

Anarosa Alves Franco Brandão

**Um método para estruturação e análise de modelos
de sistemas multiagentes baseado
em ontologias**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientadores: Prof. Carlos José Pereira de Lucena
Viviane Torres da Silva

Rio de Janeiro
Dezembro de 2005



Anarosa Alves Franco Brandão

**Um método para estruturação e análise de modelos
de sistemas multiagentes baseado
em ontologias**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção
do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação
em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo assinada.

Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Orientador

Departamento de Informática - PUC-Rio

Viviane Torres da Silva

Co-orientadora

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof^a. Selma Shin Shimizu Melnikoff

Escola Politécnica – USP

Prof^a. Ana Cristina Vieira de Melo

Instituto de Matemática e Estatística - USP

Prof. Marco Antonio Casanova

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof^a. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 22 de dezembro de 2005

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Anarosa Alves Franco Brandão

Bacharel em Matemática pela USP (Universidade de São Paulo) em março de 1991. Mestre em Ciências: Matemática pela USP em agosto de 1994.

Ficha Catalográfica

Brandão, Anarosa Alves Franco

Um método para estruturação e análise de modelos de sistemas multiagentes baseado em ontologias / Anarosa Alves Franco Brandão ; orientador: Carlos José Pereira de Lucena. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Informática, 2005.

245 f. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Sistemas multiagentes. 3. Design. 4. Análise. 5. Ontologias. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Em memória do meu pai
prof. Cícero de Oliveira Franco

Para meu marido
Leônidas de Oliveira Brandão

Agradecimentos

Ao prof. Lucena, por muitos motivos, em especial pela serenidade com que orientou meu trabalho e na confiança que depositou em mim desde o início.

A Viviane, pela co-orientação, amizade e entusiasmo pela pesquisa.

Ao meu marido pelo apoio incondicional em todos os momentos.

A todos os amigos do Teccomm/LES, minha família nos últimos quatro anos e que conquistou cadeira cativa no meu coração.

Ao prof. Julio Stern, pelo desprendimento ao indicar outras possibilidades de pesquisa.

Ao Dr. Danilo Masiero, que me colocou em pé e estimulou a caminhada rumo ao Rio de Janeiro.

A MH, minha professora de inglês, pelas muitas revisões de artigos.

A minha mãe e minhas irmãs, pelo apoio emocional.

A Capes, ao CNPq e ao Departamento de Informática da PUC-Rio, pelo suporte financeiro.

Resumo

Brandão, Anarosa Alves Franco; Lucena, Carlos José Pereira de; Silva, Viviane Torres da. **Um método para estruturação e análise de modelos de sistemas multiagentes baseado em ontologias**. Rio de Janeiro, 2005 247p Tese de Doutorado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Soluções que utilizam a abordagem multiagentes para sistemas distribuídos e heterogêneos de grande porte têm como característica a coexistência de agentes e objetos. Assim, para acomodar e combinar objetos e agentes pode-se utilizar extensões de linguagens de modelagem orientadas a objetos a fim de representar as novas abstrações associadas aos agentes, tais como papéis, organizações e ambiente. Porém, se já é difícil analisar e estabelecer a boa formação de diagramas descritos em uma linguagem de modelagem orientada a objetos, mais difícil se torna esta tarefa quando a linguagem considerada é uma extensão da primeira, a partir da adição de abstrações que descrevem as características de agência. Esta tese apresenta um método para estruturação e análise de modelos de sistemas multiagentes (SMAs) baseado em ontologias. O método propõe a análise de modelos de projeto de SMAs usando uma abordagem bifásica, onde cada fase analisa diferentes propriedades de projeto de SMA. Os diagramas são analisados isoladamente, em suas propriedades internas, e, posteriormente, aos pares, quando são analisadas as propriedades de interdependência entre os diagramas. Além disso o método também provê meios para indicar ao projetista sugestões de boas práticas de projeto, que podem melhorar sua qualidade final.

Palavras-chave

Sistemas multiagentes, design, análise, ontologias.

Abstract

Brandão, Anarosa Alves Franco; Lucena, Carlos José Pereira de; Silva, Viviane Torres da. **An ontology-based method for structuring and analysing the design of multiagent systems.** Rio de Janeiro, 2005 247p. Doctoral Thesis – Computer Science Department, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

Agents are becoming a popular technology for the development of distributed, heterogeneous and always available systems. The application of agent technologies requires extensions to the existing object-oriented modeling languages to accommodate agent-related abstractions such as roles, organizations and environments. If it is difficult to analyze and establish the well-formedness of a set of diagrams of a UML-like object-oriented modeling language, it gets far more complex when the language is extended to add a set of agency related abstractions. This thesis presents an ontology-based method for structuring and analyzing multiagent systems (MAS) design models. The method proposes the analyses of MAS designs based on a two-phase approach that covers different sets of MAS design properties. These properties are the ones related to each individual diagram and the ones associated with pairs of diagrams. The later take into consideration the interdependencies between diagrams. The method also provides features that allow the suggestion of some design guidelines which may improve the design quality.

Keywords

Multi-agent systems, design, analysis, ontologies.

Sumário

<u>1 Introdução</u>	<u>22</u>
1.1. Descrição do problema	23
1.2. Solução proposta	25
1.3. Principais Contribuições	28
1.4. Organização da tese	29
<u>2 Fundamentos teóricos e tecnologias utilizadas</u>	<u>30</u>
2.1. Preâmbulo	30
2.2. Ontologias	30
2.3. Lógicas de descrição e sistemas baseados em lógica de descrição	32
2.3.1. Formalismo básico	34
2.3.2. Sistemas de representação de conhecimento	36
2.3.2.1. O sistema RACER	36
2.3.2.2. O sistema PowerLoom™	39
2.3.2.3. O sistema FaCT	40
2.4. Sistemas Multiagentes – SMAs	40
2.5. Linguagens de modelagens orientadas a agentes	41
2.5.1. MAS-ML	42
2.5.2. AUML	42
2.5.3. AORML	43
<u>3 Trabalhos relacionados</u>	<u>45</u>
3.1. Preâmbulo	45
3.2. Análise de modelos baseada em Ontologias	45
3.2.1. Evermann & Wand, 2005.	45
3.2.2. Dong et al, 2004.	46
3.2.3. Kalfoglou & Robertson, 1999.	47
3.3. Verificação de modelos	48
3.3.1. Ekenberg & Johannesson, 2004.	48

3.3.2. Straeten, Simmonds e Mens, 2003.	49
3.3.3. Berardi, 2001 e 2002.	50
3.3.4. Kim & Carrington, 2000.	50
3.4. Discussão	51

4 Uma descrição do domínio de SMAs usando ontologias e um exemplo de aplicação

4.1. Preâmbulo	53
4.2. O arcabouço conceitual TAO	54
4.2.1. Entidades descritas no TAO	55
4.2.2. Relacionamentos descritos no TAO	58
4.3. Ontologias para o domínio de SMAs	59
4.3.1. Conceitos das ontologias	60
4.3.2. Propriedades das ontologias	64
4.3.3. Restringindo conceitos: propriedades de SMAs e axiomas da ontologia	66
4.4. Aplicação das ontologias: um método para estruturação e análise de modelos de SMAs	70
4.4.1. Visão geral do método	70
4.4.2. Fase F1: Estruturação e análise das propriedades de SMAs e propriedades intra-diagramas	72
4.4.3. Fase F2: Estruturação e análise das propriedades de interdependência entre diagramas	76
4.5. Discussão	77

5 Aplicação do método Observed-MAS para a linguagem MAS-ML

5.1. Aplicação do Observed-MAS para MAS-ML: visão geral	79
5.2. O Metamodelo de MAS-ML	81
5.3. Fase F1: Estruturação e análise das propriedades de SMAs e dos diagramas MAS-ML	84
5.3.1. A ontologia Ont1: descrição das entidades de SMAs	85
5.3.1.1. Conceitos relacionados aos diagramas estáticos definidos pelo metamodelo de MAS-ML	86
5.3.1.2. Conceitos relacionados aos diagramas dinâmicos previstos no metamodelo de MAS-ML	87
5.3.2. Consultas sobre as propriedades intra-diagramas MAS-ML (QV1)	94

5.3.2.1. Consultas sobre propriedades internas de diagramas de classe	95
5.3.2.2. Consultas sobre propriedades internas de diagramas de organização	96
5.3.2.3. Consultas sobre propriedades internas de diagramas de papéis	97
5.3.2.4. Consultas sobre propriedades internas de diagramas de sequência	99
5.3.3. Consultas referentes às sugestões de boas práticas de modelagem usando MAS-ML (QD1)	101
5.4. FASE F2: Estruturação e análise das propriedades de interdependência entre diagramas MAS-ML	103
5.4.1. A ontologia Ont2	103
5.4.2. Consultas sobre propriedades inter-diagramas MAS-ML (QV2)	107
5.4.2.1. Interdependências entre diagramas estáticos	107
5.4.2.2. Interdependência entre diagramas dinâmicos e estáticos	110
5.4.3. Consultas sobre sugestões de boas práticas de modelagem usando MAS-ML (QD2)	111
5.5. Especificação de uma ferramenta para automatização do Observed-MAS aplicado a MAS-ML	113
5.6. Discussão	115
<u>6 Estudos de caso usando MAS-ML</u>	<u>118</u>
6.1. Descrição geral dos estudos realizados	118
6.2. Estudo de caso 1: Mercados virtuais	119
6.2.1. Resultados obtidos na fase F1	120
6.2.2. Resultados obtidos na fase F2	123
6.3. Estudo de caso 2: Gerenciamento de congressos de pesquisa	127
6.3.1. Resultados obtidos na fase F1	128
6.3.2. Resultados obtidos na fase F2	135
6.4. Lições aprendidas	139
<u>7 Aplicação do método Observed-MAS para AUML</u>	<u>141</u>
7.1. Preâmbulo	141
7.2. AUML	142
7.2.1. Diagramas de classe AUML	142
7.2.2. Diagramas de sequência AUML	144
7.3. Fase F1: estruturação e análise das propriedades intra-diagramas AUML	145
7.3.1. A ontologia Ont1	146

7.3.2. Consultas sobre propriedades intra-diagramas AUMML (QV1)	147
7.3.3. Consultas sobre sugestões de boas práticas de modelagem (QD1)	148
7.4. Fase F2: estruturação e análise das propriedades de interdependência entre diagramas AUMML	149
7.4.1. A ontologia Ont2	149
7.4.2. Consultas sobre propriedades inter-diagramas AUMML (QV2)	151
7.4.3. Consulta sobre sugestões de boas práticas de modelagem (QD2)	153
7.5. Estudo de caso: Mercados virtuais	153
7.6. Discussão	155
<u>8 Conclusões e trabalhos futuros</u>	<u>157</u>
8.1. Contribuições da tese	159
8.2. Trabalhos Futuros	160
<u>9 Referências</u>	<u>162</u>
<u>Apêndice A A Ontologia Ont1 para MAS-ML</u>	<u>167</u>
<u>Apêndice B QV1 para o método aplicado a MAS-ML</u>	<u>172</u>
Consultas referentes ao domínio de SMAs	172
Consultas referentes as propriedades intra-diagramas MAS-ML	178
<u>Apêndice C A ontologia Ont2 para MAS-ML</u>	<u>184</u>
<u>Apêndice D QV2 para o método aplicado a MAS-ML</u>	<u>196</u>
<u>Apêndice E QD1 e QD2 para o método aplicado a MAS-ML</u>	<u>197</u>
<u>Apêndice F Resultados do estudo de caso sobre mercados virtuais usando o</u>	

<u>método aplicado a MAS-ML</u>	199
Código da base de conhecimento usada na fase F1	199
Respostas às consultas QV1	205
Código da base de conhecimento usada na fase F2	210
Respostas às consultas QV2	212
<u>Apêndice G Resultados do estudo de caso Expert Committee usando o método aplicado a MAS-ML</u>	213
Código da base de conhecimento usada na fase F1	213
Respostas às consultas QV1	223
Código da base de conhecimento usado na fase F2	224
Resposta às consultas QV2	234
<u>Apêndice H Dados sobre a aplicação do método para AUML</u>	235
A ontologia Ont1 para AUML	235
Consultas QV1 para a o método aplicado a AUML	237
Consultas QD1 para o método aplicado a AUML	239
Base de conhecimento usada na fase F1	240
Respostas às consultas QV1	242
A ontologia Ont2 para AUML	242

Lista de figuras

Figura 1. Sintaxe de descrição de conceitos para a família AL de lógicas de descrição.	33
Figura 2 Descrição de uma terminologia (TBox) em DL.	35
Figura 3 Instanciação de TBox – descrição de mundo (ABox) em DL.	36
Figura 4. Exemplo de consulta sobre conceitos.	37
Figura 5. Exemplo de consulta sobre propriedades I.	37
Figura 6. Exemplo de consulta sobre propriedades II.	37
Figura 7. Exemplo de consulta complexa usando AND - I.	37
Figura 8. Exemplo de consulta complexa usando AND - II.	38
Figura 9. Exemplo de consulta complexa usando OR - I.	38
Figura 10. Exemplo de consulta complexa usando OR - II.	38
Figura 11. Exemplo de consulta complexa usando NOT - I.	38
Figura 12. Exemplo de consulta complexa usando NOT - II.	39
Figura 13. Exemplo de consulta complexa usando NOT - III.	39
Figura 14. Abstrações e relacionamentos definidos no TAO.	55
Figura 15 Refinamento do conceito class.	61
Figura 16 Refinamento do conceito class-instance.	62
Figura 17 Refinamento do conceito relationship.	62
Figura 18 Refinamento do conceito features.	63
Figura 19 Propriedade is-instanceOf.	64
Figura 20 Axiomas equivalentes à definição de is-instanceOf.	64
Figura 21. Estrutura dos relacionamentos definidos na ontologia.	65
Figura 22. Propriedades has-end* e is-end*.	65
Figura 23. Propriedades adicionais para definição de restrições a conceitos.	66
Figura 24. Hierarquia e disjunção entre conceitos.	66
Figura 25. Axioma que restringe o conceito agent-class I.	67
Figura 26. Axioma que restringe o conceito agent-class II.	67
Figura 27. Axioma que restringe o conceito agent-class III.	67
Figura 28. Descrição geral de propriedade interna da entidade x-class.	68
Figura 29. Axioma que restringe o conceito agent-class IV.	68
Figura 30. Axioma que restringe o conceito agent-class V.	68
Figura 31. Descrição geral dos relacionamentos dos quais x-class faz parte.	68
Figura 32. Formalização do relacionamento inhabit	69

Figura 33. Formalização do relacionamento play.	69
Figura 34. Descrição geral dos relacionamentos.	70
Figura 35. Visão geral do método Observed-MAS.	71
Figura 36. Consulta sobre violação à Propriedade SMA 1.	73
Figura 37. Fórmula geral: consulta sobre estrutura interna da entidade.	73
Figura 38. Consulta sobre violação a propriedade Propriedade SMA 4.	73
Figura 39. Fórmula geral: consulta a relacionamentos entre x-class e y-class.	74
Figura 40. Consulta sobre violação à Propriedade SMA 6.	74
Figura 41. Fórmula geral: consulta sobre violação à estrutura de relacionamentos I.	74
Figura 42. Consulta sobre violação à Propriedade SMA 7.	75
Figura 43. Fórmula geral: consulta sobre violação à estrutura de relacionamentos II.	75
Figura 44 Observed-MAS resumido	79
Figura 45. Metamodelo MAS-ML: extensão do metamodelo de UML. (fonte (Silva, 2004))	82
Figura 46. Relacionamentos MAS-ML: extensão do metamodelo de UML. (fonte(Silva, 2004))	83
Figura 47. Conceitos comuns ao domínio de SMAs e ao metamodelo MAS-ML	85
Figura 48. Conceitos integrados à primeira ontologia do TAO.	86
Figura 49. Refinamento do conceito <code>static-model</code> .	87
Figura 50. Estrutura de um <code>pathname</code>	87
Figura 51. Estrutura usada na definição do conceito <code>path</code> em Ont1.	88
Figura 52. Conceitos relacionados ao <i>pathname</i> das entidades descritas pelo metamodelo MAS-ML	89
Figura 53. Identificador de objetos.	89
Figura 54. Identificador de objetos definido na ontologia Ont1.	89
Figura 55. Identificador de agentes.	90
Figura 56. Identificador de agentes definido na ontologia Ont1.	90
Figura 57. Identificadores de organizações.	90
Figura 58. Identificadores de organizações definidos na ontologia Ont1.	91
Figura 59. Identificador de papel de agente	91
Figura 60. Identificador de papéis de agentes definido na ontologia Ont1.	91
Figura 61. Identificadores de papel de objeto.	92
Figura 62. Identificador de papéis de objetos definido na ontologia Ont1.	92
Figura 63. Identificadores de ambientes.	92

Figura 64. Identificadores de ambientes definido na ontologia Ont1.	93
Figura 65. Conceitos relacionados às mensagens descritas no metamodelo de MAS-ML.	94
Figura 66. Consulta sobre entidades não permitidas em diagramas de classe	95
Figura 67. Consulta sobre relacionamento não permitido em diagramas de classe	96
Figura 68. Consulta sobre restrição a relacionamento permitido em diagramas de classe	96
Figura 69. Consulta sobre relacionamento não permitido em diagramas de organização	97
Figura 70. Consulta sobre restrição a relacionamentos entre agentes em diagramas de organizações.	97
Figura 71. Consulta sobre entidades não permitidas em diagramas de papéis.	98
Figura 72. Consulta sobre relacionamento não permitido em diagramas de papéis.	98
Figura 73. Consulta sobre restrição a relacionamento permitido em diagramas de papéis.	98
Figura 74. Consulta sobre restrição sobre remetentes de mensagens enviadas para agentes em diagramas de sequência.	99
Figura 75. Consulta sobre restrição a remetente de mensagem em diagramas de sequência.	100
Figura 76. Consulta sobre entidades com protocolos distintos em diagrama de sequência.	100
Figura 77. Consulta que indica pares de papéis de agente que possuem protocolos comuns.	102
Figura 78. Consulta que indica agentes e papéis de agente que possuem mesmas metas.	103
Figura 79. Axiomas referentes a diagramas de classe.	104
Figura 80. Axiomas referentes a diagramas de organizações.	105
Figura 81. Axiomas referentes a diagramas de papéis.	106
Figura 82. Axiomas referentes a diagramas de sequência.	106
Figura 83 Axiomas sobre restrições de remetentes e destinatários de <code>agent-msg</code> .	106
Figura 84. Consulta sobre interdependência entre diagramas de classe e de organizações.	107
Figura 85. Composição de consultas para contornar limitações computacionais.	

	108
Figura 86. Consulta sobre interdependência entre diagramas de papéis e de organizações.	108
Figura 87. Composição de consultas (II) para contornar limitações computacionais.	109
Figura 88. Consulta sobre interdependência entre diagramas de classe e de papéis.	109
Figura 89. Composição de consultas (III) para contornar limitações computacionais.	109
Figura 90. Consulta sobre interdependência entre diagramas dinâmicos e estáticos (<i>class/less</i>).	110
Figura 91. Caso particular de <i>class/less</i> durante a criação de agentes.	111
Figura 92. Consulta que retorna como resposta sugestão de modelagem (I).	112
Figura 93. Combinação de consultas que retornam como resposta sugestão de modelagem.	112
Figura 94. Consulta que retorna sugestão de modelagem (II).	113
Figura 95. Descrição da arquitetura da MAS-DCheck.	114
Figura 96. Diagrama de organização mal estruturado	121
Figura 97. Código da base de conhecimento com introdução de erro.	122
Figura 98. Consulta sobre existência de relacionamento <i>specialization</i> em diagramas de organizações.	122
Figura 99. Código da base de conhecimento indicando papéis de agente que possuem protocolo comum.	122
Figura 100. Consulta e resposta sobre papéis de agente com protocolos comuns.	123
Figura 101. Diagrama de papel contendo classe que não está em nenhum diagrama de organizações.	124
Figura 102. Consulta e resposta sobre violação a propriedades inter-diagramas de organizações e papéis.	124
Figura 103. Diagrama de seqüência que modela um protocolo de negociação.	125
Figura 104. Consulta sobre violação a propriedade inter-diagramas de papéis e de seqüência.	125
Figura 105. Respostas cuja combinação indica a inexistência de violação à propriedade inter-diagramas de papéis e de seqüência.	126
Figura 106. Resposta indicando violação a propriedade inter-diagramas de	

papéis e de sequência.	126
Figura 107. Consulta e resposta sobre sugestão de boas práticas de modelagem usando MAS-ML.	127
Figura 108. Diagrama de classe do <i>Expert Committee</i> .	128
Figura 109. Código da base de conhecimento referente à violação de propriedade no diagrama de classe.	129
Figura 110. Relacionamento não permitido num diagrama de classe.	129
Figura 111. Diagrama de organização representando a Instituição Organizadora.	130
Figura 112. Código da base de conhecimento com descrição do diagrama de organização.	131
Figura 113. Resultado de consulta sobre relacionamento <code>inhabit</code> no diagrama de organização.	131
Figura 114. Consultas e respostas a violações referentes à propriedades internas dos agentes e dos papéis de agentes.	132
Figura 115. Parte da especificação da classe de agente <code>researcher-agent</code> , e dos papéis de agente <code>chair</code> e <code>author</code> .	133
Figura 116. Consulta e respostas sobre classes de papel de agentes com protocolos comuns.	134
Figura 117. Diagrama de papel do <i>Expert Committee</i> .	134
Figura 118. Diagramas de sequência modelando protocolos.	135
Figura 119. Violação a propriedade intra-diagrama de sequência que modela protocolos.	135
Figura 120. Fragmento da base de conhecimento sobre violações inter-diagramas.	137
Figura 121. Exemplo de consulta que estoura a pilha para bases de grande porte.	137
Figura 122. Combinações de consultas e respectivas respostas.	137
Figura 123. Consultas combinadas e respostas sobre violações à propriedades inter-diagramas.	138
Figura 124. Consultas e respostas sobre violações a propriedades inter-diagramas.	139
Figura 125. Consultas e respostas sobre sugestões de boas práticas de modelagem.	139
Figura 126. Diagrama de classe com representando organizações, papéis e agentes usando swim lanes.	143

Figura 127. Exemplo de diagrama de classe descrevendo relacionamento entre organização e papéis.	143
Figura 128. Diferentes formas de descrição de uma classe/instância de agente usando diagrama de classe.	144
Figura 129. Protocolo de interação descrito usando diagrama de seqüência, pacote e molde.	145
Figura 130. Conceitos relacionados ao domínio de SMA, alguns não especificados em AUML.	146
Figura 131. Conceitos relacionados à linguagem AUML.	147
Figura 132. Consulta sobre violações a propriedades intra-diagrama de classe AUML (I).	147
Figura 133. Consulta sobre violações a propriedade intra-diagrama de classe AUML (II).	148
Figura 134. Consulta sobre violações a propriedade intra-diagrama de classe AUML (III).	148
Figura 135. Consulta sobre sugestões de boas práticas de modelagem.	149
Figura 136. Axiomas sobre propriedades internas dos agentes.	150
Figura 137. Axiomas sobre estrutura dos relacionamentos em AUML.	151
Figura 138. Axiomas sobre propriedades internas de protocolos.	151
Figura 139. Consulta sobre propriedade de interdependência entre diagramas AUML (I).	152
Figura 140. Consulta sobre propriedades de interdependência entre diagramas AUML (II)	152
Figura 141. Consulta sobre boas práticas de modelagem usando AUML.	153
Figura 142. Introdução de erros na base de conhecimento (I).	154
Figura 143. Respostas a consultas sobre propriedades intra-diagramas de classe AUML.	154
Figura 144. Introdução de erros na base de conhecimento (II).	155
Figura 145. Respostas a consultas sobre propriedades inter-diagramas AUML.	155

Lista de siglas

AAMAS	Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems
Abox	Descrição do mundo definido pela Tbox
ALCHIQR+(D)-	Lógica de descrição com grande poder expressivo
AOR	Agent-Object-Relationship
AORML	Agent Oriented Rule Markup Language
AOSE	Workshop on Agent-Oriented Software Engineering
AUML	Agent UML
DAML+OIL	Darpa Agent Markup Language plus Ontology Inference Layer
DL	Description Logic (Lógica de descrição)
DLs	Description Logics (Lógicas de descrição)
ER	Entidade e Relacionamento
ESSMA	Engenharia de Software de Sistemas Multiagentes
F1	Fase 1 do método Observed-MAS
F2	Fase 2 do método Observed-MAS
FIPA	The Foundation for Intelligent Physical Agents
FOL	First Order Logic
ICSE	International Conference on Software Engineering
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
MAS-ML	Multi-Agent Systems Modeling Language
MOF	Meta Object Facility
nRQL	new Racer Query Language
OMG	Object Management Group
Ont1	Ontologia 1 do método Observed-MAS
Ont2	Ontologia 2 do método Observed-MAS
QD1	Queries about Design Guidelines 1 do método Observed-MAS
QD2	Queries about Design Guidelines 2 do método Observed-MAS
QV1	Queries about Violations 1 do método Observed-MAS
QV2	Queries about Violations 2 do método Observed-MAS
RDF	Resource Description Framework
SBES	Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software
SEAS	Software Engineering for Agent-oriented Systems
SELMAS	Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems

TAO	Taming Agents and Objects conceptual framework
TBox	Terminological Box, equivale a uma ontologia
UML	The Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator