

ALESPLIT – Algoritmos eficientes para sistemas de produção, localização e transportes

Processo CNPq # 300837/89-5

Ref.: Bolsa de Produtividade
em Pesquisa

Luiz Antonio Nogueira Lorena

lorena@lac.inpe.br

<http://www.lac.inpe.br/~lorena>

2º RELATÓRIO

Período: 01/03/2001 a 28/02/2003

1. Resumo do ALESPLIT

O objetivo principal do *ALESPLIT* está sendo o de continuar a pesquisa e desenvolvimento de algoritmos eficientes para problemas de Otimização Combinatória que ocorrem em Sistemas de Produção e em Localização de facilidades e Roteamento de veículos. Outros objetivos estão na continuação da formação de recursos humanos e de pesquisa e desenvolvimento, e na colaboração com outros colegas pesquisadores em projetos temáticos de equipe. A participação e/ou coordenação em dois projetos temáticos nas áreas correlatas ao projeto, proporcionam uma ampla e adequada visão da pesquisa e desenvolvimento em áreas relacionadas ao projeto.

Nos sistemas de produção e em ambientes urbanos ocorrem diversos problemas de natureza combinatória, que devem ser resolvidos de maneira ótima por decisores. Entre estes se destacam os problemas de clustering e scheduling:

Problemas de clustering:

Aparecem geralmente na classificação de dados para determinados propósitos, tais como sua armazenagem e recuperação de modo eficiente. Qualquer algoritmo de clustering

tenta determinar grupos que ocorrem nos dados por alguma característica determinante. São usadas medidas de distâncias e/ou similaridades.

Problemas de scheduling:

Ocorrem quando se procura a melhor ordem numa sequência de tarefas em máquinas (ou processadores) para aumentar a eficiência de processos. Recursos podem ser requeridos para a execução das tarefas, bem como prioridades na execução e disponibilidade das máquinas (entre outras condições).

As propostas para o ALESPLIT foram centralizadas na continuação das pesquisas e orientação e na participação e/ou coordenação de projetos temáticos de equipe.

1.1. Pesquisa e orientação

As pesquisas no ALESPLIT estarão dirigidas para a busca de novos algoritmos eficientes para os problemas de otimização combinatória que aparecem em sistemas de Produção, em Localização de Facilidades e Roteamento de veículos (transportes).

Os novos algoritmos continuarão a ser desenvolvidos em duas frentes:

- Uso combinado das relaxações Lagrangeana e surrogate (relaxação Lagrangeana/surrogate), e
- Em meta-heurísticas (busca tabu e Algoritmo Genético Construtivo).

Relaxação Lagrangeana/surrogate:

Esta pesquisa produziu várias publicações internacionais, com a participação de alunos como co-autores, bem como outros pesquisadores de instituições brasileiras e do exterior. Seus resultados demonstram a eficiência do uso combinado das relaxações Lagrangeana e surrogate na solução de problemas de otimização combinatória.

A continuação das pesquisas deve focar o relacionamento entre a relaxação Lagrangeana/surrogate e o processo tradicional de geração de colunas em Programação Linear para problemas de grande porte. É bem conhecida a equivalência entre os processos de decomposição de Dantzig-Wolfe, geração de colunas e a relaxação Lagrangeana.

Dois trabalhos iniciais foram desenvolvidos aplicando estes conceitos ao problema de p-mediana não-capacitado e com capacidades. Os resultados foram muito bons, mostrando que geração de colunas pode ser uma alternativa mais rápida que métodos subgradientes. O uso da relaxação Lagrangeana/surrogate permitiu gerar um número menor de colunas e obter os mesmos resultados que métodos tradicionais. Seus tempos computacionais foram também reduzidos em até 50%. Os trabalhos estão aceitos para publicação na EJOR (p-mediana não-capacitado) e Comp & Op. Research (p-mediana capacitado).

Foi mostrado ainda que a relaxação Lagrangeana/surrogate produz um limite inferior de qualidade para ser usado em etapas intermediárias do processo de geração de colunas (minimização). Isto pode ser útil como critério de parada do processo de geração de colunas, e é especialmente importante quando o subproblema a ser resolvido é um problema difícil.

Estamos explorando os bons limites da relaxação Lagrangeana/surrogate no Branch & Price, com resultados iniciais satisfatórios. O número de nós da árvore foi diminuído em relação ao processo tradicional.

Dois alunos de doutorado estão pesquisando aplicações e desenvolvimentos teóricos no assunto, e a colaboração de co-autores continuará a ser enfatizada.

Meta-heurísticas:

As meta-heurísticas, ou heurísticas modernas, têm se destacado nos últimos anos como métodos eficientes para solução de problemas de otimização combinatória. Dentre elas, podemos citar a busca tabu e algoritmos evolutivos.

O Algoritmo Genético Construtivo (AGC) foi proposto para tratar eficientemente o problema da avaliação de esquemas em Algoritmos Genéticos, e têm sido desenvolvido e pesquisado no INPE por meus alunos e colaboradores de outras instituições, com várias publicações internacionais.. Pretende-se como continuação da pesquisa estudar o uso do AGC combinado com o processo de geração de colunas e dedicar maior tempo na análise de parâmetros do método. Também adaptar o AGC para codificação real e uma versão de Treinamento Populacional.

Um aluno de doutorado está terminando pesquisa de generalização do AGC para problemas com variáveis reais. Pretende-se testar sua aplicação no treinamento de redes neurais e em problemas de scheduling. As aplicações aos problemas de sequenciamento de padrões de cortes e o de layout de VLSI, gerou duas publicações internacionais no ano de 2002.

1.2. Os projetos temáticos e de auxílio à pesquisa

- Participação no projeto de Auxílio à pesquisa - Proc. CNPq 461324/00-8

Localização-Alocação e Roteamento em Redes com Sistemas de Informações Geográficas
Sigla: LARSIG

Coordenador: Edson L. F. Senne

- Coordenador do projeto de Auxílio à pesquisa - Proc. CNPq 472310/01-1

Novos Algoritmos para Sistemas de Produção, Localização e Transportes
Sigla: NASLOT

Coordenador: Luiz Antonio Nogueira Lorena

- ❑ Projeto temático FAPESP desenvolvido sob minha coordenação:

Sistemas de Apoio à Decisão usando Redes e Sistemas de Informações Geográficas

Sigla: ARSIG-2

<http://www.lac.inpe.br/~lorena/ArsigIndex.html>

Finalizado em junho/2002

- ❑ Participação em projeto temático FAPESP:

TEORIA E PRÁTICA DOS PROBLEMAS DE CORTE E
EMPACOTAMENTO

Foi iniciado em agosto de 2001, com minha participação e com a coordenação do professor Marcos Nereu Arenales, da USP / São Carlos.

2. Principais resultados

A apresentação dos resultados alcançados no projeto está dividida nos seguintes itens:

- ❑ Atividades de pesquisa;
- ❑ Atividades de orientação;
- ❑ Trabalhos científicos no período.

2.1. Atividades de Pesquisa

Problemas de Localização-Alocação e Problemas Relacionados

- ❑ A relaxação lagrangeana/surrogate foi aplicada com sucesso aos seguintes problemas de localização de facilidades: p-mediana, p-mediana capacitado, p-mediana com restrição de distância máxima, localização de máxima cobertura e a um problema de localização com competição. Os resultados de trabalhos anteriores sobre p-mediana foram sensivelmente melhorados, com a introdução de um algoritmo de localização-alocação alternada, usado para viabilizar soluções duais no processo de otimização por subgradientes.
- ❑ Foi desenvolvida uma nova abordagem para a solução de problemas de localização com o uso da relaxação lagrangeana/surrogate no processo de geração de colunas, visando

estabilizar e acelerar o método tradicional de geração de colunas. Esta abordagem foi aplicada ao problema de p-medianas e ao problema de p-medianas capacitado.

- ❑ A utilização do algoritmo de localização-alocação alternada como heurística de mutação no processo evolutivo foi aplicada a um algoritmo genético construtivo (AGC) desenvolvido anteriormente com resultados muito bons. Este algoritmo foi aplicado a problemas de p-medianas, problemas de p-medianas capacitado, e problemas de máxima cobertura.
- ❑ O problema de localização capacitado foi considerado como aplicação na localização de silos em cooperativas agrícolas, numa tentativa de identificar e propor soluções para problemas de redes no ambiente agrícola. O algoritmo genético construtivo com a utilização do algoritmo de localização-alocação foi aplicado ao problema com resultados muito bons.
- ❑ Foi estudada, anteriormente, a aplicação do algoritmo genético construtivo ao problema da formação de células de manufatura em ambientes de produção, onde máquinas que processam tarefas são agrupadas em células com o objetivo de tornar a produção mais eficiente. Trata-se também de um problema clássico com grande aplicação prática. Na formulação do AGC foi utilizada a relação com o problema de p-medianas, como uma medida de distância apropriada.

Problemas de Roteamento de Veículos e Problemas Relacionados

- ❑ Iniciou-se o estudo visando a aplicação da relaxação lagrangeana/surrogate aliada a métodos de otimização por subgradientes e ao processo de geração de colunas para o problema de roteamento de veículos com janelas de tempo. Problemas relacionados, como o de programação de horários para tripulações (crews) estão sendo pesquisados.
- ❑ Um problema clássico, relacionado ao roteamento de veículos, usado na fase de clustering é o problema generalizado de atribuição (PGA). A aplicação da relaxação lagrangeana/surrogate ao PGA resultou em resultados excelentes com grande economia de tempo computacional, principalmente para a decomposição lagrangeana. Iniciou-se a implementação de relaxação lagrangeana/surrogate no processo de geração de colunas, visando estabilizar a solução do modelo de particionamento. Está sendo pesquisado como resolver o problema de forma exata usando o método branch-and-price combinado com a relaxação lagrangeana/surrogate.
- ❑ Vem sendo estudado o problema de rotulação de pontos, importante para a confecção automática de mapas usando Sistemas de Informações Geográficas. Estuda-se a aplicação do algoritmo genético construtivo para a solução deste problema que, basicamente, objetiva escrever rótulos em pontos de um mapa (como nomes de cidades, por exemplo) de forma clara e evitando conflitos entre rótulos (que não podem se sobrepor). O problema vem sendo modelado e resolvido como um problema em grafos (encontrar um conjunto independente máximo). Também será proposta uma alternativa

para a rotulação em tela visando aplicações para a Internet ou para consulta automática em veículos.

- O problema da coloração de grafos é um problema clássico de grande importância e que apresenta várias aplicações relacionadas às áreas do projeto (pois pode ser visto como um problema de clustering). Outro problema de clustering é o da programação de horários (*timetabling*). Abordagens de solução para tais problemas vêm sendo desenvolvidas com a aplicação do algoritmo genético construtivo.
- Foi iniciado em 2003, o estudo e possível aplicação dos novos algoritmos no contexto de scheduling e problemas de permutação. A relaxação Lagrangean/surrogate foi aplicada com sucesso ao problema simétrico do Caixeiro Viajante. Problemas de sequenciamento de padrões de cortes foram examinados, bem com alguns relacionados ao layout de VLSI. Os problemas de flow-shop estão sendo estudados com a participação de um aluno de pós-doutorado.

Resumo das aplicações

- Em resumo, as seguintes aplicações foram examinadas no projeto:

Localização

- Problema de p-medianas,
- Problema de p-medianas considerando distâncias de rede,
- Problema de p-medianas capacitado,
- Problema de p-medianas com restrição de distância máxima,
- Problema de localização de máxima cobertura,
- Problema de localização com competição.

Roteamento

- Roteamento de veículos com janelas de tempo,
- Programação de horários para tripulações (*crews*),
- Problema Generalizado de Atribuição,
- Problema simétrico do Caixeiro Viajante.

Problemas relacionados

- Problema de rotulação de pontos,
- Coloração de grafos,
- Programação de horários (*timetabling*),
- Problema da formação de células de manufatura,
- Problema de minimização do número máximo de pilhas abertas,

- Problema de layout de VLSI,
- Problemas de flow-shop permutacional,
- Minimização de funções irrestritas,
- Cobertura e particionamento de conjuntos.

Integrações de algoritmos a SIGs

- No projeto temático ARSIG-2 foram realizadas as seguintes integrações com a colaboração do bolsista PCI-CNPq, Marcos Antonio Pereira.

Integrações ao ArcView

- Problema das p-medianas,
- Problema das p-medianas considerando distâncias de rede,
- Problema de p-medianas capacitado,
- Problema de p-medianas com restrição de distância máxima,
- Problema de localização de máxima cobertura e
- Problema de localização com competição.

Integrações ao SPRING

- Problema das p-medianas,
- Problema das p-medianas considerando distâncias de rede, e
- Problema de p-medianas capacitado.

2.2. Atividades de Orientação

Em Andamento:

Doutorado –

Missae Yamamoto

Tese: Novas heurísticas para problemas de rotulação de pontos (título provisório)

Data prevista de defesa: Março/2003

Silvely N.A. Salomão

Tese: A relação Lagrangeana/surrogate e o processo de geração de colunas (título provisório)

Data prevista de defesa: Março/2004

Alexandre César Muniz Oliveira

Tese: Treinamento Computacional heurístico (título provisório)

Data prevista de defesa: Junho/2004.

Bolsista PCI -

Marcos Antonio Pereira
Início em setembro de 2002

Finalizado

Doutorado –

Reinaldo G. I. Arakaki
Tese: Heurísticas de localização-alocação para problemas de localização de facilidades
Defendeu em março de 2003.

2.3. Trabalhos Científicos no Período

Trabalhos publicados:

Ribeiro Filho, G.; Lorena, L.A.N.

A Constructive Evolutionary Approach to School Timetabling.

In: Applications of Evolutionary Computing, Boers, E.J.W., Gottlieb, J., Lanzi, P.L., Smith, R.E., Cagnoni, S., Hart, E., Raidl, G.R., Tijink, H., (eds.), Springer Lecture Notes in Computer Science, 2037 : 130-139, 2001

Lorena, L.A.N.; Senne, E.L.F.; Paiva, J.A.C.; Pereira M.A.

Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas.

Gestão e Produção, 8 (2) : 188-195, agosto de 2001.

Lorena, L. A. N. and Furtado, J. C.

Constructive genetic algorithm for clustering problems.

Evolutionary Computation 9 (3): 309-328, 2001

Yamamoto, M. ; Camara, G. and Lorena, L. A. N.

Tabu search heuristic for point-feature cartographic label placement.

GeoInformatica - An International Journal on Advances of Computer Science for Geographic Information Systems 6 (1): 77-90, 2002

Lorena, L.A.N.; Narciso, M.G.

Using logical surrogate information in Lagrangean relaxation: an application to symmetric traveling salesman problems.

European Journal of Operational Research 138(3) pp. 473-483, 2002

Lorena, L. A. N. and Pereira M. A.

A Lagrangean/surrogate heuristic for the maximal covering location problem using Hillsman's edition.

International Journal of Industrial Engineering 9(1), 57-67, 2002 Special Issue on Facility Location and Layout

Oliveira A.C.M.; Lorena, L.A.N.

A Constructive Genetic Algorithm for the Linear Gate Assignment Problem
Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2001), p. 756, Morgan Kaufmann, 7-11 July 2001.

Oliveira A. C. M. and Lorena, L. A. N.

A Constructive Genetic Algorithm for Gate Matrix Layout Problems.
IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. Vol. 21, no. 8, pp 969-974, 2002

Oliveira A. C. M. and Lorena, L. A. N.

2-opt population training for minimization of open stack problem
In Advances in Artificial Intelligence, Bittencourt, G. and G. L. Ramalho (Eds.)
Springer Lecture Notes in Artificial Intelligence Series vol. 2507, pp. 313-323 - 2002

Trabalhos aceitos para publicação:

Lorena, L.A.N.; Narciso, M.G.; Beasley J.E.

A constructive genetic algorithm for the generalized assignment problem.
Evolutionary Optimization
Sairá na edição de fevereiro 2003

Lorena, L.A.N.; Senne, E.L.F.

Local search heuristics for capacitated p-median problems
Networks and Spatial Economics

Narciso, M. G. ; Lorena, L.A.N.

Uso de algoritmos genéticos em sistemas de apoio a decisão para alocação de recursos no campo e na cidade
Revista Brasileira de Agro-Informatica

Lorena, L. A. N.; Pereira. M. A. e S. N. A. Salomão

A relaxação Lagrangeana/surrogate e o método de geração de colunas: novos limitantes e novas colunas
Pesquisa Operacional- Edição Especial - 60 anos Prof. Nelson Maculan
Sairá na edição de março 2003

Lorena, L.A.N. and Senne, E. L. F.

A Column Generation Approach to Capacitated p-median Problems
Computers & Operations Research

Trabalhos submetidos para publicação:

Senne, E.L.F.; Lorena, L.A.N.

Stabilizing column generation using Lagrangean/surrogate relaxation: an application to p-median location problems.

European Journal of Operational Research

2a. revisão em julho 2002

Pizzolato, N. D., Barcelos, F. B. and Lorena, L. A. N.

School Location Methodology in Urban Areas of Developing Countries

3o. colocado - premio: IFORS OR FOR DEVELOPMENT PRIZE COMPETITION <===

International Transactions in Operational Research – 2002

1a. revisão em fevereiro 2003

Lorena, L.A.N.

Análise espacial de redes com aplicações em sistemas de informações geográficas

Revista Produção (on-line) – 2002

Lorena, L. A. N.; Pereira, M. A. e S. N. A. Salomão

The Lagrangean/surrogate relaxation and column generation: new bounds and new columns

Discrete Applied Mathematics - 2002

Arakaki, R. G. I. and Lorena, L. A. N.

Uma heurística de localização-alocação para problemas de localização de facilidades

Gestão e Produção - 2002

Senne, E.L.F. and Lorena, L.A.N.

Abordagens Complementares para problemas de p-medianas

Revista Produção - 2003

Trabalhos apresentados em congressos:

Resumos -

Ribeiro Filho, G. and Lorena, L. A. N.

DNA Fragment Assembly using the Constructive Genetic Algorithm.

INFORMS Annual Meeting 2001 Miami Beach - November 4, 2001 - November 7, 2001

Senne, E.L.F.; Lorena, L.A.N.

Stabilizing Column Generation Using Lagrangean/Surrogate Relaxation: An Application to p-Median Location Problems.

In: EURO 2001 – The European Operational Research Conference, Rotterdam, The Netherlands, July 2001. Abstracts, p. 116.

Pizzolato, N. D., Barcelos, F. B. and Lorena, L. A. N.

School Location Methodology in Urban Areas of Developing Countries

IFORS2002 - The sixteenth triennial conference of the International Federation of Operational Research Societies, hosted by the UK Operational Research Society 8 - 12 July, 2002

3o. colocado - prêmio: IFORS OR FOR DEVELOPMENT PRIZE COMPETITION <====

Lorena, L. A. N.; Pereira. M. A. e S. N. A. Salomão

Lagrangean/surrogate relaxation and column generation: new bounds and new columns

CO2002 - International Symposium on Combinatorial Optimization

Paris - 8-10 April, 2002

Lorena, L.A.N. and Senne. E.L.F.

A column generation approach to capacitated p-median problems

ISOLDE IX - NINTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LOCATIONAL

DECISIONS June 12 - June 18, 2002, Fredericton, New Brunswick, Canada

Ribeiro Filho, G. and Lorena, L. A. N.

Montagem de fragmentos de DNA com algoritmo evolutivo

XXXIV SBPO - Rio de Janeiro - 2002

Trabalhos completos -

Ribeiro Filho, G.; Lorena, L.A.N.

A Constructive Evolutionary Approach to School Timetabling

EvoCOP2001 – First European Workshop on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization, Lake Como (Milan), april 18-19, 2001

Arakaki, R.G.I.; Lorena, L.A.N.

A Constructive Genetic Algorithm for the Maximal Covering Location Problem

MIC 2001 – 4th Metaheuristics International Conference, Porto, Portugal, july 16-20, 2001.

Narciso, M. G. ; Lorena, L.A.N.

Uma aplicação da relaxação lagrangeana/surrogate ao problema simétrico do caixeiro viajante usando um método de subgradientes melhorado

XXIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - Campos do Jordão - nov/2001

Pereira M. A. and Lorena, L. A. N.

A heurística lagrangeana/surrogate aplicada ao problema de localização de máxima cobertura

XXIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - Campos do Jordão - nov/2001

Oliveira A.C.M.; Lorena, L.A.N.

A Constructive Evolutionary Approach to Linear Gate Assignment Problems.

ENIA 2001 – Encontro Nacional de Inteligência Artificial, Fortaleza, julho, 30 – agosto, 03, 2001.

Lorena, L. A. N.; Pereira. M. A. e S. N. A. Salomão

A relaxação Lagrangeana/surrogate e o método de geração de colunas: novos limitantes e novas colunas

V Oficina Nacional de Problemas de corte e empacotamento - 06 e 07 de dezembro de 2001
- INPE - S. J. Campos - SP

Oliveira A. C. M. and Lorena, L. A. N.

Algoritmos Evolutivos para Problemas de Otimização Numérica com Restrições

I WORCAP - INPE - São José dos Campos - 2001

Narciso, M. G. ; Lorena, L.A.N.

Uso de algoritmos genéticos em sistemas de apoio a decisão para alocação de recursos no campo e na cidade

III Congresso brasileiro da SBI-AGRO - Sociedade Brasileira de Informática aplicada a agropecuária e agroindústria - Foz do Iguaçu - 13 a 15 de março de 2002

Lorena, L.A.N. and Senne. E.L.F.

Abordagens de Geração de Colunas para um Problema de p-mediana Capacitado

XXXIV SBPO - Rio de Janeiro - 2002

Barcelos, F. B. , Pizzolato, N. D. and Lorena, L. A. N.

Avaliação da localização de escolas com modelos capacitado e nao-capacitado e uso de uma ferramenta GIS: estudo de caso de Vitoria/ES

XXXIV SBPO - Rio de Janeiro - 2002

Oliveira A. C. M. and Lorena, L. A. N.

Population training approach to unconstrained numerical optimization

II WORCAP - INPE - São José dos Campos – 2002

Oliveira A. C. M. and Lorena, L. A. N.

Algoritmo de treinamento populacional: uma aplicação ao MOSP

VI Oficina de Problemas de Cortes e Empacotamento - UNICAMP - 9-10 dez. 2002

3. Resumo dos principais resultados

O projeto ALESPLIT – apresentou no primeiro ano um balanço muito positivo. Apresenta-se abaixo uma tabela com um resumo da produção obtida neste período do projeto.

<i>ALESPLIT – Algoritmos eficientes para sistemas de produção, localização e transportes – 1º ano</i>	<i>Qtd.</i>
Publicações	
• em revistas e/ou capítulo de livros internacionais	8
• em revistas nacionais	1
• aceitos para publicação em revista internacional	3
• aceitos para publicação em revista nacional	2
• submetidos para publicação	6
Orientações	
• Teses de doutorado defendidas ou em andamento	4
• Dissertações de mestrado defendidas ou em andamento	-
• Bolsistas PCI-CNPq	1
Trabalhos apresentados em congressos	
• Resumos	6
• Trabalhos completos	12
• Trabalhos aceitos para apresentação em congressos	2
Revisões AD-HOC	
• CNPq	15
• FAPESP	8
• CAPES	-
Coordenação/participação em projetos temáticos FAPESP	2
Auxílio à pesquisa CNPq	2
Total	71

Todas essas informações estão disponibilizadas via Internet em <http://www.lac.inpe.br/~lorena/projetos.html>, visando uma ampla divulgação dos resultados obtidos.