

***Relatório Técnico***  
**- final -**

**Ref.: Processo nº 99/06954-7**

Projeto:

*Sistemas de Apoio à Decisão usando Redes e Sistemas de  
Informações Geográficas - Sigla: ARSIG-2*

Coordenador:

Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena  
Pesquisador Titular - LAC/INPE

Participantes do INPE:

Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (\*)  
Dr. Horácio Hideki Yanasse  
Dr. João Argemiro de C. Paiva  
Marcos A. Pereira – bolsista PCI - CNPq

Participantes da FEG/UNESP:

Prof. Dr. Edson Luiz França Senne (\*)  
Prof. Dr. Edgard Dias Batista Júnior  
Prof. Dr. José Celso Freire Júnior

Participante do CNPTIA/EMBRAPA:

Dr. Marcelo Gonçalves Narciso (\*)

(\*) Coordenador na Instituição

## Sumário

*Este projeto visa desenvolver Sistemas de Apoio à Decisão baseados em redes e em plataformas computacionais de Sistemas de Informações Geográficas. O enfoque da distribuição espacial será comum aos problemas e aplicações que serão tratados no projeto. Devido à experiência anterior da equipe, o desenvolvimento estará dando ênfase a aplicações no ambiente urbano, levando em consideração sua malha urbana, com dados e mapas digitalizados. Serão também iniciadas a identificação e solução de problemas que envolvem redes no ambiente agrícola. O propósito final é dotar decisores, de ferramentas úteis na solução de problemas de localização de facilidades, roteamento de veículos, problemas de transportes e problemas relacionados. São problemas que justificam a atenção devido ao fato de aparecerem em diversas aplicações e serem considerados de difícil solução. Vários novos algoritmos vêm sendo desenvolvidos com sucesso por membros da equipe, com diversas aplicações nas áreas assinaladas. Uma fase importante que será também priorizada é a coleta e análise de dados que podem ser referenciados geograficamente. A base da equipe será formada por pesquisadores experientes que já atuaram ou atuam em projetos temáticos e permitirá a construção de aplicações práticas, definidas para cidades do Vale do Paraíba.*

## 1. **Objetivos previstos no cronograma inicial para o período**

### Os principais objetivos previstos no projeto foram

- (i) Continuar a pesquisa, orientação e integração dos algoritmos de localização, roteamento, transportes e relacionados aos *SIGs* (*ArcView*, *SPRING*, *ARC/INFO* e *MapObjects*);
- (ii) Construir protótipos de *Sistema de Apoio à Decisão* usando modelos (de localização, roteamento ou simulação) e dados geo-referenciados, com ênfase em aplicações na área urbana e possivelmente em agricultura.
- (iii) Desenvolver metodologias de baixo custo para determinação da matriz de deslocamentos entre as diferentes regiões de uma dada cidade. Estas metodologias envolvem a coleta de dados domiciliares necessários à determinação do padrão de deslocamentos, a atualização da base de dados geo-referenciados e a determinação da matriz origem-destino dos deslocamentos atuais e futuros;
- (iv) Dar ênfase a realização de aplicações contando com os dados adquiridos ou coletados no projeto temático *ARSIG*, e com outros dados que venham a ser adquiridos e/ou coletados pelo grupo;
- (v) Estudar os efeitos da agregação de dados nos resultados de aplicações em localização, roteamento e transportes;
- (vi) Iniciar estudos para integração dos algoritmos a outros *SIGs*: *MapInfo* e *TransCAD*;
- (vii) Proporcionar ampla divulgação das metodologias, sistemas de informação, modelos e resultados obtidos no projeto, especialmente via *Internet* e com publicações, formação de alunos e participações em reuniões científicas.

### O cronograma previsto para o projeto foi:

#### Atividades:

1. Levantamento bibliográfico.
2. Pesquisa e orientação.
3. Desenvolvimento de algoritmos de localização e roteamento.
4. Desenvolvimento de metodologias e algoritmos para problemas de transporte.
5. Integração dos algoritmos aos *SIGs* visando a construção de Sistemas de Apoio à Decisão.
6. Desenvolvimento de aplicações e coletas de dados.
7. Confecção de relatórios e divulgação de resultados.

Meses - Ano 1												
Atividade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	X	X										
2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5							X	X	X	X	X	X
6												
7					X	X					X	X

Meses - Ano 2												
Atividade	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1												
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7					X	X					X	X

## 2. Principais resultados alcançados

A apresentação dos resultados está dividida em quatro itens:

- 2.1. Pesquisa e orientação;
- 2.2. Integração de algoritmos de localização e roteamento aos SIGs;
- 2.3. Protótipos de Sistema de Apoio à Decisão;
- 2.4. Coleta e análise de dados.

### Resultados:

#### 2.1. Pesquisa e orientação

##### Problemas de Localização de Facilidades e relacionados

- A *relaxação Lagrangeana/surrogate* foi aplicada com sucesso aos seguintes problemas de localização de facilidades: p-medianas, p-medianas capacitado, p-medianas com restrição de distância máxima, localização de máxima cobertura e a um problema de localização com competição, em uma cooperação entre os pesquisadores Luiz A. N. Lorena e Edson L.F. Senne, e o bolsista Marcos A. Pereira. Um trabalho foi publicado como capítulo de livro com circulação internacional e outros dois foram aceitos para publicação em revistas de circulação internacional. Os resultados de trabalhos anteriores sobre p-medianas foram sensivelmente melhorados, com a introdução de um algoritmo de localização-alocação alternada, usado para viabilizar soluções duais no processo de otimização por subgradientes.
- Como nova área de pesquisa estudou-se o uso da *relaxação Lagrangean/surrogate no processo de geração de colunas*, visando estabilizar e acelerar o método tradicional de geração de colunas. Um trabalho inicial foi produzido, aplicando o processo ao problema de p-medianas (trabalho conjunto de Edson L. F. Senne e Luiz A. N. Lorena). Os resultados foram muito bons e um artigo foi apresentado no congresso EURO 2001, realizado na Holanda. Este artigo foi também submetido para publicação em revista de circulação internacional, estando em 2ª revisão. A aplicação ao problema de p-medianas capacitado foi apresentada em congresso internacional específico da área, o IX ISOLDE, realizado no Canadá em junho/2002.
- Os resultados da aplicação do *Algoritmo Genético Construtivo (AGC)* a problemas de localização foram melhorados com a introdução do algoritmo de localização-alocação alternada como heurística de mutação no processo evolutivo. O problema das p-medianas foi focalizado em um trabalho conjunto de L. A. N. Lorena, M. G. Narciso e J. C. Furtado. O aluno de doutorado Reinaldo G. Arakaki abordou os problemas de p-medianas capacitado e de máxima cobertura. Um trabalho foi submetido para

publicação em revista internacional. Trabalhos foram apresentados em congressos internacional e nacional.

- 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 AGC foi aplicado ao problema e os resultados foram apresentados em congresso nacional e um trabalho foi aceito para publicação em revista de circulação nacional. Novos problemas estão sendo identificados, bem como novas parcerias de outros centros da EMBRAPA e da ESALq/USP.
- O problema de localização de facilidades também é conhecido na literatura como o problema de carga fixa. Um problema de carga fixa está sendo estudado pelo aluno Marcelo Saraiva Limeira (orientação de Horacio Hideki Yanasse). O problema focalizado é o de redução do número de padrões em problemas de corte para o caso unidimensional. Cabe lembrar que para o caso unidimensional é possível modelar o problema de corte como um problema de minimização de fluxo em grafos. Foi desenvolvida uma heurística que procura gerar alguns bons padrões de corte que permitem completar a demanda de mais de um item e, desta forma, reduzir o número total de padrões distintos. Limitantes inferiores foram pesquisados mas apenas um bem simples foi identificado e que apresenta qualidade limitada. A heurística proposta e resultados parciais foram apresentados no INFORMS Annual Meeting – San Antonio, Fall 2000, realizado na cidade de San Antonio, Texas, EUA. A heurística proposta utiliza, numa segunda fase, métodos de redução já sugeridos na literatura. A implementação e testes destes métodos ainda está sendo conduzida. A principal dificuldade deste trabalho está na implementação e reprodução dos resultados dos métodos sugeridos na literatura para a segunda fase, cujos tempos computacionais são demasiadamente longos. Alguns testes computacionais parciais já foram conduzidos mostrando desempenho superior a outros procedimentos propostos anteriormente na literatura. A realização de testes computacionais mais extensos deverá ser conduzida neste período e um artigo para submissão em uma revista especializada descrevendo a heurística completa e relatando os resultados deverá ser preparado.

#### Problema de roteamento de veículos e relacionados

- O problema de roteamento de veículos com janelas de tempo vem sendo estudado pelo bolsista Marcos A. Pereira (orientação de Luiz A. N. Lorena), visando a aplicação da relaxação Lagrangeana/surrogate com métodos subgradientes e com o processo de geração de colunas. Problemas relacionados, como a programação de horários para empregados (*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.

A aluna de doutorado Silvely N. Salomão (orientação de Luiz A. N. Lorena) iniciou a implementação da relaxação Lagrangeana/surrogate no processo de geração de colunas, visando estabilizar a solução do modelo de particionamento. Pretende-se também resolver o problema de forma exata usando o método *branch-and-price* combinado com a relaxação Lagrangeana/surrogate.

- Numa cooperação entre os pesquisadores Luiz A. N. Lorena, Marcelo G. Narciso e John Beasley (Imperial College) está sendo desenvolvida uma aplicação do AGC para o PGA. Os resultados obtidos são muito bons quando comparados à aplicação de algoritmos genéticos clássicos. Um artigo foi aceito para publicação em revista internacional.
- Foi publicado no European Journal of Operational Research (autores Luiz A. N. Lorena e Marcelo G. Narciso) o trabalho desenvolvido na tese de doutorado de Marcelo G. Narciso: “*Uma aplicação da relaxação Lagrangeana/surrogate ao problema simétrico do Caixeiro Viajante*”. Neste trabalho o método usual de subgradientes é melhorado usando as informações locais da relaxação *surrogate*. Uma nova versão do trabalho, que compara a aplicação de dois métodos subgradientes foi apresentada no SBPO de Campos do Jordão em 2001.

#### Problemas de transportes

- Uma nova metodologia para avaliação do desempenho de sistemas de transporte foi desenvolvida por Edgard Dias Batista Jr. e Edson L. F. Senne. O trabalho “TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros” foi apresentado no 21º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Gramado, RS, em novembro/2000, tendo recebido o Prêmio CNT Produção Acadêmica, conferido pela Confederação Nacional de Transporte. A implementação desta metodologia tem resultado em vários sistemas de apoio à decisão, como os relacionados a seguir.
- TranSIG – Sistema de apoio à decisão para planejamento de transporte urbano de passageiros. O sistema dispõe de funcionalidades de SIG proporcionadas pela biblioteca de classes *MapObjects* e utiliza algoritmos (desenvolvidos por Edgard Dias Batista Jr. e Edson L.F. Senne) para a determinação do itinerário de linhas viáveis, o levantamento do conjunto de possíveis trajetos entre as diferentes regiões da área em estudo e para a determinação dos intervalos entre partidas, nos horários de pico e entre-picos, de uma rede de linhas de transporte público. Vem sendo desenvolvido, inclusive por meio de projetos de Iniciação Científica. No período, foi concluída a orientação ao aluno André Segismundo (orientador Edson L.F. Senne), que deu início ao desenvolvimento do sistema, e iniciou-se a orientação ao aluno Renan Kirihata (orientador Edson L.F. Senne), que continua o desenvolvimento do sistema. Atualmente, o sistema TranSIG se encontra em sua primeira versão operacional. Trabalhos relativos ao sistema TranSIG foram apresentados nos seguintes eventos científicos: 14º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, realizado em novembro/2000; 4ª Jornada de Iniciação

Científica e Pós-Graduação da Unesp, realizada em setembro/2001; 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2001), realizado em outubro/2001; 15º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, realizado em novembro/2001. Outros trabalhos relativos ao sistema TranSIG foram submetidos para apresentação no 14º Congresso de Iniciação Científica da Unesp, a ser realizado em setembro/2002, no 22º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2002), a ser realizado em outubro/2002 e no 15º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, a ser realizado em outubro/2002.

- Dimensionamento de rede de linhas de transporte urbano de passageiros – Foram implementadas rotinas computacionais para o processamento de métodos de expansão e de distribuição considerando diferentes matrizes origem-destino. Rotinas que, a partir dos resultados de uma pesquisa Origem-Destino, possibilitam conhecer a distribuição das viagens entre as diferentes regiões de uma cidade, isto é, possibilitam a determinação das matrizes origem-destino. Para tanto, implementou-se métodos de expansão que, partindo de uma amostra coletada através da pesquisa Origem-Destino, expande seus resultados para o total da população no ano-base. Foram implementados também métodos de distribuição que permitem determinar as previsões de deslocamento entre as diferentes regiões da cidade, para um dado ano-meta a partir de dados do ano-base. Estas rotinas foram incorporadas no ambiente do sistema TranSIG, para o qual as matrizes origem-destino geradas pelos diferentes métodos são consideradas dados de entrada. A implementação das rotinas computacionais foi executada pelos bolsistas de Iniciação Científica Marcelo Maciel Amaral e Carlos Kazuo Missão (orientador Edgard Dias Batista Jr.).
- SIGPOP – Sistema de apoio à decisão para gerenciamento de pontos de parada. Vem sendo desenvolvido por meio de projeto de Iniciação Científica PIBIC/CNPq da aluna Ana Paula Teixeira (orientador Edgard Dias Batista Jr.). A adequada gestão de pontos de parada de um sistema de transporte coletivo constitui um fator chave para o bom desempenho, principalmente pelo fato de constituírem a porta de entrada de tal sistema. O sistema utiliza recursos de SIG e pretende disponibilizar aos planejadores de transporte, as informações necessárias e as condições propícias para a tomada de decisões como: o melhor local para instalar um ponto de parada, a melhor distância entre determinados pontos de parada, os pontos de parada que necessitam de manutenção ou de ampliação. A base de dados geo-referenciada do SIGPOP contém informações pertinentes aos pontos de parada e às linhas de transporte coletivo, tais como: localização dos pontos de parada; situação da estrutura e dos equipamentos existentes no ponto de parada; micro-acessibilidade: tempo médio gasto pelos usuários para se deslocarem da origem até o ponto de parada para embarque ou do ponto de parada de desembarque até o destino; linhas de transporte coletivo: pontos de parada atendidos, horários, extensão, etc. Das informações disponibilizadas pelo SIGPOP, destacam-se as seguintes: densidade de pontos de parada; índice de acessibilidade aos pontos de parada; índice de alcance da rede de transporte coletivo; índice de cobertura da rede; índice de acessibilidade à rede de transporte coletivo; espaçamento médio entre pontos de parada; índice de oferta da rede de transporte coletivo. Trabalho relacionado com o SIGPOP foi apresentado no 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2001), realizado em outubro/2001 e aceito para ser apresentado no XI



Congresso Latinoamericano de Transporte Público Urbano, realizado de 17 a 21 de setembro de 2001 em Cuba.

### Problemas relacionados

#### *Problema de rotulação de pontos:*

- A aluna Missae Yamamoto está continuando o trabalho iniciado em sua dissertação de mestrado como tese de doutorado (orientação de Luiz A. N. Lorena). O problema estudado surge na confecção automática de mapas usando SIGs, e é conhecido como rotulação de pontos. Basicamente o problema é o de escrever rótulos em pontos (nomes de cidades) de forma clara e evitando conflitos entre rótulos (não podem ocupar o mesmo espaço). O problema está sendo modelado e resolvido como um problema em grafos (encontrar um conjunto independente máximo). Uma heurística simples foi proposta e estuda-se ainda a aplicação do Algoritmo Genético Construtivo. Também será proposta uma alternativa para a rotulação em tela visando aplicações em Internet e/ou mapas para consulta automática em veículos. Os resultados de sua dissertação de mestrado foram publicados em revista de circulação internacional.

#### *Problema da coloração de grafos e timetabling:*

- O aluno Geraldo Ribeiro Filho defendeu sua tese de doutorado (orientação de Luiz A. N. Lorena) com a aplicação do AGC ao problema da coloração de grafos. Trata-se de um problema clássico de grande importância. O problema apresenta várias aplicações que podem estar relacionadas às áreas do projeto (pode ser visto como um problema de *clustering*). Outro problema de *clustering* relacionado ao projeto é o problema de programação de horários (*timetabling*) em escolas públicas. Um trabalho que descreve a aplicação do AGC ao *timetabling* foi publicado na coleção Lecture Notes in Computer Science (abril 2001 – autores Geraldo R. Filho e Luiz A. N. Lorena). Um outro trabalho derivado da tese (coloração) foi submetido para publicação em revista de circulação internacional.

#### *Problema da formação de células de manufatura:*

- Na tese do aluno Geraldo Ribeiro Filho também foi estudada a aplicação do AGC ao problema da formação de células de manufatura em ambientes de produção. 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 usa-se a relação com o problema das p-medianas, com uma medida de distância apropriada. Um trabalho foi publicado como capítulo de livro com circulação internacional.

*Problema da Precipitação em uma Bacia Hidrográfica:*

- Encontra-se em desenvolvimento um sistema para a simulação e monitoramento de uma bacia hidrográfica após a ocorrência de chuva. O trabalho foi iniciado pelo aluno Marcus Eduardo Gonçalves, estagiário do Departamento de Produção da FEG/UNESP (sob orientação de Edgard Dias Batista Jr.). O trabalho vem sendo desenvolvido pelo aluno Sandro Yanaguihara, estagiário do Departamento de Engenharia Elétrica da FEG/UNESP (com orientação dos professores José Celso Freire Jr. e Edgard Dias Batista Jr.). Este sistema, através da utilização de uma base de dados geo-referenciada irá possibilitar a criação de um ambiente amigável para a utilização do modelo da bacia, especialmente quanto às facilidades de tratamento de suas características geográficas como relevo, vegetação, tipo de solo, etc. A vantagem da utilização da tecnologia de Sistema de Informações Geográficas fica evidente, ao se considerar que, para a operacionalização do modelo, a bacia hidrográfica é dividida em células consideradas homogêneas quanto a suas principais características: declividade, cobertura vegetal, infiltração, etc. Os algoritmos para a simulação e análise das vazões nessa bacia hidrográfica já foram desenvolvidos e implementados. Atualmente desenvolve-se uma aplicação em ambiente gráfico que irá permitir uma interação amigável diretamente sobre mapas da bacia hidrográfica com o uso de tecnologia presente nos SIGs, com o usuário introduzindo os dados em formulários para que estes sejam tratados, com o sistema apresentando então uma visualização gráfica das vazões e do estado da bacia. O desenvolvimento está sendo feito utilizando a ferramenta C++ Builder e a biblioteca de classes *MapObjects*, que implementa funcionalidades do SIG *ArcView* oferecendo recursos para a criação de bases de dados cartográficas, permitindo a captura, manipulação, análise e apresentação de dados espaciais. Com esta biblioteca é possível, utilizando uma linguagem de programação visual, desenvolver aplicações específicas que incluam apenas as funcionalidades de SIG desejadas. Assim, a ferramenta em desenvolvimento não irá necessitar ser executada dentro do ambiente do *ArcView*, podendo ser transportada facilmente para qualquer computador operando sob o ambiente Windows, facilitando deste modo sua disseminação e utilização. Para a validação do modelo em desenvolvimento serão utilizados dados do ribeirão dos Motas, próximo de Guaratinguetá, cuja bacia hidrográfica está sendo instrumentalizada pelo Departamento de Engenharia Civil da UNESP – Campus de Guaratinguetá, com recursos do projeto RECOPE/FINEP. Um resumo descrevendo esse trabalho foi enviado ao XIX Congresso de Iniciação Científica da UNESP (2002).

*Clustering - Percorrimento de arcos em grafos:*

- O aluno Alexandre Linhares defendeu sua tese de doutorado (orientação do Dr. Horácio Hideki Yanasse) apresentando diversos resultados de sua pesquisa no estudo do problema de seqüenciamento de padrões, com foco particular no problema de minimização do número máximo de pilhas abertas (MOSP) em torno de uma serra. Como já observado anteriormente, o MOSP pode ser visto como um problema de percorrimto de arcos em um grafo. Ele está também relacionado com o problema de espalhamento de ordem e o problema de minimização de descontinuidades na produção (que é equivalente a um problema do caixeiro viajante) e que também se relaciona com

o problema de minimização de troca de ferramentas em uma máquina flexível de manufatura. Todos estes problemas, em sua essência, são problemas de clustering, diferindo apenas nos objetivos para a realização dos agrupamentos. A equivalência do MOSP com o problema do Gate Matrix Layout, que surge no projeto de circuitos VLSI, foi um dos primeiros resultados obtidos na tese do aluno Alexandre em um período anterior ao início deste projeto. Os resultados de complexidade computacional do problema de sequenciamento de padrões, da clarificação de conjecturas feitas na literatura, da não existência de algoritmos de aproximação absoluta para o problema de sequenciamento de padrões e outros problemas correlatos desenvolvidos em período anterior foram descritos em um artigo que foi aceito para publicação na *Computers and Operations Research* em outubro de 2002. Durante o período de revisão deste artigo foram feitos alguns avanços no que diz respeito à pesquisa sobre o caminho mínimo entre duas seqüências pré-estabelecidas, levando-se em conta algumas vizinhanças definidas na literatura. Pode-se levantar o perfil das distâncias entre uma seqüência gerada aleatoriamente e a seqüência natural indicando que algumas vizinhanças possuem um caminho mínimo mais curto. Este resultado sugere que em métodos que utilizam busca local, algumas vizinhanças devem ser preferíveis a outras e talvez valha a pena uma pesquisa preliminar onde se verifica qual seria a vizinhança mais promissora. Outra potencial aplicação desta informação de distância foi sugerida no sentido de tentar melhorar a diversificação em métodos de busca atualmente utilizados na literatura. Com esta noção de distância seria possível procurar por pontos iniciais mais “distantes” na população, garantindo uma diversificação das soluções e com isso procurar assegurar que uma busca mais “abrangente” na população de soluções esteja sendo conduzida. Discussão a respeito desta potencial aplicação foi apresentada no *INFORMS Annual Meeting – San Antonio, Fall 2000*, realizado na cidade de San Antonio, Texas, EUA. Baseado nestas idéias, sugestão de algumas estratégias para diversificação foram propostas. Uma dessas estratégias foi testada em uma metaheurística (variação de um *simulated annealing*) para resolução do MOSP e os resultados alcançados foram bastante bons, embora pode-se constatar que para este problema, a preocupação com diversificação era desnecessária pois ela ocorre de forma natural. Resultados relativos a esta pesquisa foram também submetidos para um congresso em 2001. Um artigo discutindo o balanço entre intensidade versus diversificação em metaheurísticas foi submetido em 2002 para publicação em uma revista internacional. Um resumo da tese de doutorado do aluno Alexandre Linhares foi inscrito no Concurso de Teses e Dissertações, promovido pela Sociedade Brasileira de Computação. A tese foi classificada dentre os finalistas e o prêmio de melhor tese será anunciado em Julho de 2002, durante o congresso da SBC.

- Estudos foram recentemente iniciados pela aluna Maria José Pinto (orientação de Horacio Hideki Yanasse) no problema integrado de corte e minimização de pilhas abertas. Com relação ao MOSP, foi abordada uma variante onde as pilhas acabadas poderiam ser retiradas antes do término completo do corte do padrão. Elaborou-se uma heurística simples que apresentou soluções de boa qualidade quando comparadas com outras sugeridas na literatura para o MOSP regular. Não foram encontrados na literatura trabalhos que focalizassem esta variante considerada. Um trabalho descrevendo esta heurística e os resultados computacionais obtidos foi apresentado no XXXII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Viçosa, MG. Um modelo matemático

inédito foi sugerido para o problema integrado de cortes e de seqüenciamento de padrões com limitação no número de pilhas abertas e sua resolução está sendo pesquisada. A pesquisa sendo conduzida pretende utilizar métodos de decomposição uma vez que cada um dos problemas isoladamente é de difícil resolução. Atualmente a resolução isolada de cada um desses problemas está sendo pesquisada, inicialmente com o problema de seqüenciamento com limitações no número de pilhas abertas. Variações de modelos para este problema foram propostas onde relaxações nas variáveis inteiras foram sugeridas. Resultados computacionais realizados mostraram que para o pacote CPLEX utilizado, a relaxação destas variáveis, ao contrário do que se esperava, não causou nenhum efeito no tempo computacional necessário para sua resolução, ao contrário, em vários casos, houve uma deterioração deste tempo. Tampouco, o uso de relaxação Lagrangeana e método de subgradientes para obtenção de bons limitantes para o problema não apresentou resultados satisfatórios. A pesquisa realizada com o uso da decomposição de Benders para resolução deste problema de seqüenciamento também não mostrou bons resultados. A convergência do método é muito trabalhosa, com um grande conjunto de iterações para adição de restrições ao problema até que uma solução seja obtida. Retomou-se então o uso de relaxação Lagrangeana, com a introdução de algumas restrições redundantes para tentar assegurar a determinação de um melhor limitante para o problema. Os resultados alcançados também não estão satisfatórios. Abordagens híbridas estão sendo testadas atualmente e, por enquanto, os resultados obtidos também não estão sendo satisfatórios. Recentemente está-se tentando buscar novas formulações para o problema que possam apresentar um melhor desempenho computacional para a sua resolução. Uma primeira tentativa está sendo realizada com uma formulação do problema como um problema de fluxo com restrições adicionais. Duas dificuldades estão surgindo com a nova proposta: o grande número de variáveis inteiras e o grande número de restrições. Nessa abordagem o problema é equivalente ao problema do caixeiro viajante, também de difícil resolução. Alguns testes computacionais estão sendo realizados atualmente para verificação da viabilidade de se utilizar esta nova abordagem, pelo menos para problemas de pequeno porte. Para o problema de corte, estaremos defrontando com um problema de programação linear com geração de colunas onde teremos também interesse na aceleração de sua resolução. Pesquisas neste sentido deverão ser conduzidas. Esperamos que para o próximo período tenhamos alguns resultados concretos mais positivos a apresentar sobre esta pesquisa.

- Estudos foram também iniciados pelo aluno Daniel Merli Lamosa (orientação de Horacio Hideki Yanasse e Airam Jônatas Preto) na paralelização de algoritmos para resolução do MOSP. Este aluno está realizando uma implementação paralela do algoritmo seqüencial sugerido anteriormente em nossas pesquisas. O algoritmo seqüencial que está sendo paralelizado é baseado naquele descrito em um artigo revisado, submetido para publicação em uma revista internacional, onde se propõe um aperfeiçoamento do método “branch-and-bound” para o caso onde o grafo do problema apresenta componentes que são árvores. Este artigo não foi ainda aceito devido a opiniões conflitantes dos revisores. Um dos revisores aceitou o trabalho da forma como apresentado e ou outro manifestou opinião de que o trabalho apresenta contribuição original marginal, estando muito longo e necessitando ser reduzido. Preparamos uma resposta questionando a opinião do segundo revisor e também uma versão mais sucinta

do trabalho. Esta nova versão foi submetida para a revista e o editor resolveu processá-lo como se fosse um novo trabalho submetido. A implementação do algoritmo paralelo está sendo feita em um cluster de microcomputadores do Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada. O processo de aquisição de uma estação SUN multiprocessada ainda não foi completada e, portanto, a idéia original de se realizar esta implementação nesta máquina foi deixada momentaneamente de lado. A implementação está sendo idealizada para avaliar medidas de desempenho, em particular o balanço de carga dos processadores e as trocas de mensagens entre os processadores para diversas políticas de distribuição dos nós de enumeração e estratégias para transmissão de informações.

- Retomando o trabalho desenvolvido pelo Dr. José Carlos Becceneri sobre limitantes inferiores, algoritmos e heurísticas para o MOSP em sua tese de doutoramento defendida em 1999, verificou-se como se comportavam os limitantes inferiores sugeridos no pior caso. Concluiu-se que todos, no pior caso, podem ser tão ruins quanto se queira. Utilizando-se também o processo de dominância de nós identificado, sugeriu-se a sua utilização para acelerar o processo de enumeração em um algoritmo exato e, também, para a elaboração de uma nova heurística. Estas propostas estão ainda em fase de averiguação, devendo ainda ser implementadas e testadas para apreciar o seu potencial.
- Um trabalho foi desenvolvido com o aluno de doutorado Alexandre César M. Oliveira (orientação de Luiz A. N. Lorena), aplicando o AGC ao problema de Gate Matrix Layout, onde os melhores resultados foram reproduzidos com maior frequência que os obtidos por outras abordagens heurísticas, e com tempos computacionais competitivos. O trabalho foi aceito para apresentação nos congressos GECCO'2001 (*poster*) e no ENIA'2001 (trabalho completo). Foi ainda aceito para publicação em revista de circulação internacional. Recentemente o problema MOSP foi analisado usando o AGC com resultados muito bons. O AGC realizou um treinamento populacional com a heurística 2-opt, a mesma usada para o problema de VLSI. Um trabalho foi aceito para o congresso SBIA e deverá ser publicado na série *Lecture Notes in Computer Science*.

#### *Problema da Mochila/Soma de Subconjuntos:*

- O aluno Carlos Alberto Alonso Sanchez (orientação do Prof. Nei Yoshihiro Soma e do Dr. Horacio Hideki Yanasse) iniciou estudos no sentido de paralelizar algoritmos para resolução de problemas combinatórios. O problema focado no período foi o da soma de subconjuntos/problema da mochila que aparece em aplicações diversas, por exemplo, em problemas de agrupamento com restrições, como é o caso de problemas de roteamento de veículos com limitações de carga. Foram estudados alguns artigos e identificadas algumas falhas no cálculo dos requisitos de memória e tempo computacional de dois algoritmos paralelos para resolução do problema da soma de subconjuntos publicados na literatura e que invalidam o mérito principal destes algoritmos, ou seja, o de serem melhores que os algoritmos propostos anteriormente na literatura. Este erro foi descrito em um artigo encaminhado para a revista onde o artigo original foi publicado. O artigo foi analisado pelos revisores que solicitaram mudanças

mínimas e uma nova versão revisada foi submetida já há alguns meses. Estranhamente não recebemos ainda nenhum retorno a respeito do mesmo. A partir do estudo realizado foi também possível adaptar algumas idéias apresentadas na literatura e desenvolver um novo algoritmo paralelo adaptativo ótimo para o problema unidimensional da mochila. Este resultado foi também submetido para publicação em uma revista e foi apresentado em um congresso em 2001. Um artigo descrevendo este novo algoritmo foi escrito e submetido para publicação em uma revista internacional. O artigo foi analisado e os revisores emitiram pareceres favoráveis, sendo que um deles questionou se o impacto do resultado seria grande suficiente para publicação naquela revista. Em virtude disto o editor não aceitou o trabalho e, desta forma, resolvemos submetê-lo para uma outra revista internacional, também de grande prestígio, da área. Ainda não recebemos nenhum retorno desta revista a respeito deste artigo. Faz algum tempo que temos realizado pesquisas no desenvolvimento de algoritmos seriais para o problema da mochila e, tivemos no período anterior a publicação de um artigo sobre a determinação das k-melhores soluções para o problema da mochila unidimensional. Uma das aplicações realizadas com este algoritmo foi no estudo de padrões de corte que permitem uma produtividade maior do equipamento (denominados padrões tabuleiro) e, também, o corte de padrões com uma produtividade menor (no caso, padrões 2 estágios). Esta pesquisa foi realizada pelo aluno Daniel Massaru Katsurayama (orientação de Horácio Hideki Yanasse). A revisão bibliográfica realizada indicou a existência de heurísticas apenas, para a geração deste tipo de padrão. Com a utilização do algoritmo desenvolvido para a resolução de problemas da mochila unidimensional foi proposto um algoritmo exato para geração destes padrões. Este algoritmo foi apresentado no X CLAIO – Congreso Latino-ibero-americano de Investigación de Operaciones y Sistemas, realizado na cidade do México, México. Neste algoritmo é realizada uma enumeração implícita das combinações das dimensões dos itens do problema que é bastante custosa. Desta forma, na implementação deste algoritmo procurou-se introduzir aperfeiçoamentos na implementação deste algoritmo introduzindo limitantes que permitiram tornar mais eficiente a busca do melhor padrão tabuleiro. Estas melhorias estão descritas em um artigo apresentado no XXXII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Viçosa, MG. Desenvolveu-se também uma função simplificada de custo que tenta levar em consideração o custo do tempo despendido pela máquina de corte para cortar um padrão. Esta função procura ser mais fiel que a anterior que foi sugerida na literatura onde apenas um custo fixo era utilizado diferenciando o corte de padrões regulares e os padrões tabuleiro. Com esta nova função foi repetida a análise de *trade-off* entre produzir padrões de corte com baixa perda e padrões de corte com maior produtividade do equipamento. Todo este trabalho resultou na dissertação de mestrado do aluno Katsurayama, recentemente aprovada. Após o mestrado, desenvolvemos também junto com o aluno Daniel uma extensão de uma heurística para determinação de padrões tabuleiros com perdas internas que se mostrou melhor do que a anteriormente sugerida na literatura, embora seja computacionalmente mais cara. Esta heurística foi apresentada em um congresso nacional. Presentemente estamos preparando um artigo relatando todos estes trabalhos e resultados obtidos para ser submetido para uma revista internacional.

## 2.2 Integração de algoritmos de localização e roteamento aos SIGs

A integração de algoritmos para problemas de localização foi iniciada no projeto temático ARSIG (FAPESP – Proc. nº 96/4585-6), encerrado em junho de 1999. Neste projeto os seguintes problemas foram integrados ao ArcView e SPRING:

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

Neste primeiro ano do projeto ARSIG2, o bolsista Marcos A. Pereira realizou as seguintes integrações ao ArcView:

- 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.

O problema de p-medianas capacitado foi também integrado ao SPRING por João Argemiro C. Paiva, e faz parte da nova versão do SPRING (versão 3.5) que foi liberada em maio de 2001 durante a realização do GisBrasil em Curitiba.

Neste ano foi liberada a versão 3.6 do SPRING, durante a realização do GisBrasil 2002, em abril, na cidade de Curitiba, já com a integração do problema de localização de máxima cobertura.

A *homepage* do ARSIG foi reformulada e integrada com a nova página do ARSIG2. O endereço entretanto continuou o mesmo <http://www.lac.inpe.br/~lorena/ArsigIndex.html> devido à grande divulgação que já havia sido realizada no projeto anterior. Nossa página já conta com *links* em diversas outras que usam e divulgam aplicações de SIGs.

Divulgações do projeto foram feitas através da palestra proferida por Luiz A. N. Lorena no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, e também por sua participação como convidado para mesa redonda sobre aplicações de SIGs em Pesquisa Operacional, promovida no XXXII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Viçosa – 2000. No mesmo evento, Marcelo G. Narciso participou como convidado na seção Fórum de Agronegócios. Nesta seção foram apresentados *softwares* para resolução de problemas no domínio agropecuário que fizessem uso de técnicas de Pesquisa Operacional para a modelagem e solução de problemas. O projeto foi apresentado por Luiz A. N. Lorena, enfocando o domínio urbano e por Marcelo G. Narciso, enfocando o domínio rural. Outras divulgações do projeto foram feitas por Edson L. F. Senne nas seguintes palestras: *Planejamento de Transporte Público Urbano com Sistemas de Informações Geográficas* (16º Seminário de Matemática Aplicada e Computacional, realizado na Unesp – Campus de Guaratinguetá, outubro/2000) e *Algoritmos de Localização para Aplicações com Sistemas de Informações Geográficas* (Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Unesp – Campus de São José do Rio Preto, agosto/2001).

Além das palestras e da *home-page* do projeto, os resultados do ARSIG2 foram divulgados nos seguintes eventos científicos:

- 17<sup>th</sup> European Conference on Operations Research, Budapest, Hungria, julho/2000.
- 21º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Gramado, novembro/2000.
- EURO2001 – The European Operational Research Conference, Rotterdam, Holanda, julho/2001.
- 17º Seminário de Matemática Aplicada e Computacional, Guaratinguetá, setembro/2001.
- 4ª Jornada de Iniciação Científica e Pós-Graduação, Unesp, Guaratinguetá, setembro/2001.
- 13º Congresso de Iniciação Científica da Unesp, Bauru, outubro/2001.
- 21º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, outubro/2001.
- 9º ISOLDE, Canadá, junho/2002.

### **2.3 Protótipos de Sistema de Apoio à Decisão**

Com o uso dos softwares MapObjects e TransCAD, foram desenvolvidos e continuamente vem sendo aperfeiçoados os seguintes sistemas de apoio à decisão utilizando recursos de Sistemas de Informações Geográficas:

**TranSIG** – O sistema implementa uma nova metodologia para avaliar o desempenho de sistemas de transporte (desenvolvida por Edgard Dias Batista Jr. e Edson L.F. Senne), baseada no conceito de custo penalizado, que combina o custo e o tempo necessários para satisfazer a demanda por transporte, penalizada por alguns fatores, tais como: tempo de viagem, número de transbordos, conforto, nível de atendimento à demanda, número de viagens sem passageiros e tamanho da rede de linhas. O sistema já foi utilizado em um estudo realizado sobre o sistema de transporte urbano de passageiros da cidade de Guaratinguetá, SP. A figura a seguir ilustra a interface principal do sistema TranSIG.



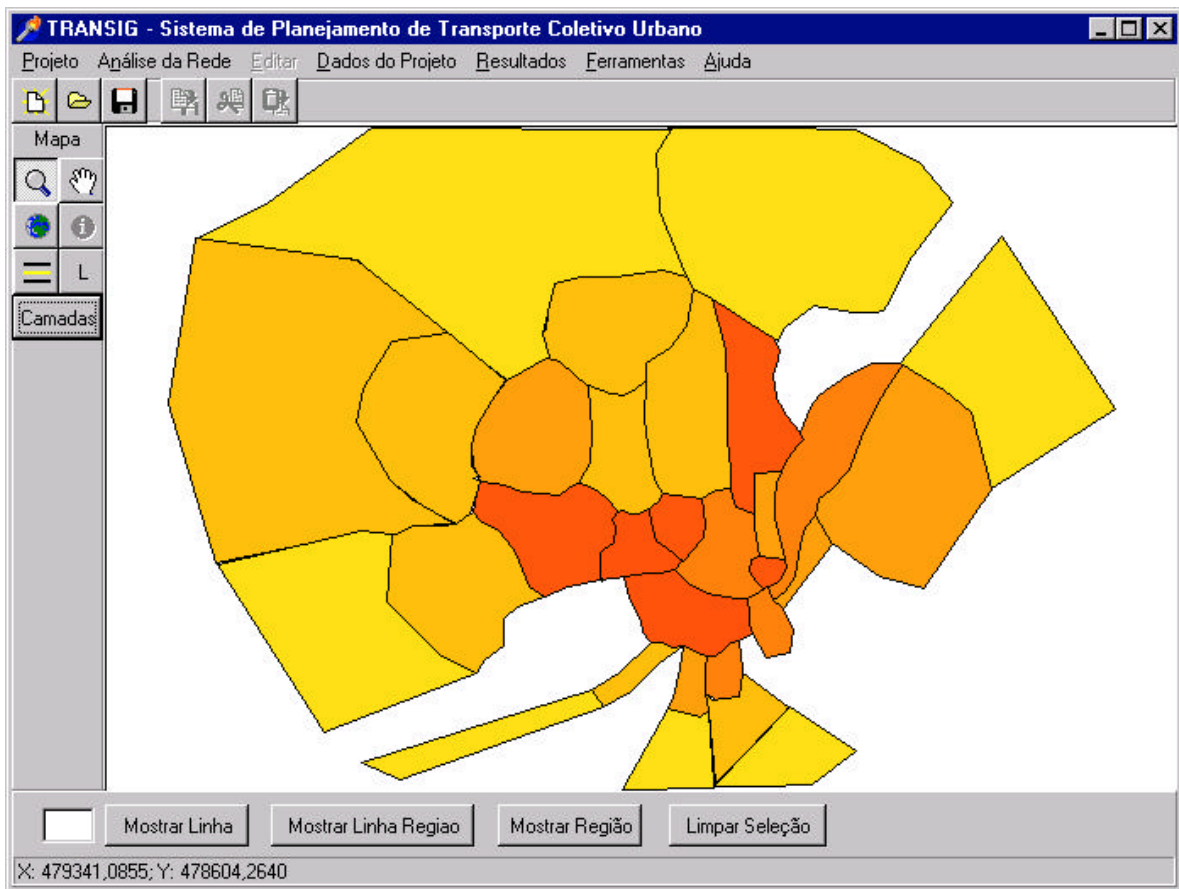


Fig 1 – Interface principal do sistema TranSIG

**SIGPOP** – Sistema de informação para o gerenciamento de pontos de parada. Mantém uma base de dados geo-referenciada com informações relevantes para a tomada de decisões acerca dos pontos de parada e das linhas de transporte coletivo urbano. A figura a seguir ilustra a interface principal do sistema SIGPOP.

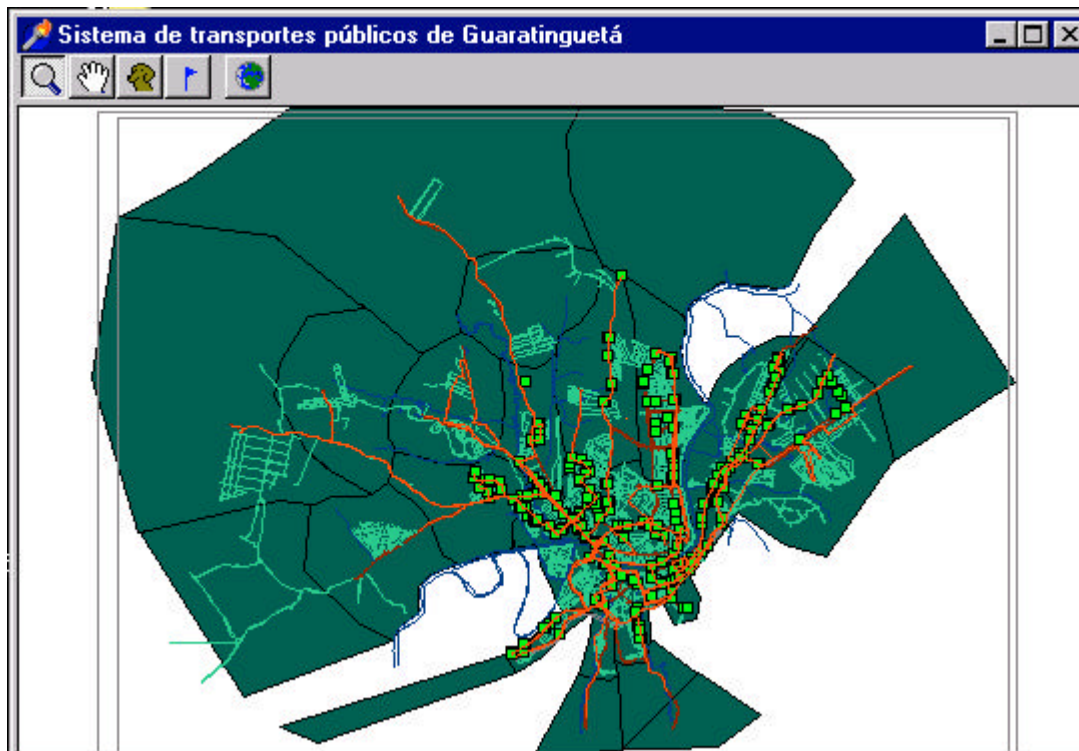


Fig 2 – Interface principal do sistema SIGPOP

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO E ROTEAMENTO EM REDES.** Sistema desenvolvido por Ana Paula Ribeiro Marimoto (orientador Edson L. F. Senne). Ferramenta para a solução de problemas de localização e roteamento em redes. Tal ferramenta dispõe de funcionalidades de Sistema de Informações Geográficas proporcionadas pela biblioteca de classes MapObjects e utiliza algoritmos heurísticos eficientes para obter boas soluções para os seguintes problemas: localização de p-medianas (casos capacitado e não-capacitado), localização com custos fixos (casos capacitado e não-capacitado) e roteamento de veículos a partir de um único depósito.

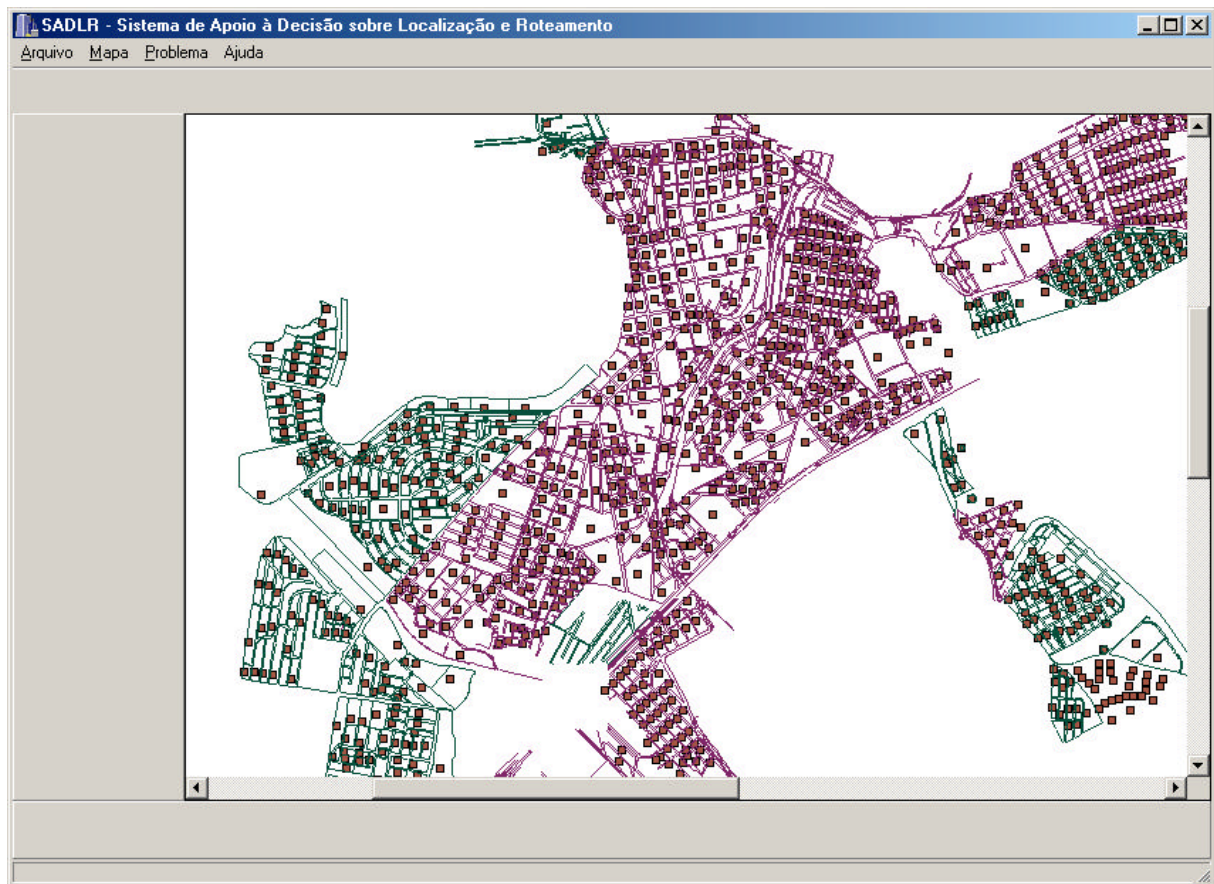


Fig 3 – Interface principal do sistema desenvolvido

**SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO E ROTEAMENTO EM REDES COM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.** Sistema desenvolvido por Mariana Quissak Bartelega Peixoto (orientador Edson L. F. Senne). Ferramenta para o processo de tomada de decisão envolvendo problemas de localização de facilidades e roteamento de veículos em redes. Esta ferramenta baseia-se na plataforma computacional do sistema de informações geográficas TransCAD. Para a solução dos problemas de localização e roteamento são utilizados procedimentos disponíveis no sistema TransCAD, assim como novos algoritmos desenvolvidos e incorporados ao sistema. Testes utilizando mapa digitalizado da região central da cidade de Ribeirão Preto (rede com cerca de 800 nós), para problemas de localização e roteamento capacitados e não-capacitados, confirmam a efetividade e a eficiência dos novos algoritmos desenvolvidos.

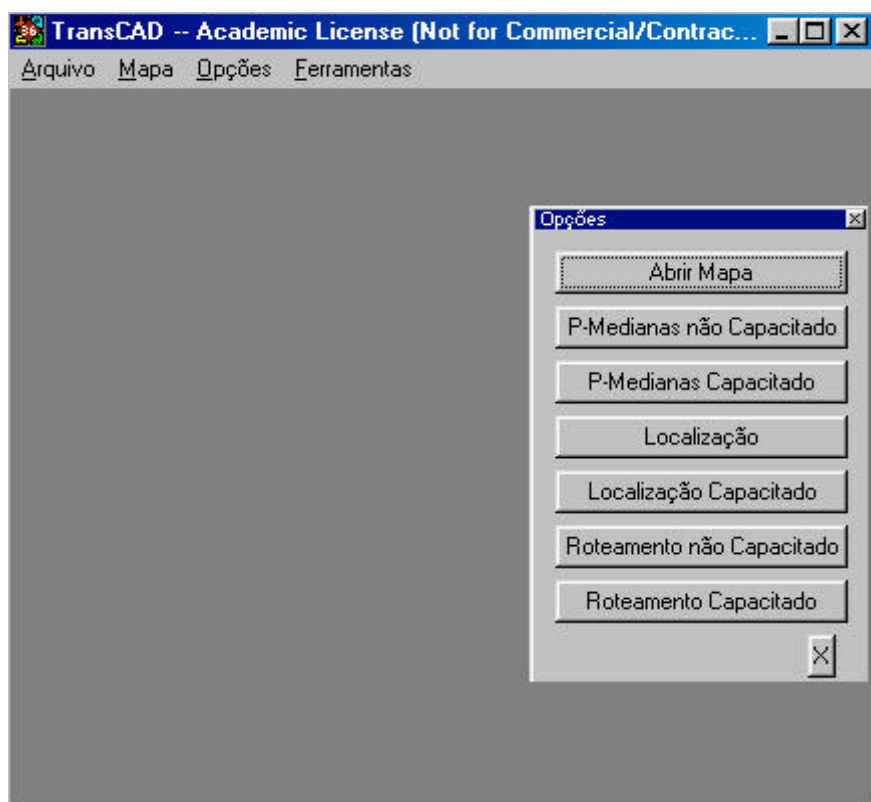


Fig 4 – Interface principal do sistema desenvolvido

#### 2.4. Coleta e análise de dados da Pesquisa Origem-Destino (O-D)

Desenvolveu-se um método de realização de Pesquisa O-D, com características especiais visando a redução de custo. No Relatório Técnico DPD/FEG-03/2002, apresenta-se detalhadamente o método desenvolvido, destacando-se o Plano de Amostragem e a elaboração do questionário utilizado nas entrevistas domiciliares. Esse relatório, apresenta, também, o método utilizado no processamento dos dados coletados, destacando-se a utilização de um sistema de gerenciamento de banco de dados de baixo custo, o software Microsoft Access. Com a finalidade de testar a aplicabilidade do método de baixo custo, realizou-se uma Pesquisa O-D na cidade de Guaratinguetá, envolvendo 2725 domicílios, 10317 moradores e 17349 viagens. No citado Relatório Técnico são apresentados e analisados os resultados obtidos na referida Pesquisa O-D, além das conclusões e considerações finais. Esse Relatório Técnico também detalha os aspectos operacionais do método aplicado, a alocação dos recursos financeiros e a equipe técnica, que envolveu 71 pessoas, a maioria universitários, sob a coordenação do NEPEP – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Engenharia de Produção, vinculado ao Departamento de Produção da Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Guaratinguetá.

### 3. *Trabalhos científicos*

#### **Trabalhos publicados:**

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F.**

*TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros*

In: Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2000, Setti, J.R.A.; Cybis, H.B.B. (eds.), ANPET, ISBN 85-97893-02-5, pp. 179-189, 2000. São Paulo: Makron Books Ltda e Pearson Education do Brasil. pág. 83-98. ISBN 85-3461413-X, 2000.

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F; Kirihata, R.**

*TRANSIG: Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento de Transporte Urbano*

In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 21, Salvador - BA, 17 a 19 de outubro, 2001, Anais (mídia eletrônica) e Anais de Resumos, p.207.

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F; Kirihata, R.; Teixeira, A.P.**

*Sistemas de Apoio à Decisão para Planejamento de Transporte Urbano de Passageiros*

In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 15, pág. 57-63, Campinas – SP, 19 a 23 de novembro de 2001, Anais.

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F; Teixeira, A.P.**

*A Importância de um Sistema de Informação para o Gerenciamento do Transporte de Passageiros*

In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 21, Salvador - BA, 17 a 19 de outubro, 2001, Anais (mídia eletrônica) e Anais de Resumos, p.204.

**Câmara G., Monteiro A., Paiva J., Gomes J., Velho L.**

*Towards a unified framework for spatial data models*

Journal of the Brazilian Computing Society, 7(1):2000

**Linhares, A.; Yanasse, H.H.**

Connections between cutting-pattern sequencing, VLSI design, and flexible machines.

*Computers and Operations Research*, vol.29(12):1759-1772, October 2002.

**Lorena, L.A.N.; Furtado, J.C.**

*Constructive genetic algorithm for clustering problems.*

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

**Lorena, L.A.N.; 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

**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): 473-483, 2002.

**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.

**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 julho 2001.

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

*A Constructive Evolutionary Approach to the Machine-Part Cell Formation Problem*

In: Buildings Competencies for International Manufacturing - Perspectives for developing countries, A. Fleury, H. Yoshizaki, L. B. M. Guimaraes and J. L. D. Ribeiro (eds.), UFRGS/FEENG, Porto Alegre, pp. 340-348, 2000.

**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 vol. 2037, pp. 130-139, 2001.

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

*Lagrangean/surrogate heuristics for p-median problems.*

In: Computing Tools for Modeling, Optimization and Simulation: Interfaces in Computer Science and Operations Research, M. Laguna and J. L. Gonzalez-Velarde (eds.), Kluwer Academic Publishers, pp. 115-130, 2000.

**Yamamoto, M.; Camara, G.; 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.

**Yanasse, H.H.; Soma, N.Y., Maculan, N.**

*An algorithm for determining the K-best solutions of the one-dimensional knapsack problem.*

Pesquisa Operacional, 20 (1): 117-134, 2000.

### **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.

**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 AgroInformatica.

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

*A Constructive Genetic Algorithm for Gate Matrix Layout Problems.*

IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems.

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

*2-opt population training for minimization of open stack problem*

SBIA'02

Livro: Springer Lecture Notes in Artificial Intelligence Series.

**Trabalhos submetidos para publicação:**

**Linhares, A.; Yanasse, H.H.**

*On the minimization of open stack problem.*

Computers and Operations Research.

versão revisada em 2001.

**Linhares, A.; Yanasse, H.H.**

*Local search intensity versus local search diversity: a false tradeoff.*

Management Science.

Submetido em 2002.

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

*Local search heuristics for capacitated p-median problems*

Networks and Spatial Economics

Versão revisada em fevereiro 2002

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

*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 – 2001

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

*Real-coded evolutionary approaches to unconstrained numerical optimization.*

LAPTEC2002

Livro: "Frontiers in Artificial Intelligence and its applications" – 2002.

**Pizzolato, N.D.; Barcelos, F.B.; Lorena, L.A.N.**

*School Location Methodology in Urban Areas of Developing Countries*

Finalista para o premio: IFORS OR FOR DEVELOPMENT PRIZE COMPETITION - IFORS2002.

International Transactions in Operational Research – 2002.

**Sanchez, C.A.A.; Soma, N.Y.; Yanasse, H.H.**  
*Comments on parallel algorithms for the knapsack problem.*  
Versão revisada em 2001.

**Sanchez, C.A.A.; Soma, N.Y.; Yanasse, H.H.**  
*An adaptative optimal parallel two-lists algorithm for the knapsack problem.*  
Journal of Parallel and Distributed Computing, Theory, Algorithms and Programming.  
Versão revisada em 2002.

**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 – 2002.  
Versão revisada em fevereiro – 2002.

**Yanasse, H.H.; Limeira, M.S.**  
*A branch and bound scheme for solving a pattern sequencing problem*  
European Journal of Operational Research.  
Versão revisada de 2001.

#### **Trabalhos apresentados em congressos:**

**Almeida C., Monteiro A., Câmara G., Paiva J., Angelis C.**  
*Técnicas Inferenciais e de Suporte à Decisão Aplicadas ao Estudo da Adequabilidade de Sítio: O Caso da Implantação de Terminais Intermodais ao Longo do Piracicaba Navegável*  
X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 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, julho 16-20, 2001.

**Batista, Jr., E.D.; Senne, E.L.F.**  
*TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros*  
XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Gramado, RS, nov. 2000.

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F.; Kirihata, R.**  
*TRANSIG: Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento de Transporte Urbano*  
In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 21, Salvador - BA, 17 a 19 de outubro, 2001, Anais (mídia eletrônica) e Anais de Resumos, p.207.

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F.; Kirihata, R.; Teixeira, A.P.**  
*Sistemas de Apoio à Decisão para Planejamento de Transporte Urbano de Passageiros*



In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 15, pág. 57-63, Campinas – SP, 19 a 23 de novembro de 2001, Anais.

**Batista Junior, E.D.; Senne, E.L.F; Teixeira, A.P.**

*A Importância de um Sistema de Informação para o Gerenciamento do Transporte de Passageiros*

In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 21, Salvador - BA, 17 a 19 de outubro, 2001, Anais (mídia eletrônica) e Anais de Resumos, p.204.

**Câmara G., Monteiro A., Paiva J., Souza R.**

*Action-Driven Ontologies of the Geographical Space*

GIScience2000 Conference. Proceedings, AAG, 2000

**Camara, G., Vinhas, L., Souza, R. C., Paiva, J. A. C., Monteiro, A. M. V., Carvalho, M. T., Raoult, B.**

*Design Patterns in GIS Development: The Terralib Experience*

III WORKSHOP BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 2001, Rio de Janeiro. 2001

**Freitas Filho, D.F; Soma, N.Y., Yanasse, H.H.**

*Seqüenciamento e alocação de atividades de desenvolvimento da produção de petróleo em campos submarinos.*

Apresentado na V Oficina Nacional de Problemas de Corte & Empacotamento, São José dos Campos, SP, de 06 a 07 de dezembro de 2001. Programa e Resumos da V Oficina, p.01.

**Katsurayama, D.M.; Yanasse, H.H.**

*Um Algoritmo Enumerativo para Determinação de Padrões Tabuleiros: Aspectos Computacionais de Implementação*

XXXII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Viçosa, MG, outubro/2000. Publicado em CDRom, p.370-382.

**Katsurayama, D.M., Yanasse, H.H.**

*Uma análise de produtividade do equipamento de cortes utilizando-se padrões tabuleiro.*

Apresentado no XXI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção / VII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, realizado em Salvador, BA, de 17 a 19 de outubro de 2001. Anais de Resumos, p. 86. Trabalho publicado no CDRom do ENEGEP 2001, ISBN 85.88478-02-1. Apresentado na V Oficina Nacional de Problemas de Corte & Empacotamento, São José dos Campos, SP, de 06 a 07 de dezembro de 2001. Programa e Resumos da V Oficina, p.05. Anais da V Oficina, p. 01-18.

**Katsurayama, D.M., Yanasse, H.H.**

*Análise de produtividade de uma serra com o uso de padrões 2-estágios especiais.*

Apresentado no XXXIII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Campos de Jordão, SP, de 06 a 09 de novembro de 2001. Publicado em CD-ROM, p.1138-1145.

**Lamosa, D.M., Yanasse, H.H, Preto, A.J.**

*Proposta de uma implementação paralela de um algoritmo para a resolução de um problema de sequenciamento de padrões de corte.*

Apresentado no I WORKCAP – Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE, São José dos Campos, SP, 25 de outubro de 2001. Anais de Resumos, p. 33-35. Apresentado no XXXIII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Campos de Jordão, SP, de 06 a 09 de novembro de 2001. Publicado em CD-ROM, p.1236-1240. Apresentado na V Oficina Nacional de Problemas de Corte & Empacotamento, São José dos Campos, SP, de 06 a 07 de dezembro de 2001. Programa e Resumos da V Oficina, p.31. Anais da V Oficina, p. 258-263.

**Limeira, M.S., Yanasse, H.H.**

*Uma heurística para o problema de redução de padrões de corte.*

Apresentado no I WORKCAP – Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE, São José dos Campos, SP, 25 de outubro de 2001. Anais de Resumos, p. 88-90. Apresentado na V Oficina Nacional de Problemas de Corte & Empacotamento, São José dos Campos, SP, de 06 a 07 de dezembro de 2001. Programa e Resumos da V Oficina, p.20. Anais da V Oficina, p. 137-145.

**Linhares, A.; Yanasse, H.H.**

*Local search: are search intensity & diversity mutually exclusive?*

INFORMS Annual Meeting – San Antonio, Fall 2000, realizado na cidade de San Antonio, Texas, EUA, novembro/2000.

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

*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, INPE - S.J. Campos, dezembro, 2001.

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

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

CO2002 - International Symposium on Combinatorial Optimization, Paris, april, 2002.

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

*Local search heuristics for capacitated p-median problems*

EURO XVII – The 17th European Conference on Operational Research, Budapeste, Hungria, julho 16-19, 2000.

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

*A column geration approach to capacitated p-median problems*

ISOLDE – 9th International Symposium on Locational Decisions, Fredericton, New Brunswick, Canada, june, 2002.

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

*Um método exato para multiplicadores lagrangeano/surrogate.*

IV Oficina Nacional de Problemas de Corte e Empacotamento, INPE, 2000.

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

*Nova proposta para a relaxação Lagrangeana/surrogate e nova proposta de algoritmo para o Problema Generalizado de Atribuição*

Anais do I Congresso de Lógica Aplicada à Tecnologia

LAPTEC 2000 – I Congresso de Lógica Aplicada à Tecnologia, São Paulo, setembro, 2000.

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

*Uma nova proposta de mutação do algoritmo Genético Construtivo (AGC) aplicado ao problema das p-medianas e ao problema generalizado de atribuição.*

Anais do I Congresso de Lógica Aplicada à Tecnologia

LAPTEC 2000 – I Congresso de Lógica Aplicada à Tecnologia, São Paulo, setembro/2000.

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

*Novas Propostas de Heurísticas para se Resolver o Problema Generalizado de Atribuição (PGA).*

CNMAC 2000. XXIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, Santos-SP.

**Narciso, M.G.; Lorena, L.A.N.; Furtado, J.C.**

*Uma Proposta de Mutação para Problemas de p-medianas*

CNMAC 2000. XXIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, Santos-SP.

**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, novembro, 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

**Narciso, M.G.; Lorena, L.A.N.; Furtado, J.C.**

*Mutação de localização-alocação para problemas de p-medianas*

XXXII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Viçosa, 2000.

**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–agosto, 2001.

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

*Algoritmos Evolutivos para Problemas de Otimização Numérica com Restrições.*

I Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE (I Worcap). pp 103--105. São José dos Campos SP. 25 de Outubro de 2001.

**Pereira M.A.; 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, novembro, 2001.

**Pinto, M.J.; Yanasse, H.H.**

*Uma variação do problema de minimização de pilhas abertas*

XXXII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Viçosa, MG, outubro/2000. Publicado em CDROM, p.383-388.

**Pinto, M.J., Yanasse H.H.**

*O problema de minimização de trocas de ferramentas: propostas para a sua resolução.*

Apresentado no XXXIII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, realizado em Campos do Jordão, SP, de 06 a 09 de novembro de 2001. Publicado em CD-ROM, p.1410-1419.

**Pinto, M.J., Yanasse, H.H.**

*O problema de corte e sequenciamento de padrões: uma abordagem integrada.*

Apresentado na forma de painel no I WORKCAP – Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE, São José dos Campos, SP, 25 de outubro de 2001. Anais de Resumos, p. 109-111. Versão estendida e atualizada, apresentada na V Oficina Nacional de Problemas de Corte & Empacotamento, São José dos Campos, SP, de 06 a 07 de dezembro de 2001 com o título de: O problema de corte de estoque e sequenciamento de padrões: uma abordagem integrada.. Programa e Resumos da V Oficina, p.32. Anais da V Oficina, p. 264-275.

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

*Constructive genetic algorithm and Column Generation: an application to graph coloring.*

APORS'2000 - The Fifth Conference of the Association of Asian-Pacific Operations Research Societies within IFORS – 2000.

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

*Algoritmo Genético Construtivo e geração de colunas: uma aplicação para coloração de grafos.*

XXXII SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Viçosa, 2000.

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

*Constructive Genetic Algorithm application to school timetabling*

EURO XVII – The 17th European Conference on Operational Research, Budapeste, Hungria, julho 16-19, 2000.

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

*A Constructive Evolutionary Approach to the Machine-Part Cell Formation Problem*

VI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management – São Paulo, out.-nov./2000.

**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), Abril 18-19, 2001.

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

*DNA Fragment Assembly using the Constructive Genetic Algorithm*  
INFORMS Annual Meeting 2001 Miami Beach, novembro, 2001.

**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), abril 18-19, 2001.

**Sanches, C.A.A, Soma, N.Y, Yanasse, H.H.**

*An adaptive optimal parallel two-lists algorithm for the knapsack problem.*  
Apresentado no EURO 2001 – The European Operational Research Conference, Rotterdam, Holanda, de 9 a 11 de julho de 2001. Abstracts, p. 184-185.

**Sanches, C.A.A., Soma, N.Y., Yanasse, H.H.**

*Algoritmos paralelos para o problema da mochila.*  
Apresentado na V Oficina Nacional de Problemas de Corte & Empacotamento, São José dos Campos, SP, de 06 a 07 de dezembro de 2001. Programa e Resumos da V Oficina, p.23. Anais da V Oficina, p. 184-192.

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

*Stabilizing Column Generation Using Lagrangean/Surrogate Relaxation: An Application to p-Median Location Problems.*  
EURO 2001 – The European Operational Research Conference, Rotterdam, The Netherlands, julho 2001. Abstracts, p. 116.

**Torres, C.G.O., Yanasse, H.H.**

*Empacotamento de círculos.*  
Apresentado no SICINPE 2001 – Seminário de Iniciação Científica, São José dos Campos, SP, de 7 a 9 de agosto de 2001. Anais, p. 14.

**Victor, G.O., Yanasse, H.H.**

*Estudo e implementação de algoritmos para resolução de problemas combinatórios em grafos.*  
Apresentado no SICINPE 2001 – Seminário de Iniciação Científica, São José dos Campos, SP, de 7 a 9 de agosto de 2001. Anais, p. 28.

**Yanasse, H.H.; Katsurayama, D.M.**

*An enumerative algorithm to generate 1-group patterns*  
X CLAIO –Congreso Latinoiberoamericano de Investigación de Operaciones y Sistemas, realizado na cidade do México, México, de 4 a 8 de setembro de 2000.

**Yanasse, H.H., Katsurayama, D.M.**

*Checkerboard X two-stage cutting patterns: a productivity analysis.*  
Apresentado no EURO 2001 – The European Operational Research Conference, Rotterdam, Holanda, de 9 a 11 de julho de 2001. Abstracts, p. 152.

**Yanasse, H.H.; Limeira, M.S.**

*Pattern reduction in cutting pattern problems.*

INFORMS Annual Meeting – San Antonio, Fall 2000, realizado na cidade de San Antonio, Texas, EUA, de 5 a 8 de novembro de 2000.

**Trabalhos aceitos para apresentação em congressos:**

**Linhares, A. Yanasse, H.H.**

*Industrial pattern-sequencing problems: some complexity results and new local search models.*

Concurso de Teses e Dissertações, CTD 2002, SBC 2002, Julho de 2002.

**Pizzolato, N.D.; Barcelos, F.B.; 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, July, 2002. Trabalho finalista: OR for Development Prize Competition.

**Yanasse, H.H., Pinto, M.J.**

*A cutting and sequencing integrated model.*

Aceito para apresentação no The Sixteenth triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies, a ser realizado em Edinburgh, Escócia, de 08 a 12 de julho de 2002.

**Trabalhos submetidos para apresentação em congressos:**

**Becceneri, J.C., Yanasse, H.H., Soma, N.Y.**

*A method for solving the minimisation of the maximum number of open stacks problem.*

Submetido para apresentação no CLAIO' 2002, a ser realizado no Chile, outubro de 2002.

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

*Real-coded evolutionary approaches to unconstrained numerical optimization*

LAPTEC2002 - Terceiro Congresso de Lógica Aplicada a Tecnologia - São Paulo - 11 a 13 de novembro de 2002

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

*2-opt population training for minimization of open stack problem*

SBIA'02 - XVI Brazilian Symposium on Artificial Intelligence - Porto de Galinhas/Recife - 11 a 14 de novembro de 2002

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

*Population Training Algorithm for Clustering on Trees.*

INFORMS Annual Meeting 2002 San Jose - November 17 -20, 2002

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

*Complementary Approaches for a Clustering Problem*

11<sup>o</sup>. CLAIO - Latin-American Conference on Operations Research - Concepcion - Chile - October 27 - 30, 2002

**Yanasse, H.H., Becceneri, J.C., Soma, N.Y.**

*A heuristic to solve a pattern sequencing problem based on partial orderings.*

Submetido para apresentação no XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção / VIII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, a ser realizado em Curitiba, PR, de 23 a 25 de outubro de 2002.

**Yanasse, H.H., Becceneri, J.C., Soma, N.Y.**

*Ordenamento parcial para reduzir o espaço de busca de uma solução ótima para um problema de sequenciamento de padrões.*

Submetido para apresentação no XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, a ser realizado no Rio de Janeiro, RJ, outubro de 2002.

### **Teses, dissertações e trabalhos de Iniciação Científica:**

**Alexandre Linhares**

*Industrial pattern sequencing problems: some complexity results and new local search models*

Doutorado em Computação Aplicada no INPE

Orientador: Horacio Hideki Yanasse.

Data da defesa: junho de 2001.

**Ana Paula Ribeiro Marimoto**

*Desenvolvimento de Sistemas de Apoio à Decisão para Problemas de Localização e Roteamento em Redes*

Iniciação Científica na Unesp – CNPq/PIBIC (Proc. 105347/2001-9)

Orientador: Edson Luiz França Senne

Conclusão: julho de 2002

**Ana Paula Teixeira**

*Análise Comparativa entre Softwares de Transporte Urbano: TRANSIS E TRANSCAD*

Iniciação Científica na Unesp: CNPq/PIBIC.

Orientador: Edgard Dias Batista Jr.

Período: abril/2001 a julho/2002

**Ana Paula Teixeira**

*Desenvolvimento de um Sistema de Informação para o Gerenciamento de Pontos de Parada*

Iniciação Científica na Unesp: CNPq/PIBIC.

Orientador: Edgard Dias Batista Jr.

Período: abril/2000 a julho/2001

**André Segismundo**

*Planejamento de Transporte Público Urbano com Sistema de Informações Geográficas.*

Iniciação Científica na Unesp – FAPESP (Proc. 99/10770-9)

Orientador: Edson L.F. Senne

Conclusão: agosto de 2000.

**Carlos Kazuo Missão**

*Implementação de Algoritmos Computacionais para Determinação da Distribuição de Viagens entre Diferentes Regiões de uma Cidade*

Iniciação Científica na Unesp: CNPq/PIBIC.

Orientador: Edgard Dias Batista Jr.

Período: abril/2000 a julho/2000

**Daniel Massaru Katsurayama**

*Estudo sobre o efeito da utilização de padrões tabuleiro na produtividade do equipamento de cortes*

Mestrado em Computação Aplicada no INPE

Orientador: Horacio Hideki Yanasse.

Data da defesa: abril de 2001.

**Geraldo Ribeiro Filho**

*Melhoramentos no Algoritmo Genético Construtivo e Novas Aplicações em Problemas de Agrupamento*

Doutorado em Computação Aplicada no INPE

Orientador: Luiz Antonio Nogueira Lorena

Data da defesa: dezembro de 2000.

**Marcelo Maciel Amaral**

*Implementação de Algoritmos Computacionais para Determinação da Distribuição de Viagens entre Diferentes Regiões de uma Cidade*

Iniciação Científica na Unesp: CNPq/PIBIC.

Orientador: Edgard Dias Batista Jr.

Período: setembro/1999 a março/2000

**Mariana Quissak Bartelega Peixoto**

*Solução de Problemas de Localização e Roteamento em Redes com Sistema de Informações Geográficas.*

Iniciação Científica na Unesp – FAPESP (Proc. 01/02786-4)

Orientador: Edson L.F. Senne

Conclusão: maio de 2002.

**Reinaldo G. I. Arakaki**

Heurística de Localização-alocação para problemas de localização de facilidades

Doutorado em Computação Aplicada no INPE

Orientador: Luiz Antonio Nogueira Lorena

Data da defesa: abril de 2002.



**Relatórios técnicos:**

**Batista Junior, E. D.; Senne, E.L.F.; Missao, C.K.; Segismundo, A.**  
*Sistema TranSis.*

Relatório Técnico 04/00, DPD/FEG/UNESP, Guaratinguetá, SP, 2000.

**Batista Junior, E. D.; Okawa, E. C.; Rosa, R.H.F.**

*Método de Baixo Custo para Realização de Pesquisa Origem-Destino.*

Relatório Técnico 03/02, DPD/FEG/UNESP, Guaratinguetá, SP, 2002.

**Furtado, J.C.; Lorena, L.A.N.; Narciso, M.G.; Senne, E.L.F.**

*O Algoritmo Genético Construtivo aplicado ao Problema de Localização não Capacitado.*

Classificação: Comunicado Técnico. Campinas, 2000.

**Tsuruta J.; Narciso M.G.**

*Um estudo sobre Algoritmos Genéticos. Publicação interna da Embrapa*

Classificação: Série Documentos. Campinas, 2000.

#### 4. Conclusões

Apresentam-se a seguir os principais resultados alcançados no ARSIG2, divididos nos itens:

- Pesquisa e orientação,
- Integração de algoritmos aos SIGs,
- Aplicações.

##### **Pesquisa e orientação**

O segmento de pesquisa e orientação de alunos contou com grande atividade. Todas as áreas importantes para o projeto foram contempladas. Algumas outras relacionadas foram também consideradas.

Os problemas de localização já contam com diversas contribuições dos participantes do projeto. A técnica de solução que combina a relaxação Lagrangeana/surrogate e geração de colunas já é uma realidade com várias contribuições de métodos eficientes para solução dos problemas de localização e início de métodos para problemas de roteamento.

O desenvolvimento do Algoritmo Genético Construtivo continua sendo realizado com a participação de vários pesquisadores, e como consequência vem se firmando como uma meta-heurística competitiva para problemas de otimização combinatória.

A área de transportes conta com a participação efetiva do grupo da FEG, e alguns trabalhos científicos foram elaborados.

##### **Integração de algoritmos aos SIGs**

###### *Localização:*

As integrações de problemas de localização proporcionaram a formação de amostras de dados de diversos tamanhos que foram extraídos como pontos com coordenadas no ArcView, usando o mapa digitalizado de São José dos Campos. Esses dados formaram um conjunto de instâncias que foram utilizados para comparação dos programas integrados ao ArcView, ao SPRING e sem a integração a nenhum SIG. Essas instâncias estão disponibilizadas na página do projeto (<http://www.lac.inpe.br/~lorena/ArsigIndex.html>) para futuras comparações com outros algoritmos que venham a ser integrados aos SIGs.

A aplicação do ArcView como banco de dados de dados geográfico e ferramenta gráfica foi estendida para a fase de validação de algoritmos. O código-fonte da heurística lagrangeana/surrogate para o problema de p-medianas foi utilizado como ponto de partida para o estudo dos outros modelos de localização implementados nesta fase do projeto. Foi necessário alterar o programa original para modelagem das características e

particularidades dos outros modelos. Na fase de testes foram utilizados os dados disponíveis no ArcView para a cidade de São José dos Campos, visando executar correções e melhorias no código, quando necessário. A partir de então, foram conduzidos estudos com dados disponíveis na literatura, permitindo comprovar a qualidade das soluções obtidas com o novo código. Algumas alterações foram executadas também nas *scripts* do ArcView, porém em menor escala. Tais alterações visam permitir ao usuário a entrada de alguns dos parâmetros específicos para cada modelo (p. ex., a distância de atendimento para o problema de máxima cobertura).

A figura abaixo ilustra a solução heurística obtida para um problema de máxima cobertura, considerando 708 pontos, para instalação de 3 antenas de telecomunicações de curto alcance (800 m). Foram utilizadas as rotinas do ArcView para processar o arquivo contendo a solução de alocação do problema (linhas retas) e a área de cobertura (círculos) dos pontos escolhidos para instalação das antenas.

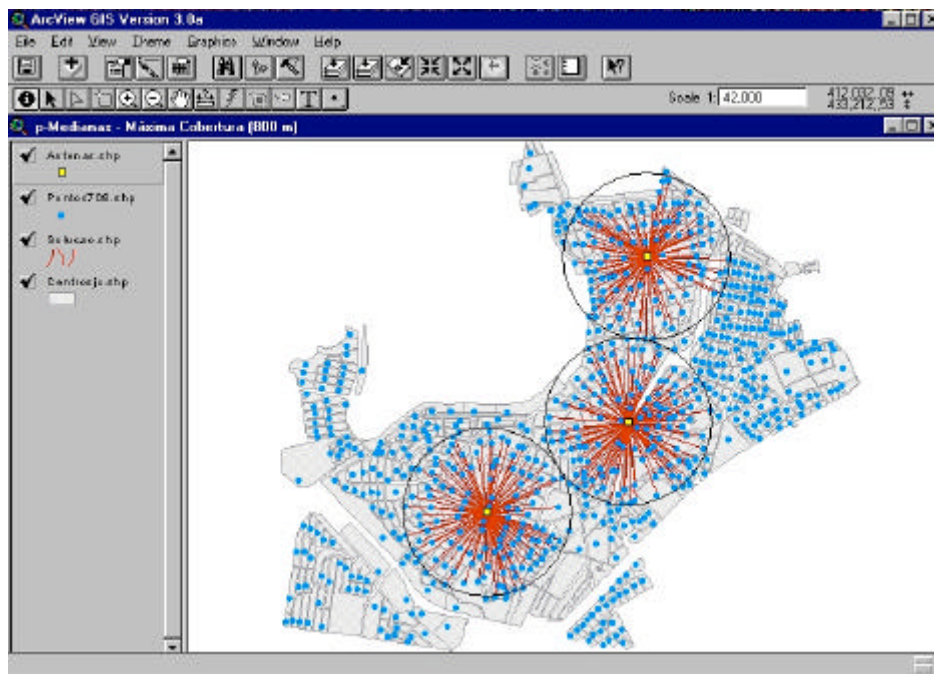


Fig. 5 – Solução para problema de máxima cobertura

No caso do SPRING a figura abaixo ilustra um resultado da aplicação do algoritmo de p-medianas capacitado em uma região de São José dos Campos, onde a partir de um conjunto de pontos com suas respectivas demandas de serviço armazenadas no banco de dados, foram identificados as 4 melhores localizações. As demandas de cada ponto são obtidas selecionando-se na interface um atributo da tabela de objetos que corresponda às demandas em estudo.

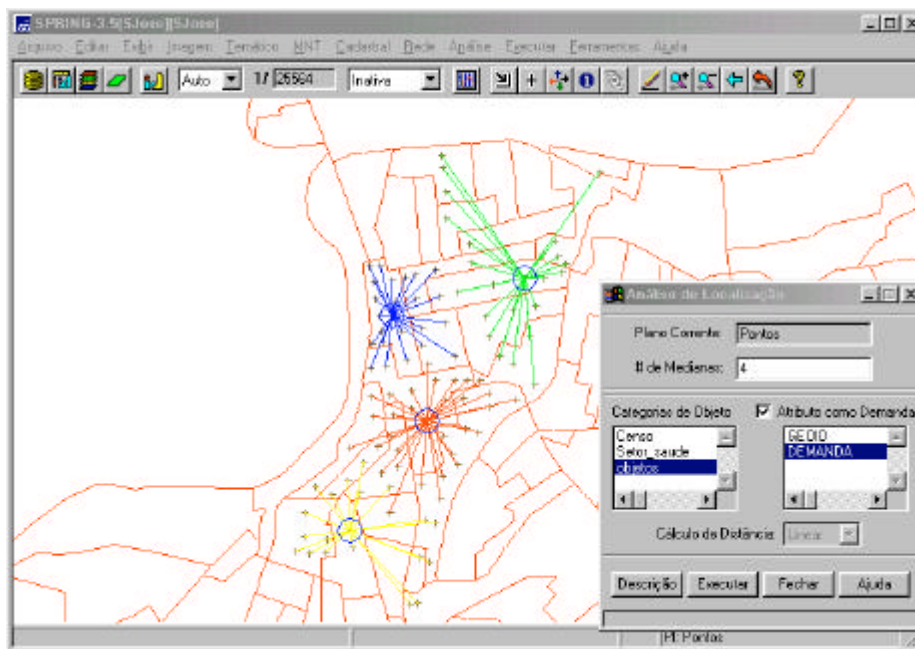


Fig. 6 – Solução de problema de p-medianas para S.J. Campos

Também lançada recentemente, a nova versão do SPRING 3.6 já conta com a integração do algoritmo para problemas de máxima cobertura. A utilização deste novo algoritmo faz uso da interface gerada em versões anteriores do SPRING para o problema de p-medianas, tendo sido acrescentada uma opção para se definir a distância de máxima cobertura a ser analisada. Esta opção pode ser habilitada quando um valor de demanda é considerado para cada ponto do conjunto de informações. Caso não se deseje definir uma distância de cobertura, o algoritmo de p-medianas capacitado desenvolvido em fases anteriores deste projeto é utilizado. A Figura XX ilustra a interface desenvolvida no SPRING 3.6 e o resultado de exemplo para a análise do problema de p-medianas com máxima cobertura considerando-se uma distância de 1000 metros. Esta funcionalidade pode ser aplicada para dados representando os modelos Temático, Cadastral e de Redes do SPRING.

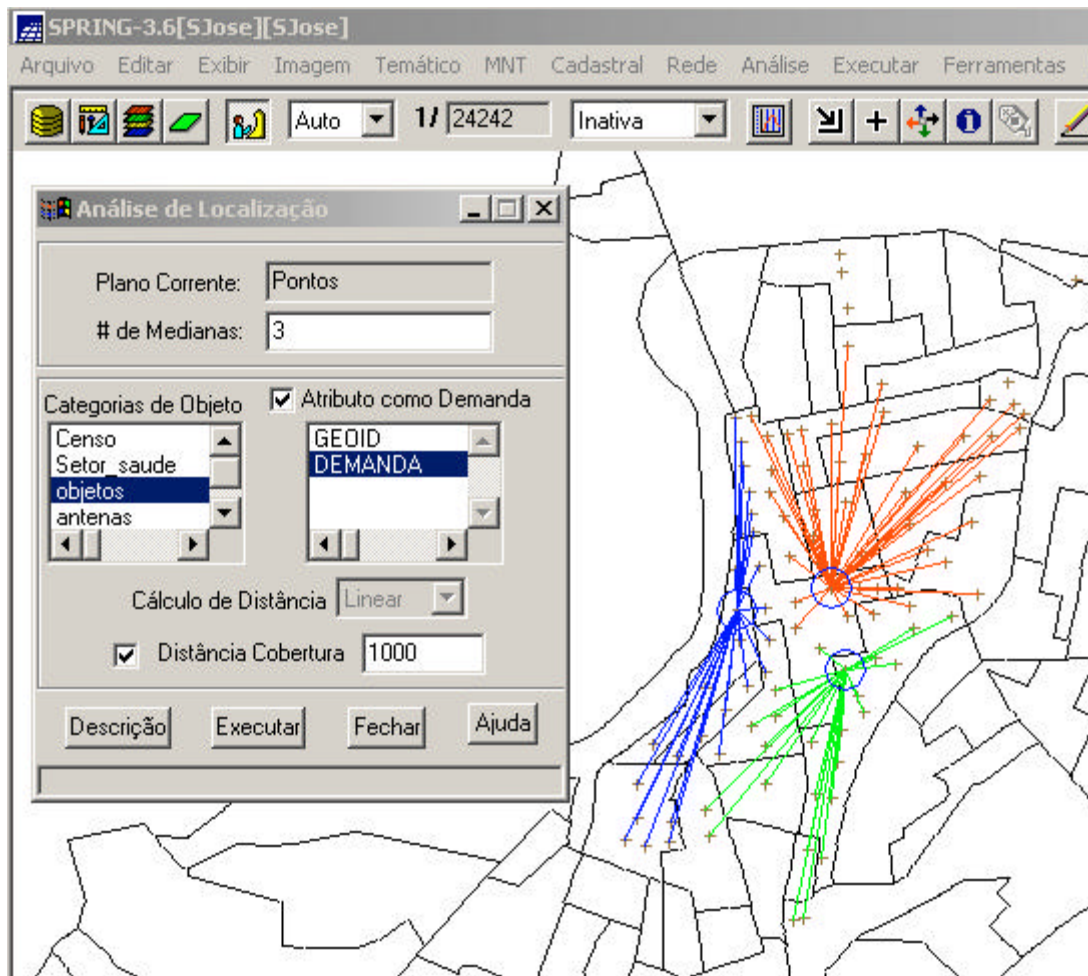


Fig. 7: Solução do problema de máxima cobertura pelo Spring 3.6

### Aplicações

Uma das aplicações desenvolvidas neste primeiro ano do projeto refere-se a um protótipo de Sistema de Apoio à Decisão acerca das linhas de ônibus e dos pontos de paradas existentes na cidade de Guaratinguetá. Para tanto a cidade foi dividida em zonas de interesse de tráfego conforme mostra a figura abaixo.



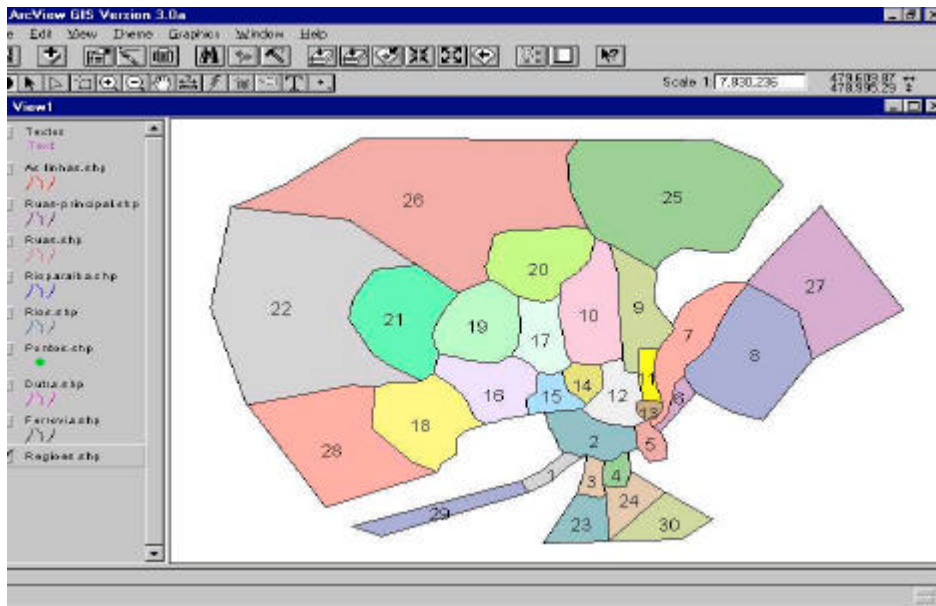


Fig. 8 – Sistema SIGPOP

A figura a seguir apresenta uma possível saída do SIGPOP, a qual possibilita uma análise visual do sistema de transporte público de Guaratinguetá, destacando-se os pontos de parada, representados por pequenos círculos. Pode-se, também, observar um maior destaque nas vias à medida que aumenta a oferta de linhas.



Fig. 9 – Possível saída do SIGPOP

Caso o planejador de transporte esteja interessado em obter informações acerca de um ponto de parada específico ou informação sobre uma linha basta clicar sobre sua representação gráfica. Os resultados obtidos com essa aplicação real evidenciam o acerto de

se desenvolver ferramentas eficazes para auxiliar o processo de tomada de decisões relacionadas com o sistema de transporte coletivo.

### **Outros destaques**

Dentre os vários aspectos positivos resultantes do projeto, podemos destacar ainda algumas indicações para prêmios e premiações de atividades relacionadas ao projeto:

- A tese de doutorado de Alexandre Linhares, orientada por Horácio H. Yanasse, intitulada “*Industrial pattern-sequencing problems: some complexity results and new local search models*” foi incluída como finalista do Concurso de Teses e Dissertações da Sociedade Brasileira de Computação. Os vencedores serão anunciados durante o congresso da SBC a realizar-se em julho de 2002.
- O trabalho *School Location Methodology in Urban Areas of Developing Countries*, de Pizzolato, N.D., Barcelos, F.B. e Lorena, L.A.N., foi aceito como finalista ao prêmio “OR FOR DEVELOPMENT PRIZE COMPETITION” que será oferecido durante a realização do congresso IFORS2002 - The sixteenth triennial conference of the International Federation of Operational Research Societies, julho, 2002.
- O trabalho *TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros*, apresentado no XIV Congresso da ANPET, novembro de 2000, recebeu o *Prêmio CNT Produção Acadêmica*, conferido pela Confederação Nacional de Transporte.

## 5. Considerações finais

O projeto ARSIG2 apresenta um balanço muito positivo. Apresenta-se abaixo uma tabela com um resumo da produção em pesquisa e orientação nestes dois anos do projeto.

<b>ARSIG2 – Resumo de pesquisa e orientação</b>	<b>Total</b>
Publicações em revistas e/ou capítulo de livros internacionais	11
Publicações em revistas e/ou capítulo de livros nacionais	5
Artigos aceitos para publicação em revista nacional	1
Artigos aceitos para publicação em revista internacional	3
Teses de doutorado defendidas	3
Dissertações de mestrado defendidas	1
Trabalhos de iniciação científica ou graduação	7
Trabalhos apresentados em congressos	48
Trabalhos submetidos para revistas	10
Trabalhos aceitos para apresentação em congressos	3
Trabalhos submetidos para apresentação em congressos	7
Relatórios técnicos	4
<b>Total geral</b>	<b>103</b>

As seguintes aplicações foram examinadas por participantes do projeto:

### Localização

- 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.

### Roteamento

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

### Transportes

- Metodologia para avaliação do desempenho de sistemas de transporte
- Dimensionamento de rede de linhas de transporte urbano de passageiros
- Gerenciamento de pontos de parada



Problemas relacionados

- Problema de rotulação de pontos,
- Coloração de grafos,
- Programação de horários (*timetabling*) em escolas públicas,
- Problema da formação de células de manufatura,
- Problema da Precipitação em uma Bacia Hidrográfica,
- Minimização do número máximo de pilhas abertas (MOSP),
- Gate Matrix Layout, e
- DNA *Fragment Assembly*

E os seguintes protótipos de sistemas de apoio à decisão foram desenvolvidos:

Integrações:*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.

*SPRING* –

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

Sistemas de apoio à decisão:

- TranSIG – Ferramenta para Análise e Planejamento de Redes de Linhas de Transporte Urbano.
- SIGPOP – Sistema de Informação para o Gerenciamento de Puntos de Parada.
- Sistema de Apoio à Decisão para Problemas de Localização e Roteamento em Redes.
- Solução de Problemas de Localização e Roteamento em Redes com Sistema de Informações Geográficas.

Os novos SIGs da ESRI (novas versões do *ArcView*, *MapObjects* e *Internet Mapserver*) e o *TransCAD*, chegaram ao final do primeiro ano do projeto, e algumas integrações foram iniciadas.

Toda essa informação está disponibilizada via *internet* na página do projeto (<http://www.lac.inpe.br/~lorena/ArsigIndex.html>), visando uma ampla divulgação dos resultados do projeto. Recomendamos visita a esta página para maiores informações sobre as atividades do projeto.

## ANEXO 1

Recursos alocados aos Pesquisadores principais do Projeto ARSIG2

Relatórios de Atividades nos Congressos