

---

# Recentes Avanços em Sistemas “Fuzzy”

---

***Editores:***

Benjamín Bedregal  
João Marcos  
Laécio C. de Barros

José A. F. Roveda  
Regivan H. N. Santiago  
Wladimir Seixas

ISBN: 978-85-8215-026-9

E-ISBN: 978-85-8215-027-6

Natal-RN, Novembro de 2012

---

*SBMAC*

Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

## Prefácio

Este livro contém alguns dos recentes avanços na área de Sistemas Difusos. “Sistemas ‘Fuzzy’ ” é uma terminologia cunhada nesta obra com o objetivo de designar Sistemas Computacionais ou Sistemas Teóricos baseados na Teoria dos Conjuntos Difusos de Zadeh.

Desde o seu surgimento nos anos 60 o crescimento desta área tem sido considerável. Ela alargou sua influência desde a área de Sistemas de Controle até campos que inicialmente não se imaginava; como é o caso de áreas da matemática, sistemas de apoio a decisão, inteligência artificial e outros.

Essa obra visa apresentar parte desta influência. Ela é um texto bilingue, algumas contribuições encontram-se em português e outras em língua inglesa. Todas essas contribuições passaram pela análise de um comitê que atestou a relevância das mesmas. Além disso, elas foram apresentadas e debatidas durante o Segundo Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy (II CBSF) realizado em Novembro, na cidade do Natal (Rio Grande do Norte - Brasil).

Novembro 2012

Regivan Hugo N. Santiago  
Coordenador do II CBSF



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

# Organização

As contribuições aqui constantes foram apresentadas e debatidas no II CBSF. Ele foi organizado pelo Grupo de Pesquisa: Lógica, Linguagem, Informação, Teoria e Aplicações (LoLITA) e foi realizado graças às seguintes instituições e pessoas:

## Instituições Apoiadoras

North American Fuzzy Information Processing Society  
European Society for Fuzzy Logic and Technology  
International Fuzzy Systems Association  
Sociedade Brasileira de Automática  
Sociedade Brasileira de Computação  
Sociedade Brasileira de Inteligência Computacional  
Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional

## Comitê Executivo

Regivan H. N. Santiago (UFRN)	Coordenador
Benjamín Bedregal (UFRN)	Vice-coordenador
Fernando A. C. Gomide (UNICAMP)	
Laecio C. de Barros (UNICAMP)	

## Comitê de Avaliação

Coordenadores:	Wladimir Seixas (UFSCar)
	José Arnaldo Roveda (Unesp)

## Avaliadores

Adilson Brandão — UFSCar	Fernando Gomide — Unicamp
Adrião D. D. Neto — UFRN	Francisco De A. Carvalho — UFPE
Ahmed Esmin — UFLA	Francisco J. Fernandes — UPNA
André P. Lemos — UFMG	Graçaliz Dimuro — FURG
Anne M. Canuto — UFRN	Guilherme Barreto — UFC
Aurora Pozo — UFPR	Heloisa Camargo — UFSCar
Benjamín Bedregal — UFRN	Heriberto R.-Flores — U. de Tarapacá
David C. Martins Jr — UFABC	



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

Humberto Bustince — UPNA  
Joao Marcos — UFRN  
João F. L. Alcântara — UFC  
José A. R. — Unesp  
Júlio Pereira — USP  
Laecio Barros — Unicamp  
Magda S. Peixoto — UFSCar  
Marcelo E. Coniglio — Unicamp  
Marcos E. Valle — UEL  
Maria J. Castanho — UNICENTRO  
Marilton Aguiar — UFPel  
Marina Mizukoshi — UFG  
Mario Benevides — UFRJ  
Márjory Abreu — UFRN  
Marley Vellasco — PUC-Rio  
Michal Baczynski — Univ. of Silesia  
Myriam Delgado — CEFET-PR  
Neli R. Ortega — USP  
Paulo E. Almeida — CEFET-MG

Pedro Tonelli — USP  
Peter Sussner — Unicamp  
Regivan Santiago — UFRN  
Renata Reiser — UFPel  
Ricardo Tanscheit — PUC-Rio  
Ricardo Coelho Silva — UNIFESP  
Rodney C. Bassanezi — UFABC  
Ronei Moraes — UFPB  
Rosana Jafelice — UFU  
Roseli Romero — USP  
Sandra Sandri — INPE  
Sandra Masalskiene — Unesp  
Simone André Costa — UFPel  
Tsang Ing Ren — UFPE  
Vilem Novak — University of Ostrava  
Viviane D. Mattos — UFRRJ  
Weldon Lodwick — Univ. of Colorado  
Wladimir Seixas — UFSCar  
Yurilev C.-Cano — U. de Tarapacá

### **Avaliadores Ad-hoc**

Alexandre S. Simões — UNESP  
Andre G. Pereira — UFRN  
Antônio C. Martins — UNESP  
Carlos S. dos Santos — UFABC  
Flaulles Bergamaschi — UESB  
Henrique Lazari — UNESP  
Jean Piton — UFSCar  
Juan G. Lazo — PUC-Rio  
Luciana Foss — UFPel  
Marcus E. Cintra — USP

Martin Figallo — U. Nacional del Sur  
Maurício Figueredo — UFSCar  
Renata Z. de Oliveira — UNESP  
Ricardo M. Araújo — UFPel  
Rogério Vargas — UESC  
Ronildo Moura — UFRN  
Silvia M. Nassar — UFSC  
Tiago B. de Carvalho — UFPE  
Viviane L. de Mattos — FURG



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

## **Instituições Financiadoras**

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES  
Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte — FAPERN  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte — UFRN  
Cooperativa Cultural Universitária  
Governo do Estado do Rio Grande do Norte

## **Organização Local**

Adrião Duarte Dória Neto (UFRN)  
Benjamín Bedregal (UFRN)  
João Marcos (UFRN)  
Regivan H. N. Santiago - (UFRN)



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.



---

# Recent Advances on Fuzzy Systems

---

***Editors:***

Benjamín Bedregal  
João Marcos  
Laécio C. de Barros

José A. F. Roveda  
Regivan H. N. Santiago  
Wladimir Seixas

ISBN: 978-85-8215-026-9  
E-ISBN: 978-85-8215-027-6

Natal-RN, November 2012

---

*SBMAC*

Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

## Foreword

This book contains some recent trends in the Fuzzy Systems field. Fuzzy Systems is terminology coined in this book to designate both Computational and Theoretic Systems inspired on Zadeh's Fuzzy Set Theory.

Since its creation in the 60's the field of fuzzy systems enjoyed a considerably growth. It expanded its influence from the field of Control Systems to unimaginable other fields, like: mathematics, artificial intelligence, etc.

This book aims to present such influence. It is a bilingual text. Some contributions are in Portuguese and some in English. All of them were submitted to an evaluation committee. After such evaluation, they were presented and discussed during the Second Congress of Fuzzy Systems (II CBSF), which was held in Natal-RN-Brazil in 06th-09th November 2012.

November 2012

Regivan Hugo N. Santiago  
Chair of II CBSF



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.



# Organization

The contributions were submitted to the II CBSF, which was organized by the Group for Logic, Language, Information, Theory and Applications (LoLITA) and was realized thanks to the following people and institutions:

## Support

North American Fuzzy Information Processing Society  
European Society for Fuzzy Logic and Technology  
International Fuzzy Systems Association  
Sociedade Brasileira de Automática  
Sociedade Brasileira de Computação  
Sociedade Brasileira de Inteligência Computacional  
Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional

## Steering Committee

Regivan H. N. Santiago (UFRN)	Coordenador
Benjamín Bedregal (UFRN)	Vice-coordenador
Fernando A. C. Gomide (UNICAMP)	
Laecio C. de Barros (UNICAMP)	

## Program Committee

Chairs:	Wladimir Seixas (UFSCar)
	José Arnaldo Roveda (Unesp)

## Referees

Adilson Brandão — UFSCar	Fernando Gomide — Unicamp
Adrião D. D. Neto — UFRN	Francisco De A. Carvalho — UFPE
Ahmed Esmín — UFLA	Francisco J. Fernandes — UPNA
André P. Lemos — UFMG	Graçaliz Dimuro — FURG
Anne M. Canuto — UFRN	Guilherme Barreto — UFC
Aurora Pozo — UFPR	Heloisa Camargo — UFSCar
Benjamín Bedregal — UFRN	Heriberto R.-Flores — U. de Tarapacá
David C. Martins Jr — UFABC	



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

Humberto Bustince — UPNA  
Joao Marcos — UFRN  
João F. L. Alcântara — UFC  
José A. R. — Unesp  
Júlio Pereira — USP  
Laecio Barros — Unicamp  
Magda S. Peixoto — UFSCar  
Marcelo E. Coniglio — Unicamp  
Marcos E. Valle — UEL  
Maria J. Castanho — UNICENTRO  
Marilton Aguiar — UFPel  
Marina Mizukoshi — UFG  
Mario Benevides — UFRJ  
Márjory Abreu — UFRN  
Marley Vellasco — PUC-Rio  
Michal Baczynski — Univ. of Silesia  
Myriam Delgado — CEFET-PR  
Neli R. Ortega — USP  
Paulo E. Almeida — CEFET-MG

Pedro Tonelli — USP  
Peter Sussner — Unicamp  
Regivan Santiago — UFRN  
Renata Reiser — UFPel  
Ricardo Tanscheit — PUC-Rio  
Ricardo Coelho Silva — UNIFESP  
Rodney C. Bassanezi — UFABC  
Ronei Moraes — UFPB  
Rosana Jafelice — UFU  
Roseli Romero — USP  
Sandra Sandri — INPE  
Sandra Masalskiene — Unesp  
Simone André Costa — UFPel  
Tsang Ing Ren — UFPE  
Vilem Novak — University of Ostrava  
Viviane D. Mattos — UFRRJ  
Weldon Lodwick — Univ. of Colorado  
Wladimir Seixas — UFSCar  
Yurilev C.-Cano — U. de Tarapacá

### Ad-hoc Referees

Alexandre S. Simões — UNESP  
Andre G. Pereira — UFRN  
Antônio C. Martins — UNESP  
Carlos S. dos Santos — UFABC  
Flaulles Bergamaschi — UESB  
Henrique Lazari — UNESP  
Jean Piton — UFSCar  
Juan G. Lazo — PUC-Rio  
Luciana Foss — UFPel  
Marcus E. Cintra — USP

Martin Figallo — U. Nacional del Sur  
Maurício Figueredo — UFSCar  
Renata Z. de Oliveira — UNESP  
Ricardo M. Araújo — UFPel  
Rogério Vargas — UESC  
Ronildo Moura — UFRN  
Sílvia M. Nassar — UFSC  
Tiago B. de Carvalho — UFPE  
Viviane L. de Mattos — FURG



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

## **Financial Support**

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES  
Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte — FAPERN  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte — UFRN  
Cooperativa Cultural Universitária  
Governo do Estado do Rio Grande do Norte

## **Local Organization**

Adrião Duarte Dória Neto (UFRN)  
Benjamín Bedregal (UFRN)  
João Marcos (UFRN)  
Regivan H. N. Santiago - (UFRN)



Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional.

## Sumário/Contents

1. Uso da morfologia matemática fuzzy na contagem esporos de fungos micorrízicos . . . . .	1
2. Controle adaptativo fuzzy aplicado em um sistema não linear . . . . .	20
3. RankMailFuzzy - Um sistema fuzzy para ranqueamento de e-mails . . . . .	35
4. Uma ordem total para números fuzzy intervalares triangulares simétricos . . . . .	47
5. Melhor aproximação poligonal de números fuzzy . . . . .	65
6. Equação relacional fuzzy e inferência bayesiana . . . . .	80
7. Capacidade de aproximação de redes neurais nebulosas baseadas em uninormas . . . . .	92
8. Método de ordenação de números fuzzy intervalares: uma proposta . . . . .	102
9. Previsibilidade em sistemas caóticos utilizando o sistema Neuro-Difuso ANFIS . . . . .	113
10. Sobre a correlação de números fuzzy: uma aplicação a população HIV com tratamento inibidores de protease . . . . .	127
11. Actions of automorphisms on some classes of fuzzy bi-implications . . . . .	140
12. Dinâmica populacional de <i>Drosophila mediopunctata</i> . . . . .	147
13. Conjuntos invariantes e atratores para sistemas dinâmicos fuzzy contínuos . . . . .	157
14. Alguns exemplos de periodicidade em fluxos fuzzy contínuos . . . . .	173
15. A note on solving fuzzy differential equations . . . . .	189
16. FUZZYDT - A fuzzy decision tree algorithm based on C4.5 . . . . .	199
17. Classificador de padrões imunoinspirado baseado no modelo do reconhecimento nebuloso de antígenos . . . . .	212
18. Plataforma computacional estruturada com sistemas baseados em regra fuzzy para análise da racionalidade e eficiência da utilização de energia elétrica em empresas de avicultura de postura . . . . .	226
19. Characterizations of fuzzy implications satisfying the Boolean-like law $y \leq I(x, y)$ . . . .	237
20. $(\alpha, \beta)$ -níveis, métrica de Moore e sequências de números fuzzy intuicionistas . . . . .	250
21. Um estudo de autômatos celulares com sistemas difusos para modelos compartimentais do tipo SIR . . . . .	263
22. A new method for interval-valued intuitionistic group decision making . . . . .	282
23. Should the indeterminacy be correlated with truth and falsity? . . . . .	295

**Para acessar os artigos,** clique no número da página inicial do mesmo.

---

**To download the paper** click on its initial number page.

24. Fuzzy topological systems .....	301
25. Teorema de existência e unicidade para sistemas P-fuzzy contínuos .....	309
26. Fuzzy modal logics of confluence .....	328
27. Lógica fuzzy aplicada ao problema de previsão do tempo de execução de queries .....	338
28. Introdução as memórias associativas Fuzzy - $\Theta$ .....	352
29. Um modelo de agente BDI-Fuzzy para trocas de serviços não-econômicos com base na Teoria das Trocas Sociais de Piaget .....	367
30. Radicals of the fuzzy Lie algebras .....	381
31. Cálculo de parâmetros de chute para simulações de futebol de robôs 2D utilizando controle fuzzy .....	386
32. Sistema baseado em regras fuzzy para classificação de mão de obra em relação ao grau de aptidão na utilização de colheitadeiras de cana no setor sucroalcooleiro .....	394
33. Aplicação da lógica fuzzy para avaliação da eficiência e racionalidade de usinas sucroalcooleiras .....	405
34. Análise das superfícies geradas pelo sistema baseado em regras fuzzy de avaliação do risco de segurança do trânsito em rodovias em relação às condições e fluxo da rodovia, do ambiente e da velocidade do automóvel .....	424
35. Uma avaliação dos recursos exigidos pelos diferentes sistemas de produção de bovinocultura de corte para a cidade de Araçatuba-SP, utilizando modelos matemáticos fuzzy .....	440
36. Aplicação de um modelo fuzzy comportamental para análise de sobre-reação e sub-reação no mercado acionário brasileiro .....	454
37. Fuzzy differential equations with arithmetic and derivative via Zadeh's extension .....	466
38. Otimização de sistema fuzzy utilizando o algoritmo dos mínimos quadrados recursivo com aplicação em veículo autônomo .....	478
39. Implementação computacional rigorosa do princípio de extensão de Zadeh .....	490
40. Prognóstico de falhas on-line baseado em um sistema fuzzy evolutivo .....	504
41. Uma proposta de hibridização entre sistema de inferência fuzzy e programação genética .....	522
42. Projeções de soluções fuzzy para equações diferenciais .....	537
43. Análise de indicadores econômicos em fazendas no Pantanal utilizando inferências fuzzy: ferramentas, construção e validação .....	551
44. Evolving participatory learning fuzzy modeling for yield curve forecasting with time-varying volatility .....	564

45. Classificação de gravidade do desvio fonológico por meio de modelo linguístico fuzzy..	579
46. Interpreting fuzzy connectives from quantum computing - case study in Reichenbach implication class.....	597
47. Um sistema de auxílio ao aprendizado de língua estrangeira utilizando abordagens de hipermídia adaptativa e lógica fuzzy.....	615
48. Redes neuro-fuzzy evolutivas embarcadas em sistemas microcontrolados.....	630
49. Estudo de relações de similaridade difusas e sistemas neuro-fuzzy aplicados ao raciocínio baseado em casos.....	645
50. Kinds of ideals of fuzzy lattice.....	657
51. Assessment of EFuNN accuracy for pattern recognition using data with different statistical distributions.....	672
52. Avaliação do método fuzzy para reconhecimento de padrão comportamental da ansiedade durante a TERV.....	686
53. Análise de robustez de modelos locais fuzzy Takagi-Sugeno para modelagem inversa de sistemas dinâmicos.....	692
54. Controlador fuzzy para o ajuste da quantidade de alumina no banho eletrolítico.....	707
55. Applying a method to extend lattice-valued fuzzy negations generated from T-conorms using retractions.....	719
56. Modelagem fuzzy para previsão da produtividade de goiabeira ‘Paluma’ em sistema agroindustrial em função da época de poda e do estado nutricional.....	734
57. Reconstrução de imagens de tomografia por impedância elétrica usando elementos finitos, fuzzy c-médias e programação evolucionária.....	745
58. Hierarquização dos programas de eficiência energética nas comunidades pacificadas da cidade do Rio de Janeiro.....	766
59. Hierarquização de riscos em empreendimentos de geração eólica: uma análise por meio de Fuzzy AHP.....	780
60. Análise numérica da predição de séries temporais utilizando lógica nebulosa.....	797
61. Sistema fuzzy e transformada wavelet aplicado ao processo de captura de imagens térmicas de para-raio.....	818
62. Fluxo de potência fuzzy multilinearizado: aplicação de programação linear ao planejamento e operação de sistemas de potência.....	829
63. Extensions of Chebyshev inequality for fuzzy integral and applications.....	844
64. Um modelo conceitual fuzzy para análise do risco da avaliação de cursos de graduação	852

65. Índice fuzzy de qualidade das águas brutas para fins de abastecimento público.....	863
66. Valor presente líquido modificado sob condições de incerteza: uma abordagem baseada em números fuzzy e aritmética intervalar .....	875
67. Hardware reconfigurável para controlador difuso .....	888
68. Multicriteria strategies for planning the capacity of interactive services for the ISDB-T standard return channel .....	903
69. Sistema fuzzy para diagnóstico de hérnias da região inguinal .....	919
70. Modelo nebuloso evolutivo com seleção adaptativa de entradas .....	932
71. Análise de usabilidade de software apoiada por técnicas nebulosas .....	949
72. Modelagem fuzzy com técnicas de agrupamento fuzzy e estruturas neuro-fuzzy .....	968
73. Comparação entre o índice de incêndio florestal utilizando lógica fuzzy e o índice determinístico de Monte Alegre .....	980
74. Abordagem dual com função de ordenação para resolver problemas de programação quadrática em ambiente nebuloso .....	986
75. Análise comparativa entre as implicações Lukasiewicz, Dienes-Rescher e Mandani aplicadas ao reconhecimento de voz .....	997
76. Modelagem epidemiológica fuzzy .....	1013
77. Avaliação diagnóstica fuzzy no Educ-MAS GA .....	1031
78. Sistema fuzzy para controle da produtividade leiteira no âmbito da agricultura familiar do sudoeste goiano .....	1048
79. Valores epistêmicos Bayesianos: foca na surpresa, mede probabilidade! .....	1062
80. Sparsely connected semilattice associative memories on certain L-fuzzy sets .....	1084
81. Utilização da lógica fuzzy no posicionamento dinâmico de um veículo robótico submarino	1099
82. Reconhecimento de padrões de criminalidade no município do Rio de Janeiro segundo a análise de componentes principais fuzzy .....	1110
83. Forward models applied in ballistic reaching for visual servoing .....	1119
84. Análise de sistemas lineares bidimensionais via extensão de Zadeh .....	1136
85. Proposta de solução para o problema de redes de transporte multimodal com custos fuzzy	1146
86. Memória associativa morfológica Brouweriana no reticulado HSV com ordem baseada num sistema fuzzy .....	1158

87. Towards a robustness study of intuitionistic fuzzy reasoning .....	1173
88. Interval-valued intuitionistic automorphisms: relationships and properties .....	1185
89. Lógica nebulosa aplicada a um sistema de detecção de intrusos para computação em nuvem	
1203	