

## Teoria do Controle

Teoria de controle tem tido um papel importante em quase todos os ramos da ciência e engenharia. Ela tem contribuído de maneira fundamental para o progresso tecnológico em muitas áreas nas últimas décadas. A teoria clássica (controle automático) tem sido amplamente aplicada na sociedade moderna e vai de uma simples aplicação tal como o controle de temperatura à sistemas altamente sofisticados tais como aeronaves e satélites. Há um consenso atualmente que avanços em áreas estratégicas, que têm alta relevância tanto de um ponto de vista teórico como tecnológico, tais como *complex networks* (que inclui, *high speed communications*, *power network* e *wireless communication*), *manufacturing systems*, *speech recognition*, *robotics*, *image analysis* and *safety-critical and high-integrity systems*, seria difícil sem as metodologias da teoria de controle, o que ilustra a importância e potencial da área. Além disso, teoria de controle tem tido um grande impacto em áreas tais como modelagem de sistemas biológicos e econômicos.

Com o objetivo de maximizar o proveito da *característica altamente interdisciplinar* da teoria de controle, que será certamente uma das mais importantes características da ciência nesse século, se faz necessário ampliar e consolidar grupos de pesquisa em teoria de controle no Brasil. Não há a menor dúvida de que grandes avanços foram feitos para tornar essas idéias em realidade com o programa IM-AGIMB. Esse programa tem contribuído decisivamente para esse objetivo através de suporte para: organização de conferências; programa de visitantes altamente qualificados; participação em conferências; programa de pós-doutorado; visitas recíprocas para pesquisa conjunta, *inter alia*. Talvez seja o caso de mencionar que essas ações têm contribuído decisivamente para criar uma atmosfera estimulante para pesquisa e como conseqüência para o treinamento eficiente de alunos de pós-graduação.

As atividades de teoria de controle do IM-AGIMB têm envolvido pesquisadores de instituições tais como LNCC, UNICAMP e USP, que concentram suas pesquisas, essencialmente, em *Teoria de Controle de Sistemas Sujeitos a Incertezas* (TCSSI) e *Teoria Geométrico do Controle* (TGC). Os pesquisadores principais, por instituição, são:

DSC/LNCC/MCT - Marcelo D. Fragoso and Carlos E. de Souza (grupo de TCSSI)  
LAC/USP - Oswaldo L. V. Costa (grupo de TCSSI)  
FEE/UNICAMP - José C. Geromel and João B. R. Do Val (grupo de TCSS)  
DM/IMECC/UNICAMP - Luiz A. B. San Martin e Marco A. Teixeira and P.R.C. Ruffino (grupo de TGC).

Um aspecto importante do IM-AGIMB é que, já de início, fortaleceu a interação entre os componentes do próprio grupo de controle assim como com outras instituições. Relacionamos abaixo algumas instituições com as quais o grupo de controle interagiu:

- a. América do Sul: Ibilce /UNESP - Rio Preto, UEM-Maringá, UFG-Goiânia, Chile (Antofagasta and Santiago), Chile (Universidade Técnica Frederico Santa Maria, Valparaiso), Colômbia (Bucaramanga) and Argentina (Mar del Plata)
- b. Outros Países: Caltech (USA), UA Barcelona (Espanha), Universidade da Borgonha (França), Rouen (França), Laboratoire d'Analyse e de Architecture de Systemes

(LAAS/CNRS), Toulouse, (França), Université de Bordeaux I, Bordeaux, (França), Imperial College (UK), Oxford (UK), Augsburg (Alemanha), Iowa (USA) e Technion-Haifa (Israel), University of Newcastle (Austrália), Department of Electrical Engineering-Systems, Tel-Aviv University (Israel), School of Electrical Engineering, Nanyang University (Cingapura).

Com relação a publicações, um conjunto importante de resultados foram publicados, ou aceito para publicação, em periódicos científicos internacionais de grande prestígio. Os membros desse grupo publicou cerca de 34 artigos em periódicos tais como, SIAM Journal on Control and Optimization, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Stochastic Analysis and Applications, International Journal of Control, International Journal of Robust and Nonlinear Control, Advances in Mathematics, Journal of Symbolic Computation, Dynamical Systems: An International Journal, Bull. of Sc. Mathematiques, inter alia. Nesse período, 2 livros foram escritos e estão prestes a serem publicados. Além disso, cerca de 24 artigos foram apresentados em conferências importantes tais como IEEE Conference on Decision and Control, IFAC Conferences and American Control Conferences.

#### **Produção Científica 2002-2004**

1. D. Leão Jr., M.D. Fragoso e P.R.C. Ruffino, Regular conditional probability, disintegration of probability and Radon spaces, *Proyecciones*, 24(1), 15-29, 2004.
2. M.D. Fragoso e O.L.V. Costa, Mean Square Stabilizability of Continuous-Time Linear Systems with Partial Information on the Markovian Jumping Parameters, *Stochastic Analysis and Applications*, 22, 99-111, 2004.
3. M.D. Fragoso, Discussion on: On the Continuous Time-Varying JLQ Problem, *European Journal of Control*, 10, 2004.
4. O.L.V. Costa e M.D. Fragoso, Comments on: Stochastic Stability of Jump Linear Systems, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 49, 1414-1416, 2004.
5. O.L.V. Costa e F. Dufour, On the Poisson Equation for Piecewise Deterministic Markov Processes, *SIAM J. on Control & Optimization*, 42, 985-1001, 2003.
6. J.B.R. do Val, C. Nespoli e Y.R.Z. Cáceres, Stochastic Stability for Markovian Jump Linear Systems Associated with a Finite Number of Jump Times, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 285, 553-565, 2003.
7. C.E. de Souza e M.D. Fragoso, H-infinity Filtering for Discrete-Time Linear Systems with Markovian Jumping Parameters, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 13, 1299-1316, 2003.
8. O.L.V. Costa e E.F. Tuesta, Finite Horizon Quadratic Optimal Control and a Separation Principle for Markovian Jump Linear Systems, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 48, 1836-1842, 2003.
9. C.E. de Souza, C.E., Trofino e J. Oliveira, A Parametric Lyapunov Function Approach to H2 Analysis and Control of Linear Parameter-Dependent Systems, *IEE Proceedings-Control Theory And Applications*, 150, 501-508, 2003.
10. J. Braga Barros e L.A.B., San Martin, Maximal chain transitive sets for local groups, *Boletim da Sociedade Paranaense de Matemática*, 21, 113-125, 2003.

11. A. Jacquemard e M.A. Teixeira, Computer analysis of periodic orbits of discontinuous fields, *Journal of Symbolic Computation*, 35, 617-636, 2003.
12. A. Jacquemard e M.A. Teixeira, On singularities of discontinuous vector fields, *Bull. of Sc. Mathematiques*, 127(7), 611-633, 2003.
13. M.A.N. Fernandes e L.A.B. San Martin, Geometric properties of invariant connections on  $Sl(n, \mathbb{R})/SO(n)$ , *Journal of Geometry and Physics*, 47(2-3), 369-377, 2003.
14. P.E. McSharry e P.R.C. Ruffino, Asymptotic angular stability in non-linear systems: rotation numbers and winding numbers, *Dynamical Systems: An International Journal*, 18(3), 191- 200, 2003.
15. L.A.B. San Martin e C.J.C. Negreiros, Invariant Almost Hermitian structures on flag manifolds, *Advances in Mathematics*, 178(2), 277-310, 2003.
16. J. Ribeiro Gonçalves e L.A.B. San Martin, The compression semigroup of a cone is connected, *Portugaliae Mathematica*, 60(3), 2003.
17. C.E. de Souza e M.D. Fragoso, Robust H-infinity filtering for Uncertain Markovian Jump Linear Systems, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 12, 435-446, 2002.
18. C.E. de Souza and M.D. Fragoso, H-infinity Filtering for Markovian Jump Linear Systems, *International Journal of Systems Sciences*, 33, 909-915, 2002.
19. D.P. de Farias, J.C. Geromel e J.B.R. do Val, A Note on the Robust Control of Markov Jump Linear Uncertain Systems, *Optimal Control Applications & Methods*, 23, 105-112, 2002.
20. E.F. Costa e J.B.R. do Val, On the Observability and Detectability of Continuous-Time Markov Jump Linear Systems, *SIAM J. on Control & Optimization*, 41, 1295-1314, 2002.
21. E.F. Costa e J.B.R. do Val, Weak Detectability and the Linear Quadratic Control Problem of Discrete-time Markov Jump Linear Systems, *International Journal of Control*, 75, 1282-1292, 2002.
22. F.A. Cuzzola, J.C. Geromel e M. Morari, An Improved Approach for Constrained Robust Model Predictive Control, *Automatica*, 38, 1183-1189, 2002.
23. J.B.R. do Val e E.F. Costa, Solutions for the Linear Quadratic Control Problem of Markov Jump Linear Systems, *Journal of Optimization Theory and Applications*, 114, 69-96, 2002.
24. J.B.R. do Val, J.C. Geromel e A.P.C. Gonçalves, The H2 Control for Jump Linear Systems: Cluster Observations of the Markov State, *Automatica*, 38, 343-349, 2002.
25. J.B.R. do Val e M.G. Andrade, On Mean Value Solutions for the Helmholtz Equation on Square Grids, *Applied Numerical Mathematics*, 4, 2002, 459-479.
26. J.C. Geromel, M.C. de Oliveira e J. Bernussou, Robust Filtering of Discrete-time Linear Systems with Parameter Dependent Lyapunov Functions, *SIAM Journal on Control and Optimization*, 4, 700-711, 2002.
27. M.C. de Oliveira, J.C. Geromel e J. Bernussou, Extended H2 and H-Infinity Norm Characterizations and Controller Parametrizations for Discrete-time Systems, *International Journal of Control*, 75, 666-679, 2002.

28. M.C. de Oliveira, J.C. Geromel e L. Hsu, A New Absolute Stability Test for Systems with State-Dependent Perturbations, *Internat. Journal of Robust and Nonlinear Control*, 12, 1209-1226, 2002.
29. M.D. Fragoso e J. Baczynski, Lyapunov Coupled Equations for Continuous-time Infinite Markov Jump Linear Systems, *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 274, 319-335, 2002.
30. M.D. Fragoso e J. Baczynski, Stochastic Versus Mean Square Stability in Continuous Time Linear Infinite Markov Jump Parameters Systems, *Stochastic Analysis and Applications*, 20, 346-356, 2002.
31. O.L.V. Costa e A.C. Paiva, Robust Portfolio Selection Using Linear Matrix Inequalities, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26, 889-909, 2002.
32. O.L.V. Costa e J.C.C. Aya, Monte Carlo TD ( $\lambda$ )-Methods for the Optimal Control of Discrete-Time Markovian Jump Linear Systems, *Automatica*, 38, 217-225, 2002.
33. O.L.V. Costa e R.B. Nabholz, A Linear Matrix Inequalities Approach to Robust Mean-Semivariance Portfolio Optimization, *Computational Methods in Decision-Making, Economics and Finance* (editores: E.J. Kontoghiorghes, B. Rustem e S. Siokos, Kluwer Applied Optimization Series, 74, 2002, 87-105.
34. O.L.V. Costa e S. Guerra, Robust Linear Filtering for Discrete-Time Hybrid Markov Linear Systems, *International Journal of Control*, 75, 712-727, 2002.
35. O.L.V. Costa e S. Guerra, Stationary Filter for Linear Minimum Mean Square Error Estimator of Discrete-Time Markovian Jump Systems, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 47, 1351-1356.

### ***Livros***

1. J.C. Geromel e A.G.B. Palhares, *Análise Linear de Sistemas Dinâmicos: Teoria, Ensaios Práticos e Exercícios*, ISBN 85-212-0335-7, 376p., Edited by Edgard Blücher Ltda (to be published in 2004).
2. O.L.V. Costa, M.D. Fragoso e R. Paulino, *Discrete-Time Markovian Jump Linear Systems*, Springer-Verlag, Londres, Inglaterra (to be published in 2004).

### ***Artigos Aceitos***

1. C. Buzzi e M.A. Teixeira, Time-reversible Hamiltonian vector fields with symplectic symmetries, *J. of Dyn. and Diff. Eq.*, 2004.
2. C. Buzzi, P.R. Silva e M.A. Teixeira, Singular perturbation problems for time-reversible systems, *Proceedings of AMS*, 2004.
3. E.F. Costa, J.B.R. do Val e M.D. Fragoso, On a Detectability Concept of Discrete-Time Infinite Markov Jump Linear Systems, *Stochastic Analysis and Applications*, 2004.
4. E.F. Costa, J.B.R. do Val e M.D. Fragoso, A New Approach to Weak Detectability and the LQ Problem of Discrete-Time Infinite Markov Jump Linear, *SIAM Journal on Control and Optimization*, 2004.

5. A.Jacquemard e M.A. Teixeira, Invariant varieties for discontinuous vector fields, Nonlinearity, 2004.
6. N. Cohen, C.J.C. Negreiros, M. Paredes, S. Pinzón e L.A.B. San Martin, f-Structures on the Classical Flag Manifold which Admit (1,2)-Symplectic Metrics, Tohoku Math. J., 2004.
7. O. G. do Rocio e L.A.B. San Martin, Connected components of open semigroups in semi-simple Lie groups, Semigroup Forum, 2004.
8. R. Garcia e M.A. Teixeira, Vector fields in manifolds with boundary and reversibility-na expository account, Qualitative Theory of Dynamical Systems, 2004.
9. S Mancini, M Manoel e M.A. Teixeira, Divergent diagrams of folds and simultaneous conjugacy of involutions, Discrete and Continuous Dynamical Systems (DCDS), 2004.
10. V. Ayala, W. Kliemann e L.A.B. San Martin, Control sets and total positivity. Semigroup Forum, 2004.
11. F. Colonius, L.A.B. San Martin e M. Spadini, Fundamental Semigroups for Local Control Sets, Annali di Matematica Pura ed Applicata, 2003.
12. E.A. Coayla-Teran. e P.R.C. Ruffino, Stochastic versions of Hartman-Grobman theorems, Stochastics and Dynamics.

Um outro objetivo relevante do IM-AGIMB é a formação de novos pesquisadores, que inclui um treinamento eficiente de estudantes de doutorado. Com esse objetivo em mente, os seguintes resultados foram obtidos:

## **Teses Concluídas**

### ***Doutorado***

1. Ronan Antonio dos Reis. Supervisor: L.A.B. San Martin. Imecc-Unicamp, Jan 2004.
2. Adélia Conceição Diniz. Supervisor: L.A.B. San Martin. Imecc-Unicamp, Abril 2004.
3. Esteban Fernandez Tuesta. Supervisor: O.L.V. Costa. EPUSP, 2003.
4. Eulina Coutinho Silva do Nascimento. Supervisor: M.D. Fragoso. LNCC, 2003.
5. Eyup Kizil. Supervisor: L.A.B. San Martin. Imecc-Unicamp, Abril 2003.
6. Karina Acosta Barbosa. Supervisor: C.E. de Souza. UFSC, 2003.
7. Nei Carlos dos Santos Rocha. Supervisor: M.D. Fragoso. UFRJ, 2003.
8. Rita de Cássia de Jesus Silva. Orientador: L.A.B. San Martin. Imecc-Unicamp, Abril 2003.
9. Sofia Pinzón. Supervisor: C.J.C. Negreiros. Imecc-Unicamp, Abril 2003.
10. Eduardo Fontoura Costa. Supervisor: J.B.R. do Val. FEE/UNICAMP, 2002.

### **Mestrado**

1. Germano Abud de Resende. Supervisor: M.A. Teixeira. IMECC, UNICAMP, Mar. 2004.
2. Michael Viriato Araújo. Supervisor: O.L.V. Costa., EPUSP, 2004.
3. Guilherme Gonzalez Cronemberger Parente. Supervisor: O.L.V. Costa., EPUSP, 2003.
4. Marcos Vergés. Supervisor: M.A. Teixeira. IMECC-Unicamp: Set. 2003.
5. Margareth Aparecida De Souza Bueno. Supervisor: O.L.V. Costa., EPUSP, 2003.
6. Rodrigo De Barros Nabholz. Supervisor: O.L.V. Costa., EPUSP, 2003.

### **Atividades de Pós-Doutorado**

1. Edson Alberto Coayla Terán. Supervisor: M.D. Fragoso, FAPERJ.
2. Leonardo Navarro. Supervisor: M.A. Teixeira, Fapesp.
3. Maria Alice Bertolim. Supervisor: K. Rezende, Fapesp.
4. Regilene Delazari Oliveira: Supervisor: Marco A Teixeira, CNPq.

Como parte da importante ideia de integração entre grupos de pesquisa, o grupo de controle recebeu apoio decisivo do IM-AGIMB para organização de uma Conferência Internacional em teoria geométrica do controle (CIMPA School and Workshop on Geometric Non-Linear Control—14-23 July 2003 - <http://www.ime.unicamp.br/~cntrl03/>) que congregou um grande número de lideranças científicas nesse tópico de pesquisa. Além disso, o IM-AGIMB apoiou algumas atividades de controle no 24º Colóquio Brasileiro de Matemática. Um corolário importante dessas atividades foi o grande impacto em jovens estudantes interessados nessa área.

Detalhes mais específicos sobre os eventos organizados são as seguintes:

### **CIMPA School and Workshop on Geometric Non-Linear Control**

- Houve a participação de um total de 149 pesquisadores e estudantes de pós-graduação e graduação, provenientes das mais diversas instituições do Brasil e do exterior (UNICAMP, USP, UNESP, ITA, INPE, UEM, UFMG, UFRJ, LNCC, UFSC, FURG, UNB, UFPr, UIS, FAC, SENAC, U.N. Córdoba, U. Buenos Aires e U.N. de la Plata da Argentina; U. de la República (Uruguay); PUC-Perú; Universidad Del Valle e U.I. Santander da Colômbia, Rhodes University -África do Sul, entre outros). Foram realizadas 61 exposições orais, entre mini-cursos, palestras plenárias e comunicações de resultados de pesquisa.
- Minicursos ministrados: (1) Introduction to geometric control, (2) Control design: Motion planning and stabilization (R. Murray e P. Rouchon); (3) Control systems and semigroups (L.A.B. San Martin), (4) Introduction to optimal control (H.J. Sussmann), (5) Geometry of distributions (B. Jakubczyk).

- Plenárias: (1) Sub-Riemannian Geodesics (O. R. Abib), (2) Dynamics and Control (F. Colonius), (3) Stability of planing motion (R. Murray), (4) Planning motion, output tracking and flatness (P. Rouchon), (5) Stochastic differential geometry (P. Ruffino), (6) Optimal control and variational methods (H.J. Sussmann), The sub-Riemannian geometry of micro-swimming (J. Koiller).

### **Escola de Verão do LNCC (26 Janeiro– 19 Fevereiro)**

- Durante a escola houve uma semana dedicada às atividades de controle, que incluiu os seguintes minicursos: (1) Controle ótimo: algumas aplicações a medicina (Takashi Yoneyama – ITA), (2) Análise e modelagem de séries temporais em finanças (Cristiano Fernandes – PUC/RJ), (3) Introdução aos modelos de população em ecologia (Michel Iskin – LNCC).

Além do IM-AGIMB ter dado uma **contribuição decisiva** para o sucesso do grupo de controle, através do apoio dado às suas atividades, ele também introduziu um novo elemento fundamental (uma peça chave) que é a possibilidade de **planejamento das atividades** que necessitam um grande período de antecedência. Grandes eventos necessitam às vezes de um planejamento de 2 anos, e torna-se impossível e indesejável a organização de tais eventos sem a garantia de que os recursos financeiro vão estar garantido. As características do IM-AGIMB permitem que as ações de suporte para tais eventos sejam garantidas de maneira flexível e ágil, fatores fundamentais para o sucesso de realização de eventos.

Finalmente, na esperança de que esse programa de **grande sucesso** que é o IM-AGIMB continue nos próximos 3 anos, o grupo de controle planeja como suas principais prioridades para o futuro as seguintes ações: (1) Consolidar o prestígio internacional na comunidade internacional, via contribuições científicas altamente relevantes; participação em conferências e formação de doutores, (2) Organização de conferências, workshops, etc., (3) Implementar um programa de visitantes em áreas estratégicas e (4) Promover uma interação entre grupos de pesquisas nacionais (especialmente aqueles com uma motivação em aplicações.