PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

Anarosa Alves Franco Brandão

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

Profª. Selma Shin Shimizu Melnikoff
Escola Politécnica – USP

Profª. Ana Cristina Vieira de Melo
Instituto de Matemática e Estatística - USP

Prof. Marco Antonio Casanova
Departamento de Informática - PUC-Rio

Profª. Simone Diniz Junqueira Barbosa
Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do CentroTécnico 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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

Em memória do meu pai
prof. Cícero de Oliveira Franco

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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-seutilizar 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.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

1 Introdução **22**

1.1. Descrição do problema **23**
1.2. Solução proposta **25**
1.3. Principais Contribuições **28**
1.4. Organização da tese **29**

2 Fundamentos teóricos e tecnologias utilizadas **30**

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

3 Trabalhos relacionados **45**

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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 53

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 79

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

6 Estudos de caso usando MAS-ML 118

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

7 Aplicação do método Observed-MAS para AUML 141

7.1. Preâmbulo 141
7.2. AUML 142
7.2.1. Diagramas de classe AUML 142
7.2.2. Diagramas de seqüência AUML 144
7.3. Fase F1: estruturação e análise das propriedades intra-diagramas AUML 145
7.3.1. A ontologia Ont1 146

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

7.3.2. Consultas sobre propriedades intra-diagramas AUML (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 AUML 149
7.4.1. A ontologia Ont2 149
7.4.2. Consultas sobre propriedades inter-diagramas AUML (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

8 Conclusões e trabalhos futuros 157

8.1. Contribuições da tese 159
8.2. Trabalhos Futuros 160

9 Referências 162

Apêndice A A Ontologia Ont1 para MAS-ML 167

Apêndice B QV1 para o método aplicado a MAS-ML 172

Consultas referentes ao domínio de SMAs 172
Consultas referentes as propriedades intra-diagramas MAS-ML 178

Apêndice C A ontologia Ont2 para MAS-ML 184

Apêndice D QV2 para o método aplicado a MAS-ML 196

Apêndice E QD1 e QD2 para o método aplicado a MAS-ML 197

Apêndice F Resultados do estudo de caso sobre mercados virtuais usando o

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

método aplicado a MAS-ML 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

Apêndice G Resultados do estudo de caso Expert Committee usando o método aplicado a MAS-ML 213

Código da base de conhecimento usada na fase F1 213
Respostas às consultas QV1 223
Código da base de conehecimento usado na fase F2 224
Resposta às consultas QV2 234

Apêndice H Dados sobre a aplicação do método para AUML 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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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 `static-model`. 87
Figura 50. Estrutura de um pathname 87
Figura 51. Estrutura usada na definição do conceito path em Ont1. 88
Figura 52. Conceitos relacionados ao *pathname* 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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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 `agent-msg`. 106
Figura 84. Consulta sobre interdependência entre diagramas de classe e de organizações. 107
Figura 85. Composição de consultas para contornar limitações computacionais.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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 (*classless*). 110
Figura 91. Caso particular de *classless* 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 `specialization` 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 sequência. 125
Figura 105. Respostas cuja combinação indica a inexistência de violação à propriedade inter-diagramas de papéis e de sequência. 126
Figura 106. Resposta indicando violação a propriedade inter-diagramas de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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 *Expert Committee*. 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 `inhabit` 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 `researcher-agent`, e dos papéis de agente `chair` e `author`. 133
Figura 116. Consulta e respostas sobre classes de papel de agentes com protocolos comuns. 134
Figura 117. Diagrama de papel do *Expert Committee*. 134
Figura 118. Diagramas de seqüência modelando protocolos. 135
Figura 119. Violação a propriedade intra-diagrama de seqüência 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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA

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

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0210672/CA