

Resumos do
Encontro de Matemática Aplicada (EMA 2015)*

Florianópolis, 23 e 24 de novembro de 2015

Departamento de Matemática
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

URL: <http://ema2015.paginas.ufsc.br/>

Local: Anfiteatro do EFI-1, primeiro andar do Espaço Físico Integrado 1
Campus Trindade – UFSC, Florianópolis, Brasil

Organizadores (UFSC): Wagner Muniz, Maria Inez Gonçalves e Douglas Gonçalves

Alvaro De Pierro (ICMC, USP-São Carlos)

Optimization in tomography

We describe the evolution and development of optimization and feasibility methods in non-diffractive Computed Tomography. We start with the Algebraic Reconstruction Techniques (ART), that were replaced in the 70's by the faster series expansion analytic methods, but gave rise to a large family of row action algorithms, widely used in different image processing areas. Related with the increasing levels of noise (random error) in Emission Tomography and the also increasing number of CT scans requested by physicians, we describe the revival of iterative methods for optimization models in CT, in the 80's and 90's. This includes the Expectation Maximization (EM) algorithm and its interesting relationship with Information Theory and Geometry. Finally we mention the recent marriage between both, analytic and optimization approaches, in order to obtain fast and high quality results.

Antonio Leitão (Departamento de Matemática, UFSC)

Técnicas para resolução estável de problemas mal postos

Tencionamos discutir métodos iterativos (estáveis) para obtenção de soluções aproximadas de problemas mal postos.

*atualizado em 14 NOV 2015

Emílio Takase (Departamento de Psicologia, UFSC)

Futuro da Humanidade: o que a Vida Social dos Insetos tem a ver com o seu futuro?

Observando os nossos comportamentos e o desenvolvimento das tecnologias de rede, será que podemos estudar as formigas e as abelhas para contribuir no desenvolvimento da Internet das Coisas e melhorar a qualidade de vida das pessoas? A Deborah Gordon, uma bióloga da Universidade de Stanford, vem estudando as colônias de formigas no deserto do Arizona e busca compreender como elas conseguem realizar tarefas complexas sem uma linguagem e nenhum sistema hierárquico.

E a partir das pesquisas dela, descobriu que as formigas usam interações simples que podem ser combinadas para realizar tarefas muito mais complexas. Ela chama de rede 'anternet" e, segundo ela, acredita que pode ajudar-nos a compreender como poderíamos desenvolver toda a tecnologia da informação a partir dos dados que são transferidos/enviados através da internet, assim como ocorre com o funcionamento do nosso cérebro.

Assim, o assunto a ser abordado será: o futuro da nossa sociedade que está sendo construída a partir da Internet das Coisas pode ser baseada na sociedade de insetos e o cérebro?

Sobre a Deborah Gordon - <http://web.stanford.edu/~dmgordon/>

Fábio Margotti (Departamento de Matemática, UFSC)

Métodos tipo Newton inexato para Problemas Inversos

Os métodos do tipo Newton inexato constituem uma importante classe de algoritmos iterativos para obter-se soluções estáveis de problemas inversos não-lineares em espaços de Hilbert. A fim de se implementar esse tipo de método, é necessário linearizar a equação original em torno do ponto corrente e então aplicar um método de regularização ao sistema linear resultante.

Com o objetivo de empregar esse método a problemas inversos em espaços de Banach mais gerais, propomos a adaptação de alguns métodos clássicos de regularização para aproximar a solução do sistema linear em questão.

Fábio Silva Botelho (Departamento de Matemática, UFSC)

Sobre a solução numérica de equações diferenciais

Nessa palestra, apresentaremos o método das linhas generalizado e o seu análogo unidimensional, objetivando a solução numérica de equações diferenciais.

Podemos observar que quando um certo parâmetro típico é muito pequeno, o erro obtido mediante tal método pode ser relevante. Mostraremos formas recentes para solucionar esse problema, as quais tornam o método em questão uma interessante alternativa para a solução numérica de uma grande classe de equações diferenciais parciais.

Fermín S. V. Bazán (Departamento de Matemática, UFSC)

Impacto do método de projeção na construção de soluções para problemas mal postos com dados inexatos

Abordamos o método de projeção para problemas mal postos com dados inexatos que são discretizados para sua solução. Apresentamos a construção de soluções estáveis pelo método de Tikhonov, com nfase no cálculo do parâmetro de regularização determinado pelo princípio da discrepância generalizada de Morozov (que considera perturbações no operador) através de um método iterativo globalmente convergente. O método em questão contorna dificuldades apontadas na literatura especializada e é apropriado para problemas de grande porte provenientes da discretização do problema original. O impacto do método é ilustrado na solução do problema de reconstrução de objetos 3D via o método de amostragem linear em espalhamento inverso.

Gabriel Haeser (IME, USP)

Convergência global de algoritmos em otimização não linear

Estamos interessados em identificar propriedades de primeira e segunda ordem que são satisfeitas por um minimizador local de um problema geral de otimização não linear. Nosso interesse principal é encontrar condições que possam ser verificadas por algoritmos práticos. Definimos condições de otimalidade de primeira e segunda ordem mais fortes que as usuais, impondo condições menos restritivas sobre o problema, e como consequência mostramos que diversas classes de algoritmos de primeira e segunda ordem tem convergência global para pontos estacionários sob hipóteses mais fracas.

Haroldo Fraga de Campos Velho (LAC, INPE, Brasil)

Métodos híbridos para detecção de danos em estruturas

Detecção de danos em estruturas é um tema importante de uma área mais ampla conhecida como "saúde estrutural". É um problema inverso de intensa pesquisa e desenvolvimento, em particular na área aero-espacial. No seminário, a detecção de dano é formulada como um problema de otimização. Métodos híbridos, que combinam meta-heurísticas com métodos determinísticos, serão empregados para obter uma solução para o problema de otimização. Um método híbrido variacional, que combina algoritmo genético com gradiente conjugado, é comparado com o método híbrido de busca de padrões, combinando o Algoritmo de Colisão de Múltiplas com o método de Hooke-Jeeves. Exemplos com estruturas discretas e contínuas serão mostrados.

Jáuber C. Oliveira (Departamento de Matemática, UFSC)

Comportamento assintótico de soluções de um sistema magneto-elástico no \mathbb{R}^3

(Trabalho em conjunto com Cleverson R. da Luz, Departamento de Matemática, UFSC)

Investigamos o comportamento assintótico de soluções para o problema de Cauchy descrito pelo seguinte sistema magneto-elástico:

$$u_{tt} + \mathcal{L}(u) + \alpha u_t = \mu_0 \operatorname{rot} h \times H, \quad \forall (t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^3 \quad (1)$$

$$h_t + \nu_1 \operatorname{rot} \operatorname{rot} h = \operatorname{rot} (u_t \times H), \quad \forall (t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^3 \quad (2)$$

$$\operatorname{div} h = 0, \quad \forall (t, x) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^3, \quad (3)$$

$$u(0, x) = u_0(x), \quad u_t(0, x) = u_1(x), \quad h(0, x) = h_0(x), \quad \forall x \in \mathbb{R}^3 \quad (4)$$

onde $\mathcal{L}(u) = -\mu \Delta u - (\lambda + \mu) \nabla \operatorname{div} u$ com constantes positivas α, λ, μ . Denotamos por $u = (u_1, u_2, u_3)$ o vetor deslocamento e por $h = (h_1, h_2, h_3)$ a indução magnética. A constante positiva de acoplamento μ_0 é a permeabilidade magnética. $H = (0, 0, 1) = \mathbf{e}_3$ denota um campo magnético externo constante. A constante ν_1 é definida por $1/(\sigma \mu_0)$, onde $\sigma > 0$ é a condutividade do material.

Nesta investigação, obtemos taxas de decaimento melhores com menos demandas sobre os dados iniciais em comparação com resultados da literatura.

Referências

1. E. Andreou, G. Dassios, *Dissipation of energy for magnetoelastic waves in a conductive medium*, Quart. Appl. Math. 55 (1) (1997) 23–39.
2. D. I. Bardzokas, M. L. Filshinsky, L. A. Filshinsky, *Mathematical Methods in Electro-Magneto-Elasticity*, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Springer, 2007.
3. Cleverson R. da Luz, Jáuber C. Oliveira, *Asymptotic Behavior of Solutions for the Magneto-thermo-elastic System in \mathbb{R}^3* , J. Math. Anal. Appl., 432 (2015), 1200-1215.
4. R. C. Charão, C. R. da Luz, R. Ikehata, *Sharp decay rates for wave equations with a fractional damping via new method in the Fourier space*, J. Math. Anal. Appl. 408 (1) (2013) 247–255.
5. A. C. Eringen, G. A. Maugin, *Electrodynamics of continua I. Foundations and solid media*. Springer-Verlag, New York, 1990.
6. J. E. M. Rivera, R. Racke, *Magneto-thermo-elasticity-large-time behavior for linear systems*, Adv. Differential Equations 6 (3) (2001), 359–384.

Juliano de Bem Francisco (Departamento de Matemática, UFSC)

A fixed-point method for projecting banded matrices onto the set of semidefinite positive matrices

Given a banded symmetric matrix $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, this talk presents a numerical scheme for projecting A onto the set $S^+ = \{X \in \mathbb{R}^{n \times n} | X^T = X \text{ and } X \geq 0\}$. We prove that the sequence generated converges cubically to the solution A^+ . Some numerical tests illustrate the convergence properties and show that our approach is efficient and robust for solving large scale problems.

Julio R. Claeysen (Instituto de Matemática, UFRGS)
Nonlocal and surface effects in small scale beams

Vibration dynamics of small scale elastic beams, that are used in nanotechnology is considered in terms of a fundamental matrix response. The modeling equations involve nonlocal formulations and parametric effects and are written as a second-order evolution differential system subject to general boundary conditions and to compatibility conditions for the case of multispan beams. Regular and singular eigenvalue problems arise when related to the inclusion of nonlocal and surface effects. These later lead to the appearance of higher-order problems with several critical frequencies. Simulations with models that include nonlocal and surface effects are presented for micro and nanoscale.

Leonardo Koller Sacht (Departamento de Matemática, UFSC)
Nested cages

Many tasks in geometry processing and physical simulation benefit from multiresolution hierarchies. One important characteristic across a variety of applications is that coarser layers strictly encage finer layers, nesting one another. Existing techniques such as surface mesh decimation, voxelization, or contouring distance level sets do not provide sufficient control over the quality of the output surfaces while maintaining strict nesting. We propose a solution that enables use of application-specific decimation and quality metrics. The method constructs each next-coarsest level of the hierarchy, using a sequence of decimation, flow, and contact-aware optimization steps. From coarse to fine, each layer then fully encages the next while retaining a snug fit. The method is applicable to a wide variety of shapes of complex geometry and topology. We demonstrate the effectiveness of our nested cages not only for multigrid solvers, but also for conservative collision detection, domain discretization for elastic simulation, and cage-based geometric modeling.

Leonardo S. Borges (Departamento de Matemática, UFSC)
Extension of GKB-FP algorithm to multiple parameter Tikhonov regularization

Linear discrete ill-posed problems arise from distinct areas of science and engineering. In general, they are formulated as a minimization problem of the form

$$\min_{f \in \mathbb{R}^n} \|g - Af\|_2^2, \quad (5)$$

where $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $m \geq n$, has large condition number and its singular values decay to zero without any particular gap. In practical problems the data $g \in \mathbb{R}^m$ is contaminated with noise, i.e., $g = g_{\text{exact}} + e$, where e denotes noise, g_{exact} denotes the unknown error-free data and $Af_{\text{exact}} = g_{\text{exact}}$. In these circumstances the naive least squares solution $f_{LS} = A^\dagger g$ (where A^\dagger denotes the Moore Penrose pseudo inverse of A) has no relation with the exact solution and the challenge is to construct stable solutions that approximate f_{exact} . To overcome this drawback some kind of regularization must be imposed to calculate approximations that are more related to the exact solution. One of the most well-known regularization methods is due to Tikhonov [7] where f_{exact} is approximated by regularized solutions defined as

$$f_\lambda = \operatorname{argmin}_{f \in \mathbb{R}^n} \{ \|g - Af\|_2^2 + \lambda^2 \|Lf\|_2^2 \}, \quad (6)$$

where $L \in \mathbb{R}^{p \times n}$, called the regularization matrix, is introduced to incorporate desirable properties on the solution such as smoothness, and $\lambda > 0$ is the regularization parameter. Nevertheless, there

are situations where the underlying exact solution exhibits several properties and a way to introduce them in the regularization approach is to consider multi-parameter Tikhonov regularization where f_{exact} is approximated by regularized solutions defined as

$$f_\lambda = \operatorname{argmin}_{f \in \mathbb{R}^n} \{ \|g - Af\|_2^2 + \lambda_1^2 \|L_1 f\|_2^2 + \cdots + \lambda_q^2 \|L_q f\|_2^2 \}, \quad (7)$$

where $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q]$ is a vector of parameters and L_i are regularization matrices. This approach has been used in a number of applications such as estimation of parameters in jump diffusion processes [4], high-resolution image reconstruction with displacement errors [5], the determination of geopotentials from precise satellite orbits [8] and image super-resolution [9].

For the one-parameter case, there is a lot of parameter choice rules and one of these is due to Regińska [6] who proposed as regularization parameter a local minimizer of the function $\Psi(\lambda) = \|g - Af_\lambda\|_2^2 \|Lf_\lambda\|_2^{2\mu}$, $\mu > 0$. From the numerical point of view, such minimizers can be found through a fast fixed-point method [1] that requires only the computations of $\|g - Af_\lambda\|_2$ and $\|Lf_\lambda\|_2$. Our goal is to present a generalization of Regińska's rule to the multi-parameter case, which results in a fixed-point method for multi-parameter Tikhonov regularization called MFP [3] concentrating on a numerical realization for large-scale problems.

References

- [1] F. S. V. Bazán, Fixed-point iterations in determining the Tikhonov regularization parameter, *Inverse Problems* **24**, 035001, 2008.
- [2] F. S. V. Bazán and L. S. Borges, GKB-FP: an algorithm for large-scale discrete ill-posed problems, *BIT* **50**, pp. 481-507, 2010.
- [3] F. S. V. Bazán, L. S. Borges and J. B. Francisco, On a generalization of Regińska's parameter choice rule and its numerical realization in large-scale multi-parameter Tikhonov regularization, *Applied Mathematics and Computation*, volume 219, issue 4, pp. 2100-2113, 2012.
- [4] D. Düvelmeyer and B. Hofmann, A multi-parameter regularization approach for estimating parameters in jump diffusion processes, *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems* **14**, pp. 861-880, 2006.
- [5] Y. Lu, L. Shen and Y. Xu, Multi-Parameter Regularization Methods for High-Resolution Image Reconstruction With Displacement Errors, *IEEE Trans. on Circuits and Systems* **54**, 2007.
- [6] T. Regińska, A regularization parameter in discrete ill-posed problems, *SIAM J. Sci. Comput.* **3**, pp. 740-749, May 1996.
- [7] A. N. Tikhonov, Solution of incorrectly formulated problems and the regularization method, *Soviet Math. Dokl.*, **4**, pp. 1035-1038, 1963.
- [8] P. Xu, Y. Fukuda and Y. Liu, Multiple parameter regularization: numerical solutions and applications to the determination of geopotential from precise satellite orbits, *J. Geod.*, **80**, pp. 17-27, 2006.
- [9] M. V. W. Zibetti, F. S. V. Bazán and J. Mayer, Determining the regularization parameters for super-resolution problems, *Signal Process.* **88**, pp. 2890-2901, 2008.

Licio H. Bezerra (Departamento de Matemática, UFSC)
Estabilidade de sistemas dinâmicos contínuos

Apresentamos alguns métodos de cálculo de autovalores que procuram determinar pólos dominantes de funções de transferência de sistemas lineares invariantes no tempo (LTI). Esses métodos, que têm convergência local quadrática, são aplicados no estudo de estabilidade do sistema de potência brasileiro que, devido a sua complexidade, resulta em matrizes esparsas de grande porte.

Louis Augusto Gonçalves (PPGEP – Engenharia de Produção – UFSC, e IFSC-SC)
Programação logística de distribuição de recursos em horizonte de planejamento

Será apresentado um método de distribuição de recursos, em um horizonte de planejamento finito, considerando uma distribuição espacial fixa de pontos que possuem demanda estimada em cada divisão do horizonte. O método busca determinar quando e onde deve-se abrir uma unidade de suprimento, em um dos pontos da distribuição, para alimentar a demanda global exigida em cada divisão do horizonte de planejamento. Uma aplicação utilizando logística humanitária e outra envolvendo montadora de automóveis será apresentada de forma sucinta. A modelagem utilizada envolve variáveis inteiras e reais, foi resolvida de forma exata para problemas de pequeno porte, e foi resolvida de forma aproximada utilizando relaxação lagrangeana em ambiente computacional distribuído por threads.

Louise Reips (UFSC-Blumenau)
Identificação de parâmetros em imagens médicas

A Tomografia por Emissão de Pósitrons é uma técnica de imagem aplicada na medicina nuclear com a qual se pode produzir imagens de processos fisiológicos em 2D ou 3D. Um dos marcadores utilizado como um método para quantificar o metabolismo de tumores, por exemplo, é a água radioativa para a perfusão cardíaca, marcador esse que é considerado nessa pesquisa. Um grande obstáculo é a necessidade de reconstrução de imagem dinâmica a partir de dados de baixa qualidade, que se aplica em particular para o marcador com meia-vida curta como $H_2^{15}O$.

Propomos um conjunto de equações diferenciais que é capaz representar o comportamento cinético do marcador radioativo PET $H_2^{15}O$ durante a perfusão cardíaca. Neste modelo levamos em consideração a troca de materiais entre a artéria, tecido e veia no qual se prevê a atividade do marcador, no caso de as taxas de reação, velocidades, e os coeficientes de difusão serem conhecidos. Interpreta-se então, o cálculo desses parâmetros distribuídos como um problema inverso não linear que é resolvido usando abordagens de regularização variacionais.

Luciane Schuh (Departamento de Matemática, UFSC)
Resolução de problemas de escoamento em meios porosos heterogêneos com o método de Galerkin descontínuo

As heterogeneidades nas propriedades físicas do meio poroso, como permeabilidade e porosidade, tem forte impacto no processo de escoamento de fluidos, podendo complicar significativamente a modelagem numérica. Podemos encontrar tais problemas em diferentes áreas como hidrologia, engenharia de reservatório de petróleo, engenharia ambiental (eliminação de resíduos radioativos e sequestro geológico de carbono), entre outras. Este tipo de problema é descrito por um sistema de equações diferenciais parciais não-lineares, sendo uma equação elíptica para pressão e uma equação parabólica degenerada para a saturação. Empregamos o método de Galerkin descontínuo (DG) em conjunto com as técnicas de média ponderada e média harmônica para resolução numérica de problemas de escoamento em meios porosos heterogêneos, cuja eficiência e potencial será ilustrada por meio de resultados numéricos.

Luiz Rafael dos Santos (UFSC-Blumenau)
An infeasible interior-point method with optimized choice of parameters

In this talk, we describe a predictor-corrector Interior-Point Method (IPM) for linear programming which aims to address some of the challenges that IPMs face nowadays. In our method, called Optimized Choice of Parameters Method (OCPM), the next iterate is chosen by the minimization of a polynomial merit function on three variables: one is the step length, one defines the central path and the last one models the weight that a corrector direction must have. In this framework, we combine different directions with the aim of producing a better one. In fact, OCPM generalizes most of predictor-corrector interior-point methods, depending on the choice of the variables described above. Convergence analysis and numerical experiments of this method shows that it is competitive when compared to well established solvers, such as PCx.

Marco Antonio Raupp (PqTec, Parque Tecnológico-São José dos Campos)
Os desafios da universidade no século XXI

Deparamo-nos no limiar da economia global com a realidade de termos construído dois universos, o da geração e discriminação do conhecimento, e o da produção competitiva, que pouco se comunicam, separados pelas barreiras:

- do marco legal (público \times privado);
- da falta de iniciativa da liderança empresarial e acadêmica para formar parcerias;
- “déficit educacional” (é inclusão social);
- qualificação da produção.

A nova fase do desenvolvimento econômico e social está associada a “economia do conhecimento”. Não teremos futuro como sociedade se não nos encaixarmos neste paradigma.

Os desafios para a universidade são as ações para separação das barreiras que nos apontam da sociedade.

Raphael Falcão da Hora (Departamento de Matemática, UFSC)
Espalhamento inverso em variedades singulares

Vamos considerar o problema de espalhamento inverso que consiste em determinar uma certa classe de variedades via a matriz de espalhamento. Neste caso a matriz de espalhamento pode ser vista como uma generalização do operador de Dirichlet-Neumann. Discutiremos o problema com dados parciais e as diferenças entre os casos euclidiano e hiperbólico.

Roger Behling (UFSC-Blumenau)
Um método de Levenberg-Marquardt restrito-projetado

Na última década, métodos do tipo Levenberg-Marquardt restritos e projetados foram estudados para resolver sistemas de equações não lineares com restrições convexas sob condições de cota de erro local. Essas condições possuem a vantagem de não implicar que as soluções sejam isoladas. Nesse contexto, nós propomos um algoritmo de Levenberg-Marquardt híbrido, no sentido de que seus subproblemas consistem em minimizações com restrições e projeções. A ideia é que esse método combine a velocidade de convergência do método restrito e a simplicidade dos subproblemas do método projetado.

Sonia Palomino (Departamento de Matemática, UFSC)
Modelagem matemática e estudo da estabilidade de um problema em imuno-oncologia

A imunoterapia como tratamento na área de imuno-oncologia é uma modalidade colocada em prática há duas décadas e que somado aos tratamentos tradicionais de quimioterapia e radioterapia (com início nas duas primeiras décadas do século XX) tem dado bons resultados. Neste trabalho apresentaremos como a modelagem matemática auxilia no estudo desta doença e as diversas frentes e métodos para diminuição das células tumorais. Apresentaremos também, o estudo da estabilidade de um modelo específico. Para isto, levaremos em consideração o micro-ambiente tumoral determinado pela interação existente entre as células tumorais com as células efectoras, citocinas anti-inflamatórias e o fator imuno-supressivo.

Yuan Jin Yun (Departamento de Matemática, UFPR)
Ostrowski-Reich Theorems

Ostrowski-Reich Theorem was generalized to symmetric and positive semi-definite systems, general nonsingular systems. Recently it was generalized to general singular systems, and also to operators.