

## **CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA**

### **I. Prólogo**

A contribuição da presente pesquisa se deu em duas linhas. A primeira é com relação ao desenvolvimento de algoritmos de resolução de problemas da PNL e a segunda com relação à resolução do problema de otimização em tempo real de processos químicos contínuos. Iremos neste capítulo refletir sobre os resultados obtidos.

A motivação do presente trabalho foi estabelecer uma metodologia de otimização em tempo real para o conversor FCC. Como objetivo de campanha, escolheu-se maximizar a produção de GLP. Para esta percebeu-se que as abordagens de otimização em uma camada sugeridas da literatura (Odloak & Gouvêa, 1996; Yousfi & Tournier, 1991) não eram satisfatórias. Isto porque a função objetivo econômica é não linear e altamente não convexa. Assim, partimos para a realização da otimização em uma camada capaz de incluir modelos não lineares. O estabelecimento desta porém não é trivial, haja visto a complexidade de se obter uma sintonia adequada, a qual é fundamental para a obtenção de um desempenho adequado. Isto já não ocorre com a otimização em duas camadas. Por outro lado, quando da existência de distúrbios, a abordagem de otimização em duas camadas pode não ser adequada. Assim, objetivou-se, outrossim, estabelecer uma comparação entre estas duas estruturas de otimização. Para ambas, a existência de um algoritmo robusto de resolução de problemas da PNL fazia-se necessária.

Apesar de inúmeros algoritmos da PNL existirem na literatura, poucos ou nenhum podia ser considerado suficientemente confiável para uso em tempo real quando do início da execução da presente pesquisa. Isto porque os algoritmos da literatura podem não convergir para uma solução viável dos problemas da PNL. Adicionalmente, a convergência pode não se dar para soluções estacionárias viáveis e alguns dos algoritmos não são capazes de percebê-lo. Assim, partiu-se para o desenvolvimento de um novo algoritmo. Escolheu-se o

método SQP, por ser este um dos mais promissores. Como, a principal causa de falha de convergência dos algoritmos SQP da literatura se deve à incapacidade destes de lidarem com problemas da PQ não convexos, desenvolveu-se um algoritmo SQP para problemas da PQ não convexos.

Os principais resultados estabelecidos nesta tese são enumerados nos itens II e III. Nos itens IV e V, sugerimos como a pesquisa ora iniciada pode ser continuada.

## II. Principais conclusões sobre o desenvolvimento do algoritmo MISQPSOL

Com relação ao algoritmo desenvolvimento, podemos afirmar que:

- o algoritmo desenvolvido apresenta propriedades de robustez mais abrangentes que os da literatura, as quais se devem à introdução de um parâmetro de sintonia ( $\mu^1$ ). Observamos que escolhido o parâmetro de sintonia, o algoritmo MISQPSOL convergiu para uma solução estacionária para todos os problemas da PNL testados, desempenho superior ao de outros algoritmos da literatura. Contudo, falhas de convergência para situações específicas não são descartadas.
- eliminamos a fase de pré-processamento existente em muitos algoritmo do tipo SQP da literatura. Inconsistências nos problemas da PQ são identificadas e muitas delas tratadas. Com isto eliminamos muitos dos problemas típicos de falha de convergência existentes em outros algoritmos da literatura. Particularmente, quando a matriz das restrições de igualdade linearizadas é nula, quando da existência de restrições de igualdade linearizadas LD ou quando as restrições de limites nas variáveis são inconsistentes em relação às de igualdade.
- o algoritmo foi desenvolvido com vistas a se resolver problemas da PQ não convexos. Assim, realizamos uma caracterização de soluções estacionárias de problemas da PQ não convexos. Com isto possibilitamos a análise das soluções geradas pelo algoritmo desenvolvido. Problemas da PQ sem solução finita podem, e.g., ser identificados ou então, certos tipos de não convexidade, os quais, em geral, são causas que levam a falhas na convergência dos algoritmos da literatura.
- a maneira de se resolver a condição de KKT é inédita. Introduzimos uma variável artificial no problema da PNL que se quer resolver. Com isto, pode-se ativar uma restrição a mais, procedimento que faz com que problemas da PQ não viáveis sejam facilmente identificados, bem como certos tipos de inconsistências e características de não convexidade.
- o algoritmo desenvolvido mostrou ser uma ferramenta adequada para o uso na otimização em tempo real.
- um novo critério de classificação de problemas da PNL foi introduzido.

## **II. Principais conclusões com relação à aplicação da otimização em tempo real do conversor FCC**

As principais conclusões são enumeradas a seguir:

- consideramos a abordagem de otimização em tempo real de uma e duas camadas, para as quais a metodologia de projeto foi estabelecida. Diversos aspectos foram estudados e apontados a partir dos quais percebemos que o bom senso do projetista é fundamental para a escolha da estratégia a ser usada.
- ambas as estruturas de otimização mostraram-se factíveis. Modelos simples podem ser adequados desde que reflitam o efeito de variáveis relevantes ao problema de controle e otimização da planta e assim não devem ser preteridos. Outro aspecto importante, particularmente para a estratégia de otimização em duas camadas, diz respeito à configuração de controle adotada e à escolha das variáveis controladas.
- o procedimento de validação da estrutura de otimização é exaustivo. Especialmente quando da escolha da estratégia de otimização em uma camada uma vez que a sintonia da malha fechada não é uma tarefa trivial.

Com relação à metodologia da implementação da estratégia de otimização, temos que:

1. As variáveis que afetam o problema de otimização e controle devem ser identificadas. Cuidados devem ser tomados para que o máximo número possível de variáveis manipuladas façam parte da estratégia de otimização.
2. Modelos econômicos e de processo devem ser escolhidos para a otimização. Os primeiros devem refletir o real ganho econômico e relacionar-se com as variáveis operacionais. Os segundos podem ser simples, embora erros de modelagem possam acarretar soluções sub-ótimas ou gerar valores para o ponto de operação ótimo que não sejam realizáveis. Desta forma, a estratégia deve ser validada pela simulação.
3. Escolhem-se os parâmetros de sintonia da estratégia de maneira que um desempenho adequado seja estabelecido.

### III. Sugestões para a continuidade da pesquisa de desenvolvimento do algoritmo MISQPSOL

Estudos podem ser continuados nas seguintes linhas:

- um estudo mais aprofundado da função de mérito pode ser feito, haja visto, que não existe consenso sobre qual seria a melhor função de mérito. Este estudo pode englobar a caracterização da convergência global do algoritmo e também estender o procedimento de busca unidirecional para incluir os casos em que a direção de busca é não descendente. Por exemplo, o fator de atenuamento poderia ser considerado negativo para as direções ascendentes ou então, para as soluções estacionárias de sela, alguns componentes da direção de busca poderiam ter seus sinais alterados. Ainda, ao invés do uso da função de mérito os métodos das regiões confiáveis (“trust region methods”) poderiam ser utilizados para atenuar a direção de busca. O desempenho comparativo destas abordagens poderia adicionalmente ser alvo de estudo.
- o algoritmo desenvolvido poderia ser estendido para sistemas de grande porte e questões de esparsidade poderiam ser levadas em conta. O cálculo dos Hessianos e gradientes poderia ser feito pelo método da diferenciação automática ou ainda otimizado.
- o tratamento realizado para o caso da matriz de restrições de igualdade linearizada nula poderia ser estendido para o caso em que as restrições de igualdade sejam separáveis.
- o tratamento realizado para o caso em que as restrições de limite reduzidas são nulas poderia ser estendido para as demais restrições de desigualdade, de forma que estas não sejam ignoradas para problemas particulares.
- a estrutura do problema, incluindo a sua esparsidade, poderia ser aproveitada já no momento de realização das fatorações. Assim, algoritmos que identifiquem uma dada estrutura podem ser desenvolvidos ou adaptados e acoplados ao procedimento numérico efetuado.
- ainda, métodos de atualização da matriz Hessiana não devem ser descartados, especialmente quando o número de graus de liberdade do sistema for pequeno, quando os métodos de diferenças finitas ou mesmo diferenciação automática aplicados ao problema pleno podem requerer mais cálculos computacionais.

- os métodos de pontos interiores podem mostrar um desempenho superior ao de conjuntos ativos. No entanto, isto ocorre para problemas da PQ convexos. Assim, um estudo mais criterioso visando a uma comparação destes para problemas da PNL fortemente não convexos deveria ser feito. Eventualmente, algum método híbrido poderia ser desenvolvido.
- os estudos ora iniciados sobre a caracterização das soluções estacionárias de problemas da PQ não convexos poderiam ser estendidos para o problema da PNL. Adicionalmente, a caracterização das soluções estacionárias quando a matriz Hessiana é nula sobre o plano tangente às restrições ativas pode ser completada. O objetivo destes estudos seria tentar prever como as direções de busca se relacionam com o problema da PNL e com isto melhorar o desempenho do algoritmo.
- a caracterização do algoritmo poderia ser estendida visando-se a estabelecer a sua propriedade de convergência, tanto global como local e obtendo-se a taxa de convergência deste. Particularmente para melhor analisar o papel do parâmetro de sintonia do algoritmo desenvolvido na convergência deste.
- para o caso em que a matriz Hessiana não apresenta autovalores positivos, o número de restrições ativas poderia ser forçado a ser igual ao número de variáveis de decisão do problema que se quer resolver.
- estudos poderiam ser feitos para tentar propor tratamentos especiais para problemas da PQ críticos. Isto porque, quando de sua ocorrência a convergência do algoritmo pode se tornar lenta e problemas de convergência não estão descartados.

#### **IV. Sugestões para a continuidade dos estudos de implementação da estratégia de otimização em tempo real**

Os estudos da otimização do conversor FCC ora apresentados poderiam ser complementados como:

- a escolha da configuração de controle para a otimização em duas camadas poderia ser melhor caracterizada. Por exemplo, as variáveis que são mais sensíveis poderiam ser obtidas e escolhidas como controladas. A escolha é importante porque devido a erros de modelagem, o ponto de operação obtido pode ser não realizável e assim para se aumentar o máximo possível o ganho econômico, é importante que se saiba quais as variáveis que mais afetam o problema econômico.
- as simulações poderiam ser estendidas para incluir o efeito de distúrbios medidos e não medidos. No caso dos primeiros, os modelos poderiam ser estendidos para incorporá-los e o desempenho da estratégia poderia ser assim melhor caracterizado.
- os modelos poderiam ser atualizados conforme o ponto de operação da planta.
- na função objetivo econômica poderiam ser inclusos termos de custos operacionais. Desta forma, outras informações poderiam ser levadas em conta para a obtenção do ponto de operação da planta.
- para a otimização em uma camada, poderíamos incluir uma outra camada para validar o modelo e minimizar os erros de modelagem. Isto pode ser interessante para obtermos um ponto de operação menos conservador.
- a influência dos diversos parâmetros de sintonia da estratégia de otimização, como os horizonte de predição e controle, a trajetória de predição e as matrizes de pesos, no desempenho da malha fechada poderia ser caracterizada.
- como a sintonia da otimização em uma camada não é uma tarefa elementar, é recomendável que a teoria de controle robusto para sistemas lineares seja estendida para incluir um termo não linear proveniente da otimização econômica. Ainda, é interessante que se caracterize a robustez da malha fechada.
- o problema de otimização poderia ser ampliado para incluir toda a unidade FCC.

Finalmente, nesta tese mostramos uma aplicação da otimização em tempo real de um equipamento visando a se atender uma dada campanha de operação. Na realidade esta não

é única. Assim, é fundamental que se estabeleça a forma de operação da planta ao longo do tempo de maneira que todas as campanhas de interesse sejam atendidas. Adicionalmente, analisar-se apenas uma porção da planta pode não ser suficiente para que de fato uma solução ótima seja obtida. Em verdade, o estabelecimento da melhor maneira de processar a unidade pode depender do fornecimento de matérias primas e utilidades além do escoamento dos produtos, ou seja, a integração da operação da empresa em análise com outras afins deve ser considerada (Weijnen, 1997). Estes aspectos correspondem à área de pesquisa ainda incipiente denominada integração de processos em tempo real. Assim cremos que a principal linha de continuidade da presente pesquisa deva se dar nesta direção. Para tanto não só aspectos de operação devem ser levados em conta, como também a própria extensão do algoritmo desenvolvido para sistemas de grande porte.



## **CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS**

- ALUFFI-PENTINI, F.; PARISI, V.; ZIRILLI, F. A global optimization algorithm using stochastic differential equations. **ACM Transactions on Mathematical Software**, v. 43, p. 345-365, 1988
- ABOU-JEYAB, R.A.; Gupta, Y.P. Control of the fluidized catalytic cracking process using a simplified model predictive controller. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 35, n. 10, p. 3581-3589, 1996
- ARGYROS, I.K.; SZIDAROVSKY, F. **The theory and applications of iteration methods**. CRC Press. Boca Raton, 1993
- ARBEL, A.; HUANG, Z.; RINARD, I.H.; SHINNAR R.; SAPRE, A.V. Dynamics and control of fluidized catalytic crackers. 1. Modeling of the current generation of FCC's. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 34, n. 4, p. 1228-1243, 1995a
- ARBEL, A.; RINARD, I.H.; SHINNAR, R. Dynamics and control of fluidized catalytic crackers. 4. The impact of design on partial control. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 36, n.3, p. 747-759, 1997
- ARBEL, A.; RINARD, I.H.; SHINNAR, R. Dynamics and control of fluidized catalytic crackers. 3. Designing the control system: Choice of manipulated and measured variables for partial control. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 35, n.7, p. 2215-2234, 1996
- ARBEL, A.; RINARD, I.H.; SHINNAR, R.; SAPRE, A.V. Dynamics and control of fluidized catalytic crackers. 2. Multiple steady states and instabilities. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 34, n. 9, p. 3014-3026, 1995b
- ARMIJO, L. Minimization of functions having Lipschitz continuous first partial derivatives. **Pacific J. of Math.**, v. 16, n. 1, p.1-3, 1966
- ALI, E.E.; ELNASHAIE, S.S.E.H. Nonlinear model predictive control of industrial type IV fluid catalytic cracking (FCC) units for maximum gasoline yield. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 36, n.2, p. 389-398, 1997
- AVERICK, B.M.; MORÉ, J.J. BISCHOF, C.H.; CARLE, A.; GRIEWANK, A. Computing large sparse Jacobian matrices using automatic differentiation. **Siam J. Sci. Comput.**, v. 15, n. 2, p. 285-294, 1994
- AVRIEL, M.; DIEWERT, W.E.; SCHAIBLE, S.; ZANG, I. **Generalized concavity**. Plenum Press, New York, 1988
- BAILEY, J.K.; HRYMAK, A.N., TREIBER, S.S., HAWKINS, R.B. Nonlinear optimization of a hydrocarbon fractionation plant. **Comput. Chem. Engng.**, v.17, n. 2, p. 123-138, fevereiro, 1993
- BARTELS, R. A stabilization of the simplex method. **Numer. Mathem.**, v. 16, p. 414-434, 1971

- BARTELS, R.      **Large sparse linear programming applied matrix methods.** Workshop. John Hopkins University, Baltimore, Maryland, 1976
- BARTELS, R.; GOLUB, G.      The simplex method of linear programming using LU decomposition.      **Comm. ACM**, v.12, p. 266-268, 1969
- BARTON, G.W.; GANNAVARAPU, C.; PERKINS, D.      Optimization control of a refinery gas-tail.      **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n.3, p. 301-308, março, 1993
- BARTHOLOMEW-BIGGS, M.C.; HERNANDEZ, F.G.      Using the KKT matrix in an augmented Lagrangian SQP method for sparse constrained optimization.      **J.O.T.A.**, v. 85, n. 1, p. 201-220, 1995
- BARTHOLOMEW-BIGGS, M.C; NGUYEN, T.T.      A local convergence analysis for REQ using conjugate basis matrices.      **J.O.T.A.**, v. 71, p. 31-45, 1990
- BAZARAA, M.S.; SHERALI, H.D.; SHETTY, C.M.      **Nonlinear programming: theory and algorithms.** John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2a edição, 1993
- BIEGLER, L.T.      From nonlinear programming theory to practical optimization algorithms: a process engineering viewpoint.      In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON COMPUTER AIDED PROCESS ENGINEERING - 2, Escape 2, 5-7, outubro, 1992, Toulouse, França, Supplement to Comput. Chem. Engng., v. 17, Suppl. p. S1-S536, 1993
- BIEGLER, L.T.; CUTHRELL, J.E.      Improved infeasible path optimization for sequential modular simulators - II: the optimization algorithm.      **Comput. Chem. Engng.**, v. 9, n. 3, p. 257-267, 1985
- BISSCHOP, J.; MEERAUS, A.      Matrix augmentation and partitioning in the updating of the basis inverse.      **Math. Progr.**, v. 18, p. 7-15, 1980
- BISSCHOP, J.; MEERAUS, A.      Matrix augmentation and structure preservation in linearly constrained control problems.      **Math. Progr.**, v. 13, p. 241-254, 1977
- BLOT, J.; MICHEL, P.      First-order necessary conditions for infinite horizon variational problems.      **J.O.T.A.**, v. 8, n. 1, p. 339-364, 1996
- BONEH, A., BONEH, S.; CARON, R.      Constraint classification in mathematical programming.      **Math. Progr.**, v. 61, n.1, p. 61-73, 1993
- BONNANS, J.F.      Local study of Newton type methods for constrained problems. In: 5<sup>th</sup> FRENCH-GERMAN CONFERENCE ON OPTIMIZATION, S. Dolecki, editor, 3-8 outubro, 1988, Castel-Novel, Varetz, França. Proceedings - Lecture Notes in Mathematics 1405. Springer-Verlag p. 13-24, 1989
- BOOK, R.V.      Relativizations of the P=? NP and other problems: developments in structural complexity theory.      **SIAM Review**, v. 36, n. 2, p.157-175, junho, 1994
- BOYD, S.; VANDENBERGHE, L.; GRANT, M.      Efficient convex optimization for engineering design.      In: IFAC SYMPOSIUM ON ROBUST CONTROL DESIGN, Plenary Lecture, setembro, 1994, Rio de Janeiro, Brasil. **Proceedings.** p. 14-23
- BUNCH, J.R.; PARLETT, B.N.      Direct methods for solving symmetric indefinite systems of linear equations.      **SIAM J. Numer. Analysis**, v. 8, p. 639-, 1971
- CAO, J.-M.      Necessary and sufficient conditions for local minima of a class of nonconvex quadratic programs.      **Math. Progr.**, v. 69, n.3, p. 403-412, 1995

- CASTELLANI, M. A necessary second-order optimality condition in nonsmooth mathematical programming. **Oper. Res. Lett.**, v. 19, n.2, p. 79-86, 1996
- CAMPOS, M., ISAMBERT, A., DEPEYRE, D. Application of a multivariable fuzzy controller to the supervision of a fluid catalytic cracking unit. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.1, p. 1-4, 1997
- CHAMBERLAIN, R.M. Some examples of cycling in variable metric methods for constrained optimization. **Math. Progr.**, v. 18, p. 378-384, 1979
- CHING-WEI KOUNG; MAC GREGOR, J.F. Design of identification experiments for robust control: a geometric approach for bivariate processes. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 32, n. 8, p. 1658-1666, 1993
- CHO, Y.S.; JOSEPH, B. Reduced-order steady state and dynamic models for separation processes. **AIChE Journal**, V. 29, n. 2, p. 261-269, março, 1983
- CHOI, I.C.; GOLDFARB, D. Solving multicommodity network flow problems by an interior point method. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 58-69, 1990
- COLEMAN, T.F. **Large Sparse numerical optimization.** Lecture Notes in Computer Science, 165, Springer Verlag, Berlin, 1984
- COLEMAN, T.F.; HULBERT, L.A. A direct active set algorithm for large sparse quadratic programs with simple bounds. **Math. Progr.**, v. 45, n. 3, p. 373-406, 1989
- COLEMAN, T.F.; FENYES, P.A. Partitioned quasi-Newton methods for nonlinear equality constrained optimization, **Math. Progr.**, v. 53, n.1, p. 17-44, 1992
- CONN, A.R.; GOULD, N.I.M.; TOINT, P.L. A globally convergent augmented Lagrangian algorithm for optimization with general constraints and simple bounds. **Siam. J. Numer. Anal.**, v. 28, n.2, p. 545-572, 1991
- CUTLER, C.R.; RAMAKER, B. L., Dynamic matrix control: a computer control algorithm. In: AIChE 86th NATIONAL MEETING, paper 51-B, april, 1979
- CUTLER, C.R. Integrating off-line schedulers with real time optimizers. In: AIChE NATIONAL MEETING, Houston, Texas, paper 40<sup>a</sup>, seção: Integration in Planing and Operations, março/abril, 1993
- CUTLER, C.R.; PERRY, R.T. Real Time Optimization with Multivariable Control is required to maximize profits. **Comput. Chem. Engng.**, v. 7, n. 5, p. 663-667, 1983
- DADEBO, J.A; MCAULEY, K.B.; Dynamic optimization of constrained chemical engineering problems using dynamic programming. **Comput. Chem. Engng.**, v. 19, n. 5, p. 513-526, 1995
- DANTZIG, G.B. Reminiscences about the origins of LP. **Oper. Res. Lett.**, v. 1, p. 43-48, 1982
- DANTZIG, G.B. **Linear programming and extensions.** Princeton University Press. Princeton, NJ, 1963
- DARBY, M.L; WHITE, D.C. On-line optimization of compelpx process units. **Chem. Engng. Prog.**, p. 51-59, 1988

- DEMBO, R.S. A set of geometric programming test problems and their solutions. **Math. Progr.**, v. 10, p. 192-213, 1976
- DEN HOLLANDER, M.A., MAKKEE, M., MOULIJIN, J.A. Coke formation during fluid catalytic cracking. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.4, p. 2931-2935, 1997
- DENNIS, J.E.; MORÉ Quasi-Newton methods, motivation and theory. **SIAM Review**, v. 19, p. 46-89, 1977
- DENNIS, J.E.; SCHNABEL, R.B. Least change secant updates for quasi-Newton methods. **SIAM Review**, v. 21, p. 443-459, 1979
- DENNIS, J.E.; SCHNABEL, R.B. **Numerical Methods for unconstrained optimization and nonlinear equations.** Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1983
- DIKIN, I.I. Iterative solutions of problems of linear and quadratic programming. **Soviet Math. Doklady**, v. 8, p. 674-675, 1967
- DONTCHEV, A.L.; HAGER, W.W.; POORE, A.B.; YANG, B. Optimality, stability and convergence in nonlinear control. **Appl. Math. & Optim.**, v. 31, n.3, p. 297-326, 1995
- DUSSANET, J.P.; GUINGUE, Y. Unification of basic composite nondifferentiable optimization. **Math. Progr.**, v. 70, n.3, p. 233-250, 1995
- EDGAR, T.F.; HIMMELBLAU, D.M. **Optimization of Chemical Processes.** McGraw-Hill, Singapore, 1989
- ELNASKAIE, S. S. E.; ELSHISHINI, S. S. Digital simulation of industrial fluid catalytic cracking units IV. Dynamic behavior., **Chem. Eng. Sciences**, v. 48, n. 3, p. 567-584, 1993
- FACCHINEI, F. Robust recursive quadratic programming algorithm model with global and superlinear convergence properties. **J.O.T.A.**, v. 92, n. 3, p. 543-579, 1997
- FACCHINEI, F. Minimization of  $SC^1$  functions and the Maratos effect. **Oper. Res. Lett.**, v. 13, n.3, p. 131-138, 1995
- FLETCHER, R. **Practical methods of optimization.** 2a edição, Wiley, Chichester-New York, 1987
- FLOUDAS, C.A.; PARDALOS, P.M. **A Collection of test problems for constrained global optimization algorithms.** volume 455 of Lecture Notes in Computer Science. Springer Verlag, 1990
- FORBES, J.F.; MARLIN, T.E.; MACGREGOR, J.F. Model Adequacy requirements for optimizing plant operations. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 6, p. 497-510, julho, 1994
- FORREST, J.; TOMLIN, J.A. Updating the triangular factors of the basis to maintain sparsity in the product form of simplex method. **Math. Progr.**, v. 2, p. 263-278, 1972

- FORREST, J.J.H.; TOMLIN, J.A. Vector processing and interior methods for linear programming. RJ 6390 (62372), IBM Almaden Research Center, San Jose, CA, 1988
- FUKUSHIMA, M. A successive quadratic programming algorithm with global and superlinear convergence properties. **Math. Progr.**, v. 35, n. 3, p. 253-264, 1986
- GANTMACHER, F.R. **The theory of matrices.** Chelsea Publishing Company, v. I e II, New York, 1959
- GANTMACHER, F.R. **Applications of the theory of matrices.** Interscience Publishers, Inc., New York, 1959
- GAY, D.M. On combining the schemes of Reid and Saunders for sparse LP bases. In: SPARSE MATRIX, Duff & Stewart, editors, 1978, SIAM Publishers, Philadelphia, Proceedings., 1979
- GEORGE, A.; HEATH, M. Solution of sparse linear least squares problems using Givens rotations. **Linear Algebra and Its Applications**, v. 34, p. 69-83, 1980
- GEORGE, A.; LIU, J. **Computer solutions of large sparse positive definite systems.** Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1981
- GIANNESSI, F.; TOMASIN, E. Nonconvex quadratic programs, linear complementary problems, and integer linear programs. In: MATHEMATICAL PROGRAMMING IN THEORY AND PRACTICE, P.L. Hammer & G. Zoutendijk, editors, 12-23/06, 1972, Figueira da Foz, Portugal. NATO ASI Series. North-Holland/American Elsevier, p.161-200, 1974
- GILL, P.E. ; MURRAY, W.; SAUNDERS, M.A.; WRIGHT, M.H. Model building and practical aspects of nonlinear programming. Recent developments in constrained optimization. In: COMPUTATIONAL MATHEMATICAL PROGRAMMING, K. Schittkowski, editor, 23/07 - 02/08, 1984, Bad Windsheim, Germany. NATO ASI Series. Springer-Verlag, p.209-248, 1985
- GILL, P.E. ; MURRAY, W.; SAUNDERS, M.A.; WRIGHT, M.H. User's guide for NPSOL (version 4.0): a FORTRAN package for nonlinear programming, report no. SOL 86-2, Systems Optimization Laboratory, Stanford Univeristy, 1986
- GILL, P.E.; MURRAY, W.; SAUNDERS, M.; WRIGHT, M.H. Recent developments in constrained optimization. **Journal of Comp. Appl. Math.**, v.22, p. 257-270, 1988
- GOLDFARB, D. Using the steepest-edge simplex algorithm to solve sparse linear programs. In: SPARSE MATRIX COMPUTATIONS, Bunch & Rose, editors, Academic Press, New York, 1976
- GOLDFARB, D.; IDANI, A. A numerically stable dual method for solving strictly convex quadratic programs. **Math. Progr.**, v. 27, p. 1-33, 1983
- GOLDFARB, D.; TODD, M.J. Linear Programming. In: HANDBOOKS IN OPERATIONS RESEARCH AND MANAGEMENT SCIENCE, G.L. Nemhauser, A.H.G. Rinnooy Kan, M.J. Todd, editors, v. 1, Optimization, p. 73-170, North-Holland, Amsterdam, 1989
- GOLUB, G.H.; VAN LOAN, C. **Advanced Matrix Computations.** The John Hopkins Press, Baltimore, Maryland, 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> edição 1983, 1989

- GONZAGA, C.C. Path following methods for linear programming. **SIAM Review**, v. 34, n. 2, p. 167-224, junho, 1992
- GOULD, N.I.M. On the accurate determination of search directions for simple differentiable penalty functions. **IMA Journal of Numerical Analysis**, v. 6, p. 357-372, 1986.
- GOUVÊA, M.T.; ODLOAK, D.; BENNATON, J.F. Tuning the parameters of a multivariable predictive control algorithm using a ### criterion. In: IFAC SYMPOSIUM ON ROBUST CONTROL DESIGN, Rio de Janeiro, Brasil, seção TA-B: Adaptive Control, setembro, 1994. **Proceedings**. p. 215-220.
- GOUVÊA, M.T., ODLOAK, D. Algoritmo de Programação Quadrática Sucessiva MISQPSOL para uso na otimização em tempo real. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. São Paulo, Brasil. Proceedings. 1996
- GOUVÊA, M.T., ODLOAK, D. Dealing with inconsistent quadratic programs in a SQP based algorithm. **Braz. J. of Chem Engng.**, v. 14, n. 1, p. 63-80, 1997a
- GOUVEA, M.T., ODLOAK, D. Increasing the robustness of the SQP algorithms. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.3, p. 2009-2013, Supl., p. 3079-3082, 1997b
- GOUVÊA, M.T., ODLOAK, D. ROSSMPC: a new way of representing and analyzing the predictive controllers. / aceito para publicação na Ind. & Eng. Chem. Res./ 1997c
- GRIMBLE, J.M; JOHNSON, M.A. **Optimal control and stochastic estimation: theory and applications**. vol. 1, John Willey & Sons, 1988
- GRIENWANK, A. TOINT, Ph. L. Partitioned variable metric updates for large structured optimization problems. **Numer. Mathem.**, v. 39, p. 429-448, 1982
- GRIENWANK, A. TOINT, Ph. L. On the existence of convex decomposition of partially separable functions, **Math. Progr.**, 1982
- GRIENWANK, A. TOINT, Ph. L. On the unconstrained optimization of partially separable functions. In: NONLINEAR PROGRAMMING, M.J.D. Powell, editor, Academic Press, New York, 1982
- GROSDIDIER, P.; MASON, A.; AITOLAHTI, A.; HEINONEN, P.; VANHAMÄBI, V. FCC unit reactor-regenerator control. **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n. 2, p. 165-180, fevereiro, 1993
- HADLEY, G. **Nonlinear and dynamic programming**. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading, Massachusetts, 1964
- HALL, D.W.; SPENCER II, G.L. **Elementary topology**. John Wiley & Sons. London, 1962
- HAN, S.P. Superlinearly convergent variable metric algorithms for general nonlinear programming problems. **Math. Progr.**, v. 11, p. 263-282, 1976
- HAN, S.P. A globally convergent method for nonlinear programming. **J. O. T. A.**, v.22, p. 297, 1977
- HAN, C.G.; PARDALOS, P.M.; YE, Y. Computational aspects of an interior point algorithm for quadratic programming problems with box constraints. In: LARGE-

- SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 92-112, 1990
- HATZIMANIKATIS, V.; LYBERATOR, G.; PAVLOU, S.; SVORONOS, S.A. A method for pulsed periodic optimization of chemical reaction systems. **Chem. Eng. Sciences**, v. 48, n. 4, p. 789-798, 1993
- HEATH, M.T.; NG E.; PEYTON, B.W. Parallel algorithms for sparse linear systems. **SIAM Review**, v. 33, n. 3, p. 420-460, setembro, 1991
- HEINZ, J.; SPELUCCI, P. A succesful implementation of the Pantoja-Mayne SQP method. **Optimization methods and software**, v. 4, n.1, p. 1-28, 1994
- HOCK, W.; SCHITTOWSKI, K. **Test examples for nonlinear programming codes**. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 187. Springer Verlag. Berlin - Heidelberg - New York, 1981
- HUQ, I.; MORARI, M.; SORENSEN, R.C. Modifications to model IV FCC units to improve dynamic performance. **AIChE Journal**, v. 41, n.6, p. 1491-1499, 1995
- IOFFE, A. On some recent developments in the theory of second order optimality conditions. In: 5<sup>th</sup> FRENCH-GERMAN CONFERENCE ON OPTIMIZATION, S. Dolecki, editor, 3-8 outubro, 1988, Castel-Novel, Varetz, França. Proceedings - Lecture Notes in Mathematics 1405. Springer-Verlag p. 55-68, 1989
- JETER, M.W. Mathematical programming: am introduction to optimization. Marcel Dekker Inc., New York, 1986
- KACHIYAN, L.G. A polynomial algorithm for linear programming. **Soviet. Mathem. Doklady**, v. 20, p. 191-194, 1979
- KARMARKAR, N. A new polynomial-time algorithm for LP. **Combinatoria**, v. 4, n. 4, p. 373-395, 1984
- KNOPS GERRITS, P.P, TRUJILLO, C.A., BARON, G., JACOBS, P.A. Understanding fluid catalytic cracking catalyst destruction by Vanadium in steam through spectroscopic study. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.4, p. 2963-2967, 1997
- KREYSZIG, e. **Advanced Engineering mathematics**. John Wiley & Sons, Inc., Singapore, 1993
- KOJIMA, M., MEGIDDO, N., NORMA, T., YOSHIRE, A. **A unified approach to interior point algorithms for linear complementary problems**. Lecture Notes in Comput. Science 538, Springer Verlag, Germany, 1991
- KOJIMA, M; MIZUNO, S.; YOSHISE, A. A polynomial-time algorithm for a class of linear complementary problems. **Math. Progr.**, v. 44, p.1-26, 1989
- KOSUT, R.L.; LAU, M.K.; BOYD, S.P. Set-membership identification of systems with parametric and nonparametric uncertainty. **IEE Trans-AC**, v. 37, n.7, p. 929-943, 1992
- KYRIAKOPOULOU, D., KALITVENTZEFF, B. Reduced Hessian interior point SQP for large-scale process optimization. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.3, p. 1969-1972, 1997

- KWONG, H.H. **Otimização de plantas químicas complexas.** São Paulo, 1993. Tese (Doutoramento) - DEQ/EPUSP
- KUHN, H. W. Nonlinear programming: a historical view. In: **NONLINEAR PROGRAMMING.** editor Cottle, R.W. & Lemke, C.E., SIAM-AMS Proceedings, v. 9. Symposium on nonlinear programming. 23-24/03/1975, New York, p. 1-26, 1975
- LARSEN, L.J. A modified inversion procedure for product form of the inverse linear programming codes. **Commun. ACM**, julho, 1962
- LASDON, L.S. **Optimization theory of large scale systems.** Mac Millan Co., New York, 1970
- LASDON, L.S.; WARREN, A.D. Large scale non-linear programming. **Comput. Chem. Engng.**, v.7, n. 5, p. 595-604, 1983
- LEE, C.H.; YUNG, S. P. Sufficient conditions for optimal control problems with time delay. **J.O.T.A.**, v. 8, n. 1, p. 157-176, 1996
- LEE, J.H.; GELORMINO, M.S.; MORARI, M. Model predictive control of multi-rate sampled data systems: a state-space approach. **Int. Journal of Control**, v. 55, p. 153-191, 1992
- LEE, J.H.; MORARI, M. Robust model predictive control: an identification relevant algorithm. In: **AIChE ANNUAL MEETING**, Los Angeles, CA, 1991
- LEE, J.H.; MORARI, M.; GARCIA, C.E. State-space interpretation of model predictive control. **Automatica**, to appear , 1993
- LEE, J.H.; YU Z.H. Tuning of Model Predictive Controllers for Robust Performance. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 7, p. 15-38, 1994
- LEVY, A.V.; MONTALVO, A. The tunneling algorithms for the global minimizer of functions. **SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing**, v.6, p.15-29, 1985
- LI, QIU B.; BERNHARDSSON, A.; RANTZER, E. J.; DAVISON, P. M.; YOUNG, J. C.; DOYLE, A formula for computation of the real stability radius. **Automatica**. v. 31,n. 6,p. 879-890, 1995
- LI, S.; LIM, K.Y.; FISHER, D.G. A state space formulation for model predictive control. **AIChE Journal**, v. 25, p. 241-249, 1989
- LIAO, A. Modifying the BFGS method. **Oper. Res. Lett.**, v. 20, n.4, p. 171-178, 1997
- LJUNG, L. **System identification: theory for the user.** Prentice Hall, 1987
- LOGSDON, J.S.; BIEGLER, L.T. Decomposition strategies for large scale dynamic optimization problems. **Chem. Engng. Sci.**, v. 47, p. 851, 1992
- LOGSDON, J.S.; BIEGLER, L.T. A relaxed reduced space SQP strategy for dynamic optimization problems. **Comput. Chem. Engng.**, v.17, n.4, p. 367-372, abril, 1993
- LOJEK, R.J.; WHITEHEAD, B.D. Integrated advanced control and on-line optimization in olefins plant. **Comput. Chem. Engng.**, v. 13, n. 11/12, p. 1291-1297, 1989
- LONA BATISTA, L.M.F., MACIEL FILHO, R. Deterministic model and hybrid model with neural network to simulate a FCC regeneration system. In: **The 1st EUROPEAN**



- CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.3, p. 1987-1990, 1997
- LOOTSMA, F.A. Comparative performance evaluation, experimental design and generation of test problems in nonlinear optimization. In: COMPUTATIONAL MATHEMATICAL PROGRAMMING, K. Schittkowski, editor, 23/07 - 02/08, 1984, Bad Windsheim, Germany. NATO ASI Series. Springer-Verlag, p.249-260, 1985
- LOPEZ-ISUNTA, F.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.; AGUILAR, R. A strategy to regulate temperature in FCC units with poor knowledge of chemical kinetics. **Comput. Chem. Engng.**, v. 20, suppl. B, p. S859-864, 1996
- LUCIA, A.; XU, J. Chemical Process Optimization using Newton-like methods. **Comput. Chem. Engng.**, v. 14, n. 2, p. 119-138, 1990
- LUCIA, A.; XU, J.; LAYN, K.M. Nonconvex process optimization. **Comput. Chem. Engng.**, v.20, n. 2, p. 1375-1398, 1996
- LUENBERGER, D. G. **Introduction to Linear and Nonlinear Programming.** Addison Wesley, 2<sup>a</sup>. edição, 1984
- LUENBERGER, D. G. **Optimization by vector space methods.** John-Wiley & Sons, Inc., New York, 1969
- LUSTIG, I.J.; MARSTEN, R.E.; SHANNO, D.F. The primal-dual interior point method on the cray supercomputer. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 70-80, 1990
- LUUS, R. Application of dynamic programming to differential-algebraic process sydtems. **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n.4, p. 373-378, abril, 1993
- MCCORMICK, G. P. Optimality criteria in nonlinear programming. In: NONLINEAR PROGRAMMING. editor Cottle, R.W. & Lemke, C.E., SIAM-AMS Proceedings, v. 9. Symposium on nonlinear programming. 23-24/03/1975, New York, p. 27-39, 1975
- MAGALHÃES, M.V.O. **Controle Multivariável de fracionadoras de petróleo.** São Paulo, 1994. Dissertação (Mestrado) - DEQ/EPUSP
- MANGASARIAN, O.L. **Nonlinear Programming.** McGraw-Hill Inc., New York 1969
- MC FARLANE, R.C.; REINEMANN, R.C. Multivariable optimization control of a model IV fluid catalytic cracking unit. In: AIChE SPRING NATIONAL MEETING, Orlando, FL, 1990
- MC FARLANE, R.C.; REINEMANN, R.C.; BARTEE, J.F.; GEORKAKIS, C. Dynamic simulation for a model IV fluid catalytic craking unit. **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n.3, p. 275-300, março, 1993
- MEGIDDO, N. Introduction: new approaches to linear programming. **Algorithmica**, v.1, p. 387-394, 1986
- MINOUX, M. **Mathematical programming: theory and algorithms.** John Wiley & Sons, Chichester, 1986

- MORO, L.F.L. **Desenvolvimento de um Controlador Preditivo Multivariável para um Conversor Industrial de Craqueamento Catalítico.** São Paulo, 1992. Dissertação (Mestrado) - DEQ/EPUSP
- MORO, L.F.L.; ODLOAK, D. Constrained Multivariable Control of fluid catalytic Converters. **Journal of Process Control**, v. 5, n. 1, p. 29-39, 1995
- MORSHEDI, A.M.; LIN, H.Y.; LUECKE, R.H. Rapid computation of the Jacobian matrix for optimization of nonlinear dynamic process. **Comput. & Chem. Engng.**; v. 10, n. 4, p.367-376, 1986
- MOURA, L.R. **Linearizações externas e pontos interiores em programação convexa.** São Paulo, 1992. Dissertação ( Mestrado ) - IME/USP
- MURTAGH, B.A.; SAUNDERS, M. A. MINDS/ Augmented Supplementary User's Manual. Report OR/78/6, The University of New South Wales, Australia, 1978
- MURTAGH, B.A.; SUANDERES, M.A. A projected Lagrangian Algorithm and its Implementation for Sparse Constraints. **Math. Progr. Study**, v. 16, p. 84-117, 1982
- MURTY, R. **Linear and Combinatorial Programming.** John Willey & Sons, New York, 1976
- NARRAWAY, L.T.; PERKINS, D.J. Selection of process control structures based on linear dynamic economics. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 32, n. 11, p. 2681-2692, 1993
- NAZARETH, J.L. The newton and cauchy perspectives on computational nonlinear optimization. **SIAM Review**, v. 36, n. 2, p. 215-225, junho, 1994
- NEMHAUSER, G.L.; KAN, A.H.G.R.; TODD, M.J. **Optimization.** In: Handbook in Operations Research and Management Science v.1, North-Holland, 1989
- NESTEROV, Y.; NEMIROVSKY, A. **Interior-point polynomial methods in convex programming.** Studies in Applied Mathematics, v. 13. SIAM. Philadelphia, PA., 1994
- NOCEDAL, J. The performance of several algorithms for large scale unconstrained optimization. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 138-152, 1990
- NOCEDAL, J.; OVERTON, M.L. Projected Hessian updating algorithms for nonlinear constrained optimization. **SIAM J. Num. Anal.**, v. 22, p. 821, 1985
- OBUCHOWSKA, W. T.; CARON, R. Minimal Representation of quadratically constrained convex feasible regions. **Math. Progr.**, v. 68, n. 2, p. 169-186, 1995
- ODLOAK, D., GOUVÊA, M.T. Control and optimization of fluid catalytic cracking converters. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, seção AP6, Controle de Processos I, 2-6, setembro, 1996, São Paulo, Brasil, 1996. Sociedade Brasileira de Automática. Proceedings. v.3, p. 411-1416, 1996
- PALOMARES, U.M.G.; MANGASARIAN, O.L. Superlinearly convergent quasi-Newton algorithms for nonlinearly constrained optimization problems. **Math. Progr.**, v. 11, p. 1-13, 1976
- PALOSCHI, J.R.; PERKINS, J.P. The updating of LU factors in quasi-Newton methods. **Comput. Chem Engng.**, v. 10, n.3, p.241-247, 1986

- PALOSCHI, J.R.; PERKINS, J.P. An implementation of quasi-Newton methods for solving sets of nonlinear equations. **Comput. Chem. Engng.**, v. 12, n.8, p.767-776, 1988
- PAN, V. Complexity of computations with matrices and polynomials. **SIAM Review**, v.34, n. 2, p. 225-262, junho, 1992
- PANG, J.S. Iterative descent algorithms for a row sufficient linear complementary problem. Technical Report, Department of Mathematical Sciences, The Whiting School of Engineering, The John Hopkins University, Baltimore, MD 21218, 1989.
- PANG, J.S. Methods for quadratic programming: a survey. **Comput. Chem. Engng.**, v. 7, n. 5, p. 583-594, 1983
- PANIK, M.J. **Classical optimization: foundations and extensions.** North-Holland/American Elsevier, New York, 1976
- PANTOJA, J.F.A.; MAYNE, D.Q. Exact penalty function algorithm with simple updating of the penalty parameter. **J.O.T.A.**, v. 69, p. 441-467, 1991
- PAPADIMITRIOU, L.H; STEIGLITZ, K. **Combinatorial optimization: algorithms and complexity.** Prentice-Hall inc. Englewood Cliffs, NJ, 1982
- PAPALAMBROS, P.Y.; WILDE, D.J. **Principles of optimal design: modeling and computation.** Cambridge Academic Press, Cambridge, 1988
- PERREGAARD, J. Model simplification and reduction for simulation and optimization of chemical processes. **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n. 5/6, p. 465-484, maio/junho, 1993
- PIERRE, D.; LOWE, M.J. **Mathematical Programming via augmented Lagrangians: an introduction with computer programs.** Applied Mathematics and Computation, 9. Addison-Wesely Publishing Company, Inc., Don Mills, Ontario, 1975
- PILIA, M.L., VIOLA, A., CAO, G., GREGU, A.M., MELIS, A., GUERRINI, V. Modeling of fluid catalytic cracking units and comparison with industrial scale data. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.3, p. 2251-2255, 1997
- PILLO, G. di An exact penalty function method with global convergence properties for nonlinear programming problems, **Math. Progr.**, v., 38, n. 1, p. 1-18, 1986
- POJE, J.B.; SMART, A.M. On-line energy optimization in chemical complex. **Chem. Engng. Prog.**, p. 39-41, 1986
- PONSTEIN, J. **Approach to the theory of optimization.** Cambridge University Press, Cambridge, 1980
- POWELL, M. J. D. A fast algorithm for nonlinear constrained optimization calculations. In: 1977 DUNDEE CONFERENCE ON NUMERICAL ANALYSIS, 1977
- POWELL, M.J.D. The convergence of variable metric methods for nonlinear constrained optimization calculations. In: NONLINEAR PROGRAMMING 3, O.L. Mangasarian, R.R. Meyer, S.M. Robinson, editores, 1978 - Academic Press, New York, p. 27-63, 1978

- POWELL, M.J.D. The performance of two subroutines for constrained optimization on some difficult problems. In: NUMERICAL OPTIMIZATION, P.T. Boggs, R.H. Boyd, R.B. Schnabel, editores, 1984 - SIAM, Philadelphia, p. 160-177, 1985
- POWELL, M.J.D.; YUAN, Y. A recursive quadratic programming algorithm that uses differentiable exact penalty functions. **Math. Progr.**, v. 35, p.265-278, 1986
- PSIAKI, M.L.; PARK, K. Augmented Lagrangian nonlinear programming algorithm that uses SQP and trust region techniques. **J.O.T.A.**, v. 86, n.2, p. 311-325, 1995
- PRETT, D.M.; GILLETTE, P.D. Optimization and constrained multivariable control of a catalytic cracking unit. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 1980. **Proceedings**.
- QI, L.; SUN, J. A trust region algorithm for minimization of locally Lipschitzion functions. **Math. Progr.**, v. 66, n. 1, p. 25-44, 1994
- REICHEL, L.; GRAGG W.B. Fortran subroutines for updating the QR decomposition of a matrix, **ACM-TOMS**, to appear (1989-1990)
- REID, J.R. **Solution of linear systems of equations: direct methods (general)**. Lecture Notes in Mathematics 27. Copenhagen, 1976
- REID, J.R. A sparsity-exploiting variant of the Bartels-Golub decomposition for linear programming basis. **Math. Progr.**, v.24, p.55-69, 1982
- RENEGAR, J. A polynomial-time algorithm based on Newton's method for linear programming. **Math. Progr.**, v. 40, p. 59-94, 1988
- RENFRO, J.G.; MORSHEDI, A.M.; ASBJORNSEN, O.A. Simultaneous optimization and solution of systems described by differential/algebraic equations. **Comput. Chem. Engng.**, v. 11, n. 5, p. 503-517, 1987
- RHEMANN, H.; SCHWARZ, G.; BADGWELL, T.A.; DARBY, M.L.; WHITE, D.C. On line FCCU advanced control and optimization. **Hydrocarbon Processing**, v. 68, n. 6, p. 64-71, junho, 1989
- RIJCKAERT, M.J.; WALRAVEN, J.C. Reflections on geometric programming. In: COMPUTATIONAL MATHEMATICAL PROGRAMMING, K. Schittkowski, editor, 23/07 - 02/08, 1984, Bad Windsheim, Germany. NATO ASI Series. Springer-Verlag, p. 141-164, 1985
- RYOO, H.S.; SAHINIDIS, N.V. Global optimization of nonconvex NLPs and MINLP's with application in process design. **Comput. Chem Engng.**, v. 19, n. 5, p. 551-566, maio, 1995
- SAUNDERS, M. **Large-scale linear programming using the Cholesky factorization**. Stanford, 1972. Tese ( PhD ) - Stanford University
- SAUNDERS, M. A fast, stable implementation of the simplex method using Bartels-Golub updating. In: SPARSE MATRIX COMPUTATIONS, Brunch & Rose, editors., Academic Press, N.Y., 1976
- SAVKOVIC, S. J. Neural networks for process analysis and optimization modeling and application. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 11/12, p. 1149-1155, novembro/dezembro, 1994

- SCHMID, C.; BIEGLER, L.T. Acceleration of reduced hessian methods for large-scale nonlinear programming. **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n. 5/6, p. 451-463, maio/junho, 1993
- SCHMID, C.; BIEGLER, L.T. Quadratic programming methods for reduced Hessian SQP. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 9, p.817-832, 1994
- SCHNABEL, R.B.; KOONTZ, J.E.; WEISS, B.E. A modular system of algorithms of unconstrained minimization. **ACM Transactions on Mathematical Software**, v. 11, p. 419-440, 1985
- SHITTOWSKI, K. Software for mathematical programming. In: COMPUTATIONAL MATHEMATICAL PROGRAMMING, K. Schittkowski, editor, 23/07 - 02/08, 1984, Bad Windsheim, Germany. NATO ASI Series. Springer-Verlag, p.383-451, 1985
- SHITTOWSKI, K. **More test examples for nonlinear programming codes.** Lecture Notes in Economics and Math. Systems, 282. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1987
- SIEGEL, D. Modifying the BFGS update by a new column scaling technique. **Math. Progr.**, v. 66, n. 1, p. 45-78, 1994
- SMITH, B.T.; BOYLE, J.M.; DONGARRA, J.J.; GARROW, B.S.; IKEBE, Y.; KLEMA, V.C.; Moler, C.B. **Matrix Eigensystem Routines - EISPACK Guide.** Lecture Notes in Computer Science, vol. 6, 2<sup>a</sup> edição, Springer-Verlag, Berlin, 1976
- SMITH, D.R. **Variational methods in optimization.** Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1974
- SMITH, S.L.; ESKOW, E.; SCHNABEL, R.B. Large adaptive, asynchronous stochastic global optimization algorithms for sequential and parallel computation. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 207-227, 1990
- SMITH, S.; LASDON, L. Solving Large sparse nonlinear programs using GRG. **ORSA Journal on Computing**, v. 4, p. 1-15, 1992
- SORENSEN, D.C. The k-step Arnoldi process. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 228-237, 1990
- STEWART, G. W.; SUN, JI-GUANG **Matrix Perturbation Theory.** Academic Press, Inc. San Diego, 1990
- STOER, J. Principles of Sequential Quadratic Programming Methods for Solving Nonlinear Programs. In: COMPUTATIONAL MATHEMATICAL PROGRAMMING, K. Schittkowski, editor, 23/07 - 02/08, 1984, Bad Windsheim, Germany. NATO ASI Series. Springer-Verlag, p. 165-208, 1985
- STOER, J.; BULIRSCH, R. **Introduction to numerical analysis.** Springer Verlag, Berlin, 1980
- STONE, R.E.; TOVEY, C.A. The simplex and projective scaling algorithms as iteratively reweighted least squares methods. **SIAM Review**, v. 33, n. 2, p. 220-237, junho, 1991
- STRAUB, D.A.; GROSSMANN, I.E. Design optimization of stochastic flexibility. **Comput. Chem. Engng.**, v. 17, n. 4, p. 339-354, abril, 1993

- TAMURA, M.; KOBAYASHI, Y. Application of sequential quadratic programming software program to an actual problem. **Math. Progr.**, v. 52, n. 1, p. 19-27, 1991
- TAO, P.D; AN, L.T.H. Difference of convex functions optimization algorithms (DCA) for globally minimizing nonconvex quadratic forms on Euclidean balls and spheres. **Oper. Res. Lett.**, v. 19, n.5, p. 207-216, 1996
- TAPIA, R.A.; TRONET, M.W. An extension of the KKT necessity conditions to infinite programming. **SIAM Review**, v. 36, n. 1, p. 1-17, 1994
- TIEU, D.; CLUETT, W.R.; PENLIDIS, A. A comparison of collocation methods for solving dynamic optimization problems. **Comput. & Chem. Engng.**, v. 19, n. 4, p. 375-381, abril, 1995
- TODD, M.J. Recent developments and new directions in LP. In: MATHEMATICAL PROGRAMMING, RECENT DEVELOPMENTS AND APPLICATIONS, N.Iri & K. Tanabe, editors, p. 109-157, Kluwer Academic Publishers, London, 1989
- TODD, M.J. The effects of degeneracy and null and unbounded variables on variants of Karmarkar's linear programming algorithm. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 81-91, 1990
- TOINT, Ph. L. A sparse quasi-Newton update variationally with a non-diagonally weighted Frobenius norm. **Math. Comp.**, v. 37, p. 425-434, 1981<sup>a</sup>
- TOINT, Ph. L. A note on sparsity exploiting quasi-Newton methods. **Math. Progr.**, v. 21, p. 172-181, 1981
- TORN, A.; ZILINSKAS, A. **Global optimization.** Lecture Notes in Computer Science, G. Goos and J. Hartminis, editors, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1989
- VARDYNATHAN, R.C.; HALWAGI, M. el Global optimization of nonconvex nonlinear programs via interval analysis. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 10, p. 889-898, 1994
- VARVAREZOS, D.K.; BIEGLER, L.T.; GROSMANN, I.E. Multiperiod design optimization with SQP decomposition. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 7, p.579-595, julho, 1994
- VARVAREZOS, D.K.; BIEGLER, L.T.; GROSMANN, I.E. Modeling uncertainty and analyzing hothenach characteristics in multiperiod design optimization. **Comput. Chem. Engng.**, v. 19, n. 5, p.497-512, maio, 1995
- VASANTHARAJAN, S.; BIEGLER, L. T. Large-scale decomposition for successive quadratic programming. **Comput. Chem. Engng.**, v.12, p. 1087, 1988
- VASANTHARAJAN, S.; BIEGLER, L. T. Simultaneous strategies for parameter optimization and accurate solution of differential-algebraic systems. **Comput. Chem. Engng.**, v. 14, p. 1083, 1990
- VIAL, J.P. A unified approach to projective algorithms for linear programming. In: OPTIMIZATION, A. Dold, B. Beckmann, F. Takens, editors, the 5<sup>th</sup> French-German Conference, 3-8 outubro, 1988, Castel-Novel (Varetz), France. Proceedings. Lecture Notes in Mathem. 1405, Springer Verlag, p. 191-220, 1988
- WATKINS, D.S. Some perspectives on the eigenvalue problem. **SIAM Review**, v. 35, n. 3, setembro, 1993

- WEIJNEN, M.P.C. A systems engineering approach to environmental protection in chemical process design, for environmental and economic benefits. In: The 1st EUROPEAN CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING. 4-7, maio, 1997, Firenze, Itália. Proceedings. v.1, p. 659-662, 1997
- WILSON, R.B. **A simplified algorithm for concave programming.** Cambridge, Massachusetts, 1963. Tese (PhD). Graduate School of Business Administration/Harvard University
- WRIGHT, S. Convergence of SQP-like methods for constrained optimization. **SIAM J. on Control and Optimization** v. 27, n. 1, p. 13-26, 1989
- YE, J.J.; Necessary conditions for bilevel dynamic optimization problems. **SIAM J. on Control and Optimization**, v.33, n.4, p. 1208-1223, 1995
- YE, Y.; TSE, E. A polynomial-time algorithm for convex quadratic programming. Technical Report. Stanford University. Stanford, CA, 1986
- YEZZA, A. First-order necessary optimality conditions for general bilevel programming problems. **J.O.T.A.**, v. 89, n.1, p. 189-220, 1996
- YOUSFI, C.; TOURNIER, R. Steady state optimization inside model predictive control. In: AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 1991. **Proceedings.** 1991
- YU, Z.H.; LEE, L.L.; MORARI, M. State estimation based model predictive control applied to shell control problem: a case study. **Chem. Eng. Sciences**, v. 49, n. 3, p. 285-302, 1994
- ZAFIRIOU, E. ; MORARI, M. **Robust process control.** Prentice-Hall Int. Inc., Englewood Clifs, NJ, 1989
- ZENIOS, S. A.; QI, R.; CHAJAKIS, E.D. A comparative study of parallel dual coordinate ascent implementations for nonlinear network optimization. In: LARGE-SCALE NUMERICAL OPTIMIZATION, T. F. Coleman and Yuying Li, editors, 19-20 outubro, 1989, New York, Estados Unidos. Proceedings. p. 238-255, 1990
- ZHENG, H. Second-order necessary conditions for differential inclusion problems. **Appl. Math. & Optim.**, v. 30, n.2, 1994
- ZHENG, Y.Y. Dynamic modeling and simulation of a catalytic cracking unit. **Comput. Chem. Engng.**, v. 18, n. 1, p. 39-44, 1994
- ZHU, Z. X.; JUTAN, A. Stability robustness for decentralized control systems. **Chem. Eng. Sciences**, v. 48, n. 13, p. 2337-2344, 1993