

## **Modelos Matemáticos de Sistemas Biológicos e de Lingüística**

### **PARTE I – Sistemas Biológicos**

1. Resumo conceitual dos avanços alcançados na área nos últimos 30 meses.
2. Lista dos trabalhos publicados ou aceitos para publicação nos últimos 30 meses
3. Lista de doutores formados na área nos últimos 30 meses
4. De que forma o Instituto do Milênio contribuiu para os resultados alcançados no avanço de pesquisas matemáticas e formação de pesquisadores?
5. Descreva o impacto que o apoio do Milênio teve em atividades científicas tais como conferências organizadas e visitas de pesquisadores nacionais e internacionais.
6. Planos para o futuro.

### **PARTE II - Modelagem Estocástica em Lingüística**

1. Introdução
2. Resumo conceitual dos avanços alcançados na área nos últimos 30 meses
3. Produção científica
4. Formação de recursos humanos
5. Contribuição do IM-AGIMB
6. Planos para o futuro

## **PARTE I**

### **Resumo conceitual dos avanços alcançados nos últimos 30 meses**

Iniciamos por observar que uma interação efetiva entre pesquisadores em matemática e suas contrapartes nas ciências biofísicas em geral, e biológicas em particular, ainda está em uma fase inicial no nosso país. Soma-se a isso a dificuldade de encontrar e formar pesquisadores com conhecimentos sólidos tanto nas ciências biológicas como nas ciências matemáticas. Neste âmbito IM-AGIMB contribuiu de forma significativa para o avanço do esforço interdisciplinar através de workshops de biomatemática, seminários e cursos. O efeito maior desta contribuição será notado somente nos próximos anos, quando os alunos e jovens pesquisadores que participaram dos diversos eventos iniciarem a desenvolver pesquisa na área.

Do ponto de vista conceitual observamos os seguintes avanços:

- Desenvolvimento de algoritmos eficientes baseados em métodos de tomografia tridimensional para o problema de microscopia de transmissão com direta aplicação no imageamento de macro-moléculas. Este trabalho foi desenvolvido por J. P. Zubelli em colaboração com o grupo de G.T.Hermann (CUNY).
- Difusão de novas técnicas de epidemiologia e dinâmica viral, especialmente as equações de quase-espécies e sistemas dinâmicos evolucionários (Hofbauer, May, Nowak, Sigmund). Uma das consequências deste trabalho é o desenvolvimento da tese de doutorado de Dayse Haime Pastore.
- Técnicas de limites de escala de modelos cinéticos (equação de Boltzmann) começaram a ser usadas de forma eficaz para tratar certos modelos de quimiotaxia.

Tal trabalho vem sendo desenvolvido por Fabio Chalub em colaboração com Peter Markowich e Benoit Perthame.

- Avanços no estudo de mobilidade de organismos flagelados com o uso de técnicas de mecânica geométrica. Este trabalho vem sendo desenvolvido por Jair Koiller em colaboração com Kurt Ehlers, Greg Huber, e Gerusa A. Araujo.
- Uso de técnicas matemáticas para o monitoramento da função respiratoria, por Walter Zin e equipe.
- Fractalidade em biologia, por Luiz Bevilacqua.
- Estudo de simetrias do código genético e grupos finitos. Preservação de simetria na evolução do código genético, por Michael Forger, José Eduardo Hornos e equipes.

### **Produção Científica**

1. Antoneli, F.; Forger, M.; Hornos, J.E., The search for symmetries in the genetic code: finite groups, *Modern Physics Letters B*, March, 2004.
2. Araújo, G., Koiller, J., Self-Propulsion of N-Hinged 'Animats' at Low Reynolds Number, *Qualitative theory of dynamical systems*, 5, 15-43, 2004.
3. Chalub, F., Schmeiser, C., Perthame, B. e Markowich, P., Kinetic Models for Chemotaxis and Their Drift-Diffusion Limits. *Monatshefte Für Mathematik*, 142(1-2), 123-141, 2004.
4. Hornos, J.E.; F; Braggion, L.; Magini, M. e Forger, M., Symmetry preservation in the evolution of the genetic code, *Life*, 56(3), 125-130, March, 2004.
5. Lucangelo, U.; Antonaglia, V.; Zin, W.A.; Fontanesi, L.; Peratoner, A.; Bird, F.M. e Gullo, A. Effects of mechanical load on flow, volume and pressure delivered by high-frequency percussive ventilation, *Respir. Physiol. Neurobiol*, 2004.
6. Antoneli, F; Braggion, L.; Forger, M. e Hornos, J.E., Extending the search for symmetries in the genetic code, *Internat. J. Modern Phys. B*, 17(17), 3135-3204, 2003.
7. Frid, H.; Jabin, P.-E. e Perthame, B., Global stability of steady solutions for a model in virus dynamics. *M2AN-Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 37(4), 709-723, 2003.
8. Locchi, F.; Chelucci, G.L. e Zin, W.A., Determination of rate-constants as a method to describe passive expiration, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 90, 539-548, 2003.
9. Zubelli, J.P., Marabini, R. Sorzano, C.O.S. e Herman, G.T., Three-Dimensional Reconstruction by Chahine's Method from Electron Microscopic Projections Corrupted by Instrumental Aberrations, *Inverse Problems*, 19(4), 933-950, 2003.

### **Doutores formados na área nos últimos 30 meses com o apoio do IM-AGIMB**

1. Fabio A.C.C. Chalub - Orientador: Jorge Zubelli
2. Gerusa A. Araujo – Orientador: Jair Koiller
3. Fernando Martins Antoneli – Orientador: Michael Forger

## **Contribuições Diretas do IM-AGIMB desde 2002**

Durante os dois últimos programas de verão do IMPA promovemos atividades de ponta em *epidemiologia matemática* e em *bioinformática/genética molecular*, áreas que embora bem consolidadas no Brasil, estavam carecendo a nosso ver de contato com novas direções de pesquisa. Já no verão 2001 havíamos promovido um muito bem recebido ciclo de palestras gerais; no primeiro semestre deste ano oferecemos um mini-curso sobre Genética Molecular para Matemáticos, ministrado pelo Prof. Darcy de Almeida, seguido pela visita do medalista Nobel Werner Arber, no segundo semestre. Em 2002 e 2003, com significativo apoio do IM-AGIMB, foram ministradas no IMPA-verão disciplinas de mestrado, seguidas por workshops. Como dissemos, foram enfatizados dois novos enfoques em epidemiologia e dinâmica viral: por um lado, utilizando os sistemas dinâmicos evolucionários (equação do replicador e jogos); por outro lado, técnicas de EDPs (quimiotaxia), mecânica estatística e autômatos celulares. Houve intensa troca de idéias entre especialistas brasileiros e internacionais, como também a participação dos estudantes, demonstrando a flexibilidade e agilidade das ações do IM-AGIMB.

Na área de quimiotaxia devemos enfatizar a dissertação de mestrado de Ana Maria Luz intitulada "Modelos Difusivos e Cinéticos para Quimiotaxia" ([http://www.preprintimpa.br/Shadows/SERIE\\_B/2004/7.html](http://www.preprintimpa.br/Shadows/SERIE_B/2004/7.html)) sob a orientação do Prof. Jorge P. Zubelli. Esta dissertação permitiu uma rápida divulgação dos trabalhos de ponta que vem sendo desenvolvidos por F. A. C. Chalub em colaboração com Peter Markowich e Benoit Perthame. Outra área na qual o IM-AGIMB ajudou o desenvolvimento diz respeito a métodos matemáticos em microscopia eletrônica de macro-moléculas, área em que J.P.Zubelli, desenvolveu colaboração com o grupo liderado pelo Prof. Gabor Hermann da CUNY.

## **Impacto do Milênio em Atividades Científicas da Área**

Nesta parte descreveremos o impacto que o apoio do Milênio teve em atividades científicas tais como conferências organizadas e visitas de pesquisadores nacionais e internacionais. De maneira geral observamos que contamos com o apoio do IM-AGIMB para trazer os seguintes pesquisadores estrangeiros para eventos realizados no Brasil:

1. J. Hofbauer (Vienna)
2. Michael Turelli (UCD)
3. Karl Sigmund (Vienna)
4. Peter Markowich (Vienna)
5. Martin Nowak (Harvard)
6. Franziska Michor (Harvard)
7. Christoph Hauert (UBC)
8. Larry Liebovitch (F.A.U.)
9. Greg Huber (UMB)
10. Marcelo Magnasco (Rockefeller)

No âmbito de pesquisadores atuando em instituições nacionais destacamos os seguintes:

- UFF - Paulo Murilo Oliveira
- Fiocruz/RJ - Claudio Struchiner
- USP - Jose Fontanari, Michael Forger, Eduardo Massad, Coraci Malta, Joyce Bevilacqua.
- Unicamp - Hyun Yang
- UFPe - Rita Zorzenon
- UFGRS - Rita de Almeida

A visita dos pesquisadores acima se deu durante dois eventos, a saber a Escola e Workshop de Bio-Matemática, que , e o Workshop on Biomatemática e Dinâmica Evolucionária que teve lugar no IMPA durante o período de 7 a 20 de fevereiro de 2004, e que passamos a descrever abaixo:

### **Planos para o futuro:**

#### ***Novas áreas de trabalho em biomatemática***

No próximo biênio pretendemos enfatizar áreas, com excelentes oportunidades de pesquisa, porém ainda não estabelecidas no Brasil. Manteremos o formato de recebermos pesquisadores estrangeiros do mais alto nível, estimulando visitas recíprocas de pesquisadores nacionais permitindo a elaboração de projetos conjuntos de pesquisa, além da realização de workshops. Entre estas áreas destacamos a *biônica* ou *biomimética* e a modelagem intracelular, em particular os motores moleculares. Ver por exemplo:

- M. Dickinson, Bionics: Biological insight into mechanical design, (<http://www.pnas.org/cgi/content/full/96/25/14208>).
- G. Oster, Darwin's Motors, Nature 417:25 ,2002, ( <http://nature.berkeley.edu/~goster/pubs.html>).

Além das áreas acima destacamos o interesse em modelos cinéticos e dinâmicas populacionais relacionados a colaboração já iniciada com Fábio Chalub, Benoit Perthame e Peter Markowich.

### **Principais grupos que colaboraram em 2002-2003**

Mencionamos para brevidade os líderes de suas equipe. Para outros participantes, consultar as páginas web dos workshops realizados. Para publicações relevantes, consultar a plataforma Lattes.

UFF - Paulo Murilo Oliveira  
 Fiocruz/RJ - Claudio Struchiner  
 USP - Jose Fontanari, Michael Forger, Eduardo Massad, Coraci Malta, Joyce Bevilacqua.  
 Unicamp - Hyun Yang  
 UFPe - Rita Zorzenon  
 UFGRS - Rita de Almeida

**Novos cursos.** Além do curso de Ciências Moleculares, já tradicional na USP-SP, coordenado por Regina Markus (<http://www.cecm.usp.br/index.html>) novos cursos de

graduação combinando as ciências da vida e exatas no IBCCF. Um novo mestrado, especificamente em Biomatemática, está sendo proposto na Fiocruz-RJ. Institutos de pesquisa, como o LNCC e o IMPA, tem estimulado estudo de temas biológicos.

**Programa induzido.** Se faz necessário uma coordenação de atividades que poderia ser estudada, por exemplo, por uma comissão da ABC, e/ou levando a um programa induzido pelo CNPq. Dado seu escopo interdisciplinar, poder-se prever a contribuição da biomatemática, bioengenharia, biofísica e bioquímica. Note-se que as duas últimas são sociedades científicas antigas no Brasil, e que se reúnem anualmente na FESBE. Do lado das ciências exatas, há uma iniciativa tradicional de sessões em Biomatemática nas congressos anuais da SBMAC, <http://www.sbmac.org.br>, em anos recentes coordenados pelas Profs. Joyce Bevilacqua e Coraci Malta ( "outreach representative" no Brasil da Society for Mathematical Biology, <http://www.smb.org/> ).

**Novas oportunidades de trabalho em biomatemática.** Nos dez últimos anos acelerou-se a modelagem dos fenômenos intracelulares, em particular os *motores moleculares*. Pode-se prever que no século 21 observaremos a expansão dos métodos da Matemática-Física ao mundo biológico, sob o ponto de vista reducionista, e dos métodos de Controle e Otimização, sob um enfoque mais global ou "anti-reducionista". Para outras informações, consultar os links:

- <http://www.sciencemag.org/sciext/mathbio/>
- <http://www.ams.org/notices/200403/comm-reed.pdf>

Creemos também que o AGIMB deve focar seus esforços nestas novas oportunidades, é chamamos a atenção para as atividades iniciais do grupo de pinças óticas na UFRJ, coordenado por Moyses Nussenzweig e Vivaldo Moura Neto.

## PARTE II

### Modelagem Estocástica em Lingüística Introdução

Pesquisadores principais da equipe no Brasil:

Antonio Galves, IME-USP  
Charlotte Galves, IEL-UNICAMP  
Nancy Lopes Garcia, IMECC-UNICAMP  
Arnaldo Mandel, IME-USP  
Claudia Peixoto, IME-USP

Pesquisadores jovens associados ao projeto:

Miguel Abadi, IMECC-UNICAMP  
Denise Duarte, Matemática-UFG  
Davide Gabrielli, Matematica-L'Aquila  
Jesus Garcia, IMECC-UNICAMP

Principais interlocutores internacionais:

Marzio Cassandro, Fisica-Roma *La Sapienza*  
Pierre Collet, CNRS/École Polytechnique  
Emmanuel Dupoux, Sciences Cognitives-ENS  
Roberto Fernández, Mathématiques-Rouen  
Ricardo Fraiman, Matemática-San Andrés

Anthony Kroch, Linguistics-UPenn

O eixo central das atividades do grupo é a construção de um modelo matemático para a relação entre sintaxe e prosódia na aquisição de uma língua natural por uma criança, e suas consequências na mudança linguística. A teoria lingüística na sua forma atual não é capaz de tratar essa questão. A solução que nós propomos foi fornecida pela Teoria das Probabilidades e pelo Formalismo Termodinâmico. Nela a produção lingüística é modelada como um estado de Gibbs, atribuindo probabilidades a sequências de itens lexicais e marcas de fronteira de domínios sintáticos e fonológicos. Neste modelo a sintaxe é representada por um conjunto de restrições sobre as sequências admissíveis de símbolos, e a prosódia é representada por um potencial termodinâmico. Essas idéias foram inicialmente apresentadas nos artigos "Maximum likelihood and minimum entropy identification of grammars" (Collet, Galves e Lopes 1995), "A Statistical-Physics approach to language acquisition and language change" (Cassandro, Collet, Galves e Galves 1999) e "Identifying features in the presence of competing evidence, the case of first language acquisition" , (Fernández e Galves 2000).

### **Resumo conceitual dos avanços alcançados nos últimos 30 meses**

A lista resumida dos resultados é a seguinte:

#### **Desenvolvimento de metodologia probabilística para estudar cadeias lingüísticas:**

1. Novo método de reamostragem e teorema limite central para estimadores reamostrados de funções cilíndricas, Collet, Duarte e Galves, 2004.
2. Introdução da noção de famílias ligadas de cadeias quantizadas e estimação dos pontos de corte, Cassandro, Collet, Duarte, Galves e Garcia, 2004.
3. Teste de Kolmogorov-Smirnov para a sonoridade da fala e identificação de classes rítmicas, Cuesta-Alberto, Fraiman, Galves, Garcia e Svarc 2004.
4. Estimação da entropia em cadeias simbólicas de ordem infinita, Abadi e Galves 2003; Gabrielli, Galves & Guiol 2003.
5. Aproximações markovianas de cadeias de ordem infinita, Fernández e Galves 2002.

#### **Modelagem lingüística-probabilística:**

1. Modelagem matemática dos padrões rítmicos da língua, Abaurre, Galves, Mandel e Sândalo 2004; Galves, Galves, Garcia e Peixoto 2004.
2. Identificação de seqüências anômalas em cadeias lingüísticas e biológicas, Abadi 2004.
3. Introdução da noção de sonoridade da fala e sua utilização na identificação das classes rítmicas de línguas, Galves, Duarte, Garcia e Galves 2002.

**Modelagem da interface sintaxe/fonologia na teoria da otimalidade**, Abaurre, Galves, Mandel e Sândalo 2004; Galves e Sândalo 2004.

Uma medida do impacto da nossa atividade de pesquisa dentro da Lingüística é o fato de o artigo "Sonority as a basis for rhythmic class discrimination" (Galves, Garcia, Duarte e Galves, 2002) ter sido um dos quatro escolhidos por arbitragem para apresentação plenária no encontro Speech Prosody 2002 que se realizou em Aix-en-Provence, e que foi possivelmente o mais importante encontro da área no ano.

Vamos a seguir brevemente descrever o quadro conceitual no qual nossa pesquisa se desenvolveu. Uma questão central para a construção do modelo matemático para a interação sintaxe–fonologia é a caracterização do potencial termodinâmico descrevendo a prosódia da língua. A análise estatística de dados fonéticos relevantes para a identificação das características desse potencial e o desenvolvimento da teoria estatística necessários a essa análise é a atividade da equipe de modelagem estocástica neste momento.

Essa pesquisa tem trabalhado com a noção de correlatos acústicos do ritmo, seguindo a pista sugerida por um conjunto de pesquisas recentes na área iniciadas por Ramus, Nespor e Mehler (1999). Esse esforço levou a propor uma medida de sonoridade como base para distinguir as classes rítmicas. Esse ponto de vista se encontra apresentado no artigo "Sonority as a basis for rhythmic class discrimination" (Galves, Garcia, Duarte e Galves, 2002). Há evidências empíricas de que a sonoridade pode ser bem modelada por uma cadeia quantificada com dois estados subjacentes. Essas cadeias têm a característica seguinte. As cadeias discretas subjacentes à sonoridade de cada língua têm leis que diferem de língua para língua. No entanto, as duas distribuições correspondentes aos dois estados subjacentes são universais. Isso permite identificar estatisticamente o ponto de corte separando as duas zonas de sonoridade, e em seguida, codificar a sonoridade através de uma cadeia de ordem infinita assumindo dois valores. São essas cadeias que carregariam todas as informações rítmicas de cada língua. A metodologia estatística necessária para levar à frente este programa está atualmente sendo desenvolvida. Os resultados estão na tese de Denise Duarte defendida em 2003, "Aproximações markovianas e reamostragem em cadeias de ordem infinita com aplicação à linguística", e nos artigos citados no item 1 do resumo acima.

Além desse trabalho com o sinal acústico de fala, estamos pesquisando a existência de marcas rítmicas em textos escritos. O artigo "The Sotaq optimality based computer program and secondary stress in two varieties of Portuguese" (Abaurre, Galves, Mandel e Sândalo 2004) dá evidências de que as unidades de ritmo são constituídas diferentemente em Português Europeu e em Português Brasileiro. Isso sugere que o processo estocástico constituído pelas palavras sucessivas de um texto codificadas segundo a posição dos seus acentos principais, número de sílabas, limites de palavras prosódicas, tem leis diferentes. Mais precisamente, se modelarmos este processo através de uma cadeia de Markov de alcance variável, as funções contexto correspondentes ao PE e ao PB são distintas: só em PE elas esquecem o passado sempre que encontram uma sílaba acentuada. Esse trabalho está desenvolvido em "Correlates of rhythm in written texts of Brazilian and Modern European Portuguese" (Galves, Galves, Garcia & Peixoto 2004, em progresso).

#### **Produção científica 2002-2004**

1. Abaurre, M.B.M, C. Galves, A. Mandel e F. Sandalo, The Sotaq optimality based computer program and secondary stress in two varieties of Portuguese, Probus, 2005.

2. Abadi, M. e A. Galves, A version of Maurer's conjecture for psi-mixing processes, *Nonlinearity*, 17(4), 1357-1366, 2004.
3. Dias, R e N.L. Garcia, A spline approach to nonparametric testing of hypotheses, *Braz. Journal of Prob. and Stat.*, 2004.
4. Galves, C e M.F. Sandalo, Clitic-placement in European Portuguese and the Syntax-Phonology Interface, *MIT Working Papers in Linguistics*, 44, 2004.
5. Galves, A., D. Gabrielli e D. Guiol, Fluctuations of the empirical entropies of a chain of infinite order, *Math.Phys. Electron. J.*, 9/5(5), p.9, 2003.
6. Britto, H., M.Finger e C. Galves, Computational and linguistic aspects of the construction of The Tycho Brahe Parsed Corpus of Historical Portuguese. In Pusch, Claus D. e Raible, Wolfgang (eds.), *Romanistische Korpuslinguistik, Korpora und gesprochene Sprache, Romance Corpus Linguistics, Corpora and Spoken Language, ScriptOralia*; 126,Tübingen, Narr., 2002.
7. Fernández, R. e A. Galves, Markov Approximations of Chains of infinite order, *Bulletin Brazilian Mathematical Society, New Series*, 33(3), Springer, 295-306, 2002.
8. Galves, A., D. Duarte, J. Garcia e C. Galves, Sonority as a basis for rhythmic class discrimination, *Speech Prosody 2002, Proceedings of the first International Conference on Speech Prosody, Laboratoire Parole et Langage, Aix-en-Provence*, 323-326, 2002.
9. Garcia, J, U. Gut e A. Galves, *Vocale*, a semi-automatic tool for prosodic research, *Speech Prosody 2002, Proceedings of the first International Conference on Speech Prosody, Laboratoire Parole et Langage, Aix-en-Provence*, 2002.

### **Artigos Submetidos**

1. Abadi, M., Poisson approximations and identification of rare strings in biological chains, working paper 2004.
2. Cassandro, M., P. Collet, D.Duarte, A. Galves e J. Garcia, A stochastic model for the speech sonority: tied quantized chains and cross-linguistic estimation of the cut-points, working paper, 2004.
3. Collet, P., D. Duarte e A. Galves, Bootstrap central limit theorem for chains of infinite order via Markov approximations, 2004.
4. Cuesta-Alberto, J., R. Fraiman, A. Galves, J. Garcia e M. Svarc, Identifying rhythmic classes through the sonority of languages: a Kolmogorov-Smirnov approach, working paper, 2004.
5. Galves, A., C. Galves, N. Garcia e C. Peixoto, Correlates of rhythm in written texts of Brazilian and Modern European Portuguese, working paper, 2004.  
<http://www.ime.usp.br/~galves/artigos/boot.pdf>

### **Corpus eletrônico e ferramentas computacionais desenvolvidas pela equipe do projeto:**

- *Corpus Anotado do Português Histórico Tycho Brahe*: conjunto eletrônico de textos escritos por autores portugueses nascidos entre os séculos XVI e XIX, anotados e livremente acessível à comunidade acadêmica através do endereço



<http://www.ime.usp.br/~tycho/corpus>. O Corpus totaliza atualmente 1.851.619 palavras, das quais 1.019.191 já se encontram em versão morfológicamente etiquetada. A construção do corpus envolveu a elaboração de ferramentas computacionais de anotação (cf. Britto, Finger & Galves 2002). O desenvolvimento posterior dessas ferramentas é potencialmente uma área interessante de pesquisa probabilística e computacional

- *Programas Piccolo e Vocale* Trata-se de duas ferramentas computacionais de tratamento do sinal acústico de fala desenvolvidas pela equipe do projeto. A primeira calcula a sonoridade do sinal e a segunda segmenta o sinal em intervalos consonantais e vocálicos (cf. Garcia, Gut & Galves 2002). Ambos são livremente acessíveis à comunidade acadêmica no endereço (<http://www.ime.usp.br/~tycho/prosody/>).

### **Formação de recursos humanos na área durante o período**

#### **Doutores**

- Daniela Guiol. Comportamento assintótico de estimadores da entropia para cadeias de ordem infinita com perda de memória exponencial. IME-USP, orientadores Antonio Galves e Nancy Lopes Garcia.
- Denise Duarte. Aproximações markovianas e reamostragem para cadeias de ordem infinita com aplicação à lingüística. IME-USP, orientador António Galves.

#### **Pós-doutores**

- Miguel Abadi, IME-USP, supervisor Pablo Ferrari.
- Davide Gabrielli, IME-USP, supervisor Antonio Galves.
- Jesus Garcia, IME-USP, supervisor Antonio Galves.
- Anne Cros, IME-USP, supervisor Antonio Galves.

### **Contribuição do Instituto do Milênio**

O IM-AGIMB foi instrumental para o desenvolvimento das pesquisas e formação de novos pesquisadores.

Promoveu à vinda dos seguintes pesquisadores estrangeiros que participam dos projetos de pesquisa:

- Olivier Bertoncini (Rouen), julho-agosto de 2004
- Roberto Fernández, junho de 2004
- Davide Gabrielli, novembro de 2003
- Marzio Cassandro, novembro de 2003

### **Promoveu à realização de encontros**

- Workshop on Probabilistic Phonology, coord. Antonio Galves, Barra do Sahy, 30/10-1/11 de 2003.
- Oficina de modelização estocástica em Lingüística, coord. Antonio Galves, no âmbito do 1er Encuentro Regional de Probabilidad y Estadística Matemática, Buenos Aires, 30/9 – 2/10 de 2004.

## **Planos para o futuro**

### ***Desenvolvimento dos projetos***

- Comportamento estocástico, fenômenos críticos e identificação de padrões rítmicos nas línguas naturais, Projeto Temático PRONEX/Fapesp  
Cf. <http://www.ime.usp.br/~tycho/what>.
- Padrões rítmicos, fixação de parâmetros e mudança lingüística, fase II, Projeto Temático Fapesp, cf. <http://www.ime.usp.br/~tycho/what>