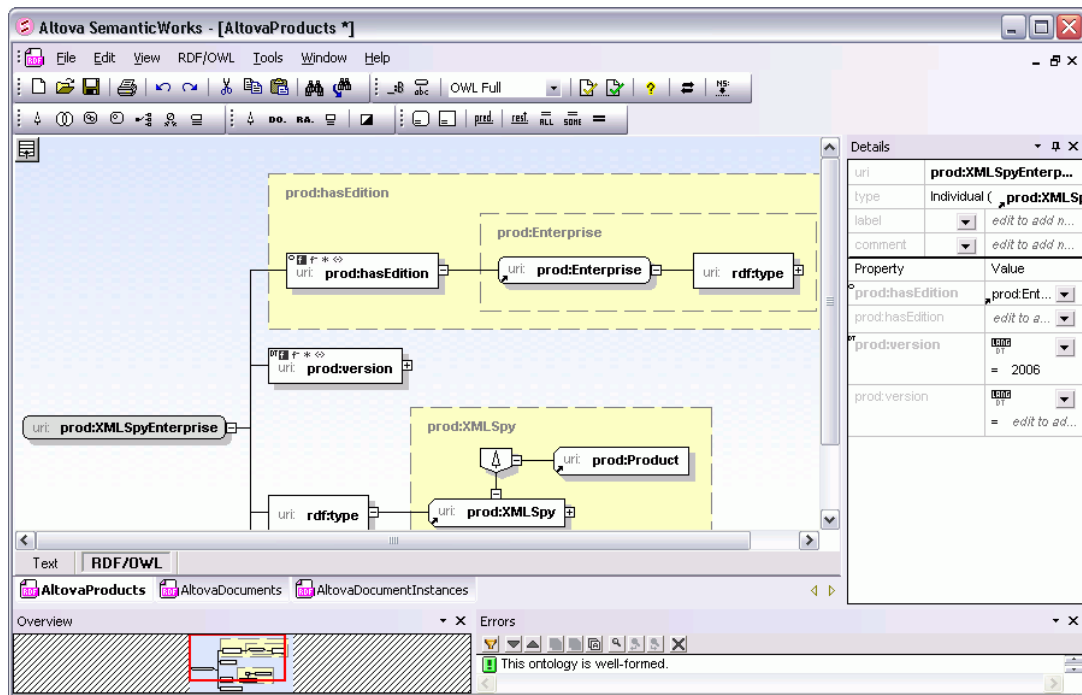


Figura 2.12 - Captura de ecrã da ferramenta Altova SemanticWorks [48].

- **Altova SemanticWorks⁵** [48] é um editor gráfico RDF/OWL para o desenvolvimento de aplicações para a Web Semântica. É uma ferramenta comercial que oferece um período de avaliação grátis. Esta ferramenta oferece funcionalidades para a criação e edição um *display* gráfico altamente configurável, onde é possível imprimir as representações gráficas de RDF e OWL. Altova SemanticWorks tem a capacidade de gerir os seguintes tipos de ficheiros: N-Triples, XML, OWL, RDF e RDF(S). A figura 2.12 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

⁵ http://www.altova.com/products/semanticworks/semantic_web_rdf_owl_editor.html

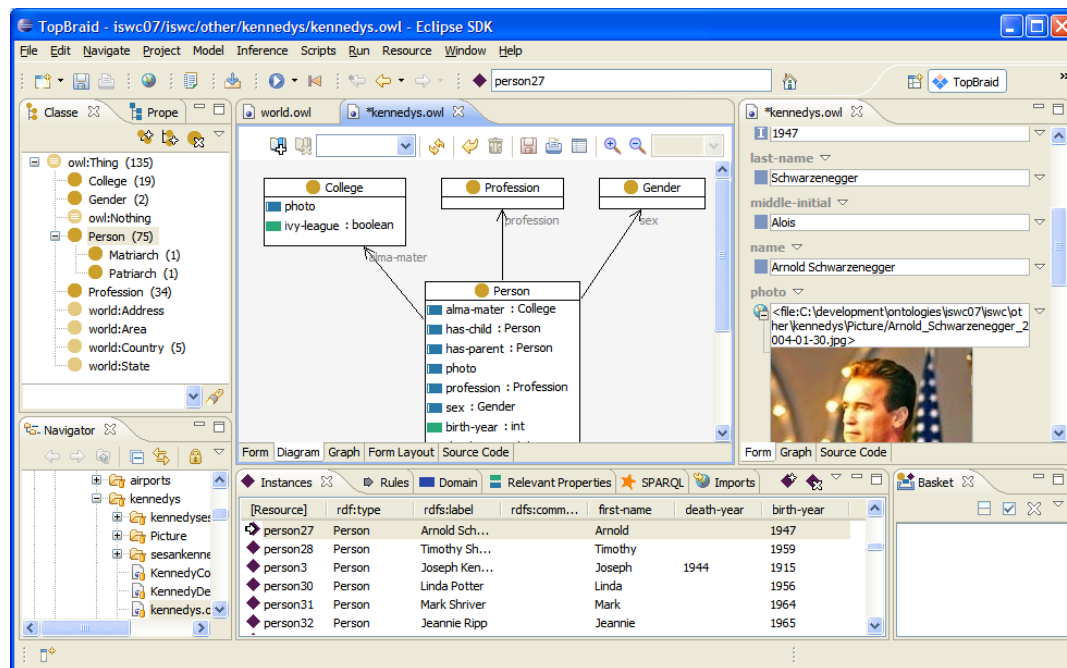


Figura 2.13 - Captura de ecrã da ferramenta TopBraid Composer [49].

- **TopBraid Composer**⁶ [49] é um ambiente de modelação e desenvolvimento de ontologias baseado na plataforma eclipse comercializado pela TopQuadrant. Esta ferramenta é um ambiente de modelação classe empresarial para o desenvolvimento de ontologias para a Web Semântica e construção de aplicações semânticas. A ferramenta *TopBraid Composer* oferece suporte para o desenvolvimento, gestão e configurações teste de modelos de conhecimento e suas instâncias bases de conhecimento. Esta ferramenta suporta linguagens tais como o RDF, RDF(S) e OWL, e tem integrado um motor de dedução, um editor de SWRL e também *queries* SPARQL. Também é capaz de importar ficheiros XML e UML. A figura 2.13 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

⁶ <http://topbraidcomposer.com/>

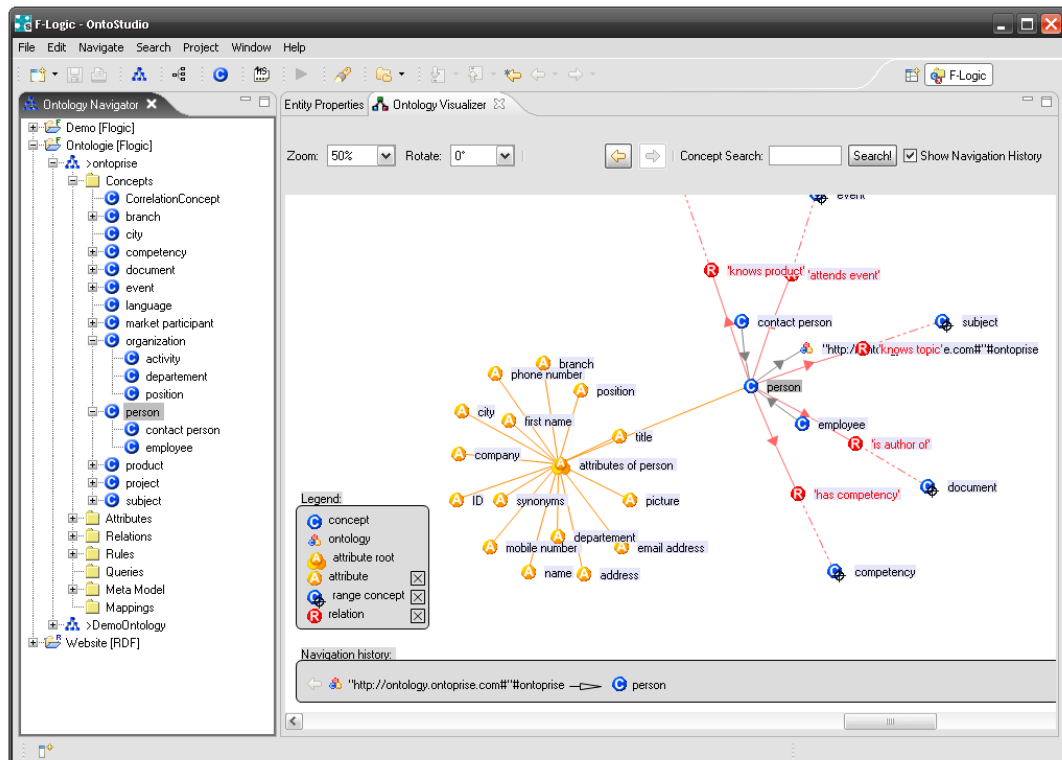


Figura 2.14 - Captura de ecrã da ferramenta OntoStudio [50].

- **OntoStudio**⁷ [50] é o ambiente para a criação e manutenção de ontologias mais difundido comercialmente. Esta ferramenta é comercializada pela *Ontoprise GmbH* e é a sucessora da ferramenta *OntoEdit* que era um ambiente de engenharia de ontologias pelo Instituto de Informática Aplicada e Métodos de Descrição Formal da Universidade de *Karlsruhe*. Esta distingue-se através da oferta de funções na modelação intuitiva de ontologias e através de um grande número de possibilidades de importação de estruturas, esquemas e modelos. Entre as funções mais importantes estão a ferramenta de mapeamento, com a qual estruturas heterogéneas podem ser mapeadas entre si de forma rápida e intuitiva, o editor de regras gráfico ou o ambiente integrado de teste com os quais a qualidade dos modelos pode ser garantida a qualquer momento. A figura 2.14 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

⁷ <http://www.ontoprise.de/en/home/products/ontostudio/>

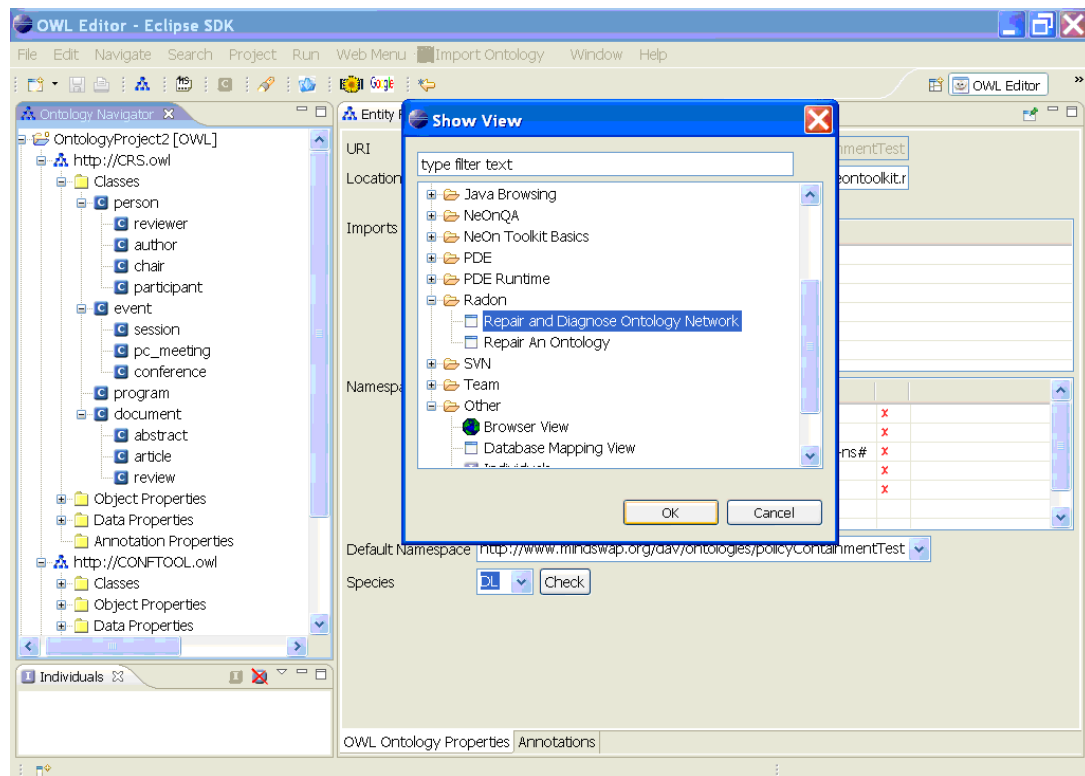


Figura 2.15 - Captura de ecrã da ferramenta NeOn Toolkit [51].

- **NeOn Toolkit**⁸ [51] é um extensível ambiente de engenharia de ontologias baseado no OntoStudio, originalmente desenvolvido pela Ontoprise e agora sendo desenvolvido entre vários parceiros sob o projecto NeOn. As funcionalidades nucleares incluem: edição básica, visualização, browsing, importação/exportação nas linguagens FLogic, RDF(S) e OWL. Contém plug-ins para a gestão e visualização, reutilização, aprendizagem e mapeamento de ontologias. A figura 2.15 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

⁸ <http://www.neon-toolkit.org/>

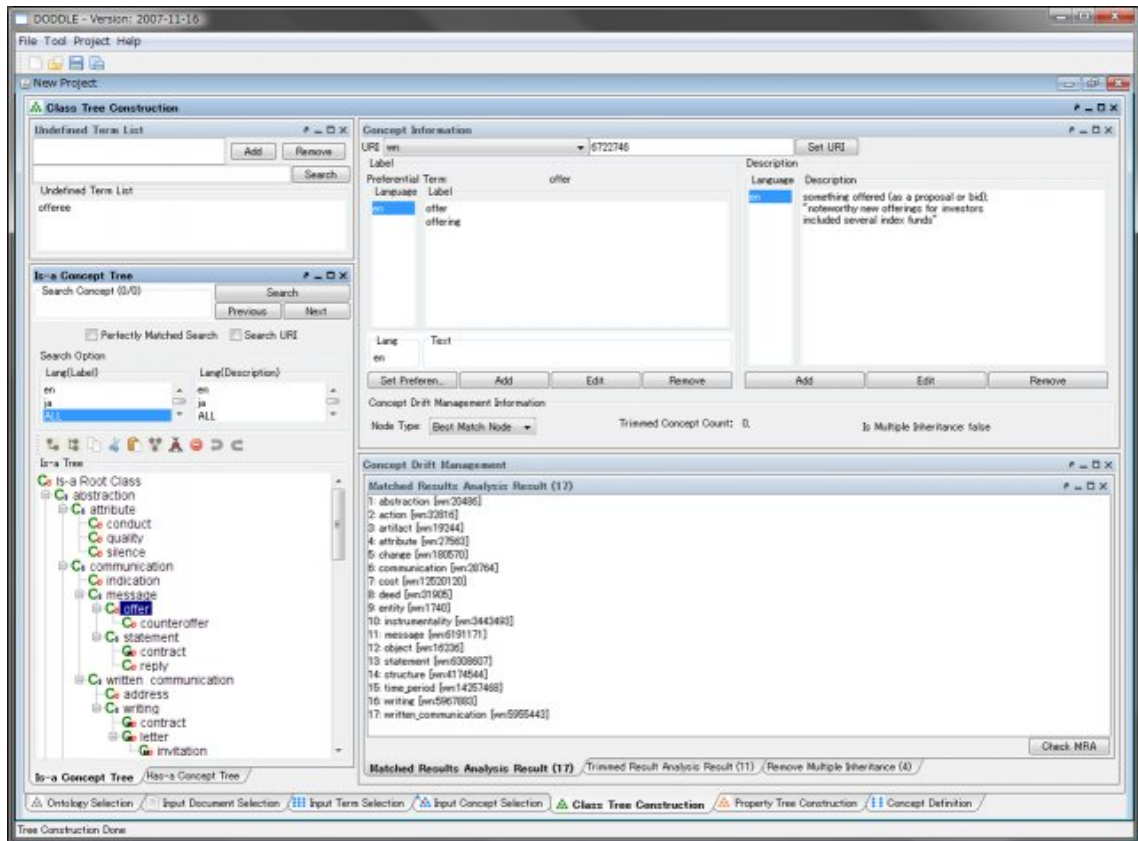


Figura 2.16 - Captura de ecrã da ferramenta DODDLE-OWL [52].

- **DODDLE-OWL⁹** [52] (Domain Ontology rapiD DeveLopment Environment) é um ambiente interactivo de desenvolvimento de ontologias de domínio. O DODDLE-OWL está escrito em linguagem Java. O DODDLE-OWL contém os seguintes seis módulos: Selecção de ontologia, Visualização, Input, Construção, Refinamento, Visualização e Tradução. A ferramenta DODDLE-OWL permite a reutilização de ontologias já existentes, tais como as ontologias generalistas WordNet e EDR para a construção de relações taxonómicas (definidas como classes) e outras relações (definidas como propriedades e seus domínios e extensões) para os conceitos. Especialmente, para uma utilização de um ambiente centrado no utilizador, a ferramenta DODDLE-OWL tem montadas funções interactivas com o utilizador em cada um dos módulos. A figura 2.16 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

⁹ <http://doddle-owl.sourceforge.net/>

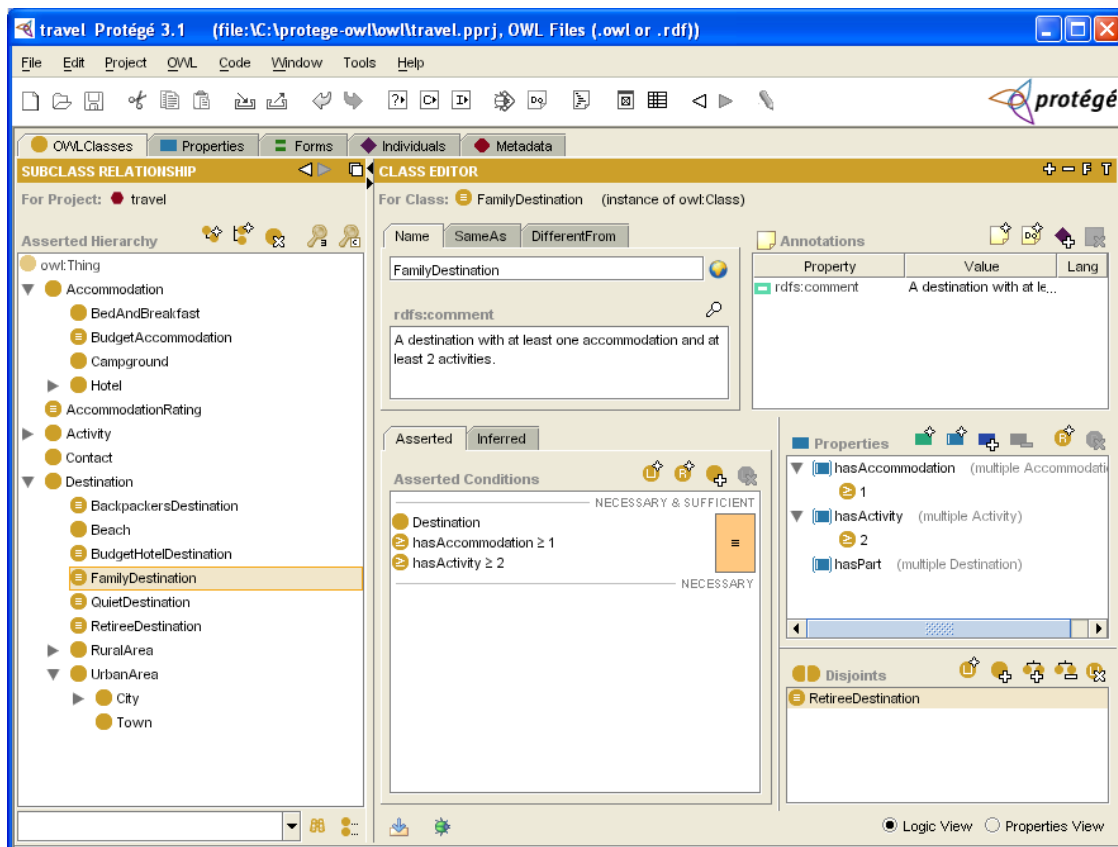


Figura 2.17 - Captura de ecrã da ferramenta Protégé [53].

- **Protégé**¹⁰ [53] é um editor de ontologias baseado em Java e uma *framework* de bases de conhecimento mantido pela Universidade de *Stanford*. Protégé é uma plataforma *open-source* que disponibiliza a uma crescente comunidade de utilizadores um painel de ferramentas para a construção de modelos de domínio e de aplicações baseadas em conhecimento com as ontologias. No seu núcleo, a ferramenta Protégé implementa um rico conjunto de estruturas de modelação do conhecimento e de acções de apoio à criação, visualização e manipulação de ontologias em vários formatos de representação. Esta ferramenta tem sido utilizada por peritos em domínios, para a modelação do domínio e para a construção de sistemas de bases de conhecimento para a construção de sistemas. Vários *plug-ins* estão disponíveis para executar algumas das tarefas do desenvolvimento de uma ontologia. As ontologias podem ser exportadas para uma grande variedade de formatos. A figura 2.17 apresenta uma captura de ecrã desta ferramenta.

¹⁰ <http://protege.stanford.edu/>

2.4.3 Comparação entre Ferramentas

Na subsecção anterior foram apresentadas as seguintes onze ferramentas: Ontolingua, WebODE, Protégé, Swoop, Knoodl, Altova SemanticWorks, TopBraid Composer, OntoStudio, Neon Toolkit, DODDLE-OWL e Protégé. Embora existam várias ferramentas similares para o desenvolvimento de ontologias desenvolvimento ferramentas similares, nenhuma delas é uma ferramenta completa.

Uma sensata selecção de uma ferramenta depende das necessidades do utilizador. Uma boa abordagem é identificar as características (descrição, arquitectura, interoperabilidade, representação, serviços de inferência e facilidades de uso) de cada ferramenta e escolher aquela que é mais apropriada para o projecto que se pretende [44].

Entre as ferramentas apresentadas, Protégé é sem dúvida a ferramenta mais conhecida pela comunidade das ontologias. Esta ferramenta é utilizada principalmente a modelação do domínio e para a construção de sistemas de bases de conhecimentos e promove a interoperabilidade. A ferramenta Ontolingua foi construída para facilitar o desenvolvimento de ontologias baseada em *forms* numa interface Web. A ferramenta Altova SemanticWorks é um editor visual comercial que tem uma interface visual intuitiva e funcionalidades *drag-and-drop*. A ferramenta WebODE é um aplicativo da Web que suporta edição, navegação, documentação, fusão, raciocínio e outras actividades envolvidas no processo de desenvolvimento de uma ontologia. O Swoop é um editor e navegador de ontologias OWL baseado na Web, que contém validação e várias vistas para a apresentação sintáctica.

Das ferramentas seleccionadas, algumas delas são comerciais (Altova SemanticWorks, TopBraid Composer e OntoStudio), outras necessitam de uma aprendizagem de uma linguagem específica (Ontolingua), outros são mais gráficas (Altova SemanticWorks), outras são aplicações Web (WebODE, Swoop, Knoodl) e algumas ferramentas seguem uma metodologia (WebODE).

No entanto, estas funcionalidades não são suficientes aquando da selecção de ferramentas. Outros aspectos também precisam de ser considerados. No caso deste trabalho, entre todas as ferramentas que foram testadas a que oferecia mais funcionalidades era o Protégé. O OntoStudio também é uma muito boa ferramenta, mas a sua desvantagem é de não ser *software* livre, ao contrário do Protégé. O Neon Toolkit é uma ferramenta livre onde os investigadores podem desenvolver e testar novas funcionalidades para ser disponibilizadas mais tarde, com interesses comerciais na ferramenta OntoStudio. Resultado: o número de funcionalidades que a ferramenta Neon Toolkit oferece, está condenado a ser sempre menor do que o número de funcionalidades presentes no OntoStudio. Algumas ferramentas são totalmente orientadas para a edição de ontologias para a Web Semântica, acabando por não serem uma opção de escolha para este trabalho em particular.

Para finalizar, uma nota especial sobre a ferramenta Ontolingua. Entre as ferramentas apresentadas, esta é a que não é actualizada a mais tempo, mas continua a ser uma ferramenta de referência, pois é uma das poucas que consegue ser funcional com as linguagens clássicas das ontologias.

2.4.4 A Ferramenta Protégé

A plataforma Protégé [53] é alvo de uma atenção especial por ser a ferramenta seleccionada para o desenvolvimento da ontologia referente a este trabalho.

A plataforma Protégé suporta dois modos principais de modelação de ontologias:

- **Protégé-Frames:** é um editor que permite aos utilizadores desenvolver ontologias baseadas em *frames*, em concordância com o protocolo OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*). A ferramenta Protégé original provém desta plataforma.
- **Protégé-OWL:** é um editor que permite aos utilizadores desenvolver ontologias para a Web Semântica, neste caso em particular na linguagem OWL (*Web Ontology Language*). Esta plataforma foi desenvolvida desde o aparecimento desta linguagem normalizada. As futuras versões da ferramenta Protégé terão como base apenas este editor.

A ferramenta Protégé suporta *plug-ins* desenvolvidos pela Universidade de *Stanford* ou pela comunidade de utilizadores, como extensões do núcleo do sistema Protégé, ou do editor Protégé-Frames ou do editor Protégé-OWL. Segue-se uma pequena descrição dos *plug-ins* de Protégé, que são do interesse deste trabalho:

- **SWRL Tab:** é um ambiente de desenvolvimento para trabalhar com as regras da linguagem SWRL (*Semantic Web Rule Language*) no editor Protégé-OWL. Suporta a edição e execução de regras SWRL. Também oferece mecanismos para permitir a interoperabilidade com vários motores de regras e a incorporação de métodos que podem ser usados nas regras em bibliotecas definidas pelo utilizador.
- **SWRL Jess Tab:** é um plug-in da *SWRL Tab* no editor Protégé-OWL que suporta a execução das regras em SWRL utilizando o motor de regras Jess¹¹.

Para o desenvolvimento da ontologia referente a esta dissertação utilizou-se o editor Protégé-OWL V3.4 juntamente com os dois plug-ins acima apresentados.

¹¹ Jess Rule Engine <http://www.jessrules.com/>

2.5 Metodologias de Desenvolvimento de Ontologias

Nesta secção são apresentadas algumas metodologias para a definição de ontologias. Antes de mais são apresentados alguns princípios para o desenvolvimento de ontologias. Gruber (1993) [5] propôs alguns critérios para a definição de ontologias, que são largamente aceites pela comunidade das ontologias. Segue-se uma breve citação desses critérios propostos, que são auto-explicativos pela sua simplicidade:

- **Clareza:** Uma ontologia deve ser capaz de comunicar eficazmente o seu significado desejado para os seus utilizadores.
- **Coerência:** Uma ontologia deve suportar inferências que sejam consistentes com as suas definições.
- **Extensibilidade:** Uma ontologia deve ser concebida para antecipar os usos do vocabulário partilhado. Isto é, deve ser capaz de definir novos termos baseado em definições já existentes.
- **Codificação Minimizada:** A conceptualização deve ser especificada ao nível do conhecimento sem depender de nenhum símbolo ou codificação linguística.
- **Compromisso Ontológico Mínimo:** Uma ontologia não se deve restringir ao domínio a ser modelado, dando liberdade aos utilizadores de especializarem e instanciarem a ontologia da forma que necessitarem.

Segue-se uma apresentação de algumas das mais representativas metodologias para o desenvolvimento de ontologias. Para tal seleccionou-se as seguintes quatro metodologias: *METHONTOLOGY*, Metodologia 101, UPON e a Metodologia O4IS. Estas metodologias são descritas nas próximas subsecções.

2.5.1 METHONTOLOGY

A primeira das metodologias de definição de ontologias a ser apresentada é a *METHONTOLOGY* [54], proposta por Fernandez, Gómez-Pérez e Juristo em 1997. Esta metodologia é usada para a construção de ontologias a partir do esboço ou a partir de outras ontologias existentes ou por um processo de reengenharia.

Nesta metodologia é proposto um processo de desenvolvimento de ontologias completo. Este é composto pelas seguintes fases: especificação conceptualização, formalização integração, implementação e manutenção. O seu ciclo de vida é baseado em evolução de protótipos e técnicas específicas peculiares para cada actividade. Outras actividades tais como o controlo da qualidade, aquisição de conhecimento, avaliação e documentação são realizadas em simultâneo com as actividades do desenvolvimento de uma ontologia.

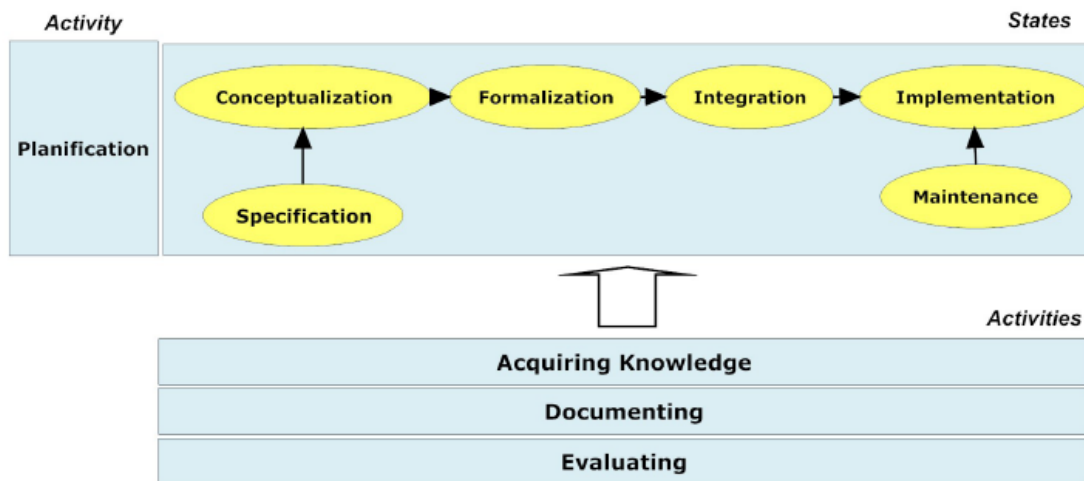


Figura 2.18 - METHONTOLOGY: Atividades constituintes e seus estados [54].

A *METHONTOLOGY* suporta um evolutivo ciclo de vida de uma ontologia. A figura 2.18 sumariza as diferentes fases do ciclo de vida de uma ontologia. Cada fase consiste em actividades que vão passando por um certo número de estados, que são assim resumidos:

1. **Planificação.** Deve-se planear todos os processos de desenvolvimento, tais como: tarefas, tempo, alocação de recursos, etc.
2. **Especificação.** Ninguém pode começar uma viagem sem saber o destino e o objectivo, portanto nunca se deve começar o desenvolvimento de uma ontologia sem se estabelecer o propósito e o âmbito da ontologia.
3. **Aquisição de Conhecimento Existente.** Esta fase é vital para quem precisa de adquirir um amplo conhecimento sobre um domínio. Isto também assegura que um haja um certo nível de consenso sobre o domínio em questão.
4. **Conceptualização.** Depois da aquisição do conhecimento é necessário conceptualizar o conhecimento utilizando algumas técnicas de modelação de conhecimento. Este método de conceptualização irá ser descrito a seguir.
5. **Formalização.** Para transformar um modelo conceptual num modelo formal, é necessário formalizá-lo utilizando sistemas baseados em *frames* ou de representação lógica descritiva.
6. **Integração.** As ontologias são destinadas a ser reutilizadas.
7. **Processamento.** Para a ontologia ser processada em computador é necessário seleccionar uma linguagem de implementação formal processável.
8. **Avaliação.** É necessária uma avaliação da ontologia concebida, de modo a eliminar quaisquer discrepâncias e definições erradas na ontologia.
9. **Documentação.** Posteriormente é recomendada uma documentação apropriada, para uma fácil reutilização e modificação da ontologia.
10. **Manutenção.** Finalmente, recomenda-se que uma ontologia uma vez concebida e desenvolvida não deve ser esquecida, isto é, precisa de ser constantemente mantida.

Na fase da conceptualização, a *METHONTOLOGY* recomenda “estruturar o conhecimento de domínio num modelo conceptual”. As actividades para estas serem levadas a cabo, são as seguintes:

- Construir um “Glossário de Termos” completo. Os termos incluem nomes, verbos, conceitos, instâncias, propriedades, etc. Deve-se reunir todas as informações potencialmente úteis sobre os conceitos e os seus significados.
- Agrupar como conceitos ou verbos os termos recolhidos no “Glossário de Termos”.
- Para cada conjunto de conceitos estreitamente relacionados, deve-se construir uma “Árvore de Classificação de Conceitos” e um “Diagrama de Verbos” para os verbos relacionados.
- Deve ser elaborado um “Dicionário de Dados” para a recolha de todos os conceitos e suas definições, significados, atributos, instâncias, etc.; uma “Tabela de Atributos de Instância” para fornecer informação sobre os atributos e seus valores; uma “Tabela de Atributos de Classe” para capturar os conceitos, mas não as suas instâncias; uma “Tabela de Instâncias” para capturar as instâncias; e várias “Árvores de Classificação de Atributos” que graficamente apresentam atributos e constantes tal como as suas respectivas sequências de inferência e sequências de formulas para serem executadas e assim por diante.
- Similarmente, o conjunto de “Diagramas de Verbos” inclui um “Dicionário de Verbos” para a expressão do significado dos verbos de uma forma declarativa; uma “Tabela de Condições” para especificar o conjunto de condições para serem satisfeitos (tipo pré-condições para acções); uma “Tabela de Fórmulas” e uma “Tabela de Regras” para a fórmula e a regra de descrição.

Assim foi apresentada esta metodologia. Realçou-se a fase de conceptualização pelo facto de ser a fase no desenvolvimento de uma ontologia mais difícil de ser executada com qualidade e organização.

2.5.2 Metodologia 101

A segunda metodologia a ser apresentada tem como denominação “*101 Ontology Design Methodology*” [11] que é uma abordagem do tipo tutorial que foi oferecida por Noy e McGuinness em 2001. Esta metodologia é um guia popular para o desenvolvimento de ontologias no mais divulgado editor de ontologias o Protégé, que foi apresentado na secção anterior. Contudo esta abordagem tem tendência a ser um manual de utilizador para a definição de ontologias especificamente para esse editor. Em passo simples, as autoras ilustram o processo de captura de conceitos, propriedades, e restrições.

Noy e McGuinness propuseram um método de engenharia de conhecimento para a construção de ontologias, através de um processo iterativo e de refinamento. Também propuseram três regras fundamentais para o desenvolvedor de uma ontologia, para ajudá-lo na decisão para a concepção. Estas são citadas, tal como se segue:

- “Não existe nenhuma maneira de modelar um domínio. Há sempre alternativas viáveis.”
- “O desenvolvimento de uma ontologia é um processo iterativo.”
- “Os conceitos numa ontologia devem ser aproximados a objectos (físicos ou lógicos) e a relações no vosso domínio de interesse. Eles têm tendência a ser nomes (objectos) ou verbos (relações) em frases que descrevem o vosso domínio.”

As autoras fornecem várias instruções passo-a-passo para o utilizador desenvolver uma ontologia usando a editor Protégé-*Frames*. Estas implementam a ontologia em classes, restrições e propriedades. Este guia sugere um processo de concepção de uma ontologia, através de sete actividades principais:

1. Identificação do domínio e âmbito da ontologia
2. Reutilização de ontologias existentes.
3. Enumeração dos termos importantes da ontologia.
4. Definição de classes e sua hierarquia.
5. Definição das propriedades das classes.
6. Definição das restrições.
7. Criação de instâncias.

Como pode ser observado, o método de Noy e McGuinness é simples e prático. A única desvantagem é que esta metodologia não é independente da ferramenta de implementação.

2.5.3 Metodologia UPON

A terceira metodologia de desenvolvimento de ontologias a ser apresentada tem como designação UPON [55] (*Unified Process for ONtology building*) e foi proposta por Nikola e Missikoff em 2005. O seu método assenta no “*Rational Unified Process*” da IBM e utiliza UML. Portanto esta metodologia de desenvolvimento será um pouco familiar para os utilizadores desse processo. Na figura 2.19 pode ser vista uma apresentação sumariada das diferentes fases do processo de construção de uma ontologia.

No UPON existem ciclos, fases, iterações e *workflows*. Cada ciclo é constituído por quatro fases (absorção, elaboração, construção e transição) resultando no lançamento de uma nova versão da ontologia em desenvolvimento.

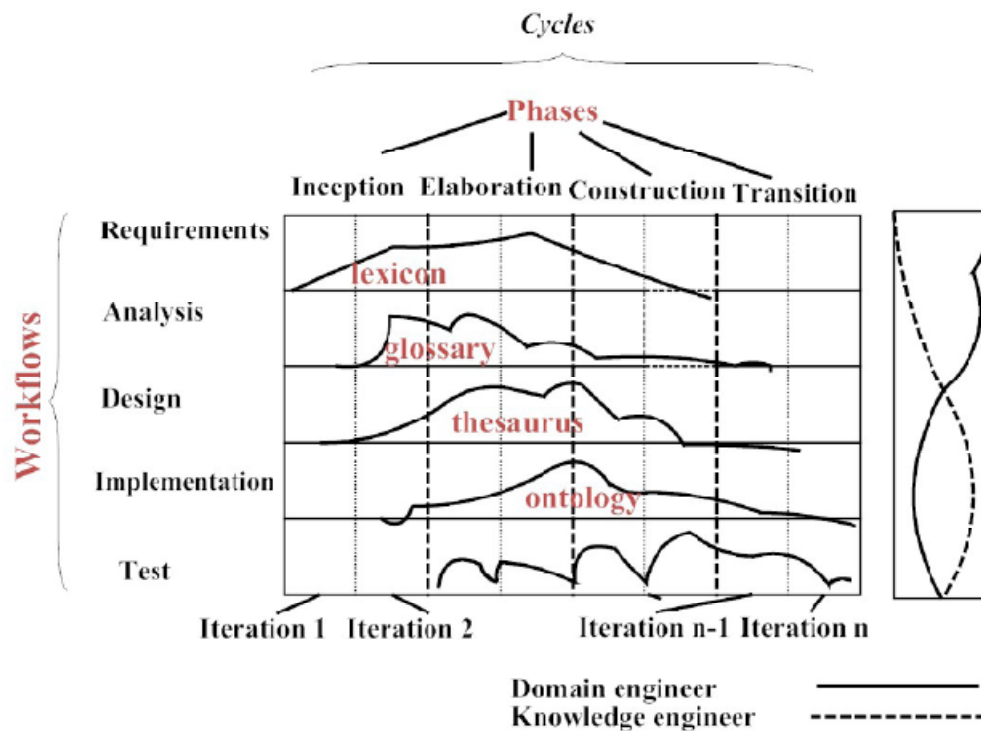


Figura 2.19 - Fases de desenvolvimento de uma ontologia na metodologia UPON [55].

Outras funcionalidades a salientar do UPON são:

- **Orientada aos casos de uso:** O primeiro *input* é a criação de cenários e casos de uso do domínio do discurso.
- **Iterativa:** As diferentes fases da metodologia de desenvolvimento são seguidas iterativamente, começando a partir dos detalhes em bruto e sucessivamente refinando até se obter os aspectos específicos do domínio.
- **Incremental:** A ontologia pode gradualmente crescer tornando-a flexível para acomodar novas informações recolhidas a partir de novos cenários.

Esta metodologia de desenvolvimento segue de perto o “processo unificado” e tem as seguintes fases:

- **Absorção:** onde é exigida uma captura de conceitos e uma modelação de casos de uso.
- **Elaboração:** onde é feita uma análise dos requisitos e são identificados os conceitos fundamentais.
- **Construção:** onde um “esqueleto” da ontologia deve ser concebido. As sucessivas iterações das três primeiras fases, levarão ao refinamento e a uma versão mais estável da última ontologia obtida.
- **Transição:** onde a ontologia é sujeita a um teste rigoroso, documentação e finalmente lançada para uso público.

Os autores propuseram estratégias detalhadas para os requisitos e análise de fluxos de trabalho, captura, fase de modelo, etc.

2.5.4 Metodologia O4IS

A última metodologia a ser apresentada é a metodologia de desenvolvimento O4IS (*Ontology for Information Systems*) [56], proposta por Kabilan em 2007. Esta metodologia é orientada para a conceptualização, concepção e desenvolvimento de ontologias, tendo como alvo os *designers* de sistemas da informação, com pouca ou nenhuma experiência anterior na definição e desenvolvimento de ontologias. A metodologia O4IS tem como núcleo um conjunto de dez etapas, que são totalmente orientadas para a definição e desenvolvimento de ontologias de domínio. Estas são apresentadas na seguinte lista:

1. Estabelecer o âmbito do domínio.
2. Estabelecer os utilizadores-alvo, as aplicações, e os requisitos funcionais.
3. Escolher a arquitectura da ontologia: física e lógica.
4. Escolher a abordagem para o desenvolvimento da ontologia.
5. Escolher o nível de representação da ontologia.
6. Escolher os métodos e ferramentas de aquisição de conhecimento.
7. Análise do conhecimento: conceptualizar a ontologia de domínio.
8. Representação do conhecimento; implementar a ontologia de domínio.
9. Avaliar e verificar a ontologia de domínio.
10. Utilizar, manter e gerir a ontologia de domínio.

Esta metodologia apresenta vários procedimentos correspondentes à execução de cada uma das etapas. Adicionalmente, o autor também propõe um certo número de artefactos para ser utilizados nos diferentes passos, tais como a arquitectura multi-camadas para a estrutura lógica das ontologias de domínio, dupla representação conceptual e representações de análises semânticas.

2.5.5 Breve Comparação entre Metodologias

As metodologias de definição de ontologias são muito semelhantes na maior parte dos aspectos. O aspecto que é mais comum a todas as metodologias é que todas propõem vários passos a seguir, até ser atingido o objectivo.

A METHONTOLOGY surgiu na altura como sendo a mais inovadora e completa metodologia para a definição de ontologias. Foi a primeira metodologia a recomendar o uso de modelos conceptuais no desenho de ontologias, devido a tal, tornou-se uma referência importante para os engenheiros das ontologias e também para as metodologias que surgiram a seguir.

A metodologia de desenvolvimento de ontologias 101 é mais do tipo tutorial com orientações para a concepção e desenvolvimento de ontologias. Porém, estas orientações têm

como alvo os utilizadores da ferramenta Protégé, mas a maioria dos passos propostos são genéricos o suficiente para serem adoptados independentemente da ferramenta.

O UPON combina o processo de desenvolvimento “*Rational Unified Process*” com a especificação explicitada de como o processo de engenharia de uma ontologia deve ser feito. Também elucida sobre os papéis de um especialista no domínio de conhecimento e do desenvolvedor (especialista em ontologias) no ciclo de vida do desenvolvimento de uma ontologia.

A metodologia de desenvolvimento O4IS é a mais recente das metodologias apresentadas e tem a seu favor o facto de aproveitar os pontos fortes das outras metodologias criadas. Os utilizadores-alvo desta metodologia são os desenvolvedores de sistemas de informação. Portanto, esta metodologia apresenta mais semelhanças com as metodologias orientadas ao desenvolvimento desses sistemas. Uma limitação desta metodologia é o facto de ser orientada apenas ao desenvolvimento de ontologias de domínio.

As metodologias apresentadas basicamente lidam com o desenvolvimento de ontologias a partir do nada, isto é, não é a partir de versões anteriores ou de bases do conhecimento ou a partir de modelos de dados existentes. Além disso, estas metodologias não são bem explícitas sobre a forma como a ontologia pode ser modificada ou evoluída.

Capítulo 3

Ontologias e Conceitos no Domínio do Futebol

Neste capítulo são apresentados e estudados os conceitos do futebol presentes em ontologias já existentes, em linguagens associadas ao futebol robótico, e em jogos de simulação de futebol.

Este capítulo está dividido em quatro secções. A primeira secção apresenta o estudo de três ontologias existentes, cujo domínio é o futebol. Na segunda secção são apresentados os conceitos do futebol presentes em duas linguagens utilizadas para treinar equipas de futebol robótico, na modalidade de simulação 2D. Na terceira secção são apresentados os mais importantes conceitos do futebol presentes em dois jogos de simulação de futebol. Na quarta e última secção deste capítulo, é feita uma comparação dos conceitos estudados, sob o ponto de vista da utilidade destes para a ontologia aplicada ao futebol tratada nesta dissertação.

3.1 Ontologias no Domínio do Futebol

As ontologias desenvolvidas normalmente são armazenadas em repositórios de ontologias. Antes de uma apresentação das ontologias cujo seu domínio é o futebol, irá ser mostrado onde é possível fazer uma procura por ontologias na internet. As bibliotecas de ontologias mais representativas são as seguintes: *DAML ontology library*¹², *Protégé ontology library*¹³, *SchemaWeb*¹⁴, *OntoSelect*¹⁵ e *Tones*¹⁶. Omitiu-se algumas das bibliotecas presentes na Web,

¹² <http://www.daml.org/ontologies/>

¹³ http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Protege_Ontology_Library

¹⁴ <http://www.schemaweb.info/>

devido a não serem actualizadas já há alguns anos. Para acrescentar, note-se que existem alguns projectos em curso com o objectivo de serem criadas bibliotecas mais apropriadas e adequadas que as existentes.

Numa procura pelos repositórios encontrou-se duas ontologias cujo domínio é o futebol real. Estas são as ontologias do futebol RANWEZ e SWAN. Também se encontrou, não nas bibliotecas, um modelo de uma ontologia com a denominação “*Robot Soccer Ontology*” cujo seu domínio é o futebol robótico. Estas ontologias são apresentadas de seguida.

3.1.1 RANWEZ Soccer Ontology

A Ontologia do Futebol RANWEZ¹⁷ [57] foi proposta por Ranwez em 2002. Esta ontologia descreve muitos dos conceitos que são específicos ao futebol tais como: jogadores, regras, campo, patrocinadores, acções, etc. O objectivo principal desta ontologia era para ser usada para anotação de vídeos com o propósito de serem produzidos sumários personalizados dos jogos de futebol.

Na tabela 3.1 são apresentados por ordem alfabética as classes desta ontologia e na tabela 3.2 podem ser vistas as suas propriedades.

Nesta ontologia, os conceitos são classes não organizadas hierarquicamente e as propriedades não são relacionadas com as classes. Isto é, praticamente não há relacionamentos entre conceitos. Concluindo, esta ontologia pode ser classificada com sendo um vocabulário controlado, de acordo com a abordagem de classificação quanto à riqueza da sua estrutura interna (estudada na subsecção 2.1.3). Para os objectivos deste trabalho, o mais importante que se pode obter desta ontologia é a enorme quantidade de termos do futebol.

15 <http://olp.dfki.de/ontoselect>

16 <http://owl.cs.manchester.ac.uk/repository/browser>

17 <http://www.lgi2p.ema.fr/~ranwezs/ontologies/soccerV2.0.daml>

Tabela 3.1 - Classes na ontologia do futebol *RANWEZ*.

Classes			
Action	Dive	Line	Referee_action
Actor	Diving_header	Linesman	Rise_the_flag
Advantage_rule	Do_foul	Linesman_action	Run
Applause	Do_handball	Linkman	Run_upfield
Area	Do_obstruction	Lob	Sanction
Attacker	Do_Professional_foul	Long_pass	Save
AttackingMidfielder	Dribble	Marking	Scissor_kick
Attribute	Drop_ball	Match	Score
Audience	Drop_kick	Match_action	Sending_off
Back	Duration	Measure	Shielding
Back_header	Encourage	Midfield	Shoot
Back_tackle	End	MidfieldAnchor	Shoulder_charge
Ball	End_Time	Midfielder	Shout
Banana_kick	Entity	Net	Side_tackle
Beat	False_value	Nutmeg	Sliding_tackle
Begin	Fault	Object	Soccer_rule_attribute
Be_Offside	Feint	Official	Speaker
Be_replaced	Field	Oficial_action	Spectator
Bicycle_kick	Flick_header	Offside	Spectator_action
Block	Foot_trap	Offside_trap	Square_pass
Boo	Forward	Organization	Start_time
Boolean-type	Free_kick	OtherPlayer	Steal
Breakaway	Free_kicking	Other_player_action	Stop
Cap	Front_header	Outlet_passes	Stoppage
Caution	Front_tackle	Out_of_bounds	Stopper
Center	Give_Sanction	Overlap	Substitute
Center_Circle	Goal	Overtime	Sudden_death
Center_kick	Goalkeeper	Pass	Supporter
Center_line	Goalkeeper_action	Penalty	Sweeper
Center_Spot	Goal_Area	Penalty_Arc	Tackle
CentralDefender	Goal_kick	Penalty_Area	Tallied_shoot
Charge	Goal_Line	Penalty_kick	Team
Chest_trap	Hacking	Penalty_spot	Thigh_trap
Chip_pass	Halftime	Penetrate	Throw_in
Chip_shoot	Half_volley_shot	Penetrating_pass	Time
Clear	Handball	Period	Timekeeper
Club	Header	Person	Touch_Line
Corner	Hit	Place	Tournament
Corner_Arc	Hold_opponent	Play	Trainer
Corner_Area	Hook	Player	Trap
Corner_Flag	Indirect_free_kick	Player_Action	True_value
Corner_kick	Indirect_free_kicking	Point	TV-spectator
Counter_attack	Injury_time	Point_in_time	VIP
Cross	Inswinger	President	Volley
Cut_down_the_angle	Integer-type	Punch_out	Wall
Dangerous_play	Juggling	Push_pass	Wall_pass
DefensiveMidfielder	Kick	Qualitative_attribute	Whistle
Directed	Kickoff	Real-type	Wing
Direct_free_kick	Lead_pass	Red_Card	Yellow_Card
Direct_free_kicking	League	Referee	

Tabela 3.2 - Propriedades na ontologia do futebol RANWEZ.

Propriedades			
agent	ephemeral_instance	match_second_team	team_club
aggregate	forname	match_tournament	team_goalkeeper
club_colors	height	match_town	team_substitute
club_name	match_date	name	team_supported
club_president	match_first_team	nationality	team_trainer
club_team	match_hour	national_team	town_club
club_town	match_name	object	user_specific
date_of_birth	match_referee	supporter_colors	weight

3.1.2 SWAN Soccer Ontology

A segunda ontologia de futebol a ser apresentada, tem como denominação original *SWAN Soccer Ontology*¹⁸ [58], tendo sido submetida por Möller em 2004. Esta ontologia foi desenvolvida como parte integrante do projecto SWAN (*Semantic Web ANnotator*), cujo objectivo era extrair informação para a Web Semântica.

A ontologia SWAN reutiliza a ontologia RANWEZ, por isso muitos dos conceitos, presentes são semelhantes. Tal como na ontologia apresentada anteriormente, esta também pode ser considerada um vocabulário controlado. O que esta ontologia traz de novo em relação à anterior é que as classes já estão organizadas numa hierarquia simples, portanto os termos já estão organizados por tipo. Na tabela 3.3 são resumidos os conceitos mais importantes que podem ser extraídos a partir desta ontologia, para o interesse desta dissertação.

Em resumo, esta ontologia apresenta muitos termos relacionados com o domínio do futebol. Claro que, uma larga maioria dos conceitos aqui presentes estão mais focados no que acontece fora das quatro linhas, do que dentro do campo. Em suma, apenas alguns dos conceitos presentes na tabela 3.3 são do interesse para este trabalho.

¹⁸ <http://sw.deri.org/~knud/swan/ontologies/soccer.owl>

Tabela 3.3 - Alguns conceitos presentes na ontologia de futebol SWAN.

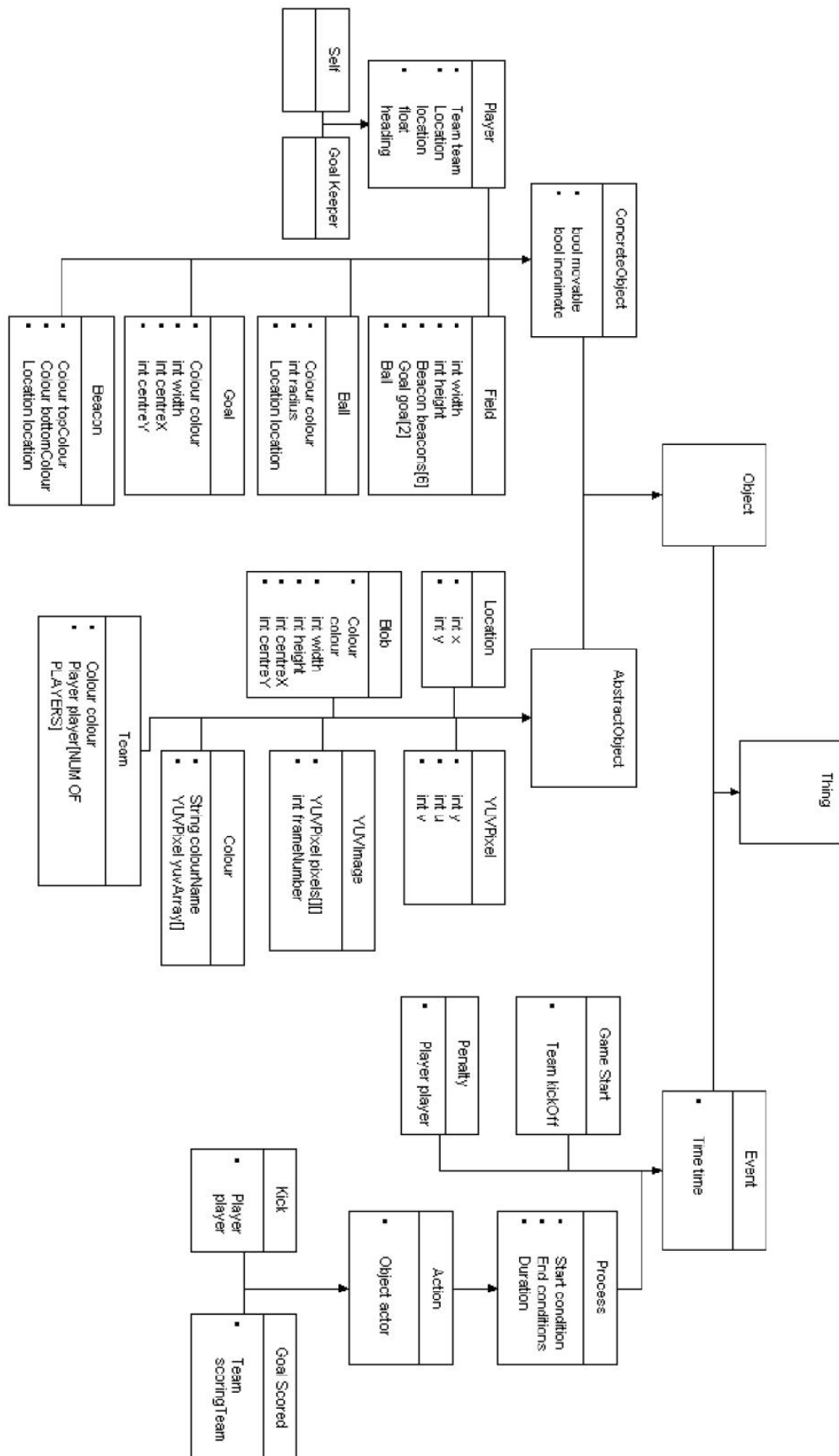
Classes	Direct Subclasses
Events	Chested-ball, Clearance, Corner, Cross, Dribbling, Final-whistle, Foul, Free-kick, Goal, Goal-kick, Halftime-signal, Hand-ball, Header, Hitting-the-crossbar, Hitting-the-post, Injury, Interception, Kick-off, Offside, One-two, Overhead-kick, Own-goal, Pass, Penalty, Red-card, Save, Shot-on-goal, Substitution, Tackle, Throw-in, Yellow-card
Area	Attacking-half, Behind-the-defender, Blind-side, Center, Center-circle, Center-line, Corner-area, Field-of-play, Goal-area, Goal-line, Goal-mouth, Ground, Inside, Inside-left, Inside-right, Left-of-defence, Left-of-midfield, Left-wing, Out-of-field, Outside-left, Outside-right, Penalty-arc, Penalty-area, Right-of-defence, Right-of-midfield, Right-wing, Sideline, Six-yard-box, Tactical-area, Territory, Visitors-area

3.1.3 Robot Soccer Ontology

A próxima ontologia a ser apresentada tem como denominação *Robot Soccer Ontology* [59] (RSO), proposta por Stanton e Williams em 2003. A RSO descreve o domínio do futebol robótico para a competição *RoboCup SONY 4-Legged League*.

O propósito da RSO é ajudar os robots a jogar futebol, através da disponibilização de um mecanismo para transformar as suas informações simbólicas e sensoriais em conceitos e objectos físicos e abstractos. A RSO é utilizada para reportar a informação obtida pelos sensores dos robots ou de uma base de conhecimento, para estruturas de conhecimento associadas e regras de inferência.

A linguagem OWL foi utilizada nesta ontologia para ajudar ao desenvolvimento de trabalhos que podem resolver problemas complicados cujas respostas requerem a fusão de informação a partir de múltiplas fontes. Segundo os autores, a maior vantagem de se utilizar ontologias para se fundamentar informação simbólica e sensorial é que estas aumentam a interoperabilidade, a partilha e reutilização de conhecimento e a comunicação entre agentes. A partir do momento em que objectos são fundamentados em ontologias, tecnologias da Web Semântica pode ser utilizadas para aceder, construir, derivar e gerir os conhecimentos dos robots [59]. A figura 3.1 apresenta o modelo objecto da *Robot Soccer Ontology*.

Figura 3.1 - Modelo objecto do *Robot Soccer Ontology* [59].

Numa análise à figura 3.1 pode-se interpretar os conceitos presentes na ontologia. Por exemplo, a super-classe *Thing* representa todos os objectos de interesse presentes nesta ontologia. Objectos específicos são instâncias de *Thing*, isto é, um guarda-redes poderá ser uma instância de *Goal Keeper* que é uma subclasse de *Player*, que por sua vez é uma subclasse de *Thing* enquanto uma restrição de cardinalidade impõe que apenas pode haver um *Goal Keeper* por *Team*.

Um exemplo de um axioma presente nesta ontologia é, que para todas as equipas apenas existe um jogador que pode entrar na área de grande penalidade, e que esse jogador é o designado para ser guarda-redes.

3.2 Conceitos nas Linguagens de Futebol Robótico

Nesta secção são apresentados os conceitos de futebol presentes em duas linguagens utilizadas para treinar equipas de futebol robótico na modalidade simulação 2D. O objectivo destas linguagens é oferecer aos agentes treinadores de uma equipa de futebol robótico a possibilidade de dar ordens especificadas aos agentes jogadores e às equipas. As linguagens CLang e COACHUNILANG são apresentadas de seguida.

3.2.1 CLang

O CLang [60] (*The Standard Coach Language*) é uma linguagem disponível para treinar equipas no *RoboCup Soccer Server*, que é um simulador 2D para o futebol robótico.

Esta linguagem foi desenvolvida para permitir que treinadores de equipas provenientes de diferentes grupos de investigação pudessem trabalhar juntos. Um dos objectivos de desenvolvimento era disponibilizar semânticas claras que deveriam prevenir más interpretações, tanto a partir dos jogadores como do treinador. Esta linguagem é baseada em conceitos de baixo nível que combinados permitem a construção de novos conceitos de alto nível.

Na figura 3.2 é apresentada uma captura de ecrã do simulador *Soccer Server*, onde esta linguagem se insere. Quanto à arquitectura deste simulador, a figura 3.3 apresenta um diagrama UML dos objectos em simulação. Numa breve análise à figura 3.3, pode-se observar que entre objectos há uma relação de distância e direcções. Um objecto se for móvel, é fundamental a representação da sua mudança de direcção e distância e também um vector de velocidade. Se o objecto móvel for um jogador, será necessário saber qual é a equipa que representa e a sua identificação.

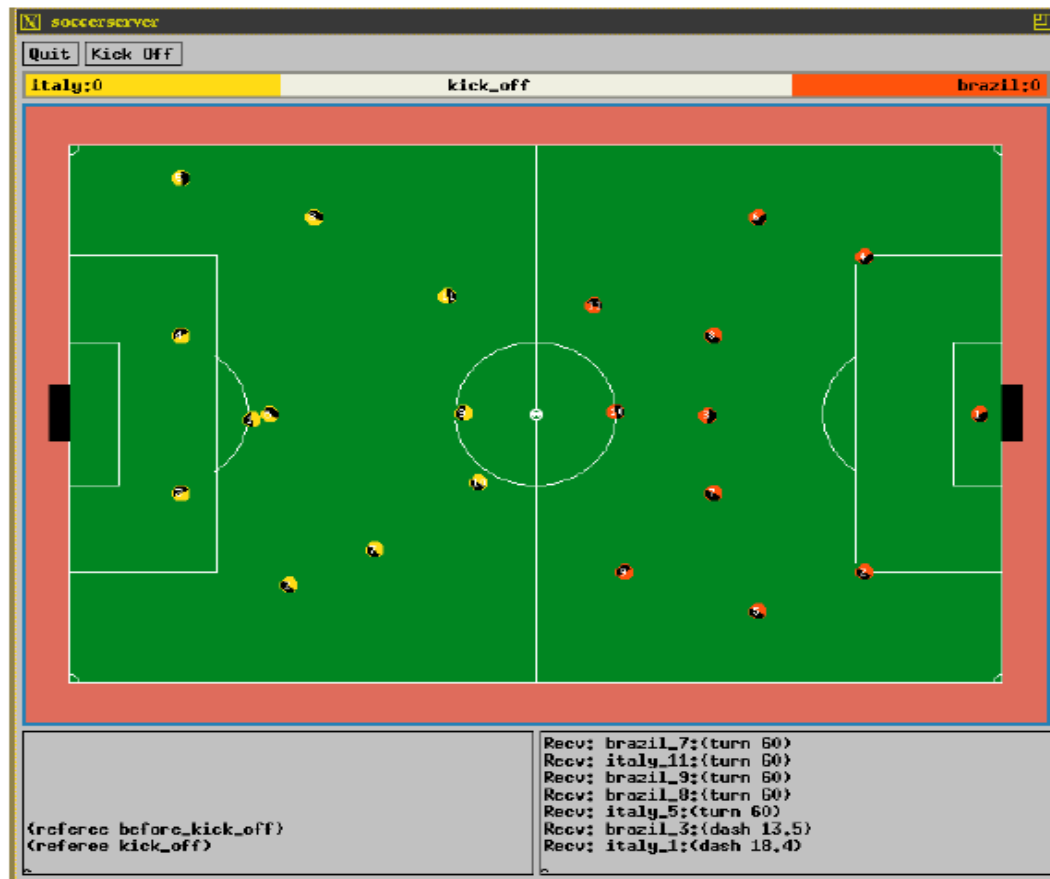


Figura 3.2 - Captura de ecrã do simulador Soccer Server [60].

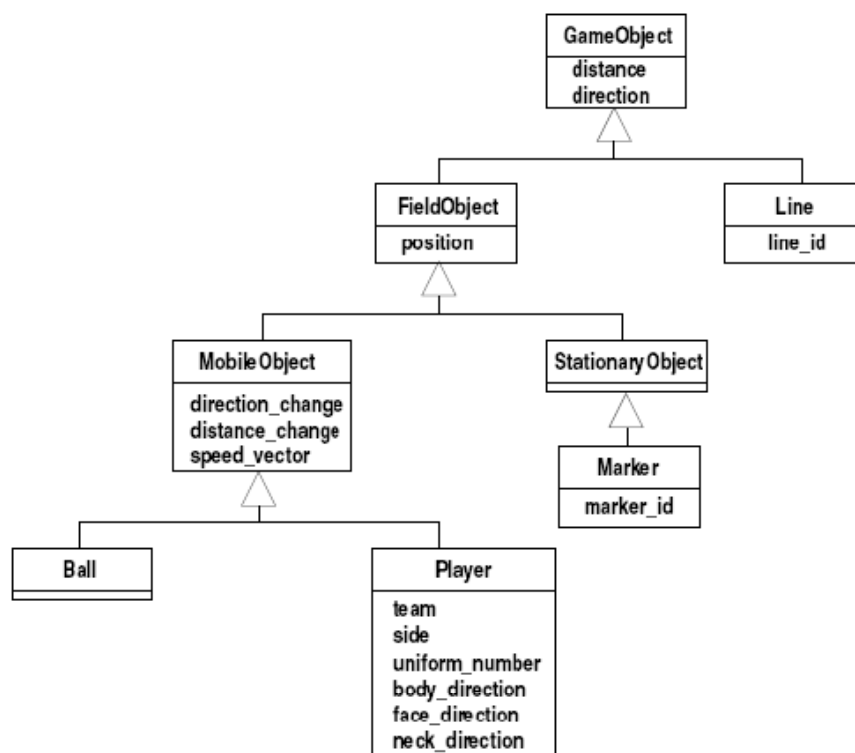


Figura 3.3 - Diagrama UML dos objectos em simulação [60].

Tabela 3.4 - Especificação de Acções na linguagem CLang.

Acção	Descrição
Home Position	A posição base de um jogador tem que ser uma região. Esta directiva também serve para especificar formações para a equipa.
Ball To	A bola pode ser movida para uma determinada região. Outras directivas para sub-acções são definidas: passar, driblar, aliviar (pontapé para nenhum jogador em particular) e rematar.
Ball to Player	A bola pode ser passada para algum jogador definido.
Mark	O jogador pode marcar algum jogador oponente.
Mark Lane (Region)	A linha de passe a partir da actual posição da bola para alguma região pode ser marcada.
Mark Lane (Player)	A linha de passe a partir da actual posição da bola para algum jogador pode ser marcada.
Offside Trap Line	A linha de fora de jogo deve ser ajustada para alguma região.

Na linguagem CLang é possível ao utilizador definir Condições, Acções e Regiões. As *Condições* são construídas a partir de conectivas lógicas sobre as proposições descritivas do estado atómico. Estas proposições são referentes: à posição do jogador, à posição de bola, ao portador da bola e ao modo de jogo. As *Acções* referem-se às ordens que podem ser dadas aos jogadores. A tabela 3.4 apresenta e descreve as acções que podem ser especificadas por esta linguagem. As *Regiões* podem ser representadas de três maneiras possíveis: um ponto, áreas poligonais e áreas radiais.

Em resumo, a linguagem CLang é baseada em directivas que são especificadas para se dar instruções aos jogadores e equipas. Os conceitos de futebol que esta linguagem apresenta são demasiado orientados ao simulador em questão.

3.2.2 COACH UNILANG

A linguagem COACH UNILANG [61] [62] foi desenvolvida por Reis e Lau em 2001, para treinar equipas de futebol robótico na modalidade de simulação 2D. Esta linguagem é baseada em vários conceitos extraídos do futebol real. Segue-se uma apresentação dos principais conceitos do futebol presentes nesta linguagem.

Na linguagem COACH UNILANG os conceitos do futebol estão agrupados em várias áreas conceptuais. Estas são as seguintes:

- **Regiões do Campo:** onde são representadas áreas do campo que podem assumir diversas formas possíveis, tais como rectângulos, círculos, semi-círculos, quadriláteros, etc.
- **Períodos de Tempo:** onde são representados os períodos do jogo com uma dada duração e instantes de tempo iniciais e finais.
- **Táticas:** permitem a configuração a alto-nível do comportamento global da equipa definindo as características ofensivas e defensivas desta, tais como o ritmo de jogo, estilo de ataque e defesa, pressão ao oponente, etc.
- **Formações:** onde são descritas distribuições espaciais da equipa no campo.
- **Situações:** que correspondem a análises de alto-nível do estado do jogo. Situações típicas de um jogo incluem o ataque, defesa, transição defesa/ataque, lançamentos, pontapés de baliza, cantos, etc.
- **Tipos de Jogadores:** onde é definido o comportamento individual dos jogadores a diversos níveis.

Algumas das áreas conceptuais acima apresentadas serão descritas. Na tabela 3.5 são apresentados os conceitos predefinidos para *Situações*, *Períodos* e *Regiões do Campo*.

O conceito de *Regiões de Campo* é um dos mais comuns no futebol. Os profissionais do futebol, tais como jogadores, treinadores e jornalistas, normalmente comunicam usando termos tipo: “área de grande penalidade”, “meio campo ofensivo”, “flanco direito”, etc. Nesta linguagem a definição de novas regiões pode ser feita através da definição regiões simples, agrupando-as através da união ou intersecção de regiões previamente definidas. A figura 3.4 ilustra a divisão do campo em regiões utilizando esta linguagem.

Os *Períodos de Tempo* predefinidos incluem o jogo completo, a primeira parte, a segunda parte, os últimos 100 ciclos, etc. A definição de novos períodos pode ser feita através da definição do seu início, fim e duração. Esta linguagem também especifica um identificador especial “now” que pode ser utilizado para finalizar o período. Por exemplo, “3000 now” significa que esse período refere-se a o intervalo de tempo entre o ciclo “3000” até ao instante actual. Um período que seja definido em termos de duração, por exemplo “100” significa que esse período corresponde aos 100 últimos ciclos de jogo.

A definição de *Situações* no COACH UNILANG é baseada nas *Condições* em CLang. As condições presentes na linguagem COACH UNILANG são mais simples do que no CLang, porque um dos propósitos do COACH UNILANG é definir apenas situações de alto-nível, e não situações de baixo-nível que controlam na totalidade o comportamento individual do jogador, tal como é propósito do CLang.

Na definição de *Táticas*, outros conceitos complexos são incluídos, tais como: formações, ritmo de jogo, tipos de jogadores, estilo de jogo, etc. A tabela 3.6 resume algumas das definições tácticas presentes na linguagem COACH UNILANG.

Tabela 3.5 - Conceitos presentes na linguagem COACH UNILANG.

	Conceitos
Situações	attack defend defense_to_attack attack_to_defense our_opportunity their_opportunity our_goalie_kick their_goalie_kick
Períodos	game first_half second_half extra_time last_1000 last_500 last_300 last_100 last_50 last_20
Regiões do Campo	field outside our_middle_field their_middle_field our_leftwing our_middle our_rightwing our_penalty_box our_leftwing_back our_leftwing_middle our_leftwing_front our_rightwing_back our_rightwing_middle our_rightwing_front our_middle_back our_middle_front our_middle_back_right our_middle_back_left

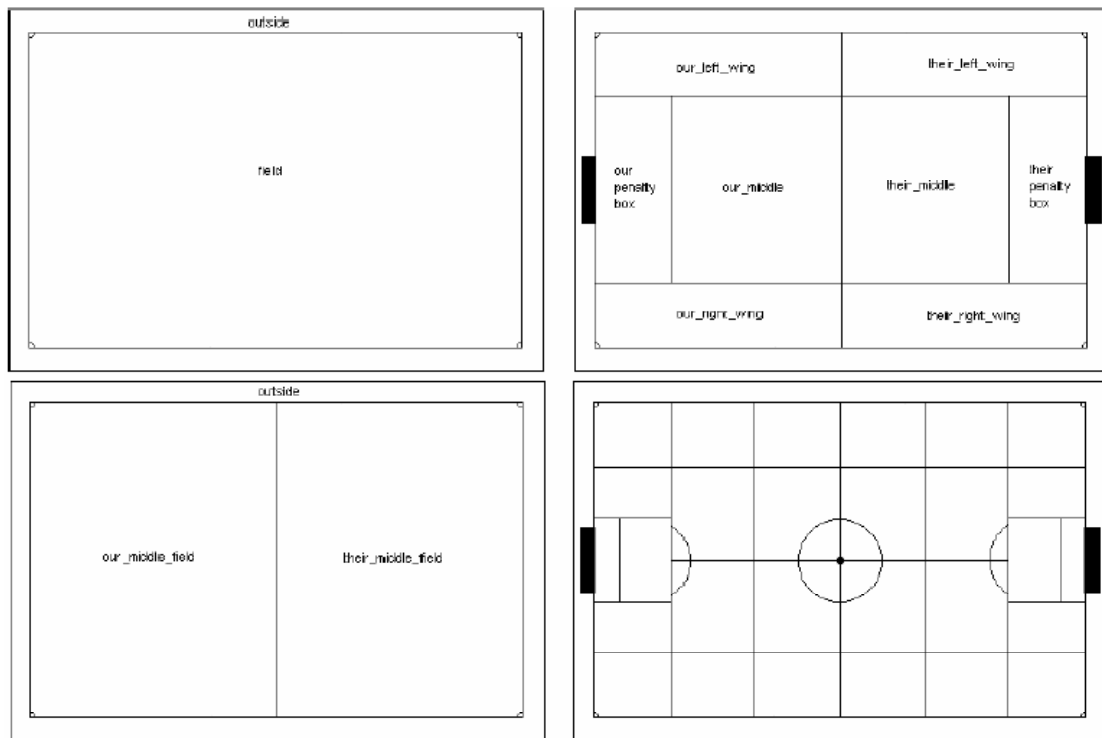


Figura 3.4 - Divisão do campo em regiões na linguagem COACH UNILANG [62].

Tabela 3.6 - Representação das definições táticas na linguagem COACH UNILANG.

Tactics Definition	Concepts
Mentality	very_offensive offensive normal defensive very_defensive
Game Pace	sleep ease_up normal speed_up give_everything
Risk Taken	very_safe safe normal risky very_risky
Pressure	no_pressure standoff normal pressure high_pressure
Field Use	wings middle balanced right_wing left_wing
Attacking Style	short_passing passing normal long_ball verylong_ball
Defending Style	zonal_defense normal individual_marking

Tabela 3.7 - Definição dos tipos de jogador na linguagem COACH UNILANG.

Player Types	Conceitos
Action	shoot pass forward dribble run hold clear
Action Result	success out interception stolen fail opp_goalie_catch our_goalie_catch
Recovery	interception tackle mark_pass_line mark_player goto_ball strategical_move
Recovery Result	success out interception stolen fail opp_goalie_catch our_goalie_catch stolen_other interception_other

Na definição dos *Tipos de Jogadores* são definidos os comportamentos de um jogador, quer esteja ou não com posse de bola. Para além da definição de acções e recuperações a linguagem COACH UNILANG, também define o resultado dessas acções. A tabela 3.7 resume os conceitos relacionados com as definições de *Tipos de Jogadores*.

É claro que a linguagem COACH UNILANG representa muitos mais conceitos de futebol. Foram aqui apresentados apenas os conceitos que são os de maior interesse para a ontologia desenvolvida. O que é de realçar sobre esta linguagem é que esta apresenta uma muito boa organização dos conceitos por grupos, para além de uma boa e realista representação de conceitos alto nível associados ao futebol.



Figura 3.5 - Captura de ecrã no simulador PES 2009.

3.3 Conceitos nos Jogos Simuladores de Futebol

Nesta secção são apresentados os conceitos presentes em dois jogos simuladores de futebol. Focou-se o estudo em dois simuladores comerciais de futebol, principalmente devido ao seu elevado número de utilizadores. Logo à partida estar-se-á a estudar conceitos do futebol, que serão familiares para um certo número de pessoas. Para acrescentar, se estes simuladores têm uma boa saída no mercado, é porque em princípio os seus utilizadores acham que os conceitos de futebol estão bem representados.

Os jogos simuladores a apresentar são os seguintes: PES 2009 e FM 2009. Nas próximas subsecções são resumidos os mais importantes conceitos de representação do jogo, que cada um destes oferece.

3.3.1 PES 2009

O jogo PES 2009¹⁹ (*Pro Evolution Soccer 2009*) é actualmente um dos mais poderosos simuladores de jogos de futebol 3D. Neste simulador um jogo de futebol é representado, oferecendo aos utilizadores a possibilidade de controlar os jogadores. Também é possível definir estratégias de equipa e muito mais aspectos relacionados com o futebol. Na figura 3.5 é apresentada uma captura de ecrã deste simulador.

¹⁹ Pro Evolution Soccer 2009. Disponível em <http://www.pes2009.com/>.

Numa perspectiva de análise dos conceitos de futebol presentes, os jogadores são representados através de uma definição das suas características, de posições em campo e também alguns outros atributos, chamados especiais. Outra funcionalidade importante é a definição das estratégias das equipas, que estão também muito bem representadas. De seguida, são resumidos os conceitos de futebol mais importantes para este trabalho. No caso deste simulador, deu-se mais importância à representação das habilidades dos jogadores do que a representação das estratégias das equipas, pois o simulador FM 2009 (que será apresentado na próxima subsecção) é mais completo neste último item.

Quanto às características dos jogadores, no PES 2009 são definidas por uma lista de habilidades, em que cada item pode apresentar valores numa escala percentual. Na lista seguinte são descritos os conceitos referentes à habilidade dos jogadores:

- **Ataque:** corresponde à capacidade do jogador em assumir boas posições do ponto de vista ofensivo.
- **Defesa:** corresponde à capacidade do jogador assumir boas posições do ponto de vista defensivo.
- **Equilíbrio:** corresponde à capacidade do jogador em manter o equilíbrio em confrontos.
- **Resistência:** quanto maior for este valor, menos o jogador se cansa durante um jogo.
- **Velocidade Máxima:** corresponde à velocidade máxima do jogador em corrida quando não tem a posse de bola.
- **Aceleração:** quanto maior for este valor, mais rapidamente o jogador atinge a velocidade máxima.
- **Resposta:** quanto maior for este valor, mais rapidamente o jogador responde a solicitações de passe, perdas de bola e movimentos dos adversários.
- **Agilidade:** quanto maior for este valor, mais ágil é o jogador.
- **Precisão de Drible:** quanto maior for este valor, mais preciso é o drible do jogador.
- **Velocidade em Drible:** quanto maior for este valor, menor será a diferença entre a velocidade de corrida do jogador sem bola e a velocidade de corrida do jogador com bola.
- **Precisão de Passe Curto:** quanto maior for este valor, mais preciso é são os passes rasteiros (junto ao chão) do jogador, nisto inclui os passes curtos e os passes de desmarcação.
- **Velocidade de Passe Curto:** quanto maior for este valor, maior é a capacidade do jogador de fazer rápidos passes curtos rápidos que são difíceis de interceptar.
- **Precisão de Passe Longo:** quanto maior for este valor, mais preciso é o controlo da bola no ar por parte do jogador.
- **Velocidade de Passe Longo:** quanto maior este valor, mais capacidade o jogador tem para fazer passes longos rápidos que são difíceis de interceptar.

Tabela 3.8 - Posições dos jogadores no PES 2009.

Símbolo	Posição	Descrição
GK	Goalkeeper	Bloqueia remates e defende a baliza.
CWP	Sweeper	Joga atrás dos outros defesas com o papel de <i>limpar</i> tudo.
CB	Centre Back	Bloqueia oponentes atacantes na zona frontal à baliza.
SB	Side Back	Defende mais junto à linha lateral. Também está habilitado para se integrar em movimentos atacantes.
DMF	Defensive Midfielder	Coloca-se numa posição mais defensiva no meio campo.
WB	Wing Back	Contribui tanto para o ataque e para defesa movimentando-se pelos flancos.
CMF	Center Midfielder	Contribui para a defesa, mas também organiza ataques e ocasionalmente tentam marcar golos.
SMF	Side Midfielder	Inicia ataques a partir dos flancos.
AMF	Attacking Midfielder	Inicia ataques a partir do meio campo.
WF	Wing Forward	Tenta furar a defesa a partir dos flancos.
SS	Second Striker	Ronda em torno do CF e tenta marcar golos.
CF	Centre Forward	Sempre à procura de marcar golos.

- **Precisão de Remate:** quanto maior este valor, maior é a precisão de remate do jogador.
- **Força de Remate:** quanto maior for este valor, mais força o jogador aplica nos remates.
- **Técnica de Remate:** corresponde à capacidade do jogador de rematar a partir de posições incómodas, tal como quando um adversário está a pressioná-lo.
- **Efeito:** quanto maior for este valor, mais efeito o jogador consegue dar à bola.
- **Cabeceamento:** quanto maior for este valor, mais precisos são os passes e remates de cabeça do jogador.
- **Impulsão:** quanto maior for este valor, mais alto o jogador consegue saltar.
- **Técnica:** quanto maior for este valor, mais hábil é o jogador a receber a bola e a seguir com ela.
- **Agressividade:** quanto maior for este valor, mais agressivamente o jogador ataca.

- **Precisão do Pé Fraco:** quanto maior for este valor, maior é a precisão do pé fraco do jogador.
- **Frequência do Pé Fraco:** quanto maior for este valor, mais frequentemente o jogador utiliza o pé fraco.
- **Mentalidade:** quanto maior for este valor, menos a fadiga afecta a performance do jogador e melhor este joga debaixo de pressão.
- **Habilidades de Guarda-Redes:** quanto maior este valor, melhor o jogador será a jogar na posição de guarda-redes, incluindo a defender remates.
- **Trabalho de Equipa:** quanto maior este valor, o mais hábil é o jogador nas movimentações da equipa e a receber passes.
- **Condição Física:** Quanto maior for este valor, menos o jogador se cansa durante os jogos e menos a sua condição se deteriora após jogos consecutivos.

Em adição às habilidades acima apresentadas, neste simulador também são definidas *Habilidades Especiais*. Estas distinguem-se pelo facto de não existir uma escala de classificação. Neste caso, o jogador pode apresentar, ou não, estas habilidades. Estas são listadas, como se segue:

- **Drible:** O jogador tem tendência para driblar em direcção à baliza.
- **Drible Tático:** O jogador tem tendência em driblar para conseguir manter a posse de bola.
- **Posicionamento:** Consegue estar em boas posições para receber passes e cruzamentos dentro da área.
- **Reacção:** Embora haja um risco acrescido de ser apanhado em fora de jogo, o jogador avança para a bola mais agressivamente, conseguindo mais oportunidades de golo.
- **Organização de Jogo:** Quando tem a posse de bola, todos os outros companheiros de equipa tornam-se mais receptivos para receber passes.
- **Passe:** Quando o jogador tem a bola em sua posse, os seus companheiros de equipa movimentam-se melhor sem bola.
- **Habilidade Goleadora:** O jogador tem as capacidades de passe e finalização acrescidas. Também têm maior tendência para tentar fazer golos.
- **Hab AV 1Vs1:** Marcar golos em confrontos no um para um contra o guarda-redes torna-se mais fácil.
- **Jogador Poste:** Quando está com posse de bola na frente, o jogador tem maior capacidade de segurar a bola para os seus companheiros.
- **Linhas:** Melhorar a capacidade ofensiva junto ao último defesa de forma a evitar o fora-de-jogo.
- **Remate à Distância:** Torna-se mais fácil executar remates de longe.
- **Lado:** O jogador tem tendência para descair para os flancos.
- **Centro:** O jogador tem tendência para jogar longe dos flancos.

- **Grandes Penalidades:** O jogador executa melhor os pontapés de grande penalidade.
- **Passe ao 1ºToque:** A precisão do passe ao primeiro toque é melhorada.
- **Parte Exterior do Pé:** Aumenta a precisão do uso da parte de fora do seu pé.
- **Marcação:** Efectua uma marcação cerrada ao adversário.
- **Corte de Bola:** Melhoria da eficiência das entradas de carrinho sem ocorrência de faltas.
- **Cobertura:** Melhoria da capacidade de defender espaços que ficam livres quando um adversário consegue romper a defesa.
- **Controlo de Linha Defensiva:** A defesa coordena-se melhor, criando mais eficientemente situações em que o adversário é apanhado em fora de jogo.
- **Defesa de Penalties:** A habilidade do guarda-redes de defender grandes penalidades é melhorada.
- **Hab GR 1Vs1:** O guarda-redes responde melhor aos remates de curta distância, também é mais difícil de batê-lo em situações de um para um.
- **Lançamentos Longos:** o jogador tem capacidade de executar lançamentos laterais muito longos.

Naturalmente, as posições dos jogadores em campo também são definidas. Na tabela 3.8 pode ser vista uma pequena descrição destes conceitos. Há que acrescentar que nestes conceitos também é possível definir o lado do campo em que jogador pode jogar, que pode ser um dos seguintes: o direito, o esquerdo ou ambos.

Resumindo, muitos dos conceitos relacionados com as habilidades dos jogadores aqui apresentados, não são do interesse para representação na ontologia. Alguns exemplos são: a “condição física”, “resistência”, “precisão do pé mais fraco” e “frequência do pé mais fraco”, etc. Pois o sistema de aquisição de dados, onde esta ontologia se baseia, não consegue perceber, por exemplo, se um jogador rematou com o pé esquerdo ou direito, ou se está cansado.

De um modo geral, este simulador consegue representar muito bem um jogo de futebol. Por conseguinte, os conceitos que este apresenta, também têm a sua qualidade.



Figura 3.6 - Captura de ecrã no simulador FM 2009.

3.3.2 FM 2009

O FM 2009²⁰ (*Football Manager 2009*) é um dos mais divulgados jogos simuladores de treinadores de futebol. Neste simulador, o utilizador põe-se no lugar de um treinador e gestor de um clube de futebol, podendo gerir aspectos como contratar, treinar e vender jogadores. Estes últimos são representados através da atribuição de valores para os seus atributos. A ajudar existe uma enorme base de dados com informações detalhadas de quase todos os jogadores e agentes do futebol, cujos atributos são classificados com a ajuda de colaboradores espalhados por todo o mundo. Por outro lado, existe a parte simulação de uma partida de futebol, que também é um dos pontos fortes deste jogo. Quando ocorre uma partida de futebol, o utilizador, como assume o papel de treinador, pode dar inúmeras instruções aos jogadores, podendo definir as mais variadas estratégias e formações de equipa. A figura 3.6 apresenta uma captura de ecrã neste simulador.

No FM 2009 os conceitos relacionados com os atributos dos jogadores estão divididos em quatro tipos: *mentais*, *físicos*, *técnicos* e de *guarda-redes*. Os jogadores de campo não apresentam atributos de *guarda-redes*. Por sua vez, os guarda-redes não apresentam atributos *técnicos*. Na tabela 3.9 são listados os conceitos relacionados com os atributos dos jogadores no FM 2009.

²⁰ Football Manager 2009. Disponível em <http://www.footballmanager.com/>.

Tabela 3.9 - Atributos dos jogadores no FM 2008.

Player Attributes			
Mental	Technical	Physical	Goalkeeper
Aggression	Corners	Acceleration	Aerial Ability
Anticipation	Crosses	Agility	Command Of Area
Bravery	Dribbling	Balance	Communication
Composure	Finishing	Injury Proneness	Eccentricity
Concentration	First Touch	Jumping	Handling
Consistency	Free Kicks	Natural Fitness	Kicking
Creativity	Head	Pace	One On Ones
Decisions	Long Shots	Stamina	Reflexes
Dirtiness	Long Throws	Strength	Rushing Out
Flair	Marking		Tendency To Punch
Important Matches	Passing		Throwing
Influence	Penalty Taking		
Off The Ball	Tackling		
Positioning	Technique		
Team Work	Versatility		
Work Rate			

Existe mais uma série de conceitos relacionados com a representação dos jogadores. Esse grupo de conceitos tem a seguinte designação na língua original: “*preferred moves*”. Estes conceitos tentam representar comportamentos peculiares dos jogadores, que são difíceis de classificá-los através de adjetivos. Alguns exemplos são: “*hits free kicks with power*”, “*looks for pass not shot*”, “*tries tricks*”, “*plays with back to goal*”, etc. Muitos desses conceitos são impossíveis de representar neste trabalho devido a limitações tecnológicas do sistema de aquisição. Outros poderão ser representados na ontologia, mas muitos deles são tão peculiares que nem vale a pena representá-los. O mesmo se aplica em relação a alguns atributos apresentado na tabela 3.9, tais como: “*Injury Proneness*”, “*Composure*”, “*Communication*”, etc.

Outra funcionalidade importante da parte de simulação de uma partida de futebol no FM 2009 é a possibilidade de serem dadas *ordens individuais* aos jogadores. A tabela 3.10 apresenta um resumo desses conceitos. Subentenda-se que na tabela 3.10 os termos a negrito representam conceitos e os termos com letra normal são as instâncias desse conceito. Por exemplo, a *mentalidade* de um jogador pode ser: *defensiva*, *normal* ou *ofensiva*.

Tabela 3.10 - Ordens individuais aos jogadores no FM 2009.

Player Individual Orders			
Mentality Defensive Normal Attacking	Closing Down Rarely Mixed Often	Try Through Passes Rarely Mixed Often	Tight Marking Yes No Team
Creative Freedom Little Normal Much	Forward Runs Rarely Mixed Often	Cross Ball Rarely Mixed Often	Free Role Yes No
Tackling Easy Normal Hard	Run With Ball Rarely Mixed Often	Cross From Mixed Deep Byline	Hold Up Ball Yes No
Passing Style Short Mixed Direct Long	Long Shots Rarely Mixed Often	Cross Aim Mixed Near Post Far Post Centre Target Man	Marking Zonal Man Team

Os conceitos apresentados na tabela 3.10 são simples e uma maneira útil de representar movimentos ou acções relacionados com as ordens dadas pelos treinadores.

Este simulador obviamente apresenta conceitos relacionados com as posições de campo, que são semelhantes aos apresentados no simulador PES 2009. Também a apresenta conceitos relacionados com as tácticas das equipas, que são semelhantes aos apresentados na linguagem COACH UNILANG. Devido a essas semelhanças, não se justifica nesta fase uma apresentação desses conceitos. De um modo geral este simulador apresenta conceitos que representam o futebol.

3.4 Comparação dos Conceitos de Futebol

Neste capítulo foram apresentadas três ontologias do futebol, duas linguagens para o futebol robótico e dois simuladores de futebol. Segue-se agora um comparativo, em termos de análise dos conceitos do futebol presentes nestes. A tabela 3.11 apresenta uma comparação ao nível da representação dos conceitos, tendo em conta vários critérios. É importante referir aqui, que essa comparação apresenta uma perspectiva muito orientada para o trabalho desta dissertação.

Tabela 3.11 - Comparação dos conceitos estudados.

	Objectos	Acções	Ordens aos Jogadores	Atributos de Jogadores	Posições de Jogadores	Formações das Equipas	Táticas das Equipas
Ranwez Soccer Ontology	-	-	-	-	-	-	-
Swan Soccer Ontology	-	-	-	-	-	-	-
Robot Soccer Ontology	+	+/-	-	-	-	-	-
CLang	+	+	+	-	-	-	-
COACH UNILANG	+	+	+	+/-	+	+	+
PES 2009	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+
FM 2009	+/-	+/-	+	+	+	+	+
Escala de comparação: - mau, +/- médio, + bom							

Analisando a tabela 3.11 verifica-se que as ontologias RANWEZ e SWAN, em termos conceptuais para a representação de um jogo de futebol, não apresentam resultados nenhuns. Estas duas ontologias praticamente são listas de termos com uma descrição e não representam conceitos. Claro que isto deve-se ao facto de elas serem orientadas para a anotação de informações relacionadas com o futebol presentes na Web.

A ontologia “*Robot Soccer*” tem como domínio uma modalidade do futebol robótico, que não é equivalente ao domínio pretendido para esta ontologia. Apesar disso esta ontologia cria um bom modelo de jogo, por isso apresenta uma boa representação de objectos, períodos de tempo e eventos.

A linguagem CLang apresenta uma boa representação dos objectos, eventos e ordens aos jogadores, mas em termos de representação de conceitos de alto-nível deixa um bocado a desejar. Por sua vez a linguagem COACH UNILANG de uma forma geral representa bem todos os tipos de conceitos de futebol.

Os jogos simuladores PES 2009 e FM 2009 apresentam uma boa representação dos conceitos de alto-nível do futebol, mas em relação aos conceitos de baixo-nível estes estão um bocado implícitos.

Tendo em vista o desenvolvimento da ontologia desta dissertação, ao nível da representação de objectos ter-se-á em conta os modelos presentes no RSO e no CLang. Quanto às acções o CLang e o COACH UNILANG. Quanto às ordens aos jogadores o COACH UNILANG e o FM 2009. Quanto aos atributos e posições dos jogadores o FM 2009 e o PES 2009. Quanto às formações haverá uma inspiração maior no PES 2009. Quanto às tácticas das equipas o COACH UNILANG e o FM 2009 serão as referências.

Capítulo 4

Definição da Ontologia Aplicada ao Futebol

Neste capítulo são apresentadas as definições dos conceitos na “Ontologia Aplicada ao Futebol”. Esta apresentação é dividida por áreas conceptuais, por conseguinte as secções deste capítulo são subordinadas a áreas conceptuais do domínio do futebol. Na secção 4.1 são apresentadas algumas informações relacionadas com a etapa de desenvolvimento da ontologia. Na secção 4.2 são apresentadas as definições estruturais da ontologia. A partir da secção 4.3 são apresentadas as definições por áreas conceptuais, começando-se com a definição de Objectos. As definições para Regiões, Períodos e Eventos são apresentadas, respectivamente, nas secções 4.4, 4.5 e 4.6 deste capítulo. As secções 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam, respectivamente, as definições para Situações, Jogadores e Equipas. Para finalizar na secção 4.9 é apresentada uma pequena conclusão sobre a etapa de desenvolvimento da ontologia.

4.1 Introdução

A “Ontologia Aplicada ao Futebol” desenvolvida não é simplesmente uma lista de conceitos organizados numa hierarquia de classes. O principal desafio é a definição dos conceitos, que para ser exequível requer, a definição de muitas relações entre estes.

A definição da “Ontologia Aplicada ao Futebol” tem como base a manipulação de atributos, neste caso dados numéricos relacionados com as coordenadas dos jogadores e da bola, para permitir a representação dos conceitos associados a uma partida de futebol. O propósito da ontologia é fazer uma leitura do jogo, onde interacções entre jogadores e bola são transformados em conceitos familiares a este domínio.

Para a definição desta ontologia, englobou-se uma grande parte dos conceitos do futebol estudados no capítulo anterior. A origem dos conceitos utilizados é referida ao longo desta

apresentação, mas há que notar que a definição destes conceitos é independente dessas mesmas fontes, pois a definição neste caso é específica das ontologias.

Durante a etapa de desenvolvimento da ontologia procurou-se seguir os passos propostos pela metodologia de desenvolvimento de ontologias *101*, estudada no segundo capítulo. Claro que a apresentação do trabalho desenvolvido, não é baseada nesses passos. Para uma melhor compreensão por parte do leitor, organizou-se esta apresentação com base nas diferentes áreas conceptuais deste domínio.

Para o desenvolvimento desta ontologia utilizou-se a ferramenta de desenvolvimento *Protégé V3.4* e para representação da ontologia a linguagem *OWL*, ambos estudados no segundo capítulo.

4.2 Definições Estruturais da Ontologia

Nesta secção são apresentadas as definições estruturais da “Ontologia Aplicada ao Futebol”. Estas definições referem-se à estruturação das classes principais da ontologia por famílias de conceitos, apresentação das principais relações entre as áreas conceptuais, explicitação dos tipos de dados de entrada principais e definições referentes à representação do espaço de jogo.

4.2.1 Classes Principais

As ontologias na linguagem *OWL* têm sempre com topo hierárquico a classe *Thing* que é o domínio total. O domínio deste trabalho é o futebol, mas o propósito desta ontologia não é representar todos os conceitos e termos associados ao futebol em geral. Neste caso, o objectivo é mais específico, é representar os conceitos e termos associados uma partida de futebol. Por esta razão, à classe principal atribuiu-se a denominação de *Football Game*, pois adequa-se mais ao domínio que é tratado por esta ontologia.

O domínio associado a uma partida de futebol apresenta muitos tipos diferentes de conceitos. Nesta ontologia esses conceitos estão agrupados por áreas conceptuais, onde conceitos do mesmo tipo se podem encaixar. As áreas conceptuais identificáveis nesta ontologia são semelhantes com as apresentadas na linguagem *COACH UNILANG*, estudada no capítulo anterior.

Na lista seguinte são descritas as principais áreas conceptuais da ontologia aplicada ao futebol:

- **Objectos:** onde são definidos os objectos a ser modelizados. Neste caso os objectos são o campo, a bola, os jogadores e as equipas.
- **Regiões:** onde é proposta uma divisão do campo de jogo em várias regiões, muito úteis para a simplificação da definição de conceitos de outros tipos, tais como

eventos, situações, jogadores e equipas. Também é definida uma divisão da área ocupada por cada uma das equipas de forma a permitir a identificação das formações e das posições que os jogadores ocupam em campo.

- **Períodos:** onde são definidos os vários períodos existentes no jogo. Os conceitos deste tipo são importantes, principalmente para a definição de eventos e situações.
- **Eventos:** onde são identificadas as acções, condições das acções e resultados das acções do que decorre dentro do campo. Alguns dos conceitos representados nesta área são: os passes, os remates, a posse de bola, as marcações, etc.
- **Situações:** onde são identificadas as várias situações de jogo presentes no futebol, tais como ataques, lançamentos laterais, pontapés de canto, etc.
- **Jogadores:** onde são classificados os atributos, comportamentos e posições dos jogadores, ao longo de um jogo.
- **Equipas:** onde são classificados os conceitos relacionados com as formações e estratégias de equipa.

A figura 4.1 apresenta um esquema das áreas conceptuais abordadas na ontologia, para a representação de um jogo de futebol. Todos os conceitos estão agrupados segundo uma hierarquia de classes. A figura 4.2 apresenta a hierarquização em classes dos conceitos principais, na ontologia aplicada ao futebol. As classes de conceitos que são desdobram em hierarquias mais complexas são principalmente as das áreas conceptuais das *Regiões*, *Eventos*, *Equipas* e *Jogadores*. Os *Objectos*, *Períodos* e *Situações* por sua vez, são os menos complexos quanto à hierarquização.

4.2.2 Principais Relações Conceptuais

As relações numa ontologia em linguagem OWL são descritas através de “Propriedades Objecto”. Definindo-se estas propriedades pode-se obter relações entre conceitos. Na figura 4.3 são apresentadas as *propriedades objecto* presentes na ontologia.

As *propriedades objecto*, como já foi dito, relacionam conceitos entre si. Na figura 4.4 é apresentado um pequeno mapa conceptual para representar as principais relações entre conceitos. Há que ter em atenção que na figura 4.4, que não são apresentadas as relações que são obtidas a partir das sub-propriedades representadas na figura 4.3, pois o mapa conceptual resultante não iria ser interpretável.

Numa análise ao mapa conceptual minimalista da figura 4.4, pode-se verificar que, por exemplo, os *Objectos* são representados por atributos, posições e comportamentos de *Jogadores*; e que as várias características dos *Jogadores*, por sua vez, são representadas a partir de *Eventos*.



Figura 4.1 - Áreas conceituais na ontologia aplicada ao futebol.

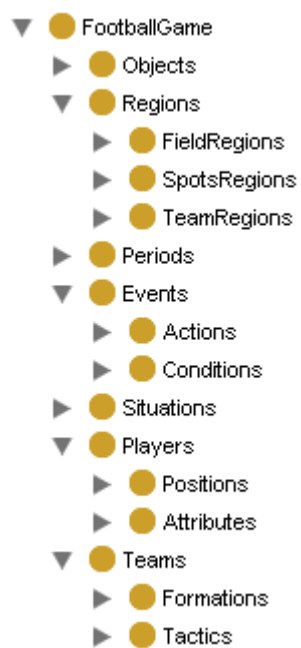


Figura 4.2 - Hierarquia de classes estruturais na ontologia aplicada ao futebol.



Figura 4.3 - Principais propriedades objecto presentes na ontologia.

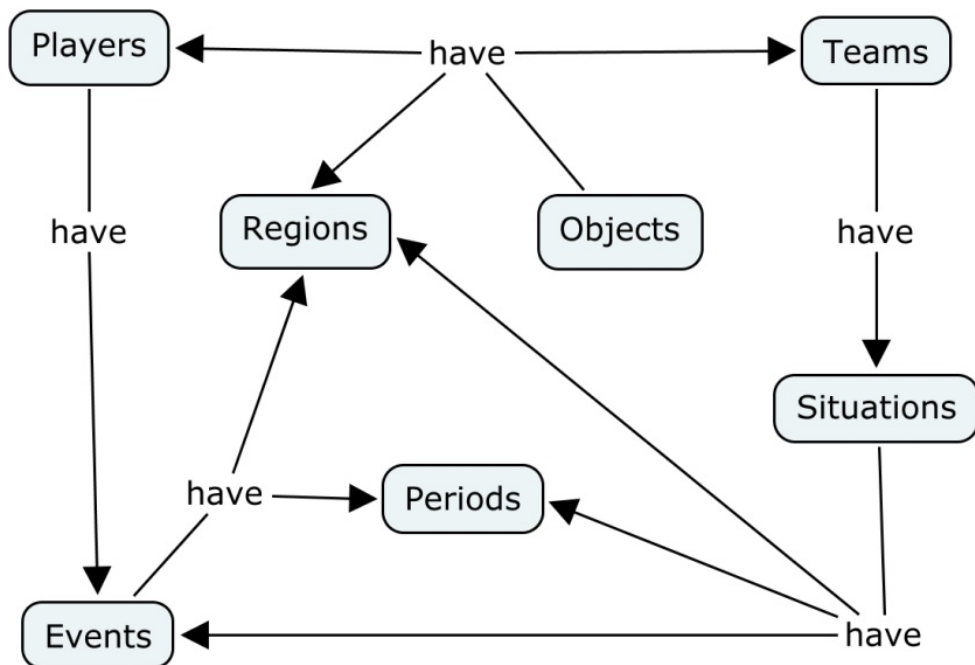


Figura 4.4 - Principais relações entre áreas conceptuais na ontologia.



Figura 4.5 - Tipos de dados utilizados na ontologia aplicada ao futebol.

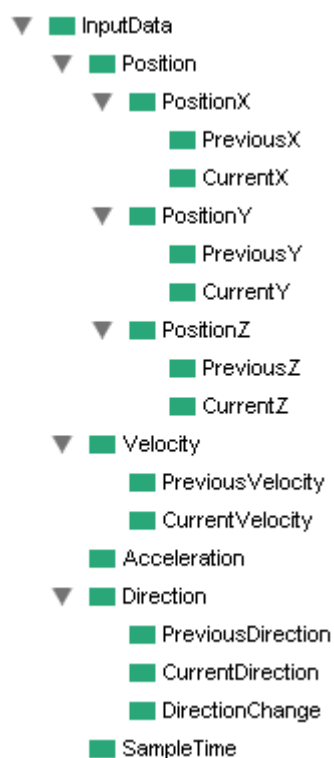


Figura 4.6 - Representação dos dados de entrada da ontologia.

4.2.3 Tipos de Dados Principais

Os atributos de uma ontologia referem-se às relações entre dados e conceitos. Estes dados na linguagem OWL são representados através de “Propriedades *Datatype*”, que devem associar dados aos conceitos. Muitos dos dados presentes nesta ontologia são valores numéricos constantes, que podem ser inseridos em *forms* aquando da definição de uma instância. Por outro lado há valores numéricos que estão definidos implicitamente na ontologia, isto é, não podem ser inseridos manualmente ou nem visualizados de uma forma directa, pois ou são *inputs* ou resultados de cálculos implícitos na ontologia. Portanto existem dois tipos de dados presentes na ontologia: estáticos ou dinâmicos. A figura 4.5 apresenta os tipos de dados presentes na ontologia aplicada ao futebol.

Os atributos principais para esta ontologia são os dados dinâmicos *input*, que são os valores numéricos relacionados com as posições dos jogadores e bola em campo. Há que ter em atenção que esta ontologia representa um jogo de futebol baseando-se apenas nestes dados, portanto a representação dos conceitos do futebol é limitada neste aspecto. Um dos problemas é, por exemplo, a impossibilidade da ontologia não poder detectar faltas em tempo real, pois estas são assinaladas pelo árbitro. De qualquer das maneiras para este caso e muitos outros, há sempre o desafio de se tentar contornar o problema.

Na figura 4.6 são ilustradas as propriedades *datatype* que representam as variáveis de entrada da ontologia. Estas variáveis apresentam os valores em que a ontologia se baseia para representar uma partida de futebol. Na linguagem OWL também pode haver uma hierarquização de propriedades, mas, neste caso da ontologia do futebol a hierarquização é puramente organizativa. Assim é evitado que as inúmeras propriedades *datatype* que esta ontologia apresenta estejam desorganizadas. Assim sendo, no caso da figura 4.6 apenas as propriedades no fim da hierarquia é que representam os valores *input* da ontologia.

Para uma funcional representação, todas as propriedades *datatype* da ontologia apresentam variáveis numéricas do tipo *float*. As posições e distâncias são representadas na unidade métrica. A velocidade e a aceleração são representadas respectivamente em m/s e m/s². O tempo é representado em segundos. A direcção dos objectos é representada em graus, variando estes entre -180° e 180°.

É de referir o facto da inclusão de uma propriedade “*SampleTime*”. Esta propriedade define o intervalo de tempo entre uma dada posição actual e a posição anterior do objecto em causa. Por exemplo, as velocidades, aceleração e direcção poderão apresentar valores de interpretação diferentes caso o valor do *SampleTime* seja alterado. Daí o facto da sua inclusão, apesar de não apresentar valores que variem em tempo-real, como é o caso das outras propriedades apresentadas.

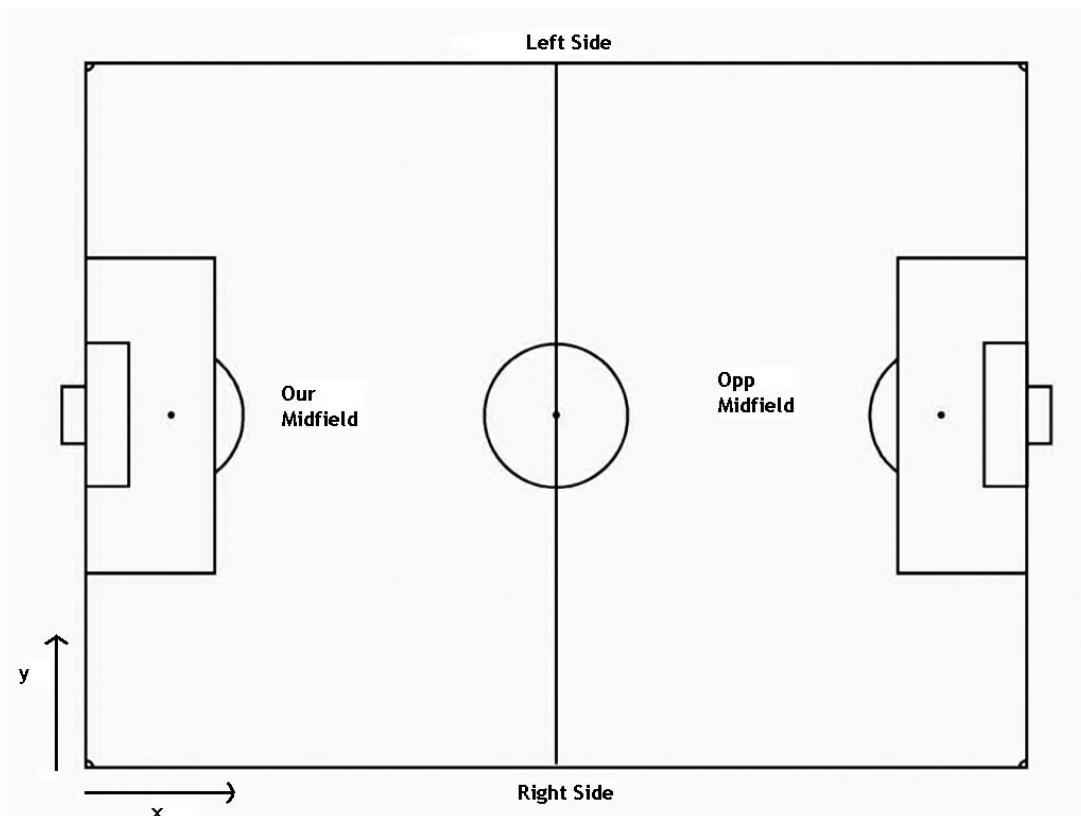


Figura 4.7 - Representação do espaço do jogo referente à ontologia.

4.2.4 Representação do Espaço de Jogo

Na ontologia aplicada ao futebol foi necessário definir o ponto origem das coordenadas cartesianas. Esta definição por si só é muito importante, porque qualquer sistema que no futuro utilize esta ontologia terá que adoptar este sistema de coordenadas.

Foi definido que o ponto origem é no vértice inferior esquerdo do campo de jogo, de acordo com a perspectiva da figura 4.7. Houve várias razões para a escolha deste local para ser a origem das coordenadas. A maior razão foi o facto de assim se utilizar apenas valores de coordenadas positivos, pelo menos dentro do campo, permitindo à ontologia tratar principalmente valores do primeiro quadrante do sistema de coordenadas cartesianas.

Também se definiu que a “*Our Team*” ataca da esquerda para a direita e que a “*Opp Team*” ataca da direita para a esquerda (de acordo com a perspectiva da figura 4.7). Também se definiu que o “*Right Side*” é o lado de baixo e o “*Left Side*” é o lado de cima do campo, de acordo com a perspectiva da figura 4.7.

Outra definição de base é quanto à direcção dos objectos. Tendo em conta a perspectiva da figura 4.7, um objecto apresenta um valor de direcção de 0° , quando se está a movimentar para a direita, 90° quando se movimenta para cima, 180° quando se movimenta para a esquerda e -90° quando se movimenta para baixo.

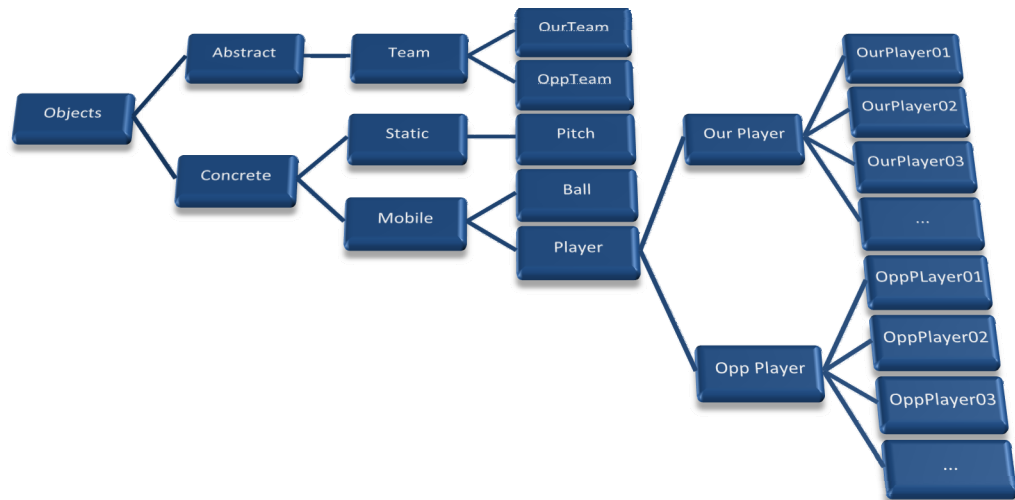


Figura 4.8 - Representação da hierarquia da classe *Objectos*.

Há que realçar que quando as equipas trocam de lado (por exemplo, ao intervalo), a origem das coordenadas tem que ser alterada para o vértice oposto do campo, mantendo-se a leitura do jogo por parte da ontologia, com a mesma perspectiva da figura 4.7. Este ajuste não pôde ser evitado, devido principalmente à definição das *Regiões*.

4.3 Definição de Objectos

Os *Objectos* são o núcleo da ontologia aplicada ao futebol, pois os *inputs* e *outputs* da ontologia estão centrados nestes. Portanto desempenham sempre um papel central nas relações entre conceitos presentes na ontologia.

Na ontologia aplicada ao futebol, consideram-se dois tipos de objectos: os *concretos* e os *abstractos*. Os objectos *concretos* podem também ser de dois subtipos: *móveis* ou *estáticos*. Os objectos *móveis* na ontologia são: os 22 jogadores e a bola. Entre os objectos *estáticos* apenas é considerado o campo de futebol. Entre os objectos *abstractos* são consideradas as duas equipas. Na figura 4.8 é representada a hierarquia da classe *Objectos*.

Esta organização dos objectos, foi baseada no modelo de simulação do *Soccer Server*, apresentado aquando do estudo dos conceitos de futebol presentes na linguagem *CLang* (subsecção 3.2.1) e no modelo objecto da *Robot Soccer Ontology* (subsecção 3.1.3).

Todos estes objectos apresentam muitas propriedades, que se relacionam de qualquer das maneiras com todos os outros conceitos da ontologia. De seguida são listados as instâncias objectos e descritas algumas das suas singularidades:

- **Bola:** é um objecto móvel, que para além de ser representado pelos dados *input*, é obviamente o centro das atenções.
- **Jogadores:** são 22 objectos móveis que também são representados por *inputs*. Na ontologia são identificados tendo em conta a equipa a que pertencem (por exemplo: *OurPlayer01*, *OurPlayer02*, *OurPlayer03*... *OppPlayer01*, *OppPlayer02*, *OppPlayer03*...). A qualquer jogador pode ser atribuído uma identificação aleatória, com excepção dos guarda-redes. A estes últimos é requisito da ontologia atribuir os identificadores de objecto *OurPlayer01* e *OppPlayer01*, devido à definição das propriedades das equipas.
- **Campo de Jogo:** é único objecto estático da ontologia. É representado através de uma propriedade para a sua largura e outra propriedade para o seu comprimento. Claro que, na área conceptual das *Regiões* vai ser representado ao pormenor.
- **Equipas:** são objectos abstractos, que não existem directamente em termos físicos. As equipas podem ser duas, cada uma com onze jogadores. Como se tratam de objectos abstractos, as propriedades que estas apresentam, precisaram de serem definidas através da inserção de muitas regras. Cada equipa apresenta as seguintes propriedades: *TeamMinX*, *TeamMaxX*, *TeamMinY*, *TeamMaxY*, *TeamLength*, *TeamWidth*. Estas propriedades têm base em valores de coordenadas referentes às posições relativas dos jogadores da equipa (o mais recuado, o mais adiantado, o mais à esquerda, o mais à direita), que por sua vez determinam os valores referentes ao comprimento e largura da equipa. Claro que para o cálculo destas propriedades excluiu-se obviamente os guarda-redes de ambas as equipas. Estas propriedades apresentadas são particularmente importantes para a definição das *Regiões de Equipa*, para a classificação das *Posições* dos jogadores e para as *Formações* das equipas.

4.4 Definição de Regiões

Os conceitos de *Regiões* tratam mais propriamente de definições no domínio do espaço. As *Regiões* são basicamente áreas do campo onde os jogadores estão colocados ou onde determinadas acções ocorrem. Um dos propósitos das *Regiões* é facilitar as definições de outros conceitos presentes na ontologia.

Na ontologia do futebol são distinguidos três tipos de regiões:

- **Regiões do Campo:** onde o campo de futebol é dividido em várias áreas convenientes para permitir uma fácil de definição de conceitos em praticamente todas as áreas conceptuais presentes na ontologia.

- **Regiões Pontuais:** onde são definidas algumas áreas que se sobrepõem às regiões do campo. Estas áreas representam os pontos ou zonas onde ocorrem alguns métodos de reinício de jogo. Estas regiões são particularmente importantes para a definição de *Situações*.
- **Regiões de Equipa:** onde são definidas regiões com base na área que cada uma das equipa ocupa em campo. Estas regiões são de carácter dinâmico, pois as suas áreas e zonas do campo variam à medida que o jogo ocorre, devido às movimentações dos jogadores. Estas regiões são particularmente úteis para as definições das posições base dos jogadores e para as formações das equipas.

Nas próximas subsecções são descritos cada um destes tipos de regiões apresentados.

4.4.1 Regiões do Campo

Os conceitos de *Regiões do Campo* na ontologia aplicada ao futebol são muito semelhantes com as regiões do campo definidas pela linguagem *COACH UNILANG* (apresentada na subsecção 3.2.2).

Neste trabalho foi proposta uma divisão progressiva do campo em regiões, recorrendo à estrutura hierárquica das classes OWL. As figuras 4.9 e 4.10 ilustram duas das quatro camadas utilizadas nessa divisão. Na figura 4.10 é ilustrada a última camada. Por exemplo, a região “*Our Middle*”, representada na figura 4.9, é uma classe que contém quatro instâncias que correspondem às quatro regiões correspondentes representadas na figura 4.10.

Os dados que são necessários para a definição de cada uma destas regiões são à partida os valores limites de cada região. Claro que surge um grande problema para a definição. Os campos de futebol nem sempre apresentam as medidas iguais, mas, por exemplo, o tamanho da área de grande penalidade é sempre o mesmo, independentemente das medidas do campo. A figura 4.11 apresenta as medições do campo e linhas, definidas pela FIFA²¹, onde se poderá verificar isso.

Se o tamanho do campo fosse estático, para definir os limites de cada uma das regiões apenas eram necessários valores simples. Como as medidas do campo não são fixas, os limites são definidos por funções. As funções são definidas com recurso à inserção de regras usando a linguagem SWRL. A tabela 4.1 apresenta as regras que foram inseridas para a definição das variáveis limite de cada região.

21 Fédération Internationale de Football Association <http://www.fifa.com/>

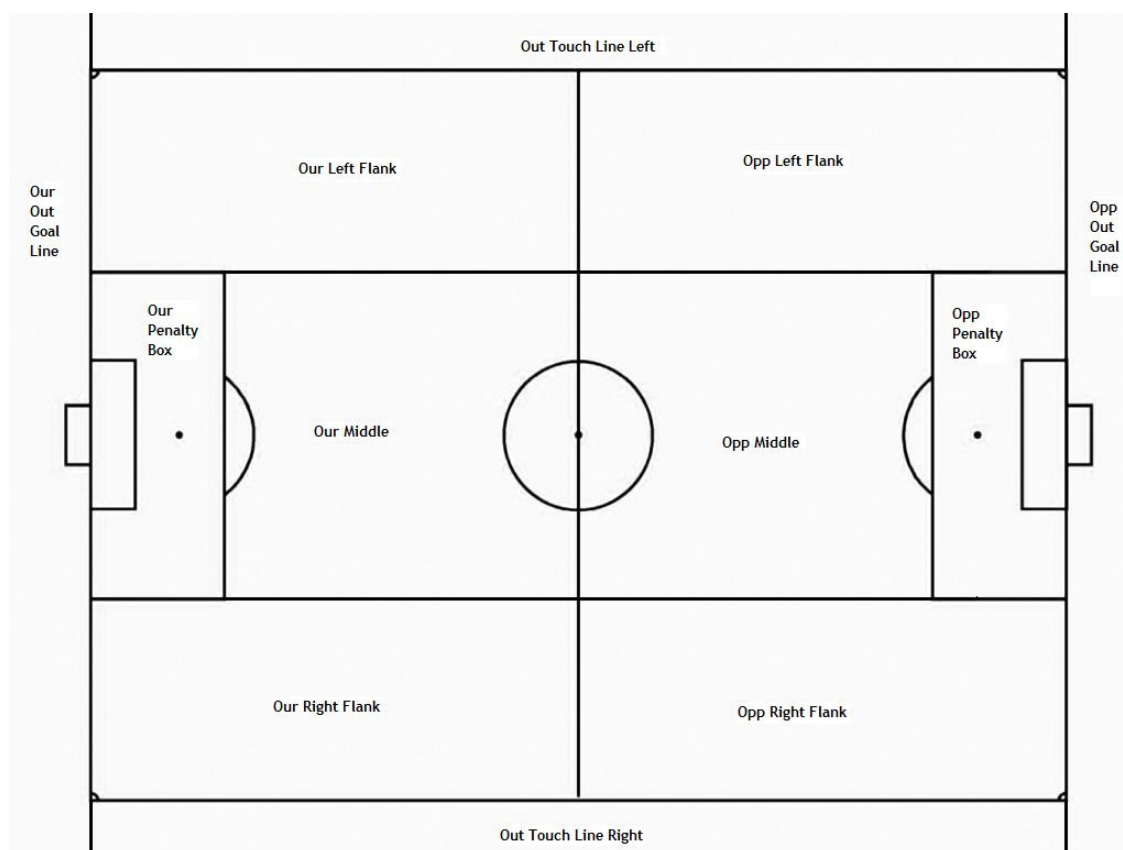


Figura 4.9 - Ilustração da segunda camada da divisão do campo em regiões.

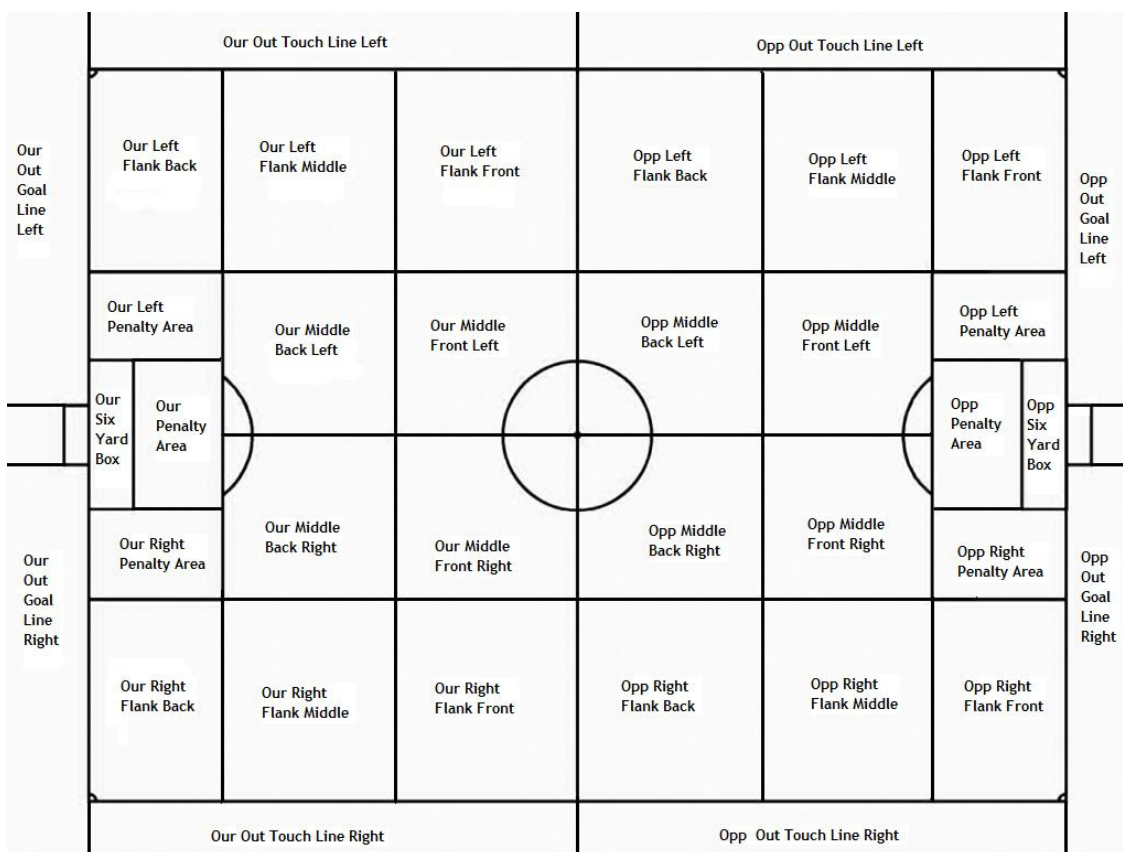


Figura 4.10 - Ilustração da quarta camada de divisão do campo em regiões.

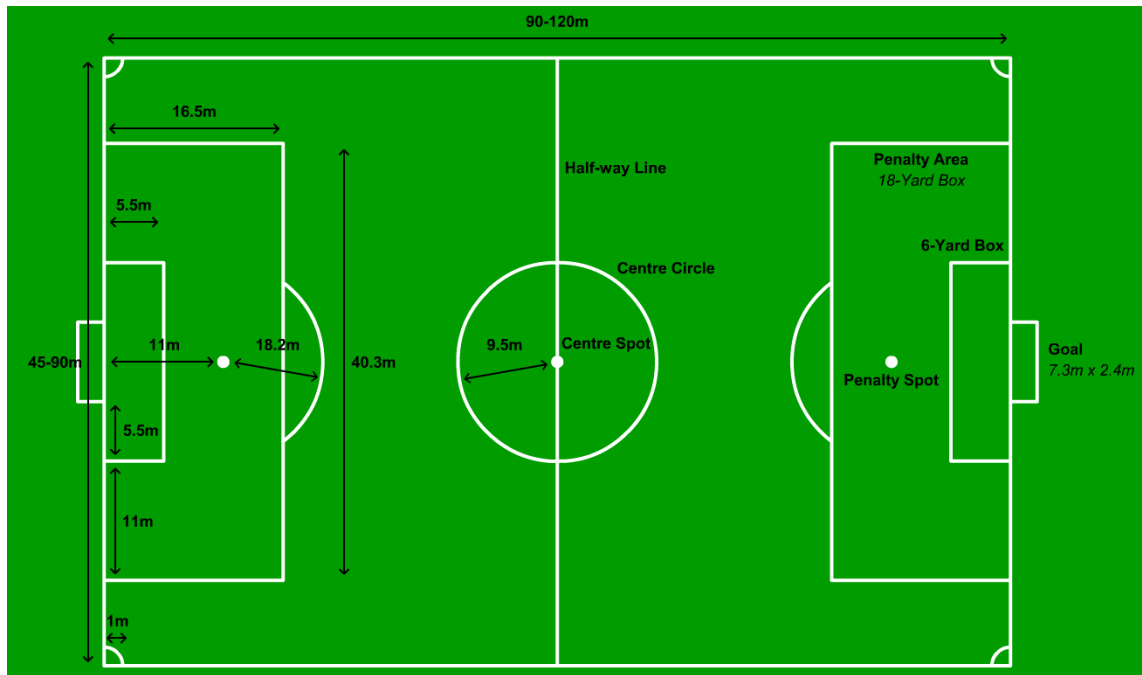


Figura 4.11 - Medidas de um campo de futebol [63].

Tabela 4.1 - Regras para a definição das regiões de campo.

Nome da Regra	Código da Regra
RuleFieldRegionMinX	$\text{FieldHeight}(\text{Pitch}, ?fh) \wedge \text{FieldRegions}(?reg) \wedge \text{MinXSubtractor}(?reg, ?sub) \wedge$ $\text{MinXAdder}(?reg, ?add) \wedge \text{MinXMultiplier}(?reg, ?mul) \wedge$ $\text{swrlb:multiply}(?res1, ?fh, ?mul) \wedge \text{swrlb:add}(?res2, ?res1, ?add) \wedge$ $\text{swrlb:subtract}(?res3, ?res2, ?sub) \rightarrow \text{MinX}(?reg, ?res3)$
RuleFieldRegionMaxX	$\text{FieldHeight}(\text{Pitch}, ?fh) \wedge \text{FieldRegions}(?reg) \wedge \text{MaxXSubtractor}(?reg, ?sub) \wedge$ $\text{MaxXAdder}(?reg, ?add) \wedge \text{MaxXMultiplier}(?reg, ?mul) \wedge$ $\text{swrlb:multiply}(?res1, ?fh, ?mul) \wedge \text{swrlb:add}(?res2, ?res1, ?add) \wedge$ $\text{swrlb:subtract}(?res3, ?res2, ?sub) \rightarrow \text{MaxX}(?reg, ?res3)$
RuleFieldRegionMinY	$\text{FieldWidth}(\text{Pitch}, ?fw) \wedge \text{FieldRegions}(?reg) \wedge \text{MinYSubtractor}(?reg, ?sub) \wedge$ $\text{MinYAdder}(?reg, ?add) \wedge \text{MinYMultiplier}(?reg, ?mul) \wedge$ $\text{swrlb:multiply}(?res1, ?fw, ?mul) \wedge \text{swrlb:add}(?res2, ?res1, ?add) \wedge$ $\text{swrlb:subtract}(?res3, ?res2, ?sub) \rightarrow \text{MinY}(?reg, ?res3)$
RuleFieldRegionMaxY	$\text{FieldWidth}(\text{Pitch}, ?fw) \wedge \text{FieldRegions}(?reg) \wedge \text{MaxYSubtractor}(?reg, ?sub) \wedge$ $\text{MaxYAdder}(?reg, ?add) \wedge \text{MaxYMultiplier}(?reg, ?mul) \wedge$ $\text{swrlb:multiply}(?res1, ?fw, ?mul) \wedge \text{swrlb:add}(?res2, ?res1, ?add) \wedge$ $\text{swrlb:subtract}(?res3, ?res2, ?sub) \rightarrow \text{MaxY}(?reg, ?res3)$

As regras descritas na tabela correspondem a funções simples. As equações matemáticas equivalentes para cada uma das propriedades limites de região são as seguintes:

$$MinX = (((FieldHeight \times MinXMultiplier) + MinXAdder) - MinXSubtractor) \quad (1.1)$$

$$MaxX = (((FieldHeight \times MaxXMultiplier) + MaxXAdder) - MaxXSubtractor) \quad (1.2)$$

$$MinY = (((FieldWidth \times MinYMultiplier) + MinYAdder) - MinYSubtractor) \quad (1.3)$$

$$MaxY = (((FieldWidth \times MaxYMultiplier) + MaxYAdder) - MaxYSubtractor). \quad (1.4)$$

Para uma compreensão destas fórmulas derivadas das regras inseridas na ontologia, vai-se considerar um exemplo. Vai-se supor que se pretende definir os limites da região individual *OurRightFlankBack* (representada na figura 4.10), num campo com as medidas standard (105x68 metros). Tendo em conta que o ponto origem das coordenadas (na perspectiva da figura 4.10) é o vértice inferior esquerdo da região, conclui-se que os valores limite mínimos dessa região em X (*MinX*) e em Y (*MinY*) são nulos. O valor limite máximo em X (*MaxX*) é de 16.5 metros e o valor de *MaxY* é à partida incógnito, mas intuitivamente sabe-se que se o campo tiver as medidas standard, este valor é o seguinte:

$$MaxY = 68/2 - 3,65 - 5.5 - 11 = 13,85 \text{ metros}. \quad (1.5)$$

Para uma compreensão de como se chegou a este resultado, aconselha-se uma análise da figura 4.11. Substituindo as incógnitas da equação 1.4 por valores iguais aos inseridos na ontologia, o resultado é:

$$MaxY = (((68 \times 0.5) + 0) + 20.15) = 13.85 \text{ metros}, \text{ onde } 20.15 = 11 + 5.5 + 3.65. \quad (1.6)$$

Para finalizar, os limites de cada uma das regiões do campo, não são definidos através da introdução de valores constantes nas propriedades *MinX*, *MaxX*, *MinY* e *MaxY*. É sim, mas através da inserção de valores constantes nas seguintes doze propriedades: *MinXMultiplier*, *MinXAdder*, *MinXSubtractor*, *MaxXMultiplier*, *MaxXAdder*, *MaxXSubtractor*, *MinYMultiplier*, *MinYAdder*, *MinYSubtractor*, *MaxYMultiplier*, *MaxYAdder* e *MaxYSubtractor*.

À partida, a definição de regiões seria fácil se as larguras e comprimentos de todos os campos de futebol fossem sempre as mesmas. Como tal não se sucede, a definição destas tornou-se bastante mais complicada, mas em contrapartida estas propriedades para definir os limites de cada uma das *Regiões Do Campo*, também são utilizadas para definir os limites das *Regiões De Equipa*, como se vai ver mais adiante.

4.4.2 Regiões Pontuais

Os conceitos relativos às *Regiões Pontuais* são definidos do mesmo modo como nas *Regiões de Campo*. Estas regiões correspondem a pequenas áreas onde ocorrem alguns métodos de reinício de jogo. Estas são descritas tal como se segue:

- **Marcas de Grande Penalidade:** são dois pontos do campo onde os pontapés de grande penalidade são executados. Na realidade são dois círculos com treze centímetros de

diâmetro, a onze metros de distância do ponto central entre os dois postes de cada baliza. Na ontologia, cada marca é representada por um quadrado com um metro de cada lado, com centro na respectiva marca.

- **Marcas de Pontapé de Canto:** são quatro quartos de círculo colocados nos quatro cantos do campo. Na ontologia são definidos como sendo quatro quadrados com um metro e meio de lado. Cerca de um terço da área desses quadrados encontra-se fora do campo.
- **Marcas de Pontapé de Baliza:** correspondem a quatro áreas onde os pontapés de baliza podem ser executados. Um pontapé de baliza normalmente é batido próximo de um dos vértices da pequena área, mas também pode ser batido a partir de qualquer ponto do lado correspondente da pequena área. Na ontologia, as áreas de pontapé de baliza são aumentadas um bocado junto às zonas dos vértices da pequena área.
- **Marca de Pontapé de Saída:** correspondente ao ponto central do relvado. Na ontologia é definido como sendo uma área quadrada com centro no ponto correspondente e o valor de um metro em cada lado do quadrado.

4.4.3 Regiões de Equipa

Os conceitos de *Regiões de Equipa* foram totalmente criados a partir de nenhuma base. Estes conceitos, que são aqui introduzidos, são resultado duma investigação cujo objectivo era conseguir determinar eficazmente as posições de campo dos jogadores e consequentemente também as formações das equipas.

Existem múltiplas possibilidades para determinar as formações das equipas e as posições de campo dos jogadores. Após um estudo das várias alternativas possíveis, verificou-se que estas seriam de difícil implementação. Entre estas, uma das alternativas mais seguras era fazer durante o jogo uma varredura das regiões percorridas por cada jogador em campo (usando as *Regiões do Campo*), e a partir daí ser feita uma classificação da posição de campo do jogador, de acordo com alguns critérios que também teriam de ser especificados.

A alternativa de usar os conceitos *Regiões de Equipa* surgiu após muita reflexão, numa tentativa de se conseguir determinar em tempo-real uma formação de equipa e uma posição de campo de um jogador. Durante uma partida de futebol, uma pessoa observando apenas um momento único do jogo, pode classificar uma formação de equipa. Uma das situações de jogo fácil de se visualizar é, por exemplo, quando um guarda-redes está a executar um pontapé de baliza. Uma vez visualizada uma formação, as posições dos jogadores podem ser classificadas de acordo com essa formação.

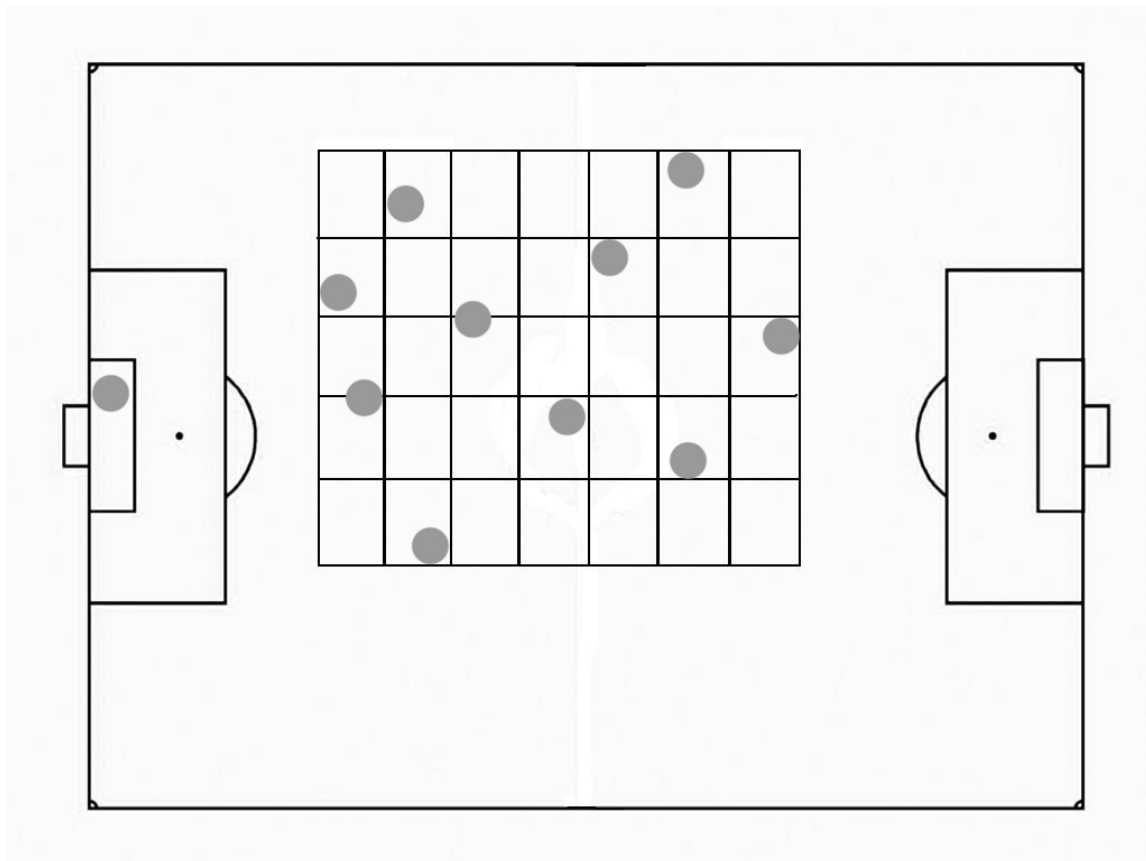


Figura 4.12 - Representação das regiões de uma equipa.

A base para a definição das *Regiões de Equipa* é semelhante às anteriormente apresentadas. O que se altera é, em vez de se utilizar as propriedades relacionadas com os valores de comprimento e largura do *campo*, utilizam-se as propriedades relacionadas com os valores de comprimento e largura das *equipas*. Isto é, inseriu-se umas novas regras muito semelhantes às apresentadas na tabela 4.1. O que se alterou em relação a essas regras, foi apenas a troca das propriedades referentes ao comprimento e largura do campo, para as propriedades referentes aos valores das equipas.

Como resultado, duas super-regiões foram criadas, uma para cada equipa, que durante o decorrer do jogo apresentarão sempre valores limites diferentes. Estas super-regiões são, por sua vez, divididas em várias sub-regiões resultando numa grelha com formato 7x5 tal como é representado na figura 4.12.

Numa análise à figura 4.12, os círculos a cinzento representam os jogadores de apenas uma equipa. O guarda-redes, naturalmente não entra nas regiões da equipa. Todos os restantes jogadores estão no interior das regiões. Como pode ser observado a super-região é dividida em sete partes iguais para o eixo X e em cinco partes iguais para o eixo Y, resultando em trinta e cinco regiões para cada equipa. Mais adiante neste capítulo, aquando da apresentação das definições das classificações de posições, será explicado o motivo da divisão das regiões de equipa desta forma.

Tabela 4.2 - Representação dos períodos de jogo.

Class	Instance	Period Start (min:seg)	Period End (min:seg)
First Half	First Quarter	00:00	15:00
	Second Quarter	15:00	30:00
	Third Quarter	30:00	45:00
	First Half Lost Time	45:00	59:00
Second Half	Fourth Quarter	00:00	15:00
	Fifth Quarter	15:00	30:00
	Sixth Quarter	30:00	45:00
	Second Half Lost Time	45:00	59:00
Extra Time	Seventh Quarter	00:00	15:00
First Half	Extra Time First Half Time Lost	15:00	59:00
Extra Time	Eighth Quarter	00:00	15:00
Second Half	Extra Time First Half Time Lost	15:00	59:00

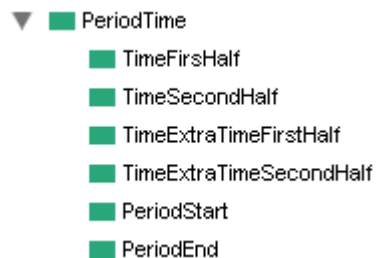


Figura 4.13 - Propriedades referentes aos períodos.

4.5 Definição de Períodos

Os *Períodos* do jogo, no caso referente a esta ontologia, são representados de uma forma muito simples. Considera-se como dados de entrada a partir do sistema, os valores do tempo no decorrer do jogo. Por outro lado, estão definidos em classes e instâncias da ontologia os períodos regulares de um jogo. As instâncias das classes desta área conceptual apresentam duas propriedades onde são inseridos os valores de tempo referentes ao início e ao fim de cada período. Na figura 4.13 estão representadas propriedades referentes aos tempos do período. Na tabela 4.2 são representadas as classes e instâncias dos períodos de jogo.

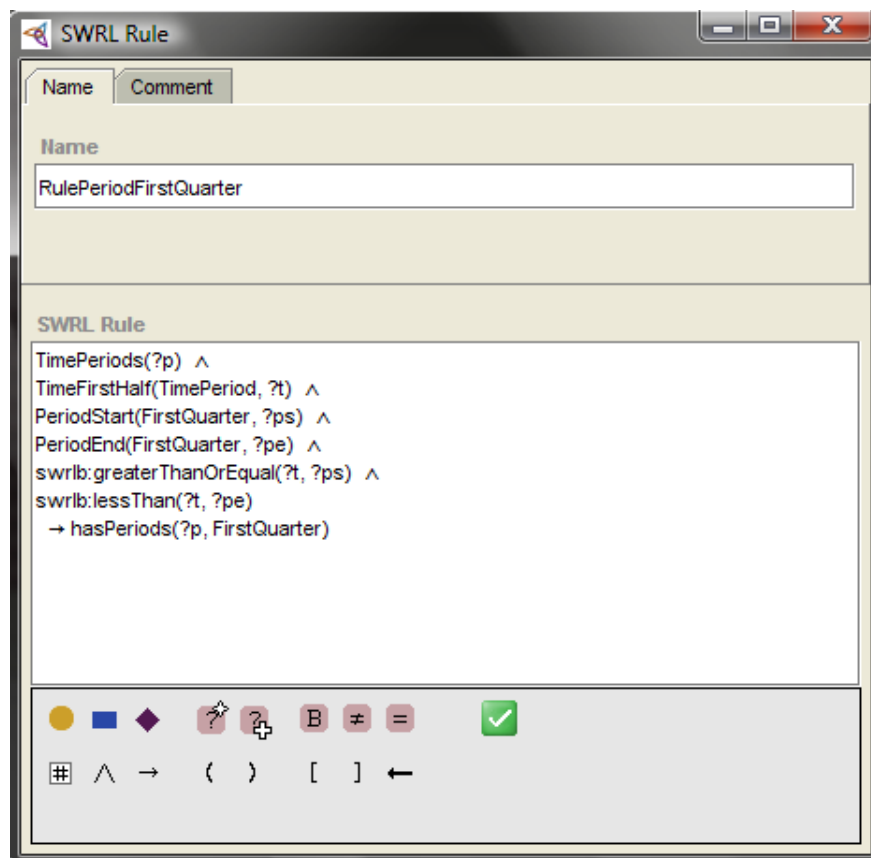


Figura 4.14 - Representação de uma regra para uma instância referente a um período.

Na figura 4.13 as quatro primeiras propriedades são *inputs* da ontologia, isto é, representam valores de tempo variáveis com o decorrer do jogo. As duas últimas propriedades representadas na figura 4.13 representam valores fixos de tempo, que estão definidos na ontologia. Na tabela 4.2 pode-se ver essas duas propriedades com os valores atribuídos para cada instância das classes referentes ao *Períodos* de jogo da ontologia. Doze regras, uma para cada instância, asseguram que cada uma destas é activada quando o valor do tempo do jogo apresenta valores correspondentes aos definidos. Na figura 4.14 é representado um exemplo de inserção de uma destas regras.

Na figura 4.14 está representada a regra referente à instância “*First Quarter*”. Nesta regra é feita uma comparação dos valores de “*Period Start*” e “*Period End*” com o valor variável de entrada “*Time First Half*”. Caso a condição seja satisfeita, o período de jogo nesse dado momento é a instância “*First Quarter*”. Para cada uma das outras instâncias a regra apresenta a mesma estrutura.

É de realçar o facto de, que é requisito fundamental da ontologia de serem necessárias quatro variáveis de tempo a partir do sistema, uma para cada uma das partes do jogo. Tal deve-se ao facto de existirem tempos de desconto. Outra nota, quando a ontologia não está a receber nenhum valor de tempo a partir do sistema, obviamente nenhuma instância referente a um período de jogo específico é activada.

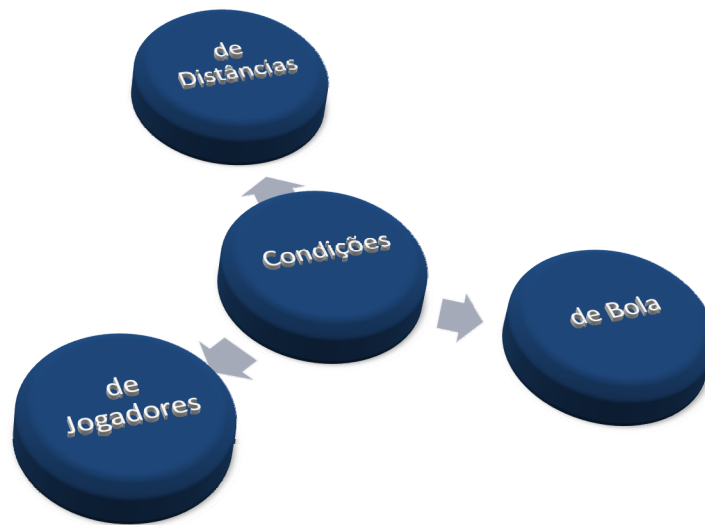


Figura 4.15 - Tipos de condições presentes na ontologia.

4.6 Definição de Eventos

Os conceitos relacionados com os *Eventos* são os de mais difícil representação na “Ontologia Aplicada ao Futebol”. As *Condições* e as *Acções* são partes de um *Evento*. Claro que nesta ontologia, os *Eventos* não são propriamente definidos, quanto à sua definição. O que são representadas são as *Acções* dos jogadores e da bola durante um jogo. Estas *Acções* ocorrem sob determinadas *Condições*. Portanto a ontologia apresenta apenas conceitos relacionados com as *Condições* e *Acções* que ocorrem durante um jogo.

As próximas subsecções explicam as definições referentes às *Condições* e *Acções* que ocorrem durante uma partida de futebol.

4.6.1 Definição de Condições

As *Condições* na ontologia aplicada ao futebol referem-se a momentos do jogo que despoletam ou são resultado da ocorrência das *Acções*. Nesta ontologia, as *Condições* podem ser de três tipos:

- **Condições de Distância:** que verificam as distâncias relativas entre jogadores e também entre estes e a bola.
- **Condições de Bola:** que identificam os vários estados da bola; por exemplo: se foi pontapeada, se saiu do campo, se foi desviada, etc.

- **Condições de Jogadores:** que identificam os vários estados do jogador; por exemplo: se está a correr, se está em fora de jogo posicional, etc.

A figura 4.15 apresenta um esquema dos tipos de condições que são definidos na ontologia aplicada ao futebol.

Condições de Distâncias

As *Condições de Distâncias* referem-se a conceitos que representam relações de distância entre objectos. As instâncias desta classe são as seguintes:

- **Bola - Jogador:** refere-se à condição para uma bola ter um jogador ao seu alcance. É definido da seguinte maneira: se um jogador estiver a pelo menos a um metro de distância da bola, a bola tem um jogador ao seu alcance.
- **Jogador - Bola:** refere-se à condição para um jogador ter a bola ao seu alcance. A sua condição é a seguinte: se a bola estiver a pelo menos dois metros de distância de um jogador, o jogador tem a bola ao seu alcance. Esta instância é muito semelhante à anterior, o que se altera é o facto de o valor da distância entre os objectos ser diferente.
- **Jogador - Jogador:** refere-se à condição para um jogador ter outro jogador ao seu alcance. Esta condição ocorre quando dois jogadores estão a menos de três metros um do outro. Esta condição é importante para definir as marcações, pressões e desarmes.

A tabela 4.3 apresenta o código das regras para a definição dos conceitos acima apresentados. Estas regras calculam a distância entre os objectos conforme o caso pretendido e depois um comparador (“menor ou igual que”) define a distância mínima para a condição ocorrer.

Condições de Bola

As *Condições de Bola* são conceitos referentes aos estados da bola. Aqui é definido, por exemplo: se a bola entrou na baliza, se foi pontapeada ou desviada por um jogador. A lista seguinte resume a definição dos principais conceitos deste tipo:

- **Toque na Bola.** Uma bola é considerada que foi tocada quando a sua mudança de direcção é superior a 25°. Para a prevenção de erros, ainda se acrescenta as condições de alcance definidas anteriormente.
- **Pontapé na Bola.** Neste caso já não se considera a mudança de direcção, mas sim a sua aceleração. O pontapé acontece quando a aceleração ultrapassa a barreira dos 4 m/s², para um tempo de amostragem de um segundo. Este valor terá que ser ajustado e refinado para o tempo de amostragem mínimo que o sistema de aquisição ofereça.

Tabela 4.3 - Regras para a definição das condições de distância.

Nome da Regra	Expressão da Regra
RulePlayerhasBallInRange	$\text{Player}(\text{?player}) \wedge \text{PositionX}(\text{?player}, \text{?x}) \wedge \text{PositionY}(\text{?player}, \text{?y})$ $\wedge \text{PositionX}(\text{Ball}, \text{?xball}) \wedge \text{PositionY}(\text{Ball}, \text{?yball})$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?subx}, \text{?x}, \text{?xball}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powx}, \text{?subx}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?suby}, \text{?y}, \text{?yball}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powy}, \text{?suby}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:add}(\text{?add}, \text{?powx}, \text{?powy}) \wedge \text{swrlm:sqrt}(\text{?sqrt}, \text{?add})$ $\wedge \text{swrlb:lessThanOrEqual}(\text{?sqrt}, 2)$ $\rightarrow \text{hasRangeConditions}(\text{?player}, \text{Ball})$
RuleBallhasPlayerInRange	$\text{Player}(\text{?player}) \wedge \text{PositionX}(\text{?player}, \text{?x}) \wedge \text{PositionY}(\text{?player}, \text{?y})$ $\wedge \text{PositionX}(\text{Ball}, \text{?xball}) \wedge \text{PositionY}(\text{Ball}, \text{?yball})$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?subx}, \text{?x}, \text{?xball}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powx}, \text{?subx}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?suby}, \text{?y}, \text{?yball}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powy}, \text{?suby}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:add}(\text{?add}, \text{?powx}, \text{?powy}) \wedge \text{swrlm:sqrt}(\text{?sqrt}, \text{?add})$ $\wedge \text{swrlb:lessThanOrEqual}(\text{?sqrt}, 1)$ $\rightarrow \text{hasRangeConditions}(\text{Ball}, \text{?player})$
RulePlayerhasOurPlayerInRange	$\text{OurPlayer}(\text{?ourplayer}) \wedge \text{PositionX}(\text{?ourplayer}, \text{?ourx})$ $\wedge \text{PositionY}(\text{?ourplayer}, \text{?oury}) \wedge \text{OppPlayer}(\text{?oppplayer})$ $\wedge \text{PositionX}(\text{?oppplayer}, \text{?oppx}) \wedge \text{PositionY}(\text{?oppplayer}, \text{?oppy})$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?subx}, \text{?oppx}, \text{?ourx}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powx}, \text{?subx}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?suby}, \text{?oppy}, \text{?oury}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powy}, \text{?suby}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:add}(\text{?add}, \text{?powx}, \text{?powy}) \wedge \text{swrlm:sqrt}(\text{?sqrt}, \text{?add})$ $\wedge \text{swrlb:lessThanOrEqual}(\text{?sqrt}, 3)$ $\rightarrow \text{hasRangeConditions}(\text{?oppplayer}, \text{?ourplayer})$
RulePlayerhasOppPlayerInRange	$\text{OurPlayer}(\text{?ourplayer}) \wedge \text{PositionX}(\text{?ourplayer}, \text{?ourx})$ $\wedge \text{PositionY}(\text{?ourplayer}, \text{?oury}) \wedge \text{OppPlayer}(\text{?oppplayer})$ $\wedge \text{PositionX}(\text{?oppplayer}, \text{?oppx}) \wedge \text{PositionY}(\text{?oppplayer}, \text{?oppy})$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?subx}, \text{?ourx}, \text{?oppx}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powx}, \text{?subx}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:subtract}(\text{?suby}, \text{?oury}, \text{?oppy}) \wedge \text{swrlb:pow}(\text{?powy}, \text{?suby}, 2)$ $\wedge \text{swrlb:add}(\text{?add}, \text{?powx}, \text{?powy}) \wedge \text{swrlm:sqrt}(\text{?sqrt}, \text{?add})$ $\wedge \text{swrlb:lessThanOrEqual}(\text{?sqrt}, 3)$ $\rightarrow \text{hasRangeConditions}(\text{?ourplayer}, \text{?oppplayer})$

- **Bola Recebida.** Quando a aceleração da bola é inferior a -4 m/s^2 , para um tempo de amostragem de um segundo. Este valor tem que ter ajustado e refinado tal como na condição anterior.
- **Bola Fora pela linha Lateral.** Ocorre quando a bola se encontra numa das regiões de fora do campo, para lá das linhas laterais.
- **Bola Fora pela linha de fundo.** Ocorre quando a bola se encontra numa das regiões de fora do campo, para lá da linha de fundo.
- **Bola em Repouso.** Quando a sua velocidade é menor que um metro por segundo.
- **Bola no Ar.** Quando o valor da sua coordenada Z é superior a um metro e meio.
- **Bola na Baliza.** Quando a bola está dentro da baliza. Não significa que seja golo.
- **Direcção Frente.** Quando a bola apresenta valores de direcção entre -45° e 45° .
- **Direcção Trás.** Quando a bola apresenta valores de direcção nos intervalos de -135° a -180° e de 135° a 180° , o mesmo que entre 135° e 225° .

Condições de Jogador

As *Condições de Jogador* definem os estados dos jogadores. Isto é, verifica, por exemplo, se o jogador está com posse de bola ou se está em fora de jogo posicional. A lista seguinte resume a definição dos principais conceitos deste tipo:

- **Posse de Bola.** Um jogador tem a posse de bola segundo duas condições: quando a condição de distância “*Jogador-Bola*” se aplica e a condição “*Jogador-Jogador*” não se verifica; caso a condição *Jogador-Jogador* se verifique então a condição *Bola-Jogador* também tem que ser aplicada.
- **Marcação.** Um jogador está a efectuar uma marcação quando está ao alcance de um jogador adversário e a posse de bola é dum jogador adversário, independentemente de ser esse ou não o jogador com a bola.
- **Pressão.** Um jogador está a pressionar um adversário quando está ao alcance do jogador com posse de bola.
- **Agarrar Bola.** Um guarda-redes agarrou uma bola quando as condições “*Bola Recebida*” e “*Bola em Repouso*” se verificam.
- **Receber Bola.** Um jogador está a receber uma bola quando a condição “*Bola recebida*” se verifica.
- **Atrás da Linha da Bola.** Um jogador está atrás da linha da bola quando a sua coordenada X é inferior à da bola, no caso de ser jogador da *nossa* equipa. Se for jogador da equipa oponente, a sua coordenada X tem que ser superior à da bola.
- **Fora-de-Jogo Posicional.** Um jogador está em fora de jogo posicional, quando tem pelo menos um jogador adversário pela frente, isto é, com um valor da coordenada X superior ao apresentado pelo jogador de campo mais recuado da equipa adversária e inferior ao do guarda-redes, no caso de ser jogador da “*nossa*” equipa. Caso o valor da

sua coordenada X seja superior à do guarda-redes e inferior à do jogador de campo mais recuado, esta condição também se aplica.

- **Fora de Jogo.** Esta condição ocorre quando a condição anterior se verifica; se um pontapé na bola é efectuado por parte de um companheiro de equipa; se esse companheiro de equipa está recuado em relação ao jogador em fora de jogo posicional; e se a direcção da bola é para a frente, na perspectiva da equipa que ataca.

4.6.2 Definição de Acções

As *Acções* diferenciam-se das *Condições*, apresentadas na secção anterior, pelo seguinte facto: as *Condições* são despoletadas por elementos estáticos, enquanto as *Acções* são despoletadas por elementos dinâmicos. Por outras palavras, as *Condições* surgem enquanto algo está a acontecer num dado momento do jogo, enquanto as *Acções* surgem como resultado de várias *Condições*.

Portanto a partir da representação das acções atingiu-se o limiar da capacidade de representação de ontologias, pois vêm ao de cima algumas das limitações que estas apresentam.

Uma das limitações das ontologias é, por exemplo, uma instância é despoletada por um indeterminado de tempo, isto é, sob condições que foram impostas para essa instância ocorrer. Se, por exemplo, se for pretendido determinar a duração em que essa instância este activada, não é possível determiná-lo pela ontologia. Outro caso é, se for pretendido que uma instância seja despoletada sob uma determinada condição e que se mantenha activada até que uma nova condição seja imposta, tal é impossível de ser representado pelas ontologias. Mais uma limitação das ontologias é o facto de não ser possível armazenar informação relativa às instâncias, isto é, quantas vezes foi activada, a duração dessa activação, qual foi a última instância activada. Em conclusão, a ontologia, por si só, não consegue representar as acções.

Portanto, é necessário o recurso a uma de Base de Conhecimento associada a esta ontologia, para as *Acções* serem representadas em tempo-real. A Base de Conhecimento tem a função de organizar, recolher e recuperar as informações fornecidas pela ontologia. Como o desenvolvimento de uma Base de Conhecimento não é âmbito deste trabalho, não é possível testar com eficiência e verificar as definições feitas pela ontologia quanto à representação de *Acções*.

Na ontologia aplicada ao futebol, para cada instância de *Acções* são associadas duas propriedades que são referentes às *Condições* para a instância ocorrer e às *Condições* para a instância deixar de ocorrer. Para cada uma das propriedades destas instâncias, são introduzidas regras que especificam as *Condições* para as *Acções* ocorrerem ou deixarem de ocorrer.

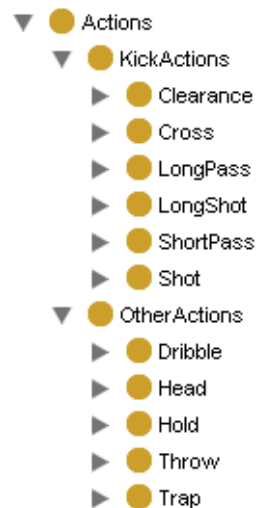


Figura 4.16 - Representação hierárquica da classe Acções.

Na ontologia cada conceito de *Acção* (por exemplo um remate) não é uma instância. As *Acções* apresentam uma semelhança com a representação das *Regiões* onde, por exemplo, a área de grande penalidade da equipa adversária, é uma classe que contém várias instâncias, cada uma destas referentes a uma região dentro dessa área. Nas *Acções*, por exemplo um *Remate* é uma classe que apresenta várias instâncias, cada uma delas, referentes ao seu resultado. Isto é, um *Remate* é constituído por resultados de um remate, por exemplo: um *Remate Interceptado*, um *Remate ao Lado*, um *Remate Defendido*, etc. Na figura 4.16 é apresentada a hierarquia de classes referentes às acções representadas pela ontologia aplicada ao futebol

Uma particularidade da representação das acções na ontologia é que estas obviamente apenas são detectadas, depois de ocorrerem. Portanto uma acção está dependente dos seus resultados. Na ontologia aplicada ao futebol, os resultados das acções podem ser de dois tipos, tal como se segue:

- **Sucesso.** Uma determinada acção é bem sucedida quando o objectivo desta é alcançado. Por exemplo, um passe é bem sucedido quando o companheiro de equipa recebe a bola.
- **Insucesso.** Engloba todas as acções mal sucedidas. Por exemplo, um remate pode ter ido para ao lado da baliza ou ter sido defendido pelo guarda-redes.

Alguns dos resultados de acções mal sucedidas podem ser, por exemplo, os seguintes:

- **Intercepção:** Um passe ou remate pode ser interceptado. Ter em atenção que é um toque na bola, mas o jogador que a tocou não ficou com esta em seu poder.
- **Fora:** A bola sai fora do campo.
- **Desarme:** Após uma tentativa de drible ou um passe falhado, um jogador adversário recupera a bola, ficando com esta em seu poder.

- **Desviada pelo Guarda-Redes:** A bola é tocada pelo guarda-redes, mas não significa que fica com esta em seu poder.
- **Agarrada pelo Guarda-Redes:** O guarda-redes fica com a posse de bola.

Na lista acima, foram resumidos os resultados de acções mais típicos. Os resultados variam de acção para acção. Na lista seguinte são resumidas as acções presentes na ontologia:

- **Remate.** Uma das condições que despoleta um remate é um pontapé na bola. Outra condição é o facto de ser executado a 25 metros de distância da baliza. Pode haver confusão com os passes efectuados na zona frontal à baliza. Para se evitar essa confusão, a direcção da bola aquando do momento do remate também entra como condição. Portanto se por acaso um passe for feito para dentro da área
- **Remate à Distância.** É definido de forma semelhante ao anterior. A diferença é o facto de ser efectuado a mais de 25 metros da baliza.
- **Passe Curto.** Um passe é considerado curto, quando é efectuado para distâncias inferiores a 25 metros. Um passe tem sucesso quando o companheiro de equipa recebe a bola. Os casos de insucessos podem ser muitos.
- **Passe Longo.** Um passe é considerado longo, quando é efectuado para distâncias superiores a 25 metros.
- **Alívio.** Esta acção é considerada quando um jogador, nas regiões do seu meio campo mais recuadas, pressionado pelo adversário, pontapeia a bola para um local aleatório. O sucesso desta acção é a bola sair das regiões recuadas, mesmo que seja para fora. O insucesso é a bola ter sido tocada por um adversário, que o estava a pressionar no momento da execução do pontapé. Caso um suposto alívio resulte em posse de bola para um companheiro de equipa, é considerado um passe.
- **Cruzamento.** É um passe que tem a particularidade de ser efectuado a partir de determinadas regiões do campo com destino à área de grande penalidade adversária.
- **Cabeceamento.** Um cabeceamento ocorre quando a bola no ar é desviada por um jogador. Na ontologia não há distinções entre passe, remate ou alívio de cabeça. Um cabeceamento foi efectuado com sucesso quando a um jogador da mesma equipa recebe a bola, ou também efectue um cabeceamento, ou seja golo. Um cabeceamento também tem sucesso se a bola for para fora, mas apenas no caso de ser efectuado na zona defensiva.
- **Lançamento Lateral.** Um lançamento lateral ocorre quando um jogador está fora do campo nas regiões adjacentes à linha lateral, com a bola em repouso. Esta acção tem sucesso quando um jogador da mesma equipa que o executante recebe a bola.
- **Drible.** Um jogador está a efectuar um drible sempre que vai mantendo a posse de bola e tem pelo menos um jogador adversário ao seu alcance. Um drible tem sucesso

quando um adversário que estava ao seu alcance deixa de o estar. Caso seja desarmado por um adversário é um caso de insucesso. Caso o jogador pontapeie a bola e ainda esteja um adversário ao seu alcance também é considerado insucesso.

- **Segurar.** A acção de segurar a bola é semelhante à do drible, a diferença é que o sucesso desta acção não depende de se o adversário foi ou não fintado. Esta acção tem sucesso quando o jogador consegue efectuar um passe ou remate. Caso o jogador seja desarmado esta acção não tem sucesso.
- **Recepção.** A acção de recepção de bola é sempre de muita pequena duração. Esta acção é despoletada caso a condição “*Receber Bola*” ocorra. Uma recepção tem sucesso quando o jogador consegue manter a posse de bola. É um insucesso, caso não consiga manter a posse de bola.

4.7 Definição de Situações

As *Situações* de jogo são uma categoria de conceitos muito importante no futebol. As *Situações* podem ser entendidas como sendo os estados dos eventos que ocorrem durante um jogo. Tal como para a definição de *Acções*, as *Situações* apresentam uma condição início e uma condição fim. A diferença é, que enquanto uma *Acção* só é representada depois da sua ocorrência, uma *Situação* é representada enquanto está a ocorrer. Por outras palavras, uma *Situação* vai decorrendo até uma condição indicar que esta termina.

A figura 4.17 apresenta a hierarquia de classes associada a estes conceitos. Na figura, os números, a entre parêntesis, referem-se ao número de instâncias presentes em cada uma das classes, resultado em vinte definições de situações de jogo. Esta organização hierárquica é importantíssima, pois por exemplo, um *lançamento lateral* é sempre um *lançamento lateral* independentemente de, se foi executado pela equipa adversária ou se foi executado no lado direito ou esquerdo do campo.

Situações de Jogo Corrido

As situações de jogo corrido são as situações normais de um jogo. Estas são resumidas tal como se segue:

- **Nosso Ataque:** que também pode ser situação de defesa para a equipa oponente. Esta situação ocorre quando a nossa equipa tem posse de bola. Esta situação vai-se mantendo enquanto os jogadores da equipa tem posse de bola. Quando um jogador da equipa adversária, passa a ter a posse de bola esta situação deixa de ocorrer.
- **Ataque Oponente:** que também pode ser situação de defesa para a nossa equipa. Esta situação é definida do mesmo modo que a anterior, a diferença é que a equipa oponente é que mantém a posse de bola.



Figura 4.17 - Hierarquia da classe *Situações*.

- **Nosso Contra-Ataque:** esta situação de jogo ocorre quando após uma recuperação de bola se verifica que existe superioridade numérica da equipa que ataca, isto é, o jogador que tem a posse de bola, tem pela frente, menos adversários do que companheiros. A partir do momento em que tal não se verifica a situação passa a ser apenas ataque normal.
- **Contra-Ataque Oponente:** esta situação de jogo é semelhante à anterior, o que se altera é o facto de as condições serem definidas sob o ponto de vista da equipa contrária.

Situações de Bola Parada

Abaixo são apresentadas as condições para início e fim de cada uma das situações de reinício de jogo:

- **Pontapé de Saída:** Esta situação ocorre quando a bola está parada no centro do relvado e dois jogadores da mesma equipa estão junto à bola. Esta situação decorre até a bola ser tocada pelo adversário, ou até ser dado o segundo toque consecutivo pela equipa com posse de bola.
- **Pontapé de Baliza:** esta situação ocorre quando a bola se encontra em repouso numa das quatro regiões ponto designadas para o efeito e um pelo menos um jogador também se encontra nessa região. Esta situação termina quando depois da execução a bola é tocada por qualquer jogador, ou por acaso esta tenha saído do campo.
- **Pontapé de Grande Penalidade:** na visão da ontologia ocorre quando apenas um jogador de cada equipa está dentro área de grande penalidade em questão, e quando a bola se encontra em repouso na marca de grande penalidade. Por vezes a bola pode

bater num dos postes ou barra da baliza, ou apenas ser tocada (não agarrada) pelo guarda-redes, criando normalmente outra oportunidade de remate por parte dos jogadores atacantes. Por isso, esta situação termina apenas quando a bola sai da área de grande penalidade, para qualquer outra região do interior ou fora do campo.

- **Lançamento Lateral:** Esta situação inicia-se quando um jogador e a bola se encontram numa região fora do campo, adjacente às linhas laterais. A situação termina quando um adversário toca na bola ou até serem dados cinco toques na bola por parte da equipa que beneficiou deste lançamento.
- **Pontapé de Canto:** esta situação ocorre quando a bola está em repouso, numa das quatro regiões ponto definidas pela ontologia. Em relação às outras situações de bola parada, as situações de pontapé de canto podem ter uma duração elevada. Esta situação termina apenas quando: a bola sai de uma das oito regiões do interior do campo adjacentes à baliza, ou quando o guarda-redes agarra a bola, ou um jogador adversário recupera a bola (os toques na bola ou possíveis alívios não são tidos em conta).
- **Pontapé Livre:** esta situação é a mais difícil de definir porque pode ocorrer em qualquer zona do campo. Na ontologia poderá nem sempre ser detectada. A condição para esta situação ocorrer é a seguinte: a bola estar parada, haver pelo menos um jogador junto à bola, e não haver jogadores adversários a pelo menos 8.5 metros da bola (nenhum jogador adversário pode estar a menos de 9.15 metros de distância da bola durante a execução de um pontapé livre, segundo as regras do futebol). Esta situação termina quando ou: a bola sai fora, o guarda-redes agarra a bola, se for golo, ou se forem dados mais de dois toques consecutivos na bola.

Na ontologia aplicada ao futebol o conceito de “*bola ao ar*” não é considerado como situação de jogo, porque para além de ser actualmente incomum, a sua execução resulta imediatamente numa situação atacante para uma das equipas. Também não é feita a distinção entre um pontapé livre directo e indirecto.

4.8 Definição de Jogadores

Os conceitos referentes às classificações das posições, características e comportamentos dos jogadores são apresentados nesta secção. Nas próximas subsecções são descritas as definições dos conceitos que abrangem esta área.

Tabela 4.4 - Classificação da posição dos jogadores através das regiões de equipa.

	1	2	3	4	5
1	Right Back	Centre Back			Left Back
2					
3	Right Wing Back	Defensive Midfielder Centre			Left Wing Back
4	Right Midfielder	Midfielder Centre			Left Midfielder
5	Right Att. Mid.	Attacking Midfielder Centre			Left Att. Mid.
6	Right Wing Forward	Supporter Striker			Left Wing Forward
7		Centre Forward			

4.8.1 Posicionamento dos Jogadores

No futebol, a cada um dos onze jogadores de uma equipa, é atribuída uma posição específica para jogar em campo. Uma equipa é constituída por um guarda-redes e dez jogadores de campo que são inseridos em várias posições defensivas, intermediárias e atacantes dependendo da formação disposta. Essas posições descrevem tanto a principal função do jogador tal como a sua área de operações em campo. Claro que no caso da ontologia vai-se apenas considerar como factor de classificação as posições relativas dos jogadores.

Na ontologia do futebol, para a definição do posicionamento dos jogadores em campo, utilizam-se os conceitos referentes às *Regiões de Equipas* (apresentados na subsecção 4.4.3). As *Regiões das Equipas* são uma espécie de grelha onde estão inseridos todos os jogadores de uma equipa, menos o guarda-redes. Determinou-se que a divisão em 7x5 regiões, de forma semelhante à utilizada pela linguagem COACHUNILANG, seria sem dúvida a melhor opção.

Durante o jogo, as posições dos jogadores são classificadas de acordo com as regiões da grelha em que estão inseridos. A tabela 4.4 apresenta essas classificações. A figura 4.18, por sua vez, apresenta um exemplo da classificação da posição dos jogadores de uma equipa em campo. Na figura 4.18 apenas é mostrada uma equipa em campo, cujos jogadores são representados por círculos a cinzento. A grelha presente na figura 4.18 representa as *Regiões de Equipa*, onde os jogadores da equipa (guarda-redes excluído) estão inseridos. Junto a cada jogador são apresentadas as iniciais da posição com que são classificados pela ontologia.

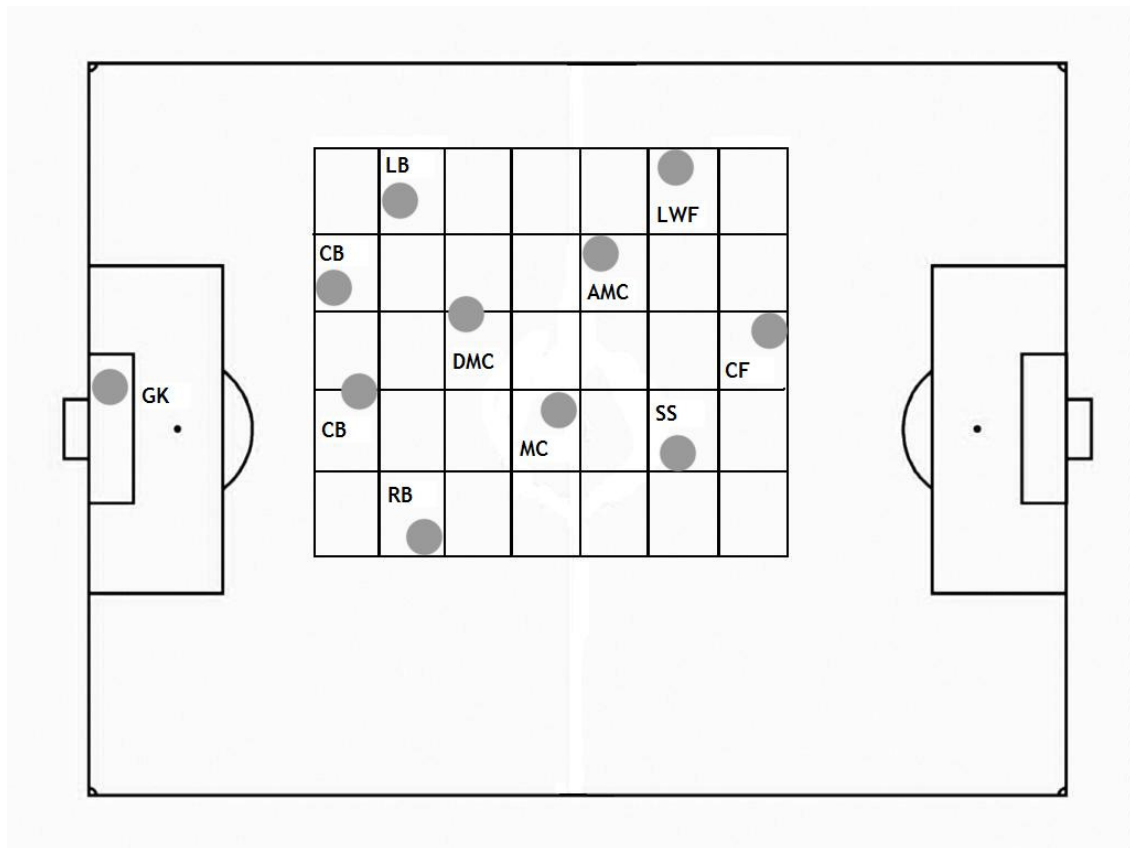


Figura 4.18 - Representação das posições dos jogadores.

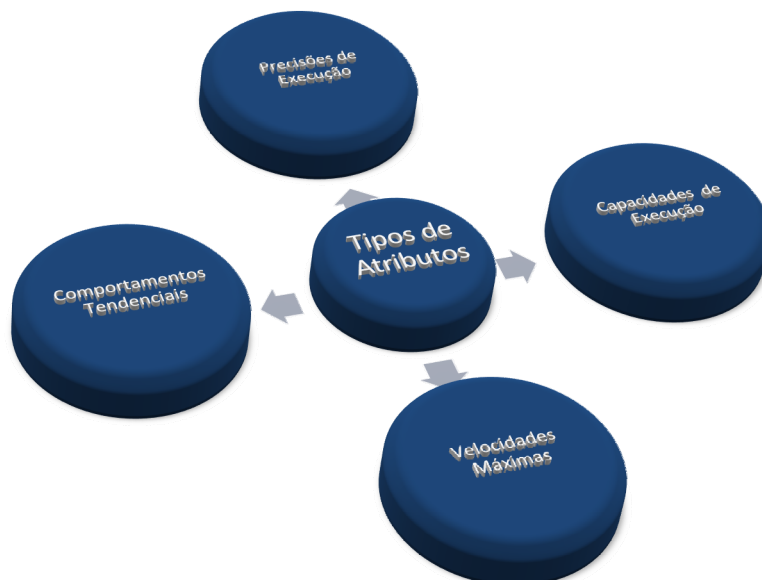


Figura 4.19 - Tipos de atributos dos jogadores representados na ontologia.

É importante referir que um jogador nem sempre ocupa a mesma posição relativa em campo durante todo o jogo. Por exemplo, um *lateral* por vezes pode ser classificado como sendo um *extremo*, caso avance para se integrar no ataque. Para evitar erros, a classificação das posições base dos jogadores, só pode ocorrer em algumas circunstâncias. Uma das melhores situações de jogo, para a identificação das posições dos jogadores é durante a execução de um pontapé de baliza. Portanto a ontologia apenas apresenta os resultados das classificações das posições apenas quando esta situação ocorre.

4.8.2 Atributos dos Jogadores

Os conceitos relacionados com os *Atributos dos Jogadores*, utilizam na sua maioria valores de dados estatísticos que não são directamente calculados pela ontologia. Esse dados que estão relacionados com as acções dos jogadores representadas pela ontologia são, na sua maioria, contagens do número de vezes que certas instâncias foram activadas, que, tal como já foi afirmado, a ontologia não o consegue fazer. Em suma, a ontologia fornece ao sistema os dados das acções para serem contadas, por sua vez o sistema devolve os dados contados à ontologia. Portanto, mais propriedades de dados do tipo *input* estão associadas às instâncias das classes referentes a estes tipos de conceitos.

Na ontologia aplicada ao futebol, os atributos dos jogadores estão agrupados em quatro categorias:

- **Precisão:** onde é representada a precisão das várias acções dos jogadores; é baseada na contagem de acções bem sucedidas e mal sucedidas durante o decorrer do jogo.
- **Capacidade:** onde é representada a capacidade de um jogador conseguir executar uma determinada acção (não importa o sucesso dessa acção); baseia-se na contagem do número de jogadores adversários ao alcance do jogador durante a execução de uma acção.
- **Velocidade:** refere-se às velocidades máximas que os jogadores ou a bola atingem durante as acções referentes ao jogador em questão; Alguns exemplos são: velocidade de remate, velocidade do jogador com bola, velocidade do passe longo, etc.
- **Tendência:** refere-se à tendência de um jogador efectuar uma acção, com mais frequência do que outras acções; podem não ser considerados atributos, pois são mais relacionados com os comportamentos dos jogadores; baseia-se na contagem das acções feitas pelos jogadores.

A figura 4.19 apresenta os tipos de atributos representados na ontologia. Segue-se uma descrição dos conceitos, para cada uma das quatro categorias em que estão inseridos.

Precisões

A precisão de uma acção de um jogador refere-se à relação percentual entre acções de sucesso e acções de insucesso. Neste tipo de atributos é atribuída uma escala classificativa de cinco valores: mau, fraco, razoável, bom e excelente. Os conceitos desta categoria, que são representados na ontologia, são os seguintes listados:

- Precisão de Drible
- Precisão de Cabeceamento
- Precisão de Remate
- Precisão de Remate à Distância
- Precisão de Passe Curto
- Precisão de Passe Longo
- Precisão de Cruzamento
- Precisão de Lançamento
- Precisão de Segurar Bola
- Precisão de Recepção

Para cada um dos conceitos acima apresentados a classificação é atribuída segundo os parâmetros seguintes:

- **Mau:** quando menos de 20% das acções são de sucesso.
- **Fraco:** quando entre 20% e 40% das acções são de sucesso.
- **Razoável:** quando entre 40% e 60% das acções são de sucesso.
- **Bom:** quando entre 60% e 80% das acções são de sucesso.
- **Excelente:** quando mais de 80% das acções são de sucesso.

Capacidades

Aos atributos dos jogadores representados pela ontologia em termos das suas capacidades, também é atribuída uma escala classificativa de cinco valores: mau, fraco, razoável, bom e excelente. Na lista seguinte são descritos alguns dos conceitos definidos. Para cada caso, também são explicados os critérios de aplicação de cada uma das cinco classificações. Os conceitos relacionados com as capacidades são os seguintes:

- **Capacidade de Recepção:** Refere-se à capacidade do jogador receber a bola com adversários ao seu alcance. Entre as recepções que um jogador efectua com sucesso é contado o número de jogadores que estavam ao seu alcance. À medida que o jogo vai decorrendo se para uma acção do mesmo tipo se novo máximo é atingido a contagem tem de ser actualizada. A classificação é: *mau*, quando apenas consegue receber bolas se nenhum adversário por perto; *fraco*, quando apenas consegue receber bolas com apenas um adversário por perto; *razoável*, quando consegue receber bola com dois

adversários por perto; e assim sucessivamente até ser atribuída classificação *excelente*.

- **Capacidade de Drible.** Refere-se ao número de jogadores que são ultrapassados durante um drible. A classificação é: *mau*, quando entre todos os dribles de sucesso só se ultrapassou um jogador; *fraco*, quando entre todos os dribles de sucesso foram ultrapassados no máximo dois jogadores; e assim sucessivamente até chegar a *excelente*.
- **Capacidade de Segurar Bola.** Refere-se ao número máximo de jogadores que estão ao alcance durante uma acção de segurar a bola de sucesso. A classificação é: *mau*, quando apenas consegue segurar jogo no máximo com um jogador ao seu alcance; *fraco*, para dois jogadores; e assim sucessivamente até atingir *excelente*;
- **Capacidade de Intercepção.** Refere-se à capacidade do jogador interceptar passes ou remates. São necessários dois valores de contagens: o número de vezes que a bola passa ao alcance do jogador numa acção de passe ou remate adversário, e o número de vezes que intercepta passes ou remates adversários. A classificação é atribuída da mesma forma do que nas precisões apresentadas anteriormente. Este conceito não está na categoria de precisões, porque não parece adequado denominar um conceito de *precisão de intercepção*.
- **Capacidade de Desarme.** Refere-se à capacidade de um jogador recuperar a bola em todas as acções adversárias de drible, recepção, e segurar bola. Para tal é contado o número de desarmes que são efectuados referentes às acções adversárias referidas. A outra contagem é o número total de vezes em que está ao alcance do adversário nessas referidas acções. A classificação é percentual como no conceito anterior.
- **Capacidade de Agarrar a bola:** Refere-se à capacidade do guarda-redes em agarrar a bola, entre todas as vezes em que a bola esteve ao seu alcance. A classificação é atribuída como nos dois conceitos anteriores.

As próximas capacidades como se referem a acções de passe ou remate são definidas sempre da mesma maneira. Durante um jogo é contado o número máximo de adversários que se encontravam ao alcance do jogador no momento de pontapear a bola, que resultou numa das seguintes acções de sucesso:

- Cabeceamento
- Remate
- Remate à Distância
- Passe Curto
- Passe Longo
- Cruzamento

É preciso ter em atenção, que durante um jogo se um novo máximo de jogadores contados é atingido, é considerado esse novo valor. Para as capacidades referentes às acções que foram mencionadas na lista anterior, são atribuídas as seguintes classificações:

- **Mau:** quando não se encontrava nenhum adversário ao alcance.
- **Fraco:** quando se apenas se encontrava um adversário ao alcance.
- **Razoável:** quando se encontravam dois adversários ao alcance.
- **Bom:** quando se encontravam três adversários ao alcance.
- **Excelente:** quando se encontravam quatro ou mais adversários ao alcance.

Velocidades

Na ontologia aplicada ao futebol, para os atributos relacionados com a velocidade apenas é considerada a velocidade máxima que se atingiu durante um jogo. Isto é, as acções vão ocorrendo durante o jogo e o sistema armazena a velocidade máxima referente a cada jogador em determinada acção. Quando é atingida uma nova velocidade máxima superior à anterior, o sistema considera apenas a nova velocidade máxima.

As velocidades são classificadas numa escala de cinco valores: muito lento, lento, normal, rápido e muito rápido. Os conceitos relacionados com as velocidades dos jogadores são os seguintes:

- Velocidade Máxima sem Bola
- Velocidade Máxima com Bola
- Velocidade de Passe Curto
- Velocidade de Passe Longo
- Velocidade de Cruzamento
- Velocidade de Remate
- Velocidade de Remate à Distância

Os dois primeiros conceitos acima listados, referentes à velocidade dos jogadores, apresentam as classificações:

- **Muito Lento:** quando a velocidade máxima do jogador é inferior a 15 Km/h.
- **Lento:** quando a velocidade máxima do jogador é entre 15 e 20 Km/h.
- **Normal:** quando a velocidade máxima do jogador é entre 20 e 25 Km/h.
- **Rápido:** quando a velocidade máxima do jogador é entre 25 e 30 Km/h.
- **Muito Rápido:** quando a velocidade máxima do jogador é superior a 30 Km/h.

Quanto aos outros conceitos, que são referentes à velocidade máxima que o jogador consegue impor à bola, as classificações são as seguintes:

- **Muito Lento:** quando a velocidade máxima da bola é inferior a 60 Km/h.
- **Lento:** quando a velocidade máxima da bola é entre 60 e 75 Km/h.

- **Normal:** quando a velocidade máxima da bola é entre 75 e 90 Km/h.
- **Rápido:** quando a velocidade máxima da bola é entre 90 e 105 Km/h.
- **Muito Rápido:** quando a velocidade máxima da bola é superior a 105 Km/h.

Tendências

As tendências dos jogadores, na ontologia aplicada ao futebol, referem-se à frequência com que estes executam determinadas acções ofensivas em detrimento de outras. Para cada uma das acções ofensivas abaixo listadas é feita uma contagem do número de vezes que estas ocorreram durante um jogo. Por outro lado, são somadas as contagens de todas as acções ofensivas. Resumindo, um dado jogador tem tendência, por exemplo, para rematar quando 25% das suas acções ofensivas são remates. Tal se aplica para cada uma das acções ofensivas abaixo listadas:

- Remate
- Remate à Distância
- Passe Curto
- Passe Longo
- Cruzamento
- Drible
- Segurar Bola
- Corrida

4.9 Definição de Equipas

Os conceitos do futebol relacionados com as equipas são representados na classe *Equipas* da ontologia. Uma equipa de futebol apresenta sempre estratégias ou tácticas. Uma formação de equipa, faz parte duma táctica ou estratégia, mas nesta ontologia é um tipo de conceito em separado. Tal deve-se às diferenças estruturais no modo como estes conceitos são definidos. Segue-se então a apresentação das definições de *formações* e *tácticas* das equipas, nesta ontologia.

4.9.1 Formações das Equipas

As formações das equipas de futebol normalmente são apresentadas utilizando-se uma sequência de números cuja soma resulta no número de jogadores dessa equipa menos o guarda-redes. Existem várias abordagens para se classificar formações. Pode ser usando uma sequência de três números (tal como 4-3-3, 4-4-2 ou 4-5-1), de quatro números (tal como 4-2-3-1, 4-1-2-3 ou 4-1-3-2) ou até uma sequência de cinco números (tal como 4-1-2-1-2).

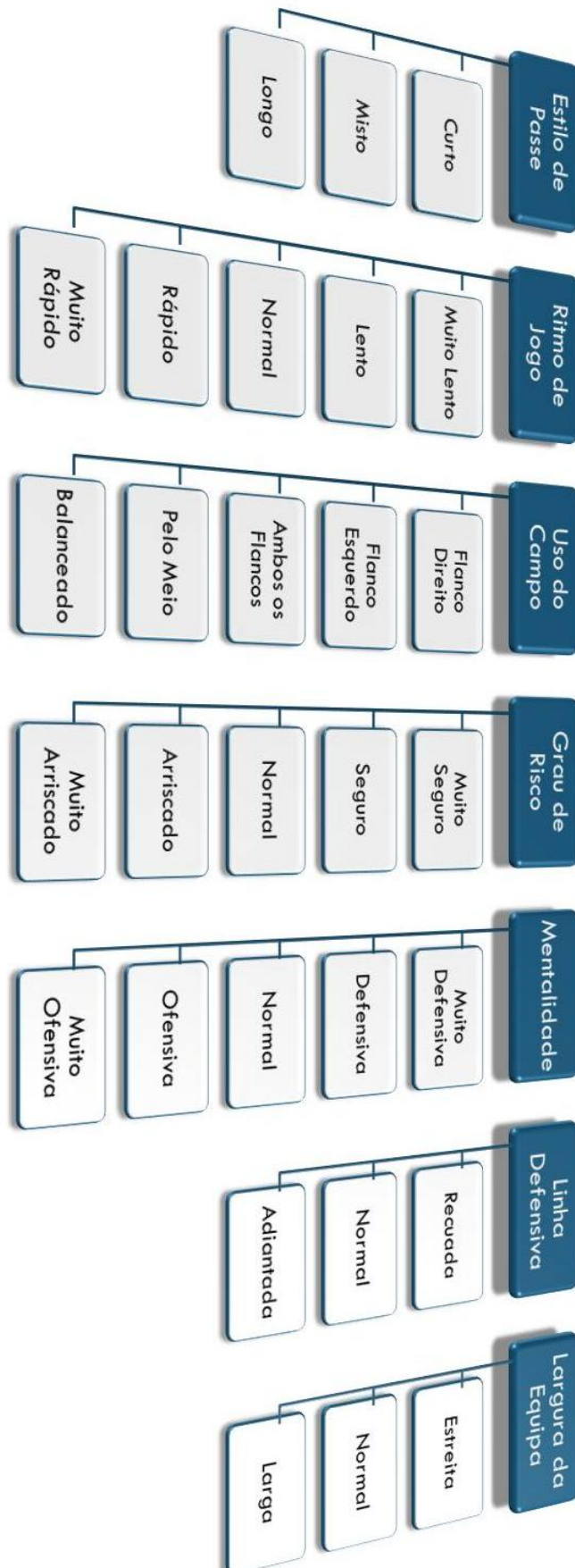


Figura 4.20 - Táticas de equipas na ontologia aplicada ao futebol.

Para a determinação das formações das equipas na “Ontologia Aplicada ao Futebol”, são utilizados os resultados das definições das classificações de posições dos jogadores. Houve uma certa dificuldade para se conseguir determinar as posições dos jogadores, mas em recompensa, a definição de formações tornou-se mais simples.

Nas *formações das equipas* da ontologia, todos os jogadores classificados como defesas são incluídos para o primeiro valor da sequência. Também todos os avançados são incluídos para o último valor da sequência. A directiva para a determinação dos valores intermédios da sequência é a seguinte: “se uma equipa apresentar jogadores classificados como médios atacantes deve-se utilizar uma sequência de 4 números, caso contrário usa-se uma sequência de 3 números”. Abaixo, são exemplificadas algumas classificações de formações de equipas utilizando esta directiva:

- Se uma equipa apresentar 4 defesas, 3 avançados e entre os 3 restantes jogadores a jogar a médios, um deles é médio ofensivo; a formação será 4-2-1-3.
- Se uma equipa apresentar 4 defesas, 3 avançados e entre os 3 restantes jogadores a jogar a médios, nenhum deles é médio ofensivo; a formação será 4-3-3.
- Se uma equipa apresentar 4 defesas, 2 avançados e entre os 4 restantes jogadores a jogar a médios, um deles é médio ofensivo; a formação será 4-3-1-2.
- Se uma equipa apresentar 4 defesas, 2 avançados e entre os 4 restantes jogadores a jogar a médios, nenhum deles é médio ofensivo; a formação será 4-4-2.
- Se uma equipa apresentar 3 defesas, 2 avançados e entre os 5 restantes jogadores a jogar a médios, um deles é médio ofensivo; a formação será 3-4-1-2.
- Se uma equipa apresentar 4 defesas, 1 avançado e entre os 5 restantes jogadores a jogar a médios, 3 deles são médios ofensivos; a formação será 4-2-3-1.

Acima foram dados alguns exemplos de como as formações das equipas são classificadas por esta ontologia. Na figura 4.14 (apresentada na secção 4.8.1) a formação da equipa exemplificada é um 4-2-1-3, porque essa equipa apenas apresenta um médio atacante.

4.9.2 Tácticas das Equipas

Alguns dos conceitos relacionados com as *Tácticas das Equipas* requisitam valores de dados do sistema, tal como para a definição dos *Atributos* dos jogadores. Na lista seguinte são apresentadas as classificações possíveis e uma breve descrição de cada um dos conceitos referentes às tácticas das equipas definidos pela ontologia. Estes são:

- **Estilo de Passe (Curto, Misto, Longo).** Refere-se ao tipo de passe que é mais utilizado por uma equipa. Os valores para obtenção deste conceito são praticamente estatísticos. Bastam os valores de contagem do número de passes de cada tipo para cada equipa. Uma equipa pode apresentar os seguintes estilos de passe: *Curto*,

quando pelo menos 65% dos passes da equipa são curtos; *Longo*, quando menos de 35% dos passes da equipa são curtos; se nenhum dos anteriores se verificar, o estilo de passe é *Misto*.

- **Ritmo de Jogo (Muito Lento, Lento, Normal, Rápido, Muito Rápido).** Refere-se ao ritmo das acções ofensivas de uma equipa quando tem a posse de bola. Por outras palavras, o ritmo de jogo está dependente do tempo que os jogadores de uma equipa demoram a executar uma determinada acção ofensiva. Em termos concretos, é o intervalo de tempo entre duas acções durante um ataque de uma equipa. Claro que para cada ataque de uma equipa é calculada uma média de intervalos de tempo. Portanto o ritmo de jogo pode ser: *Muito Lento*, quando o valor do intervalo de tempo é maior que 2s; *Lento*, quando o valor do intervalo de tempo é entre 1.5 e 2s; *Normal*, quando o intervalo de tempo é entre 1 e 1.5s; *Rápido*, quando o valor do intervalo de tempo é entre 0.5 e 1s; e *Muito Rápido*, quando o valor do intervalo de tempo é menor que 0.5s.
- **Uso do Campo (Flanco Direito, Flanco Esquerdo, Ambos os Flancos, Pelo Meio, Balanceado).** Refere-se às regiões do campo que a equipa utiliza maioritariamente para efectuar os seus ataques. Quando uma equipa está numa situação atacante, existem sempre mais jogadores colocados em certas zonas do campo, em detrimento de outras. Para se definir este conceito basta se verificar o seguinte caso: durante um ataque que uma equipa efectue e a bola está no meio campo adversário, é contado o número de jogadores presentes nas regiões correspondentes aos flancos (direito e esquerdo). Portanto o uso do campo pode ser: pelo *Flanco Direito*, quando pelo menos 3 jogadores estão nesse flanco; pelo *Flanco Esquerdo*, quando pelo menos 3 jogadores estão nesse flanco; por *Ambos os Flancos*, quando estão pelo menos 2 jogadores no flanco direito e outros 2 no flanco esquerdo; pelo *Meio*, quando ambos os flancos apresentam menos de 3 jogadores; e finalmente *Balanceado*, quando as outras condições não se verificarem.
- **Grau de Risco (Muito Seguro, Seguro, Normal, Arriscado, Muito Arriscado).** Refere-se ao número de jogadores que uma equipa coloca à frente da linha da bola numa situação defensiva. Este conceito para poder apresentar resultados com qualidade, apenas pode ser aplicado em situações em que a bola não está na última metade do meio campo da equipa que defende nem da que ataca. Portanto, o grau de risco pode ser: *Muito Seguro*, quando todos os jogadores estão atrás da linha da bola; *Seguro*, quando 10 jogadores estão atrás da linha da bola; *Normal*, quando 8 ou 9 jogadores estão atrás da linha da bola; *Arriscado*, quando 7 jogadores estão atrás da linha da bola; e *Muito Arriscado*, quando menos de 7 jogadores estão atrás da linha da bola.
- **Mentalidade (Muito Defensiva, Defensiva, Normal, Ofensiva, Muito Ofensiva).** Refere-se à tendência da equipa de atacar ou de defender o resultado. No caso da

ontologia refere-se mais propriamente ao número de jogadores que se colocam à frente da linha da bola numa situação atacante. Este conceito para poder apresentar resultados com qualidade, apenas pode ser aplicado em situações atacantes em que a bola não está na última metade do meio campo da equipa que defende nem da que ataca. Portanto, a mentalidade pode ser: *Muito Defensiva*, quando mais de 9 jogadores estão atrás da linha da bola; *Defensiva*, quando 9 jogadores estão atrás da linha da bola; *Normal*, quando 7 ou 8 jogadores estão atrás da linha da bola; *Ofensiva*, quando 6 jogadores estão atrás da linha da bola; e *Muito Ofensiva*, quando menos de 6 jogadores estão atrás da linha da bola.

- **Linha Defensiva (Recuada, Normal, Adiantada).** Refere-se à posição da linha defensiva em situação de defesa. Na ontologia aplica-se quando a situação é de defesa e a bola está no meio campo da equipa que ataca. Naturalmente é calculada a distância em coordenadas X entre a posição do jogador mais recuado da equipa e a linha de fundo. A linha defensiva está: *Recuada*, quando o valor é inferior a 20 metros; *Normal*, quando o valor é entre 20 e 40 metros; *Adiantada*, quando o valor é superior a 40 metros.
- **Largura da Equipa (Estreita, Normal, Larga).** Refere-se à largura da equipa em situação de ataque. Na ontologia a situação mais específica é quando a equipa ataca e a bola está no meio campo adversário. A largura da equipa é verificada a partir da distância na coordenada Y entre os jogadores mais à direita e esquerda da equipa. Uma equipa joga de forma: *Estreita*, quando a largura é inferior a 40 metros; *Normal*, quando a largura é entre 40 e 55 metros; *Larga*, quando a largura é superior a 55 metros.

A figura 4.20 apresenta um esquema sumariado das táticas de equipa acima descritas.

4.10 Conclusão

Tentou-se da melhor forma descrever a definição da ontologia. É verdade que esta apresentação da fase de desenvolvimento foi muito orientada para a descrição da definição dos conceitos. Tal deve-se ao facto de o conceito ser o componente da ontologia mais importante, mais fácil de interpretar e o que chama mais à atenção. Em consequência, muitas definições referentes às relações entre propriedades terão ficado implícitas nesta apresentação.

A fase de desenvolvimento desta ontologia foi executada mais ou menos na mesma ordem de como na apresentação, começando-se com a definição dos conceitos de baixo-nível do futebol até se atingir os conceitos de alto-nível. São conceitos de baixo-nível porque fazem uma representação do futebol quase a partir do nada. Os conceitos de alto-nível, por sua vez

são conceitos baseados em conceitos, por isso esta distinção. Na fase de concepção da ontologia, os conceitos de baixo-nível foram mais difíceis de conceptualizar do que os conceitos de alto-nível. Em termos de esforço de trabalho dispendido na execução, este foi o mesmo independentemente de serem conceitos de alto-nível ou de baixo-nível.

Esta ontologia apresenta uma vertente muito orientada à manipulação de dados, que não se encontra em qualquer ontologia. Uma grande parte das ontologias em geral estão assentes em relações entre objectos e em restrições entre propriedades desses objectos. Esta ontologia, por sua vez, está muito mais complexa em relação a tratamento de dados numéricos. Esta apresenta uma componente muito forte baseada na inserção de muitas regras que fazem comparações e operações matemáticas para relacionar instâncias com as propriedades e estas entre si.

Capítulo 5

Análise de Resultados

Este capítulo é dedicado à análise dos resultados da Ontologia Aplicada ao Futebol, cuja sua definição foi apresentada no capítulo anterior. A secção 5.1 descreve as actividades relacionadas com o teste da ontologia e exemplifica algumas das consultas que foram feitas à ontologia. A secção 5.2 apresenta a avaliação dos conceitos definidos pela ontologia, onde são comparados os resultados de um inquérito a especialistas do domínio com as definições conceptuais da ontologia.

5.1 Actividades de Teste da Ontologia

Os testes à ontologia definida, neste caso são baseados em consultas à ontologia. Os testes propriamente ditos foram sendo feitos iterativamente aquando da definição das relações entre conceitos e de propriedades entre propriedades.

Como já foi verificado anteriormente, no desenvolvimento da ontologia utilizou-se a linguagem SWRL para a inserção de regras. Esta linguagem também tem uma extensão denominada SQWRL, que permite a elaboração de perguntas à ontologia. As perguntas na linguagem SQWRL são inseridas de forma semelhante às regras em SWRL. A linguagem SQWRL também apresenta muitas semelhanças com a linguagem SQL, pois os comandos são semelhantes. Em suma, o SQWRL é uma espécie de SQL adaptado para o SWRL.

Aquando o desenvolvimento do trabalho foram feitas várias perguntas à ontologia, pois permitiam testar principalmente se as regras SWRL foram bem elaboradas. Para esta dissertação são apresentados os resultados de alguns testes à ontologia, com o objectivo da dinâmica da ontologia ser compreendida.

Tabela 5.1 - Valores das posições dos objectos em simulação.

Object	CurrentX	CurrentY
Ball	4	4
OurPlayer02	3.5	4.5
OurPlayer03	17	3
OppPlayer02	5.5	4
OppPlayer03	16.5	6

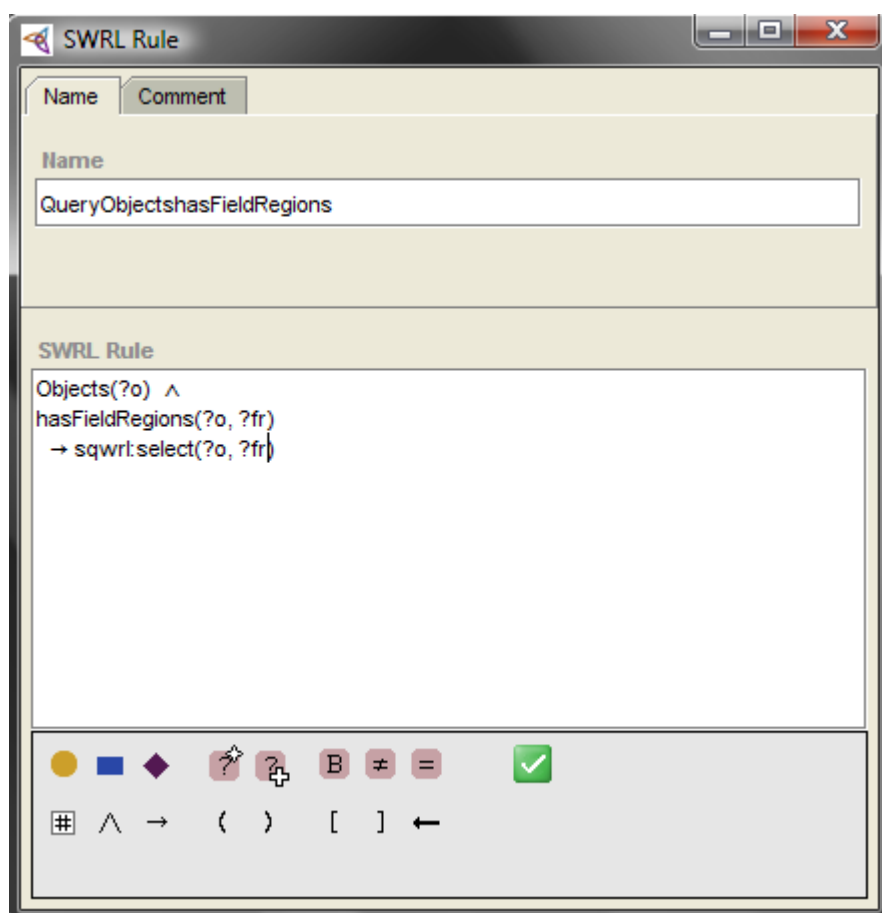


Figura 5.1 - Pergunta para consulta das regiões do campo.

5.1.1 Consultas aos Objectos Jogadores

Nesta subsecção são apresentados alguns exemplos de consulta às propriedades dos objectos jogadores e bola da ontologia. Para uma boa interpretação dos resultados dos testes, neste caso foram apenas simuladas as posições de apenas alguns objectos.

Tabela 5.2 - Regiões do campo dos objectos simulados.

?o	?fr
Ball	OurRightFlankBack
OurPlayer02	OurRightFlankBack
OurPlayer03	OurRightFlankMiddle
OppPlayer02	OurRightFlankBack
OppPlayer03	OurRightFlankBack

Tabela 5.3 - Expressões de duas perguntas à ontologia.

Nome	Expressão
QueryRangeConditions	hasRangeConditions(?obja,?objb) → sqwrl:select(?obja, ?objb)
QueryPlayerConditions	hasPlayerConditions(?player,?cond) → sqwrl:select(?player, ?cond)

Na tabela 5.1 estão representados vários objectos e os valores das suas coordenadas. Nesta actividade de teste, os valores das coordenadas são inseridos na própria ontologia como se fossem números não variáveis. Tendo em conta que a ontologia apenas está a receber apenas os dados representados na tabela 5.1 e que as medidas do relvado foram definidas para 105x68 metros, procedeu-se à elaboração de várias perguntas à ontologia.

Uma das perguntas mais básicas que se pode fazer à ontologia está representada na figura 5.1. A interpretação da pergunta é a seguinte: “Entre todos os objectos representados, mostrar a região do campo em que estão inseridos”. As respostas às perguntas em SQWRL são apresentadas através de uma tabela com duas colunas. Na tabela 5.2 é apresentada a resposta referente à pergunta apresentada na figura 5.1.

Numa análise à tabela 5.2 pode-se observar que, apenas o *OurPlayer03* está inserido numa região diferente dos restantes.

Tendo em vista uma análise das distâncias relativas entre objectos, duas perguntas foram feitas à ontologia. Na tabela 5.3 estão representadas essas perguntas. A primeira pergunta da tabela 5.3 questiona as condições de distância dos objectos simulados. A segunda pergunta questiona todas as condições de jogador que lhe são aplicadas. As respostas a estas duas perguntas são apresentadas respectivamente nas figuras 5.2 e 5.3.

SQWRLQueryTab → QueryRangeConditions → QueryPlayerConditions	
?obja	?objb
OppPlayer02	Ball
OurPlayer02	Ball
Ball	OurPlayer02
OurPlayer03	OppPlayer03
OppPlayer03	OurPlayer03
OurPlayer02	OppPlayer02
OppPlayer02	OurPlayer02

Figura 5.2 - Resultado da consulta às condições de distância.

SQWRLQueryTab → QueryRangeConditions → QueryPlayerConditions	
?player	?cond
OppPlayer03	Marking
OurPlayer02	BallOwner
OppPlayer03	BehindBallLine
OppPlayer02	Marking
OppPlayer02	Pressing
OurPlayer02	BehindBallLine
OppPlayer02	BehindBallLine

Figura 5.3 - Resultado da consulta às condições de jogador.

Numa análise aos resultados apresentados na figura 5.2, pode-se verificar que a *Bola* apenas tem no seu raio de alcance o jogador *OurPlayer02*, isto significa que este jogador está a menos de um metro da bola. Por sua vez o *OurPlayer02* tem no seu raio de alcance a *Bola* e o *OppPlayer02*, significando que está a menos de dois metros da *Bola* e a menos de três metros do respectivo jogador adversário. O *OurPlayer03* está a menos de três metros de distância do *OppPlayer03*. O *OppPlayer02* tem a *Bola* e o *OurPlayer02* no seu raio de alcance. E para finalizar, obviamente que o *OppPlayer03* apresenta o *OurPlayer03* no seu raio de acção.

Na figura 5.3 são apresentados os resultados de uma consulta às *condições de jogador*. Obviamente que na ontologia são apresentadas inúmeras condições relacionadas com os jogadores. Tendo em conta apenas os dados que foram utilizados para simulação dá para perceber os conceitos associados às distâncias relativas entre jogadores e entre estes e a bola. Como se pode observar na figura 5.3, o *OurPlayer02* é o *BallOwner*, pois apresenta uma condição de distância *bola-jogador* e ao mesmo tempo apresenta uma condição *jogador-jogador*. Caso não apresentasse uma condição *jogador-jogador*, bastaria a condição *jogador-bola* para este ser considerado o jogador com posse de bola. O *OppPlayer03* está a efectuar uma marcação, pois não faz parte da equipa do jogador que tem a posse de bola. Por sua vez, o *OppPlayer02* está ao mesmo tempo a marcar e a pressionar o adversário, pois está junto ao jogador com posse de bola. Quanto aos jogadores que se encontram atrás da linha da bola, apenas o *OurPlayer03* é que não apresenta essa condição.

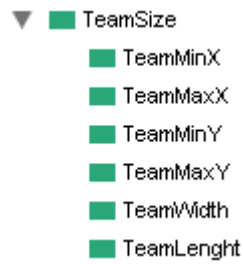


Figura 5.4 - Representação das propriedades de dados das equipas.

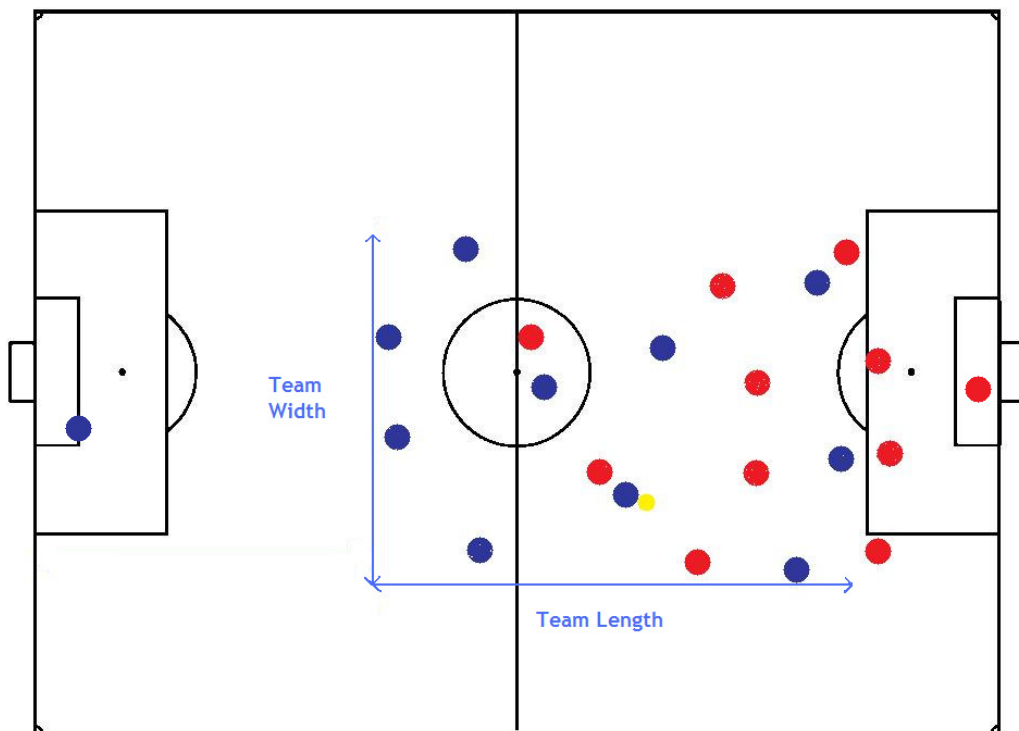


Figura 5.5 - Representação de uma situação estática de jogo.

5.1.2 Consultas aos Objectos Equipas

Nesta subsecção são dados alguns exemplos de algumas consultas baseadas nos objectos equipas. Como já foi referido anteriormente, as equipas representadas na ontologia apresentam propriedades que são resultado de vários cálculos que foram elaborados através de regras SWRL. Os resultados desses cálculos estão implícitos na ontologia. Para tal é necessário a consulta através do SQWRL, para a confirmação desses resultados. Essas propriedades de dados referentes às equipas de futebol estão representadas na figura 5.4. Para a análise dos resultados destas propriedades, inseriram-se para simulação valores de coordenadas aproximados com os dos objectos representados na figura 5.5.

Tabela 5.4 - Consultas relacionadas com as propriedades das equipas.

Expressão	Nome	Resultado
TeamMinX(OurTeam,?minx) → sqwrl:select(OurTeam,?minx)	OurTeamMinx	40
TeamMaxX(OurTeam,?maxx) → sqwrl:select(OurTeam,?maxx)	OurTeamMaxX	87
TeamLength(OurTeam,?leng) → sqwrl:select(OurTeam,?leng)	OurTeamLength	47
TeamMinY(OurTeam,?miny) → sqwrl:select(OurTeam,?miny)	OurTeamMinY	13
TeamMaxY(OurTeam,?maxy) → sqwrl:select(OurTeam,?maxy)	OurTeamMaxY	51
TeamWidth(OurTeam,?width) → sqwrl:select(OurTeam,?width)	OurTeamWidth	38
TeamMinX(OppTeam,?minx) → sqwrl:select(OppTeam, ?minx)	OppTeamMinx	53
TeamMaxX(OppTeam,?maxx) → sqwrl:select(OppTeam, ?maxx)	OppTeamMaxX	90
TeamLength(OppTeam,?leng) → sqwrl:select(OppTeam,?leng)	OppTeamLength	37
TeamMinY(OppTeam,?miny) → sqwrl:select(OppTeam, ?miny)	OppTeamMinY	14
TeamMaxY(OppTeam,?maxy) → sqwrl:select(OppTeam, ?maxy)	OppTeamMaxY	51
TeamWidth(OppTeam,?width) → sqwrl:select(OppTeam,?width)	OppTeamWidth	37

Na figura 5.5 os jogadores e a bola estão representados a círculos coloridos. Os jogadores da *nossa* equipa (na perspectiva da ontologia) estão representados a vermelho. Os jogadores *adversários* estão representados a azul e a bola está representada a amarelo. Também são indicados os conceitos de largura e comprimento de uma equipa.

Uma série de perguntas foram feitas aos objectos equipas, para a determinação dos valores das propriedades representadas na figura 5.4. As expressões das perguntas e as respectivas respostas são apresentadas na tabela 5.4.

Numa análise aos resultados da tabela 5.4, pode-se observar que as larguras de ambas as equipas são semelhantes e que o comprimento da equipa que defende é bastante inferior ao da equipa que ataca. Os valores apresentados nas propriedades referentes aos mínimos e máximos são exactamente os valores extraídos das coordenadas dos jogadores. Por exemplo, para a determinação do *OppTeamMinx*, os valores de todas as coordenadas em X dos jogadores da equipa oponente são comparados. O mais inferior valor da coordenada X presente num jogador da equipa é transferido para a propriedade TeamMinX da equipa oponente. Para a determinação destes valores máximos e mínimos, dezenas de regras foram elaboradas, pois devido a limitações da expressividade em SWRL as comparações tiveram que ser feitas individualmente para cada jogador. Portanto a necessidade de se testar estas propriedades.

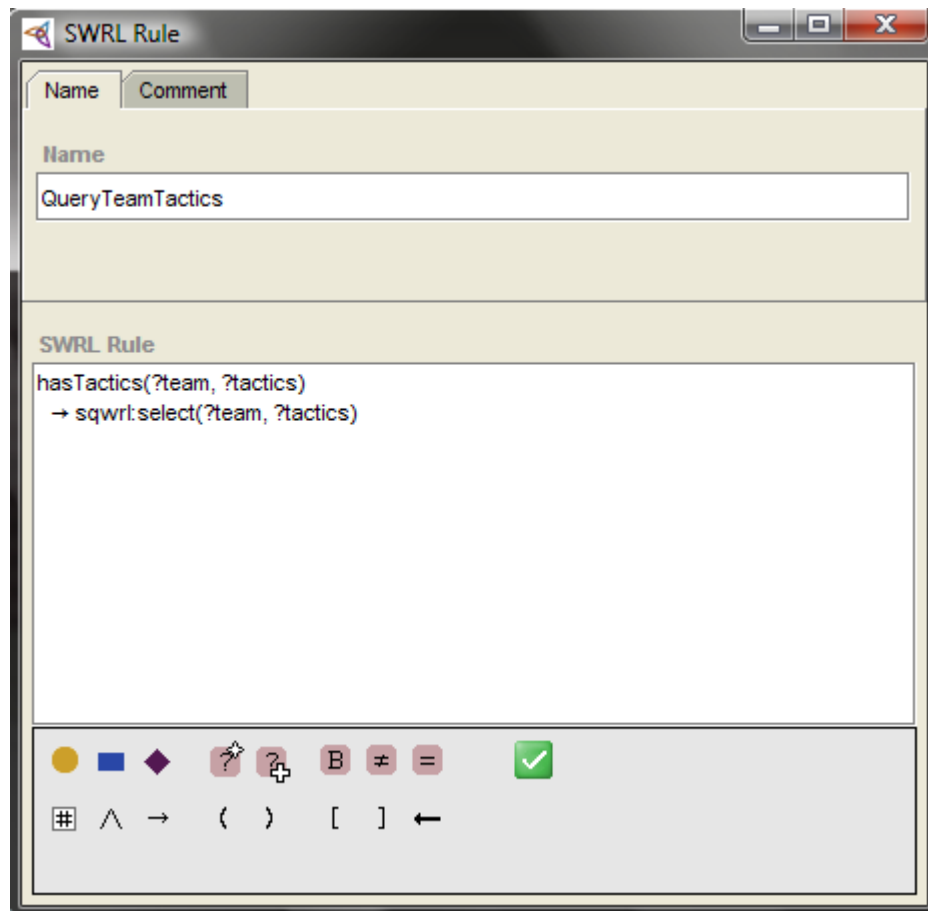
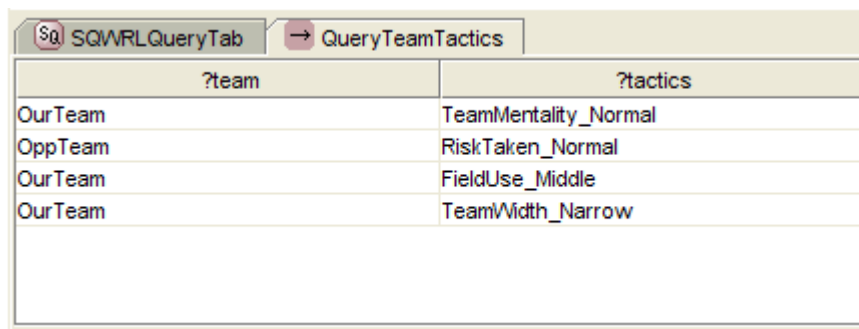


Figura 5.6 - Pergunta para consulta das táticas das equipas.

Quanto às propriedades relacionadas com o comprimento e largura de equipa, estas apenas são resultado de uma operação de subtracção simples.

Uma consulta às equipas pode ser feita a partir destas informações obtidas. Numa equipa, pode ser consultada a sua formação e as suas táticas. Neste caso perguntar sobre a formação das equipas não apresenta resultados porque a situação de jogo não é um pontapé de baliza.

Por outro lado, considerando que a situação de jogo é um ataque da *nossa* equipa (na perspectiva da ontologia), podem ser obtidas algumas informações relacionadas com as táticas das equipas. Tendo em conta que a ontologia por si só não faz contagens, foi necessário inserir manualmente nos campos das propriedades relacionadas com a definição das táticas, o número de jogadores atrás da linha da bola e o número de jogadores nas regiões referentes aos flancos. Na figura 5.6 está representada a expressão para a consulta das táticas das equipas. Na figura 5.7 é apresentado o resultado dessa consulta.



The screenshot shows a database query result window with two tabs: 'SQWRLQueryTab' and 'QueryTeamTactics'. The 'QueryTeamTactics' tab is active, displaying a table with two columns: '?team' and '?tactics'. The table contains four rows of data:

?team	?tactics
OurTeam	TeamMentality_Normal
OppTeam	RiskTaken_Normal
OurTeam	FieldUse_Middle
OurTeam	TeamWidth_Narrow

Figura 5.7 - Resposta à consulta das táticas das equipas.

Como se pode observar na figura 5.7, a equipa oponente apresenta apenas o *grau de risco normal*, pois a bola encontra-se nas regiões não adjacentes às áreas de grande penalidade e 9 jogadores estão atrás da linha da bola. Para esta equipa não é apresentado o resultado para o conceito de *linha defensiva*, porque a bola encontra-se no meio campo adversário.

A *nossa* equipa apresenta três resultados. O primeiro é a *mentalidade da equipa normal*, pois 7 jogadores estão atrás da linha da bola. O *uso do campo* é *pelo meio*, pois menos de 3 jogadores estão nas regiões referentes aos flancos do campo. Finalmente, a *largura da equipa* é *estreita* pois esta é inferior a 40 metros.

5.2 Avaliação dos Conceitos da Ontologia

Nesta secção são comparados os resultados das definições da ontologia, com as respostas a um questionário por parte de especialistas do domínio. A primeira subsecção descreve a actividade de inquérito. As subsecções seguintes descrevem a análise dos conceitos abordados de acordo com a área conceptual em que estão enquadrados.

5.2.1 Inquérito aos Especialistas do Domínio

Para avaliação dos conceitos definidos pela ontologia, decidiu-se inquirir um grupo de especialistas no domínio. Neste caso, os especialistas no domínio são pessoas ligadas ao mundo do futebol.

A mais perfeita validação de uma ontologia que poderia ser feita, seria entrevistar os mais conceituados especialistas mundiais de futebol. Mostrar-lhes como foram definidos os conceitos e se as definições não estivessem correctas, alterar-se-ia estas definições de modo a estas estarem de acordo com a maioria. Claro que tal é uma utopia.

Foi então planeado a elaboração de um inquérito com o objectivo de os inquiridos aprovarem a definição dos conceitos de futebol desta ontologia. O inquérito ideal seria, conceito a conceito, questionar os inquiridos sobre as definições feitas, levando-os a escolher as respostas certas e já agora, tendo como outras opções respostas com definições irrealistas.

Este tipo de questionário também não é possível, pois seria um processo moroso e entediante para os inquiridos terem que responder a dezenas e dezenas de perguntas.

A solução encontrada foi a elaboração de um inquérito, mais pequeno, mas mesmo assim longo, visando a validação dos conceitos mais pertinentes, mas sem descuidar a possível adesão dos inquiridos. Para tal, seleccionou-se entre todos os conceitos de futebol existentes na ontologia, aqueles que seriam mais interessantes para os inquiridos e ao mesmo tempo fossem de grande importância para avaliação da ontologia.

Um dos grandes problemas neste domínio do futebol é a subjectividade de muitos dos conceitos. Isto é uma das razões porque esta ontologia não cobre todos os conceitos existentes no futebol. Até uma definição, mesmo dos mais simples conceitos, não é consensual para todas as pessoas.

Poderia ter sido elaborado um inquérito, cujas respostas às perguntas, à partida, seriam consensuais, mas foi seguido exactamente o caminho oposto. Isto é, a maioria das perguntas que foram colocadas no inquérito não visavam a obtenção de respostas consensuais, mas sim de respostas que levassem a um consenso. Tal como já foi referido no segundo capítulo deste documento, um dos objectivos das ontologias, citando Gruber [3], é: *“ajudar as pessoas a chegar a um consenso sobre determinadas áreas do conhecimento”*. Em suma, o inquérito foi elaborado de forma a também visar este objectivo.

Foi então elaborado um inquérito destinado aos especialistas na área do futebol. Para tal recorreu-se a um sítio Web especializado em questionários *online*.

A distribuição do inquérito foi efectuada através do envio do correio electrónico com a disponibilização do *link*, acompanhado de uma breve apresentação do assunto do questionário e do fim a que este se destinava. O inquérito foi feito a nível nacional. O universo dos inquiridos era constituído pelos seguintes tipos de indivíduos: professores universitários de desporto que leccionam ou leccionavam disciplinas ligadas ao futebol, alunos de doutoramento ou mestrado em desporto com especialização na área de futebol, treinadores de equipas de futebol locais, e também alguns treinadores de camadas jovens.

Quanto à adesão ao inquérito: entre os cerca de 60 especialistas notificados cerca de 80% visualizaram a página do questionário, entre os que visualizaram o questionário cerca de 60% começaram a responder ao questionário, e entre os que começaram a responder 60 % completaram o questionário respondendo a todas as perguntas. É de salientar, que a média de tempo para estes completarem o questionário foi de cerca de 30 minutos.

5.2.2 Análise de Tipos de Acções

Nesta subsecção é feita uma análise das respostas às questões do inquérito relacionadas com as acções que podem ser representadas num jogo de futebol, nomeadamente os tipos de

passar e remate e também acções do ponto de vista defensivo, tais como marcações e pressões.

Uma série de questões foi elaborada sobre os tipos de passe existentes no futebol. Perguntou-se aos especialistas as suas definições de passe curto, passe longo e passe directo.

Quanto ao *passe curto*, 50% dos inquiridos consideraram que eram passes para distâncias inferiores a 10 metros, 20% afirmaram que eram passes entre duas regiões subsequentes do campo, e 20% admitiram que eram passes de “pé para pé”.

Quanto ao *passe longo*, 40% consideraram que eram passes para distâncias superiores a 30 metros, 30% consideraram que eram passes para distâncias superiores a 20 metros, 10% consideraram que eram passes para distâncias superiores a 10 metros e, 20% afirmaram que eram passes entre duas regiões não subsequentes do campo.

Na ontologia aplicada ao futebol, um passe curto é um passe para distâncias inferiores a 25 metros enquanto o passe é longo, quando esse valor é ultrapassado. O que se pode concluir quanto ao passe longo, é que está bem representado, pois apresenta uma definição que agrada a 70% dos inquiridos. Quanto ao passe curto, o problema foi o facto de não se ter considerado o facto de existirem passes médios. Na área do futebol, os especialistas rotulam os passes que não são longos, como sendo passes curtos/médios. Portanto o problema foi mais no nome do tipo de passe, do que a sua definição. Portanto, o passe curto na ontologia é equivalente ao passe curto/médio no vocabulário dos especialistas.

No inquérito foi feita uma questão sobre a definição de *passe directo*. Neste caso as respostas foram tão variadas que não se chegou a nenhum consenso. Os resultados que mais se distinguiram foram, que 30% dos inquiridos consideraram que eram passes feitos ao primeiro toque e 20% afirmaram desconhecer o termo. A definição de passe directo, inicialmente definida na ontologia, seria semelhante a um passe ao primeiro toque. Optou-se por excluir o conceito de passe directo da ontologia.

Foi elaborada uma questão sobre os *remates à distância*. Havia três opções disponíveis: 30% consideraram que eram remates efectuados fora da área de grande penalidade, 50% consideraram que eram remates efectuados a partir de uma distância superior a 30 metros da baliza em questão e 20% consideraram que eram remates a partir de distâncias superiores a 20 metros da baliza. Não se colocou a opção referente a 25 metros de distância, que provavelmente os resultados ainda seriam mais variados. Na ontologia é considerada a distância de 25 metros, que certamente agradaria à maioria dos inquiridos.

Outra questão do inquérito foi sobre as zonas de origem e alvo de um *cruzamento*. Para tal apresentou-se uma figura igual à da figura 5.8, na qual o meio campo está dividido em seis regiões, cada uma delas representada por uma letra. Foram apresentadas uma série de afirmações para serem seleccionadas, tendo em base possíveis cruzamentos feitos a partir das regiões A, B ou C para os mais variados destinos próximos à baliza representada.

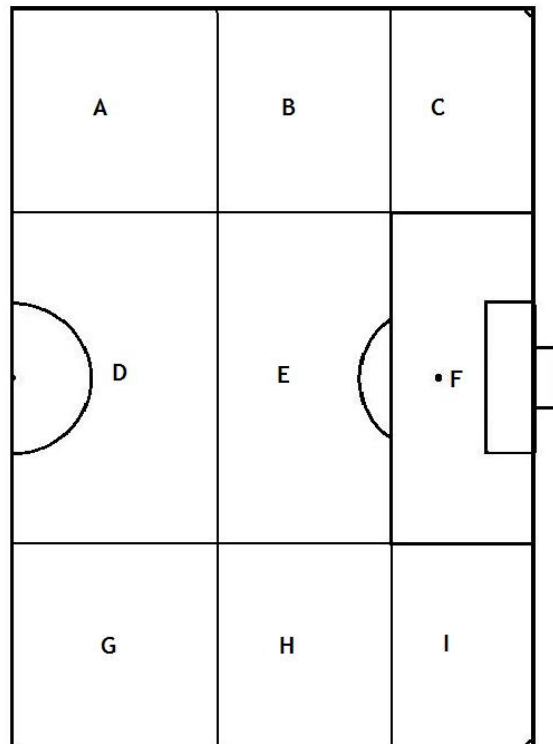


Figura 5.8 - Meio campo dividido em regiões com vista à questão sobre os cruzamentos.

Os resultados foram os seguintes: 100% dos inquiridos consideraram que os passes feitos a partir da região C para a região F (da figura 5.8) eram cruzamentos, 63% dos inquiridos consideraram que passes a partir da região B para a região F eram cruzamentos, 38% dos inquiridos consideraram que passes a partir da região C para a região E eram cruzamentos, 25% dos inquiridos consideraram que passes a partir da região B para a região E eram cruzamentos, 25% dos inquiridos consideraram que passes a partir da região A para a região F eram cruzamentos, e 13% dos inquiridos consideraram que passes a partir da região C para a região I eram cruzamentos.

Na ontologia aplicada ao futebol, os passes feitos a partir das regiões B e C com destino à região F são definidos como cruzamentos. Portanto, estão definidos de acordo com a opinião da maioria dos inquiridos.

No inquérito foi elaborada uma questão relacionada com as acções defensivas. Para tal considerou-se uma representação de uma situação de jogo tal como na figura 5.9. Nessa figura apenas estão representados alguns jogadores que para além de estarem identificados pelas cores referentes à equipa que representam, também estão numerados com vista a facilitar as respostas às afirmações que foram elaboradas com vista a serem avaliadas as condições defensivas dos jogadores definidas pela ontologia.

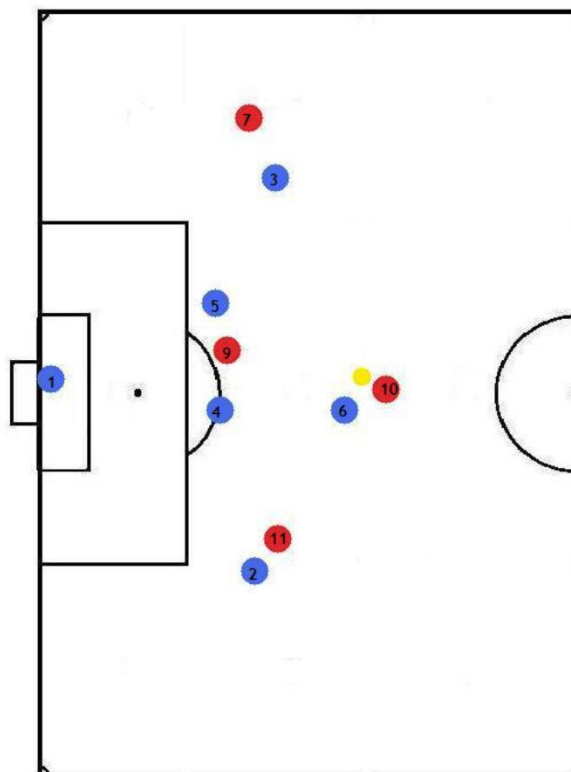


Figura 5.9 - Situação de jogo para análise de acções defensivas.

Para a situação de jogo representada na figura 5.9, foi considerada que a equipa a azul estava a defender e que todos os jogadores estavam a movimentar-se em direcção à baliza defendida pelo jogador 1. A cada uma das 14 afirmações apresentadas nesta questão, foi oferecida a possibilidade de ser escolhida uma opção de acordo com a classificação seguinte: *discordo totalmente*, *discordo parcialmente*, *concordo parcialmente* e *concordo totalmente*. Para uma análise das respostas dadas é utilizada a tabela 5.5, que compara directamente os resultados apresentados pela ontologia, com as respostas a esta questão do inquérito. Na tabela 5.6 são apresentadas as afirmações em que os inquiridos na sua maioria consideraram parcialmente ou totalmente verdadeiras, mas que a ontologia não apresenta resultados.

Numa observação aos resultados apresentados nas tabelas 5.5 e 5.6, pode-se constatar o facto de a ontologia infelizmente não representar o conceito de cobertura de linha de passe. De qualquer dos modos, colocou-se algumas afirmações sobre esse conceito, para se compreender a perspectiva dos inquiridos sobre este aspecto.

Numa análise aos resultados da tabela 5.5, quanto ao facto de o jogador 6 estar a marcar e a pressionar o jogador 10 (na figura 5.9), não há dúvidas quanto à consideração dos inquiridos sobre esses aspectos.

Tabela 5.5 - Comparação de respostas a uma pergunta do inquérito com as da ontologia.

Resultados na ontologia (se a distância entre os jogadores envolvidos for menor que 3 metros)	Resultados no inquérito	
	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
O Jogador 2 está a marcar o jogador 11.	13%	25%
O jogador 3 está a marcar o jogador 7.	13%	0%
O jogador 4 está a marcar o jogador 9.	13%	0%
O jogador 5 está a marcar o jogador 9.	25%	13%
O jogador 6 está a marcar o jogador 10.	50%	13%
O jogador 6 está a pressionar o jogador 10.	25%	75%

Tabela 5.6 - Respostas à questão sobre acções defensivas consideradas válidas.

Afirmações consideradas válidas	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
O jogador 2 está a pressionar o jogador 11.	38%	13%
O jogador 3 está a cobrir a linha de passe para o jogador 7.	13%	38%
O jogador 5 está a pressionar o jogador 9.	50%	0%
O jogador 6 está a cobrir a linha de passe para o jogador 11.	38%	25%

Quanto aos outros conceitos que possivelmente a ontologia poderia validar, os resultados já não são tão animadores. No caso referente aos jogadores 3 e 4 estarem a marcar os seus adversários mais próximos, uma larga maioria dos inquiridos não consideraram correctas as afirmações correspondentes. Neste caso poderá ser aceitável, pois se for considerado que os jogadores envolvidos estiverem a mais de 3 metros entre si, a ontologia não considera que são marcações. Quanto ao facto de os jogadores 2 e 5 estarem a marcar os seus adversários mais próximos, os resultados foram um bocado melhores, mas não atingiu uma aprovação pela maioria dos inquiridos. Tal poderá dever-se a muitos factores, mas surgem novos resultados associados a estes dois jogadores. Como pode ser observado na tabela 5.6, uma pequena maioria dos inquiridos consideram que ambos os jogadores estão a pressionar os seus adversários. Tal criou certas dúvidas sobre os conceitos de *marcação* e *pressão*.

Como também se pode analisar na tabela 5.6, a maioria dos inquiridos considerou que os jogadores 3 e 7 estavam a cobrir linhas de passe. Quanto a este conceito não há dúvidas, é pena a ontologia não o representar.

Avaliando de uma forma geral as respostas à questão sobre acções defensivas, a ontologia não apresenta uma representação muito correcta dos conceitos abordados. Tendo em conta o facto de talvez a pergunta não ter sido bem elaborada, e da ontologia tentar representar da melhor maneira possível esse conceitos, pode-se concluir, que a ontologia pelo menos indica, que algo está a acontecer entre os jogadores envolvidos.

5.2.3 Análise de Atributos dos Jogadores

Nesta subsecção são analisados os conceitos relacionados com os comportamentos e atributos dos jogadores, que foram abordados no questionário aos especialistas do domínio.

Várias questões foram elaboradas sobre as *Tendências* das acções ofensivas dos jogadores, onde para cada uma das tendências apresentadas (de remate, de cruzamento, de drible, etc.), era dada a opção de escolha entre três opções:

- Quando mais de 25% das suas acções ofensivas são...
- Quando mais de 50% das suas acções ofensivas são...
- Quando mais de 75% das suas acções ofensivas são...

Portanto, os jogadores podiam ser rotulados de rematadores (por exemplo), quando uma certa percentagem das suas acções ofensivas eram remates. Para todas as acções que foram apresentadas as quais são: passe longo, cruzamento, remate, remate à distância, e drible; mais de 75% dos inquiridos escolheram a resposta referente aos 25%. Portanto, não há dúvidas quanto às tendências dos jogadores. Claro que, se fossem apresentadas opções de percentagem mais próximas dos 25%, talvez os resultados fossem diferentes.

Outra questão que foi apresentada no inquérito era baseada em afirmações pertinentes sobre os *Atributos dos Jogadores*. Tal como na questão sobre as acções defensivas, eram oferecidas quatro hipóteses de classificar as afirmações quanto à sua veracidade. Na tabela 5.7, são apresentados os resultados obtidos referentes a esta questão.

Como se pode observar na tabela 5.7, devido à pertinência das afirmações, é obvio que nenhum dos inquiridos escolheu a opção *concordo totalmente*. Para uma melhor análise dos resultados, as respostas da tabela 5.7 que se pretendiam correctas, no ponto de vista da ontologia, foram assinaladas a negrito.

Numa análise aos resultados apresentados na tabela 5.7, pode-se constatar que 50% dos inquiridos admitem parcialmente que os jogadores com bons atributos no passe longo, normalmente apresentam bons atributos nos cruzamentos. Para este caso, não há problemas, pois na ontologia estes dois atributos são distinguidos.

Tabela 5.7 - Avaliação de afirmações sobre as características dos jogadores.

Afirmações relacionadas com os atributos dos jogadores	Discordo Totalmente	Discordo Parcialmente	Concordo Parcialmente	Concordo Totalmente
Um jogador bom a efectuar passes longos, também é bom a fazer cruzamentos.	33%	17%	50%	0%
Um jogador que faça bons passes curtos, também é bom jogador a fazer passes longos.	83%	17%	0%	0%
Um jogador que remata bem dentro da área, normalmente também remata bem de longe.	100%	0%	0%	0%
A capacidade de jogo aéreo de um jogador é semelhante tanto em lances ofensivos como defensivos.	50%	17%	33%	0%
Um jogador bom a marcar cantos, normalmente é bom a fazer cruzamentos.	17%	0%	83%	0%
Um jogador bom a marcar livres directos, normalmente é bom a rematar de longe.	33%	0%	67%	0%
Um jogador com boa finta, normalmente tem bom controlo de bola.	0%	50%	50%	0%

O mesmo critério se aplica para a distinção entre passes curtos e passes longos, pois praticamente todos os inquiridos assumem que a capacidade de execução destes dois tipos de passe é diferente no mesmo jogador. O mesmo acontece em relação aos dois tipos de remate.

Quanto à capacidade de jogo aéreo, as respostas dos inquiridos entram em confronto com a definição da ontologia, no que respeita à capacidade de cabeceamento dos jogadores. No atributo representado pela ontologia não é feita distinção entre serem lances defensivos ou lances ofensivos, isto é, era esperado que a afirmação fosse considerada verdadeira, mas apenas 33% dos inquiridos é que admitiram parcialmente este facto.

Como já foi observado anteriormente, na ontologia, atributos de jogadores relacionados com a execução de bolas paradas não são representados. O facto é, na ontologia os lances de bola parada são representados através das situações de jogo, e nas acções dos jogadores este tipo de lances não é especificado. Podia-se ter relacionado as situações de jogo com as acções de passes e remates dos jogadores para a definição de atributos referentes à execução de bolas paradas, mas as respostas a esta questão do inquérito vêm confirmar, que não valeria muito a pena complicar as representações dos atributos dos jogadores. Portanto, 83% dos inquiridos admitem parcialmente que os atributos de marcação de pontapé de canto e de cruzamento são muito semelhantes na generalidade dos jogadores. O mesmo acontece em relação à marcação de livres directos e remates de longe, onde 67% dos inquiridos admitem parcialmente que os atributos dos jogadores nesse aspecto são muito semelhantes.

A última afirmação a ser levada a análise, refere-se à distinção entre finta e controlo de bola, onde não se pôde chegar a nenhuma conclusão. De qualquer modo, na ontologia são distinguidas as capacidades de recepção de bola com as de drible.

5.2.4 Análise de Estratégias de Equipa

No inquérito aos especialistas do domínio, foram abordadas algumas questões relacionadas com as tácticas das equipas, que são analisadas de seguida.

Um dos conceitos abordado no inquérito é referente ao *Grau de Risco* que uma equipa assume em jogo. Portanto, incentivou-se os inquiridos a definirem os critérios para uma escala que medisse o grau de risco que uma equipa assume num jogo. Deu-se a considerar a situação de jogo de defesa e que a bola se encontraria no meio campo adversário. As respostas eram dadas em forma de matriz onde os inquiridos escolheriam o número de jogadores que deveriam estar atrás da linha da bola, para cada uma das seguintes classificações de grau de risco: *muito seguro*, *seguro*, *normal*, *arriscado*, *muito arriscado*. Na tabela 5.8 são apresentados os resultados referentes a esta questão.

Como se pode observar na tabela 5.8, as colunas referem-se ao número de jogadores da equipa atrás da linha da bola e as linhas referem-se às várias classificações possíveis dessa escala. Para cada uma das classificações possíveis, os inquiridos apenas podiam escolher um número. Podia-se ter oferecido a possibilidade de seleccionar as opções em vez de escolher. Durante a elaboração do inquérito, pensou-se que o facto de oferecer a possibilidade de se seleccionar as opções complicaria as estatísticas, mas o que realmente aconteceu foi o contrário. Provavelmente, os resultados apresentariam mais qualidade caso fosse dada a opção de seleccionar em vez de escolher. Os resultados assinalados a negrito correspondem às opções que são correctas, na perspectiva do que foi definido na ontologia.

Tabela 5.8 - Avaliação de grau de risco de uma equipa.

Grau de Risco	5	6	7	8	9	10	11
Muito Seguro							100%
Seguro				20%	20%	60%	
Normal			20%	40%	40%		
Arriscado		20%	40%	40%			
Muito Arriscado	40%	40%	20%				

Numa análise aos resultados apresentados na tabela 5.8 pode-se observar que quanto às classificações de *muito seguro* e *seguro*, estas estão de acordo com a definição da ontologia. Quanto às outras classificações possíveis da escala, já não existe um consenso, a principal razão de dúvida nestes resultados é a opção “*Arriscado-8*” que está em pé de igualdade com a opção “*Normal-8*”. Se na escala definida na ontologia se trocasse uma opção pela outra, a avaliação destes resultados seria a mesma.

Concluindo, a escala utilizada pela ontologia está de acordo com o critério dos especialistas, mas o que fica pendente é o facto de talvez os resultados fossem melhores, caso o modo de responder à questão fosse diferente ao que foi utilizado neste inquérito.

Agora será abordada a questão da profundidade da *Linha Defensiva*. No inquérito foram feitas duas questões sobre este conceito.

A primeira questão foi sobre a situação de jogo ideal para se aplicar as classificações referentes a este conceito. Foram oferecidas várias situações para escolha. No inquérito, 83% dos inquiridos assumiram que a situação mais correcta seria: a *de defesa* e que a bola deveria estar no meio campo adversário. Portanto igual ao definido na ontologia.

A segunda questão tinha como objectivo os inquiridos escolherem as distâncias (em coordenadas X) a partir da linha de fundo até à linha defensiva da equipa, para se poderem atribuir as classificações de linha defensiva: recuada, normal e a adiantada. A acompanhar as questões foi fornecida uma figura, para tentar explicar o conceito de distância que era pretendido. Esta mesma figura também serviu para explicar o conceito de largura de equipa. Portanto, foram questionados os valores limites para uma linha defensiva normal. Também foram oferecidas muitas opções de resposta. Na tabela 5.9 são apresentadas as respostas à questão. Claro que apenas estão representados os intervalos que apresentaram resultados, e naturalmente, que apenas foram consideradas as respostas dos 83% inquiridos que escolheram a situação considerada mais correcta.

Tabela 5.9 - Resultados da questão sobre o conceito de linha defensiva.

Linha Defensiva Normal	Resultados
Entre 20 e 30 metros.	38%
Entre 20 e 40 metros.	32%
Entre 30 e 40 metros.	30%

Tabela 5.10 - Resultados da questão sobre o conceito de largura da equipa.

Largura da Equipa Normal	Resultados
Entre 30 e 45 metros.	11%
Entre 35 e 50 metros.	19%
Entre 40 e 55 metros.	53%
Entre 45 e 60 metros.	17%

Como se pode observar na tabela 5.9, os resultados não são conclusivos à primeira vista. Assinalado a negrito está a resposta correcta na perspectiva da ontologia. Tendo em conta que entre muitos intervalos (múltiplos de 10), apenas foram escolhidos os apresentados na tabela 5.9, pode-se concluir que a definição da ontologia é a mais consensual, apesar de não ter conquistado a aprovação da maioria dos inquiridos.

Mais duas questões semelhantes às anteriores foram feitas para se perceber o conceito de *Largura de Equipa*. A dinâmica das questões foi a mesma. Na primeira questão sobre a situação ideal, 72% dos inquiridos escolheram a seguinte: a *de ataque* e a bola encontrar-se no meio campo adversário. Portanto, de acordo com a ontologia.

Na segunda questão foram questionados os intervalos de distância (na coordenada Y) entre os jogadores. A tabela 5.10 apresenta os resultados referentes a essa questão, e naturalmente, apenas foram consideradas as respostas dos inquiridos que escolheram a situação considerada válida.

Como pode ser observado na tabela 5.10, a oferta de opções de resposta para esta questão foi mais tendenciosa, pois só foram oferecidas a possibilidade de escolha para intervalos de 15 metros. O resultado maioritário foi de 53% para o intervalo entre 40 e 55 metros, tal como foi definido na ontologia, claro que não é um resultado avassalador, mas é perfeitamente válido tendo em conta a subjectividade deste tipo de conceitos.

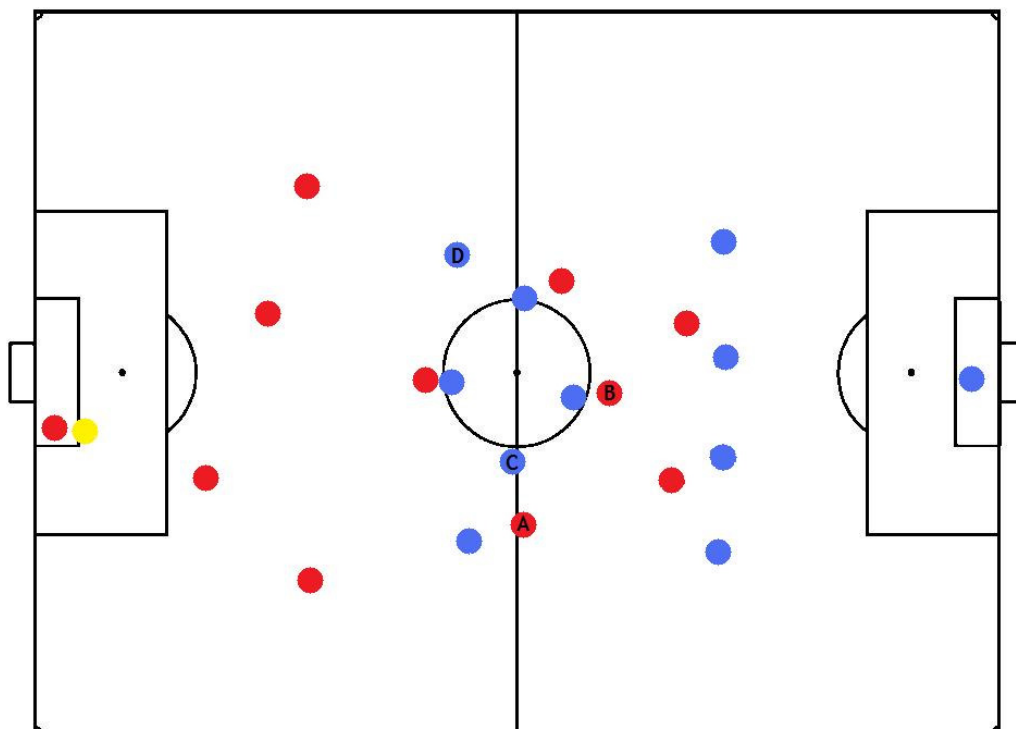


Figura 5.10 - Primeira situação de jogo para análise de posicionamentos e formações.

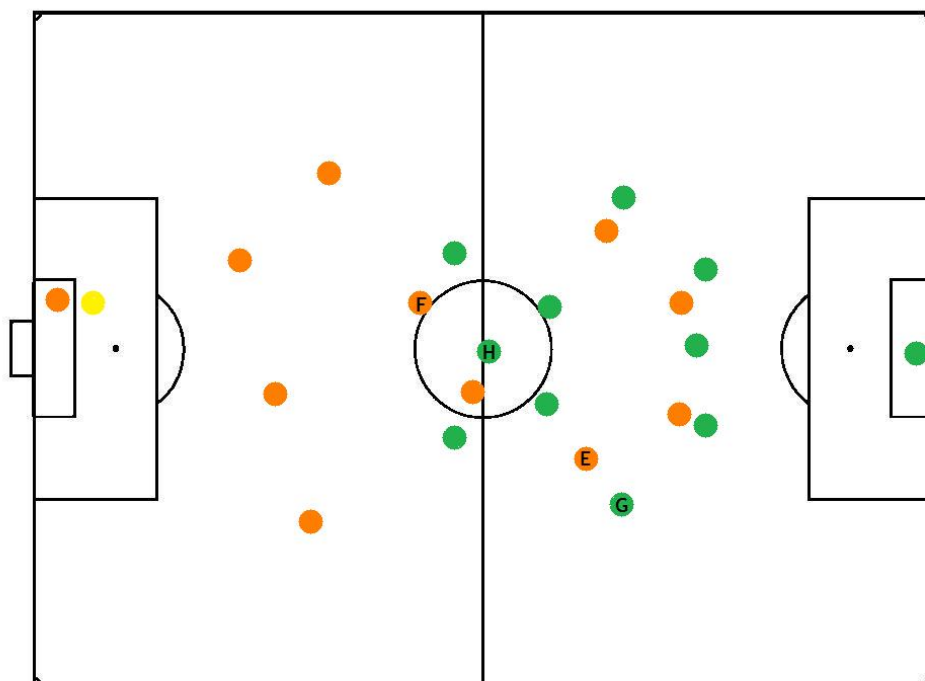


Figura 5.11 - Segunda situação de jogo para análise de posicionamentos e formações.

5.2.5 Análise de Posicionamentos e Formações

Nesta subsecção são comparadas as definições da ontologia com os resultados do inquérito, referentes aos conceitos de posicionamento dos jogadores e às formações das equipas. No inquérito, foram apresentadas duas figuras, onde ambas representam uma situação de jogo referente a um pontapé de baliza. Associada à interpretação dessas figuras, uma série de questões foi apresentada, tendo em vista a obtenção do ponto de vista dos inquiridos em relação aos conceitos de posicionamentos e formações.

Na primeira figura, 5.10, as equipas são representadas através de duas cores: vermelho e azul. Na segunda figura, 5.11, as equipas estão representada a outras duas cores: laranja e verde. A bola está representada a amarelo em ambas as figuras. Também alguns jogadores representados nas figuras estão identificados com uma letra, tendo em vista as questões sobre as posições que ocupam em campo. Esta situação de jogo foi abordada por ser a considerada mais ideal, para a representação dos conceitos de posições e formações, isto é, os tamanhos das várias regiões de equipa foram otimizados para esta situação de jogo. Mais adiante vai-se fazer uma análise quanto a essa optimização, mas primeiro vai-se analisar os resultados do inquérito.

No inquérito, foram questionadas as posições dos jogadores assinalados com uma letra. Também se perguntou quais eram as formações das equipas. Na tabela 5.11 são apresentados os resultados referentes às posições dos jogadores. Na tabela 5.12 são apresentados os resultados referentes às formações das equipas.

Numa análise à tabela 5.1, pode-se observar que em cinco das questões que foram feitas, não há dúvidas quanto às respostas dos inquiridos. Enquanto em três das questões os resultados foram duvidosos.

Começando pelo jogador A (figura 5.10), este jogador realmente apresenta-se numa posição realmente intermédia entre o centro e o lado direito, até a ontologia pode classificá-lo como jogando numa posição ou noutra. Tudo depende de coordenadas.

Analisando a posição do jogador E (figura 5.11), que também foi colocado de forma a apresentar um resultado duvidoso, até era de esperar que algum inquirido escolhesse uma posição relativa a uma zona central, mas a dúvida acabou por ficar por três posições do lado direito, muito semelhantes.

Finalmente o jogador G, que na figura 5.11 se apresenta entre os defesas e os médios. Este também apresentou um resultado duvidoso. Quanto a este jogador era esperado pelo menos, que alguns inquiridos escolhessem uma posição intermédia entre as duas apresentadas da tabela 5.11. Ofereceu-se a opção de escolha de dois termos também muito específicos “lateral ofensivo esquerdo” e “médio defensivo esquerdo”, mas nenhum dos inquiridos optou por seleccionar nenhuma dessas duas opções.

Tabela 5.11 - Resultados das questões sobre o posicionamento dos jogadores.

Posições dos Jogadores	Resultados		
Jogador A	Médio Direito - 50%		Médio Interior Direito - 50%
Jogador B	Médio Ofensivo Centro - 100%		
Jogador C	Médio Interior Esquerdo - 100%		
Jogador D	Extremo Direito - 100%		
Jogador E	Médio Direito - 50%	Médio Ofensivo Direito - 17%	Extremo Direito - 33%
Jogador F	Médio Centro - 100%		
Jogador G	Lateral Esquerdo - 67%		Médio Esquerdo - 33%
Jogador H	Médio Ofensivo Centro - 100%		

Tabela 5.12 - Resultados das questões sobre as formações das equipas.

Formações	Equipa Encarnada	Equipa Azul	Equipa Laranja	Equipa Verde
4-4-2	67%		50%	
4-1-3-2	33%			
4-3-3		83%		
4-1-2-3		17%		
4-2-4			33%	
4-2-2-2			17%	
5-3-2				33%
5-2-1-2				33%
3-5-2				17%
3-4-1-2				17%

Numa análise aos resultados da tabela 5.12, pode-se constatar que os inquiridos, seleccionaram a formação tendo base na posição dos jogadores que escolheram. Para a equipa laranja, comparando-se os resultados referentes ao jogador E (na tabela 5.11) com os da formação da equipa (tabela 5.12), pode-se verificar que a formação escolhida está directamente relacionada com a posição que escolheram para esse jogador. O mesmo se

aplica para a equipa verde (tabela 5.12). Comparando-se os resultados relativamente ao jogador G (tabela 5.11) com os da formação da equipa, pode-se constatar que os inquiridos que escolheram a posição de defesa para o jogador G, escolheram uma formação de 5 defesas. Por outro lado, não foi possível perceber o critério com que escolheram formações numa sequência de 4 números. Alguns inquiridos aplicam este tipo de sequência de classificação, outros não.

Passando aos resultados da ontologia quanto a estes aspectos, há que referir primeiro, que os inquiridos fizeram uma análise gráfica dos posicionamentos e formações. Portanto, também se efectuou uma análise gráfica referente às definições da ontologia, pois esta apenas analisa as coordenadas dos jogadores em campo, que não são fornecidas.

É de referir que, informou-se os inquiridos que as situações de jogo apresentadas eram reais. De facto eram situações de jogo extraídas do simulador PES 2009. Portanto uma nota a deixar, a optimização dos limites das regiões de equipa, que por sua vez vão classificar as posições dos jogadores, foi baseada na representação das jogadas por parte dos simuladores PES 2009 e FM 2009. Se estes simuladores eventualmente, não representarem bem o futebol real, poderão as definições quanto aos limites das várias sub-regiões de equipa, não estarem realmente óptimas.

Abordando o facto da optimização dos limites das regiões de equipa. Em primeiro lugar, as super-regiões de cada uma das equipas podem apresentar tamanhos e proporções variadas. As sub-regiões têm como valores para os seus limites, multiplicadores do comprimento ou da largura total da equipa. Portanto as variações de proporção das super-regiões não afectam a proporcionalidade das sub-regiões. Na figura 5.12, pode-se observar a manipulação gráfica das regiões das equipas representadas nas figuras 5.10 e 5.11.

Como se pode observar na figura 5.12, as super-regiões das quatro equipas exemplificadas foram alteradas na sua proporção, para se poder verificar a análise por parte da ontologia. Os números no topo da figura referem-se aos multiplicadores de cada limite de região que foram definidos na ontologia. Quanto às larguras das equipas (no lado direito na figura 5.12), pode-se observar que as regiões foram divididas em partes iguais. Quanto ao comprimento das equipas (no lado esquerdo na figura 5.12), os multiplicadores já não seguem uma divisão lógica. A divisão das regiões foi baseada em análise gráfica de regiões de equipa, de uma forma semelhante como a representada na figura. Apenas estão representadas 5 divisões, pois as outras duas divisões não estão em causa para a análise das equipas simuladas.

Com as informações fornecidas pela figura 5.12, é possível compreender o funcionamento das regiões de equipa da ontologia e fazer uma análise dos resultados que a ontologia apresentaria. A tabela 5.13 apresenta os resultados da ontologia, quanto às posições dos jogadores e formações das equipas, a partir da análise gráfica da figura 5.12.

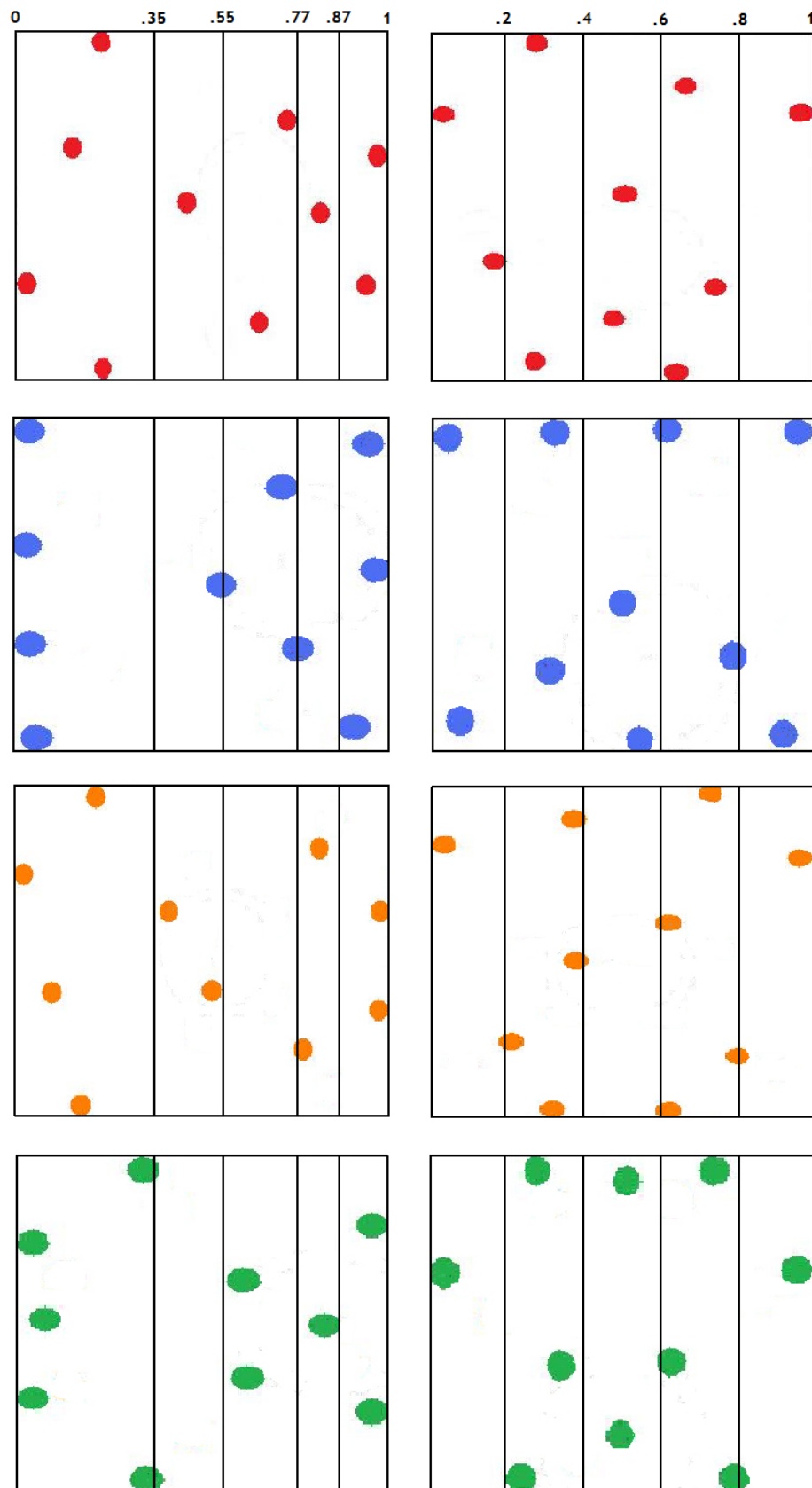


Figura 5.12 - Análise gráfica das regiões de equipa.

Tabela 5.13 - Resultados da ontologia para posicionamentos e formações.

	Resultados
Jogador A	Médio Direito
Jogador B	Médio Ofensivo Centro
Jogador C	Médio Centro
Jogador D	Extremo Direito
Jogador E	Médio Ofensivo Centro
Jogador F	Médio Defensivo Centro
Jogador G	Lateral Esquerdo
Jogador H	Médio Ofensivo Centro
Equipa Encarnada	4-3-1-2
Equipa Azul	4-3-3
Equipa Laranja	4-2-2-2
Equipa Verde	5-2-1-2

Os resultados apresentados na tabela 5.13 indicados a negrito, são os que estão de acordo com a maioria dos inquiridos. Portanto, nem vale a pena analisá-los. Para o caso do jogador A, 50% dos inquiridos afirmam que é um *médio direito*. Outros 50% afirmam que é *médio interior direito*. É perfeitamente aceitável que existam dúvidas.

No caso do jogador C, a região de equipa onde este jogador se insere é realmente a de *médio interior esquerdo*, como os especialistas classificaram. O que acontece, é que não se detalhou a classificação das posições dos jogadores na ontologia, até este ponto. Na questão do inquérito referente a este jogador, até havia uma opção para *médio centro*. Pelos vistos, todos os especialistas optaram pela classificação de posição mais detalhada que é a de *médio interior esquerdo*. Como as regiões de equipa estão bastante detalhadas, esta classificação pode ser facilmente introduzida na ontologia.

Se for feita uma observação à posição do jogador E na figura 5.12, pode-se constatar que este poderá estar entre quatro posições diferentes. Se existem dúvidas na análise gráfica das regiões, também haverá dúvidas na análise gráfica dos especialistas.

Os especialistas optaram unanimemente pela posição *Médio Centro*, para o jogador F. Por sua vez a ontologia claramente classifica a posição deste jogador como *Médio Defensivo*

Centro. Realmente, devia-se ter questionado os especialistas sobre mais posições semelhantes à deste jogador, para se dissiparem quaisquer dúvidas.

A maior parte dos especialistas, classificaram a formação da equipa encarnada como sendo um 4-4-2. A ontologia classifica como 4-3-1-2, pois a equipa apresenta um *médio ofensivo*. Cerca de 33% dos especialistas classificaram a formação como sendo um 4-1-3-2. Anteriormente já se verificou que uma grande parte dos especialistas optou por classificar as formações usando uma sequência de três números. Os que optaram por uma sequência de quatro números não seleccionaram a opção igual à da ontologia. Neste caso, pode-se questionar se o critério aplicado na ontologia, não será o mais adequado.

Em relação à equipa laranja, apenas 17% dos inquiridos escolheram a formação 4-2-2-2, tal como na ontologia. Como já foi também referido, todos os inquiridos que consideraram que o jogador E era um médio ofensivo, escolheram esta formação. Bastava o jogador E estar a médio direito na análise gráfica, para a formação passar a ser 4-4-2 como consideraram 50% dos inquiridos.

Finalmente a equipa verde, neste caso 33% dos inquiridos estão de acordo com o critério da ontologia. Outros 33% não utilizaram um critério semelhante ao da ontologia, classificando a formação em 5-3-2. Portanto, neste caso o critério para a sequência de quatro números está correcto, ao contrário do que se sucedeu para a formação da equipa encarnada.

Nesta análise que foi concluída, dá para perceber que no domínio do futebol, as opiniões não são iguais para todos. Um bom resultado foi o facto de se ter conseguido compreender os pontos de vista dos especialistas tendo como base a análise de uma situação de jogo específica. As definições da ontologia quanto a estes tipos de conceitos, não contrariam as opiniões dos inquiridos. Pode-se concluir que o método arrojado utilizado pela ontologia, baseado numa situação específica de jogo, para analisar posições dos jogadores e formações das equipas apresenta-se bastante eficaz.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho de definição de uma ontologia aplicada ao futebol. Também são apresentadas as sugestões de trabalho a fazer num futuro próximo.

6.1 Conclusões

Foi efectuado um amplo estudo sobre as tecnologias de representação de Ontologias, que abordou os conceitos fundamentais, as linguagens, as ferramentas e as metodologias. Desse estudo concluiu-se que sem dúvida a linguagem OWL era a melhor linguagem para a representação de ontologias. As principais razões para esta escolha foram o facto de ser uma linguagem *standard* da *Web* e também a linguagem mais recente.

Entre as ferramentas estudadas para o desenvolvimento de ontologias seleccionou-se para a execução deste trabalho o editor Protégé. Esta ferramenta, para além de ser *open source* e oferecer todas as funcionalidades necessárias para a execução deste trabalho, é a que oferece mais suporte de apoio ao desenvolvimento de ontologias. Tal deve-se ao facto de ser a ferramenta mais utilizada e divulgada nesta área.

Quanto às metodologias de desenvolvimento de ontologias que foram propostas. Estas tentam facilitar a tarefa de concepção de ontologias, mas cada domínio tem as suas particularidades. Os próprios autores dessas metodologias referem-se a isso. Portanto, neste caso nenhuma em particular facilitou a tarefa de definição da ontologia para o futebol, mas é de destacar a metodologia 101 devido a apresentar uma vertente mais prática. Esta metodologia foi a que mais contribuiu na aprendizagem, no que toca à modelação de ontologias.

As ontologias, cujo domínio é o futebol, já existentes são orientadas para a Web Semântica, isto é, extraem informação sobre o futebol presente nos *media*. Estas poderão ser

eficazes na sua função, mas nenhuma delas contribuiu para este trabalho, que visava utilizar informação a partir dos valores da posição dos jogadores e da bola, para a definição de conceitos mais complexos.

Foram estudados os conceitos presentes em duas linguagens utilizadas para treinar equipas de futebol robótico na modalidade simulação 2D. Entre estas linguagens é de destacar o COACH UNILANG, pois utiliza conceitos extraídos do futebol real. Esta linguagem contribuiu numa boa parte, para a definição dos conceitos presentes na ontologia referente a este trabalho. Também foram estudados os conceitos presentes em dois simuladores comerciais de futebol. Neste âmbito, ambos os simuladores contribuíram para a assimilação de conceitos, para serem aplicados na ontologia aplicada ao futebol.

O objectivo principal da ontologia aplicada ao futebol é representar o domínio associado a um jogo de futebol. Tal como já foi discutido anteriormente, a ontologia cria um modelo complexo do domínio a partir de informações não trabalhadas, isto é, a partir de dados não trabalhados tais como as posições dos jogadores e da bola. A partir daí criou-se um modelo conceptual rebuscado, que permite a identificação de eventos e situações presentes no jogo, até ser conseguida fazer uma análise aos comportamentos dos jogadores e das equipas.

Claro que, quase nunca é possível criar um modelo de domínio completamente perfeito, pois as informações que a ontologia para o futebol manipula, não são todas as informações que se podem extrair do domínio em causa.

A “Ontologia Aplicada ao Futebol” chega a atingir os limites das funcionalidades que a tecnologia da representação das ontologias oferece. Se esta tecnologia oferecesse mais funcionalidades, a representação dos conceitos referentes a *Acções* e *Situações* poderia ser totalmente definida através da ontologia sem recurso a sistemas externos.

Os conceitos da Ontologia referentes aos Objectos, Regiões, Períodos, Jogadores e Equipas estão definidos de uma forma estável e segura. Quanto aos conceitos relacionados com as *Acções* e *Situações* estes não foram devidamente testados. Os valores numéricos utilizados na definição das Condições para as *Acções* foram estimados, portanto alguns destes valores deveriam ser aperfeiçoados. Para serem aperfeiçoados é necessária uma integração da ontologia num sistema que simule uma partida de futebol em tempo-real. Uma tarefa, que não fez parte dos planos para este trabalho.

Quanto à qualidade dos conceitos, o questionário efectuado aos especialistas apenas visou uma pequena parte dos conceitos representados pela ontologia. Entre os conceitos avaliados, de um modo geral todos foram considerados correctos, mas não perfeitos. Claro que, em relação a alguns conceitos não houve opiniões consensuais, mas a verdade é que o inquérito visou principalmente os conceitos um bocado mais subjectivos.

O modelo hierárquico e relacional entre classes e objectos presente na ontologia é totalmente funcional e claro, permitindo assim facilmente a integração de novos conceitos de

acordo com a área conceptual a que pertence. É verdade que não foram representados todos os conceitos existentes no futebol, mas na ontologia estão definidos os principais e mais importantes conceitos.

Os objectivos deste trabalho foram claramente atingidos. A Ontologia definida, sem dúvida, contribuirá para o funcionamento dos Sistemas Baseados em Inteligência Artificial em que pode ser integrada.

6.2 Trabalho Futuro

Numa reflexão referente ao trabalho futuro associado à Ontologia Aplicada ao Futebol, é de referir alguns pontos.

A Ontologia que foi definida neste trabalho, ainda não foi aplicada no sistema baseado em Inteligência Artificial a que se destina em primeira instância, portanto não há garantias quanto a uma representação eficaz dos Eventos e Situações de futebol. Um teste e refinamento dos conceitos presentes nestas duas áreas, só podem ser feitos após a integração da ontologia nesse sistema.

A Ontologia desenvolvida não definiu todos os conceitos presentes no futebol, mas a sua estrutura é muito clara, facilitando uma integração futura de novos conceitos, caso sejam pretendidos.

Referências

- [1] A. J. Duineveld, R. Stoter, M. R. Weiden, B. Kenepa, V. R. Benjamins, "WonderTools? A comparative study of ontological engineering tools", *In Proceedings of the 12th Banff Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop*, 1999.
- [2] D. Fensel, "Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce", *Second Edition*, Springer, 2004.
- [3] J. Punuru, "Knowledge-based methods for automatic extraction of domain-specific ontologies", *Dissertation submitted to Department of Computer Science of Louisiana State University*, 2006.
- [4] R. Neches, R. E. Fikes, T. Finin, T. R. Gruber, T. Senator, W. R. Swartout, "Enabling technology for knowledge sharing", *AI Magazine*, Vol.12(3):36-56, 1991.
- [5] T. R. Gruber, "Toward Principles for Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", *In: N. Guarino and R. Poli (eds.), Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [6] W. N. Borst, "Construction of Engineering Ontologies", *University of Twente, Enschede, The Netherlands - Centre for Telematica and Information Technology*, 1997.
- [7] R. Studer, V. R. Benjamins, D. Fensel, "Knowledge Engineering: Principles and Methods", *IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering*, Vol.25(1-2):161-197, 1998.
- [8] N. Guarino, P. Giaretta, P. "Ontologies and knowledge bases-towards a terminological clarification", *In NJ Mars, editor, Towards Very Large Knowledge Bases--Knowledge Building and Knowledge Sharing 1995 25-32*, IOS Press, 1995.
- [9] M. Grüninger, M. S. Fox, "Methodology for the design and evaluation of ontologies", *IJCAI95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, Montreal, Canada*, 1995.
- [10] M. Uschold, R. Jasper, "A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications", *CEUR Workshop Proceedings 18:11.1-11.12. Amsterdam, Netherlands*, 1999.
- [11] N. F. Noy, D. L. McGuinness, "Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology", *Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05*, 2001.
- [12] M. Grüninger, J. Lee, "Ontology Applications and Design", *Communications of the ACM*, 45(2), pp. 39-41, 2002.
- [13] M. Uschold, M. Grüninger, "Ontologies: Principles, Methods and Applications", *Knowledge Engineering Review*, Vol.11(2):93-155, 1996.

- [14] G. Van Heijst, A. Th. Schreiber, B. J. Wielinga, "Using explicit ontologies in kbs development", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.45:184-292, 1997.
- [15] N. Guarino, "Formal ontology and information systems", *Proceedings of Formal Ontology and Information Systems (FOIS 1998)*, pp. 3-15, 1998.
- [16] O. Lassila, D. L. McGuinness, "The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web", *Knowledge Systems Laboratory, Report KSL-01-02, January*, 2001.
- [17] O. Corcho, M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez, "Chapter 3: Ontological Engineering: what are ontologies and how can we build them", in J. Cardoso eds., "*Semantic Web Services: Theory, Tools and Applications*", IGI Global Publisher, March 31, 2007.
- [18] C. B. Necib, J. C. Freytag, "Ontology based Query Processing in Database Management Systems", *Processing in Database Management Systems, CoopIS/DOA/ODBASE: 839-857*, 2003.
- [19] Tim Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila. "The semantic web", In *Scientific American*, 2001.
- [20] T. Berners-Lee, "XML Semantic Web talk", 2000. Disponível em <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html>. Acesso em 12/Maio/2009.
- [21] N. Shadbolt, T. Berners-Lee, W. Hall, "The Semantic Web revisited", *IEEE Intelligent Systems*, 2006.
- [22] O. Corcho, "A layered declarative approach to ontology translation with knowledge preservation", *Frontiers in Artificial Intelligence and its Applications, Dissertations in Artificial Intelligence, IOS Press, January*, 2005.
- [23] D. B. Lenat, R. V. Guha, *Building Large Knowledge-based Systems: Representation and Inference in the Cyc Project*, Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1990.
- [24] M. Kifer, G. Lausen, J. Wu, "Logical Foundations of Object-Oriented and Frame-based Languages", *Journal of the ACM*, Vol.42(4):741-843, 1995.
- [25] M. R. Genesereth, R. E. Fikes. "Knowledge Interchange Format", *Version 3.0, Reference Manual, Technical Report 92-1. Computer Science Department. Stanford University, California*, 1992. Disponível em <http://logic.stanford.edu/kif/Hypertext/kif-manual.html>. Acesso em 15/Maio/2009.
- [26] A. Farquhar, R. Fikes, J. Rice, "The Ontolingua Server: A Tool for Collaborative Ontology Construction", *International Journal of Human Computer Studies*, Vol.46 (6):707-727, 1997.
- [27] J. Domingue, E. Motta, O. Corcho Garcia. "Knowledge Modelling in WebOnto and OCML: A User Guide", *Version 2.4, Knowledge Media Institute, The Open University*, 1999. Disponível em <http://kmi.open.ac.uk/projects/ocml/ocml-webonto-guide.zip>. Acesso em 15/Maio/2009.
- [28] R. MacGregor, "Inside the LOOM Description Classifier", *ACM SIGART Bulletin*, Vol.2(3):88-92, ACM Press, New York, USA, 1991.
- [29] V. Chaudhri, A. Farquhar, R. Fikes, P. Karp, J. Rice, "Open Knowledge Base Connectivity 2.0.3", *Protocol proposed by: Artificial Intelligence Center of SRI International and the Knowledge Systems Laboratory of Stanford University*, 1998.

- [30] S. Luke, J. Heflin, “SHOE 1.01 Proposed Specification”, *Technical Report, Parallel Understanding Systems Group, Department of Computer Science, University of Maryland*, 2000. Disponível em <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/spec.html>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [31] T. Bray, J. Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, E. Maler, F. Yergeau, “Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition)”, *W3C Recommendation, February*, 2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/REC-xml>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [32] O. Lassila, R. Swick, “Resource Description Frame-work (RDF) Model and Syntax Specification”, *W3C Recommendation*, 1999. Disponível em <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [33] P. D. Karp, V. K. Chaudhri, J. Thomere, “XOL: An XML-based ontology exchange language”, *Version 0.4*, 1999. Disponível em <http://www.ai.sri.com/pkarp/xol/xol.html>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [34] D. Brickley, R. V. Guha, “RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema”, *W3C Working Draft*, 2002. Disponível em <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-schema>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [35] D. Fensel, I. Horrocks, F. van Harmelen, S. Decker, M. Erdmann, M. Klein, “OIL in a nutshell”, *“Knowledge Acquisition, Modelling, and Management”, In Proceedings of the European Knowledge Acquisition Conference (EKAW-2000), LNAI, Springer-Verlag*, 2000.
- [36] I. Horrocks, P. F. Patel-Schneider, F. van Harmelen, “Reviewing the design of DAML+OIL: An ontology language for the semantic web”, *In Proceedings of the 18th National Conference on Artificial Intelligence*, pp. 792-797, AAAI Press, 2002.
- [37] D. McGuinness, F. van Harmelen, eds., “OWL Web Ontology Language Overview”, *W3C Recommendation*, 10/Fevereiro/2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [38] M. Smith, C. Welty, D. McGuinness, eds., “OWL Web Ontology Language Guide”, *W3C Recommendation*, 10/Fevereiro/2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [39] M. Dean, G. Schreiber, eds., “OWL Web Ontology Language Reference”, *W3C Recommendation*, 10/Fevereiro/2004. Disponível em <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-ref-20040210/>. Acesso em 16/Maio/2009.
- [40] B. Motik, B. C. Grau, I. Horrocks, Z. Wu, A. Fokoue, C. Lutz, eds., “OWL 2 Web Ontology Language Profiles”, *W3C Candidate Recommendation*, 11/Junho/2009. Disponível em <http://www.w3.org/TR/2009/CR-owl2-profiles-20090611/>. Acesso em 20/Junho/2009.
- [41] I. Horrocks, P. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosz, M. Dean, “SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML”, *W3C Member Submission 21 May 2004*. Disponível em <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/>. Acesso em 5/Maio/2009.
- [42] “Protégé Wiki: SQWRL”, 11/Março/2009. Disponível em <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?SQWRL>. Acesso em 25/Maio/2009.
- [43] Onto Web Consortium, “A survey on ontology tools”, *IST Project IST-2000-29243*, 2002.

- [44] L. Escorcio, J. Cardoso, "Chapter 4: Editing Tools for Ontology Construction", in J. Cardoso eds., *"Semantic Web Services: Theory, Tools and Applications"*, IGI Global Publisher, March 31, 2007.
- [45] O. Corcho, M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez, "WebODE: an Integrated Workbench for Ontology Representation, Reasoning and Exchange", *Lecture Notes in Artificial Intelligence: Knowledge Engineering and Knowledge Management Ontologies and the Semantic Web, EKAW02*, Springer-Verlag, Pags: 136-151, September, 2002.
- [46] A. Kalyanpur, B. Parsia, E. Sirin, B. Cuenca-Grau, J. Hendler, "Swoop: A Web Ontology Editing Browser", *Journal of Web Semantics Vol. 4(2)*, 2005.
- [47] M.Lang, "Knoodl.com Semantic Wiki - Creating and using OWL vocabularies in a wiki", *Revelytix SCoP Presentation DRM 3.0 with WordNet Senses in a Semantic Wiki*, February 6, 2007.
- [48] Altova Semantic Works: Semantic Web Tool, Datasheet. Disponível em <http://www.altova.com/documents/SemanticWorksdatasheet.pdf>. Acesso em 2/Junho/2009.
- [49] TopBraid Composer Datasheet, *TopQuadrant Inc.* Disponível em <http://www.topquadrant.com/documents/TopBraidComposerDataSheet.pdf>. Acesso em 2/Junho/2009.
- [50] OntoStudio, *OntoStudio - professional knowledge engineering, Flyer*. Disponível em http://www.ontoprise.de/fileadmin/user_upload/Flyer_EN/Flyer_OntoStudio_en.pdf. Acesso 2/Junho/2009.
- [51] P. Haase, H. Lewen, R. Studer, M. Erdmann, "The NeOn Ontology Engineering Toolkit", *WWW2008, 17th International World Wide Web Conference, Beijing, China*, 2008.
- [52] T. Morita, N. Fukuta, N. Izumi, T. Yamaguchi, "DODDLE-OWL: A Domain Ontology Construction Tool with OWL", *ASWC2006*, 2006.
- [53] Protégé Website. Disponível em <http://protege.stanford.edu/>. Acesso em 12/Junho/2009.
- [54] M. Fernandez, A. Gómez-Pérez, N. Juristo, "METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering", *Proceedings of the AAAI97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering*, pp. 33-40, 1997.
- [55] A. De Nicola, M. Missikoff, "A proposal for a unified process for ontology building: UPON", *Lecture Notes in Computer Science, Volume 3588, Pages 655 - 664*, 2005.
- [56] V. Kabilan, "Ontology for Information Systems (O4IS) Design Methodology: Conceptualizing, Designing and Representing Domain Ontologies". *Doctoral thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden*, 2007.
- [57] S. Ranwez, "Ranwez Soccer Ontology", *DAML Ontologies Library web site*, submitted in 2002. Disponível em <http://www.daml.org/ontologies/273>. Acesso em 16/Abril/2009.
- [58] K. Möller, "SWAN Soccer Ontology", *DERI Galway web site*, last revision in 2004. Disponível em <http://sw.deri.org/~knud/swan/ontologies/soccer>. Acesso em 16/Abril/2009
- [59] C. Stanton, M. Williams, "Grounding Robot Sensory and Symbolic Information Using the Semantic Web", *RoboCup 2003: 757-764*, 2003.

- [60] M. Chen, E. Foroughi, F. Heintz, Z. Huang, S. Kapetanakis, K. Kostiadis, J. Kummeneje, I. Noda, O. Obst, P. Riley, T. Steffens, Y. Wang, X. Yin, “RoboCup Soccer Server”, *Users Manual*, 2002.
- [61] L. P. Reis, N. Lau, “COACH UNILANG - A Standard Language for Coaching a (Robo)Soccer Team”, *RoboCup-2001: Robot Soccer World Cup V, Springer Verlag Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 2377, pp.183-192, ISBN 3-540-43912-9, Berlin*, 2002.
- [62] L. P. Reis, “Coordenação em Sistemas Multi-Agente: Aplicações na Gestão Universitária e Futebol Robótico”, *Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2003.
- [63] Wikimedia Commons, *Imagem*. Disponível em http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Football_pitch_metric.png. Acesso em 20/Maio/2009.