



**Andrew Diniz da Costa**

**Sistema Híbrido de Diagnóstico e  
Recomendação para Sistemas  
Multi-Agentes**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador: Carlos José Pereira de Silva  
Co-Orientadora: Viviane Torres da Silva

Rio de Janeiro  
Setembro de 2008



**Andrew Diniz da Costa**

**Sistema Híbrido de Diagnóstico e  
Recomendação para Sistemas  
Multi-Agentes**

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

**Prof. Carlos José Pereira de Silva**

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. Ricardo Choren Noya**

Seção de Engenharia de Computação – IME

**Prof. Firmo Freire**

Departamento de Informática – PUC-Rio

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 03 de setembro de 2008

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

### **Andrew Diniz da Costa**

Graduou-se em Bacharelado em Informática na PUC-Rio em 2006. Desde 2003 trabalha no Laboratório de Engenharia de Software (LES) desenvolvendo sistemas multi-agentes.

### Ficha Catalográfica

Costa, Andrew Diniz da

Um sistema híbrido de diagnóstico e recomendação para sistemas multi-agentes / Andrew Diniz da Costa ; orientador: Carlos José Pereira de Lucena; co-orientador: Viviane Torres da Silva. - 2008.

104 f. ; il ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Inclui bibliografia.

1. Informática – Teses. 2. Sistemas multi-agentes. 3. Diagnóstico. 4. Recomendação. 5. Reputação. 6. Computação ubíqua. I. Lucena, Carlos José Pereira de. II. Silva, Viviane Torres da. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

## Agradecimentos

Ao meu pai e à minha mãe que ofereceram todo carinho, confiança, investimento, paciência e amor durante toda minha vida. Só tenho a agradecer e tentar retribuir parte de tudo aquilo que recebi.

À minha irmã e ao meu sobrinho Lucas que sem dúvida alguma são pessoas muito especiais na minha vida.

A toda minha família do Pará e do Amapá que mesmo afastados sempre torceram por mim.

Ao professor Lucena e à Viviane pela orientação, ensinamentos, apoio e confiança depositados durante todos esses anos. Boa parte do meu crescimento educacional e profissional foi devido aos ensinamentos e conselhos oferecidos por vocês.

Aos meus amigos do n-eto: Bruno, Vitor, Ana, Roberto, Saymon, Gisele, Adem, Helena, Natália e Liane.

À minha namorada Paola e sua família, pelos momentos de descontração e amizade oferecidos durante esses dois anos de mestrado.

Aos amigos do mestrado: Bruno, Élder, Eduardo, Fábio Azevedo, Diogo, Márcio, Rodnei, Sérgio, Túlio, Baldoino, Camila, Ingrid e Manoel.

Aos amigos da disciplina de Sistemas Multi-agentes e do laboratório de engenharia de Software.

Ao José Guedes e a Fernanda Duran pela paciência em tirar minhas dúvidas sobre suas dissertações de mestrado. Foram muito úteis.

Muito obrigado a todos!

## Resumo

Costa, Andrew Diniz da; Lucena, Carlos José Pereira de; Silva, Viviane Torres da. **Um Sistema Híbrido de Diagnóstico e Recomendação para Sistemas Multi-Agentes**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008. 104p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Sistemas multi-agentes são sociedades com agentes autônomos e heterogêneos que podem trabalhar em conjunto para alcançar objetivos similares ou totalmente diferentes. Quando falhas acontecem enquanto algum agente de software tenta alcançar seus objetivos, torna-se importante entender porque tais falhas acontecem e o que pode ser feito para remediar tais problemas. Considerando o ambiente distribuído, dinâmico e a natureza dos sistemas multi-agentes, é importante definir os requisitos necessários para realizar diagnósticos das falhas e recomendações de planos alternativos para agentes que desejam alcançar seus objetivos. Assim, esta dissertação propõe soluções para os principais desafios de criar um sistema que realize diagnósticos e proveja recomendações sobre execuções de agentes. Além disso, o trabalho propõe um framework híbrido de diagnóstico e recomendação que provê suporte para tais desafios. A partir do framework, instâncias de diferentes domínios podem ser criadas, como, por exemplo, aplicações baseadas em computação ubíqua e diferentes diagnósticos e recomendações podem ser providas.

## Palavras-chave

Sistemas Multi-agentes; diagnóstico; recomendação; framework; computação ubíqua.

## Abstract

Costa, Andrew Diniz da; Lucena, Carlos José Pereira de; Silva, Viviane Torres da. **A Hybrid Diagnostic-Recommendation Approach for Multi-Agent Systems**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2008. 104p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Multi-agent systems are societies with autonomous and heterogeneous agents that can work together to achieve similar or different goals. Agents executing in such systems may not be able to achieve their goals due to failures during system execution. When an agent tries to achieve its desired goals, but faces failures during execution, it becomes important to understand why such failures occurred and what can be done to remedy the problem. The distributed, dynamic and nature of multi-agent systems calls for a new form of failure handling approach to address its unique requirements, which involves both diagnosing specific failures and recommending alternative plans for successful agent execution and goal attainment. We discuss solutions to the main challenges of creating a system that can perform diagnoses and provide recommendations about agent executions to support goal attainment, and propose a hybrid diagnostic-recommendation framework that provides support for methods to address such challenges. From the framework, instances of different domains can be created, such as, applications based on ubiquitous computing and different diagnoses and recommendations can be provided.

## Keywords

Multi-Agent Systems; diagnosis; recommendation; framework; ubiquitous computing.

# Sumário

1	Introdução	13
1.1.	Definições do Problema	14
1.2.	Proposta	15
1.3.	Principais Contribuições	16
1.4.	Organização do Documento	16
2	Conceitos Importantes	18
2.1.	JADEX	18
2.2.	JADE LEAP	20
2.3.	Agent Society Framework	22
2.4.	Reputação	24
2.4.1.	Governance Framework	24
2.4.2.	Modelo Fire	26
2.5.	Computação Ubíqua	27
2.6.	Diagnosticando e Provendo Recomendações	28
3	Trabalhos Relacionados	31
3.1.	Aplicação de Sistemas Multi-Agente no Controle e no Diagnóstico de Falhas	31
3.2.	Diagnóstico como uma parte Importante da Adaptação de Sistemas Multi-Agentes	32
3.3.	Uma Análise de Diagnósticos em Sistemas Multi-Agentes	35
3.4.	Arquitetura Multi-Agent para Descobrir Conhecimento	36
4	Framework DRP-MAS	38
4.1.	Visão Geral	38
4.2.	Arquitetura	41
4.2.1.	Módulo Mediação	42
4.2.2.	Conjunto de Dados para Diagnósticos e Recomendações	44
4.2.3.	Módulo Diagnóstico	46
4.2.4.	Módulo de Inteligência Artificial	48
4.2.5.	Módulo de Recomendação	51
4.2.6.	Módulo de Reputação	55

4.3. Fornecendo Suporte para Computação Ubíqua	60
4.4. Pontos Flexíveis do Framework	63
4.5. Diagrama de Caso de Uso	65
4.5.1. Fornecer Reputação	66
4.5.2. Solicitar Agente Diagnóstico	67
4.5.3. Realizar Diagnóstico	68
4.5.4. Selecionar Planos para Recomendação	68
4.5.5. Selecionar Agentes Candidatos	69
4.5.6. Recomendar Agentes	70
4.5.7. Atualizar Reputação Global	71
4.5.8. Fornecer Reputação Global	72
4.6. Diagramas de Seqüência	73
4.6.1. Solicitar Agente Diagnóstico	73
4.6.2. Realizar Diagnóstico	74
4.6.3. Selecionar Planos para Recomendação	74
4.6.4. Selecionar Agentes Candidatos	76
4.6.5. Recomendar Agentes	76
4.7. Outra Abordagem para o DRPMAS	77
4.8. Desafios Tratados no DRP-MAS	82
5 Cenários de Uso	85
5.1. A Casa Inteligente	85
5.1.1. Lavar Louça	85
5.1.2. Fazer Café	88
5.2. Computação Ubíqua com MPS	90
5.2.1. Tradução	90
5.2.2. Music Marke Place	94
6 Conclusão e Trabalhos Futuros	97
6.1. Principais Vantagens da Abordagem Proposta	98
6.2. Principais Desvantagens da Abordagem Proposta	99
6.3. Trabalhos Futuros	99
7 Referências	101

## Lista de figuras

Figura 1. Arquitetura abstrata do JADEX.	19
Figura 2. Agente JADEX	20
Figura 3. Modos de execução do JADE-LEAP.	21
Figura 4. Modelo ASF	23
Figura 5. Governance Framework	25
Figura 6. Sistema descentralizado para diagnósticos e monitoramento	32
Figura 7 Exemplo TAEMS do agente máquina de lavar louça.	34
Figura 8 Exemplo de um modelo causal do estudo de caso Casa Inteligente.	35
Figura 9. Modelo Conceitual para requisitar agente Diagnóstico.	39
Figura 10. Modelo conceitual para solicitar recomendações	39
Figura 11. Arquitetura DRP-MAS.	41
Figura 12. Mediadores criando diferentes tipos de agentes.	43
Figura 13. Diagrama de classe do módulo mediação.	44
Figura 14. Diagrama de classes do processo de diagnóstico.	47
Figura 15. Arquitetura do módulo de Inteligência Artificial.	48
Figura 16. Diagrama de Classes do módulo de Inteligência Artificial.	49
Figura 17. Relação de diagnósticos	50
Figura 18. Relação entre diagnósticos definida na base de regras da tradução.	51
Figura 19. Processo de execução do agente Recomendação.	52
Figura 20. Diagrama de classes do processo de recomendação.	55
Figura 21. Modelos de reputação, centralizado e descentralizado.	56
Figura 22. Diagrama de classe do modelo centralizado.	57
Figura 23. Diagrama de classe do modelo descentralizado.	60
Figura 24. Conjunto de dados providos pelo agente Solicitante no domínio de computação ubíqua.	62
Figura 25. Dados de computação ubíqua usados no processo de recomendação.	62
Figura 26. Diagrama de caso de uso do DRP-MAS	65
Figura 27. Diagrama de seqüência – Solicitar Agente Diagnóstico.	73
Figura 28. Diagrama de seqüência – Realizar Diagnóstico.	74
Figura 29. Diagrama de seqüência – Selecionar planos para Recomendação.	75

Figura 30. Diagrama de seqüência – Selecionar Agentes Candidatos.	76
Figura 31. Diagrama de seqüência – Recomendar Agentes.	77
Figura 32. Diagrama de classes DRPMAS com ASF e REPORT.	79
Figura 33. Relação do agente Reputação com agentes do framework REPORT.	81
Figura 34. Relação entre os diagnósticos e seus respectivos planos.	93
Figura 35. Agente Tradutor atualizando base de conhecimento.	94
Figura 36. Diagnóstico do cenário Music Market Place.	96

## Lista de tabelas

Tabela 1. Definir plano de criação de agente no XML do agente Mediador.	44
Tabela 2. Conjunto de dados que define a qualidade de serviço	46
Tabela 3. Definir plano no XML do agente <i>Diagnóstico</i> .	47
Tabela 4. Base de regras para tradução de inglês para português.	51
Tabela 5. Definição de planos em um XML de um agente de Recomendação.	55
Tabela 6. Parte do XML do agente de Reputação.	59
Tabela 7. Base de regras do domínio lavar louça.	87
Tabela 8. Base de regras do domínio fazer café.	89
Tabela 9. Base de regras do cenário de tradução.	92
Tabela 10. Base de regras do cenário Music Market Place.	95