

# *GEO-Logística - Logística com Apoio de Sistemas de Informações Geográficas*

*Índice:*

*Resumo*

*Abstract*

*1. Introdução*

*2. Principais áreas envolvidas e escopo*

*Localização de Facilidades*

*Roteamento*

*Transportes*

*Programação de Máquinas*

*Sistemas de Informações Geográficas*

*Escopo do Projeto*

*3. Áreas de Pesquisa*

*3.1 Problemas de Localização.*

*3.1.1 Problema de Localização de Facilidades Capacitado.*

*3.1.2 Problema de Localização de Máxima Cobertura.*

*3.2 Problemas de Roteamento e de Transportes.*

*3.2.1 Problemas de Roteamento e relacionados*

*3.2.2 O Uso de Tecnologias Emergentes para o Gerenciamento de Sistemas de Transporte*

*3.2.3 Modelos de SIG's e o Planejamento Estratégico em Sistemas de Transportes na Região Administrativa de Presidente Prudente*

*3.3 Modelos Probabilísticos para Serviços de Urgência*

*3.4 Problemas Relacionados.*

*3.4.1 Problemas de Agrupamento*

*3.4.2 Problemas de Programação de Horários*

*3.4.3 Problema de Programação de Operações*

*3.4.4 Rotulação Cartográfica de Pontos*

*4. Descrições das infra-estruturas existentes nas instituições participantes*

*5. Resultados de Auxílios Anteriores*

*6. Descrição da equipe do GEO-Logística*

*7. Apresentação dos Participantes e Distribuição de Responsabilidades*

*8. Orçamento detalhado*

*9. Cronograma de aplicação dos recursos*

*10. Projeção de Necessidades Anuais de Benefícios Complementares*

## *Resumo*

A Logística trata de decisões sobre transporte, distribuição, armazenagem, manipulação de materiais, influenciando em diversas áreas da cadeia de produção de bens e de serviços, como a gestão, a manufatura e o marketing. O termo logística foi inicialmente usado no meio militar para descrever estratégias. Nos dias atuais o termo é utilizado para descrever processos presentes em áreas como cadeias de suprimentos, manufatura, transportes e armazenagem. Redes de Logística são utilizadas para modelar problemas de distribuição em empresas de transportes, de prestação de serviços, de entregas postais, de transportes públicos, entre outras, sendo utilizadas ferramentas computacionais de otimização e modelagem estocástica de processos para sua resolução.

Neste projeto estaremos interessados na Logística ligada a problemas que envolvem uma distribuição espacial dos dados, tais como nos problemas de localização (de postos de serviços, antenas, ambulâncias, depósitos etc.) e os relacionados a transportes, como a distribuição de materiais, roteamento de veículos e transporte de carga e de passageiros. As regiões espaciais envolvidas poderão ser urbanas ou rurais, proporcionando a oportunidade de aplicações em agricultura.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são ferramentas adequadas e modernas para modelagem e tratamento de problemas com distribuição espacial de dados. Grande parte da equipe do presente projeto já possui experiência anterior e deseja continuar a usar e integrar algoritmos eficientes aos SIGs. Em geral os problemas que serão estudados justificam a pesquisa por apresentarem características que os torna de difícil solução computacional, mas que estão sendo estudados durante vários anos por membros da equipe, que conta com contribuições originais publicadas em diversos meios de divulgação.

Portanto, como objetivo geral o projeto considera a colaboração entre pesquisadores, professores e alunos de vários centros de ensino e pesquisa no estado de São Paulo, que fazem pesquisa em Localização, Transportes, Geoprocessamento e problemas relacionados, para reunir resultados em uma área comum de pesquisa, que estaremos denominando *GEO-Logística*, e que poderia ser brevemente definida como a Logística ligada a problemas que envolvem uma distribuição espacial de dados.

## *Abstract*

### *GEO-Logistics – Logistics with Geographic Information Systems*

Logistics is concerned with the transportation, distribution, storage and material handling, by influencing several supply chain areas, such as management, production and marketing. The term logistics was first used within the military circles to describe strategies. The term has been gradually spread out to cover the domains of manufacture, transportation and storage. Logistic networks are used to model distribution operations in public transportation, postal services, vehicle dispatching, etc., which are solved by optimization and stochastic techniques.

In this project logistics is related to problems presenting a spatial distributed set of data, like location problems (of service units, antennas, ambulances, warehouses, etc.) and transportation activities, such as material and personnel distribution and vehicle routing. The spatial regions may be urban or rural, providing opportunities for agricultural applications.

Geographic Information Systems (GIS) are modern tools used to represent and store spatial distributed data. A significant part of the members of the project have previous GIS experience, and will continue to use and integrate new optimization tools into commercial GIS. The problems that will be studied deserve special attention since they are considered to be difficult to be solved computationally, but are being studied by members of the project, and have already produced original published contributions.

A general objective of the present project is the collaboration among researchers, professors and students of several research and university centers of São Paulo state, conducting research in Location, Transportation, Geoprocessing an related problems, gathering contributions and results to a common research area which we call *GEO-Logistics*, briefly described as the Logistics applied to problems presenting spatially distributed data.

## 1. Introdução

Os projetos “ARSIG – Análise de Redes com Sistemas de Informações Geográficas” e “ARSIG-2 – Sistemas de Apoio à Decisão Usando Redes e Sistemas de Informações Geográficas” foram coordenados no LAC/INPE durante o período 01/06/97 a 30/06/2002, em colaboração com a FEG/UNESP e o CNPTIA/Embrapa, como projetos temáticos FAPESP. Os projetos visaram a integração de ferramentas para análise de problemas de localização de facilidades e/ou roteamento de veículos, a Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). O ARSIG produziu um total de 56 trabalhos científicos e o ARSIG-2 produziu 103 trabalhos científicos, incluindo vários artigos internacionais.

Vários novos algoritmos desenvolvidos por membros das equipes foram integrados aos SIGs *ArcView* e *SPRING*, este último um sistema de informações geográficas desenvolvido no DPI/INPE. Atualmente estamos trabalhando com dados reais de São José dos Campos e Guaratinguetá e contamos com uma página de divulgação dos projetos pela Internet (<http://www.lac.inpe.br/~lorena/ArsigIndex.html>) com excelente aceitação.

Nesta nova proposta de um novo Projeto Temático FAPESP, pretende-se continuar as pesquisas, tendo como tema a Logística com apoio de Sistemas de Informações Geográficas. Os seguintes centros participarão do novo projeto: CNPTIA/Embrapa, DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto, DEP/UFSCar, FCT/UNESP - Presidente Prudente, FEA/USP - Ribeirão Preto, FEG/UNESP - Guaratinguetá, IEAv/CTA, LAC/INPE, UMC, UNISC e UNIVAP.

O projeto estará composto de diversas atividades de pesquisa que serão executadas simultaneamente pelos seus membros. Basicamente procurou-se contemplar nestas atividades os principais problemas que achamos que deveriam ser estudados em *GEO-Logística*. As atividades também servem para melhor descrever os participantes e suas áreas de atuação, bem como seu acompanhamento através de cronogramas individuais. Elas se integrarão através de discussões entre os membros do projeto e através da realização de três oficinas, onde os trabalhos desenvolvidos serão apresentados, os problemas e redefinições de atividades serão tratados.

A seguir serão descritas brevemente as principais áreas onde aparecem os problemas tratados neste temático. Apresenta-se então a descrição das atividades abordando novas pesquisas e o desenvolvimento de algoritmos, possivelmente com integração aos SIGs.

## 2. Principais áreas envolvidas e escopo do projeto

### Localização de Facilidades

Problemas de localização tratam de decisões sobre onde localizar facilidades, considerando clientes que devem ser servidos, de forma a otimizar um certo critério. O termo “facilidades” pode ser substituído por fábricas, depósitos, escolas, etc., enquanto que clientes se referem a depósitos, unidades de vendas, estudantes, etc. Em geral, os vários centros selecionados que podem ser localizados, também podem ser alocados ao subconjunto de centros que serão abertos. Por isso também são conhecidos como problemas de localização-alocação, devido ao processo de alocação dos outros centros aos centros abertos.

Esta é uma área que tem despertado crescente interesse em planejadores, principalmente quando uma base de dados geograficamente referenciada pode ser usada. Departamentos de Geografia de diversas universidades dos Estados Unidos vêm mantendo grupos de pesquisadores com preocupações em problemas de localização, com destaque especial para o grupo do Prof. Dr. Charles ReVelle, do departamento *Geography and Environmental Engineering* da Johns Hopkins University.

Professores e pesquisadores formaram dois principais grupos de pesquisa e divulgação. O grupo europeu *EURO Working Group on Locational Analysis* (<http://www.vub.ac.be/EWGLA/homepage.htm>) e o *Section on Location Analysis – SOLA* (<http://www.ualberta.ca/~sola>), uma sessão do INFORMS, promovem reuniões anuais, na forma de congressos, onde são discutidas aplicações e desenvolvimentos relacionados a problemas de localização.

As aplicações são em geral divididas para setores públicos e privados. No caso de setores públicos aplicações maximizam a satisfação dos clientes em detrimento dos custos necessários para o alcance de tal objetivo (em geral os custos não são estimados com exatidão). Entre os exemplos de aplicações em setores públicos estão a localização de escolas, de postos de saúde, corpo de bombeiros, ambulâncias, viaturas de polícia, pontos de ônibus, entre outros. No caso do setor privado, custos chamados fixos estão envolvidos, e suas aplicações envolvem em geral fábricas, depósitos, torres de transmissão, lojas de franquias, etc.

### Roteamento

Problemas de distribuição aparecem em uma série de serviços, como entrega bancária, entrega postal, entrega de mercadorias, rotas de ônibus escolar, coleta de lixo industrial, serviço de entregas noturnas, operações de frete, e outros. A solução destes problemas pode diminuir bastante o custo de distribuição, causando uma grande economia tanto para a indústria como para o governo. No entanto, muitos destes problemas são difíceis de resolver. Estes dois atrativos fazem com que haja muita literatura sobre estes problemas que são conhecidos como problemas de roteamento e programação (*scheduling*).

No problema clássico de roteamento de veículos, consideram-se  $n$  clientes espacialmente distribuídos, cada um com uma demanda de mercadorias. As mercadorias são entregues a partir de um depósito por uma frota de veículos homogêneos. Cada veículo realiza um percurso saindo do depósito e entregando as mercadorias para um subconjunto de clientes, satisfazendo as necessidades de demanda de cada um e retornando ao depósito. A rota de cada veículo deve obedecer a algumas restrições, como por exemplo, a quantidade de mercadoria entregue não deve exceder a capacidade do veículo e o tempo limite para realizar uma rota não deve ser ultrapassado. O problema de roteamento de veículos pretende definir rotas para os veículos, determinando os clientes a serem visitados, de forma a não violar as restrições e otimizar alguma função objetivo.

Normalmente são consideradas três funções objetivo:

- Minimizar a distância total percorrida (ou tempo gasto) por todos os veículos;
- Minimizar o número de veículos e deste número mínimo, minimizar a distância total percorrida;
- Minimizar a combinação de custo de veículos e distância percorrida.

## Transportes

A atividade de transporte é uma das atividades mais importantes dentro do escopo da chamada *Logística* de uma empresa, sendo que a sua inserção na logística só será relevante se devidamente integrada às demais atividades. Cada modalidade de transporte oferece uma série de vantagens e desvantagens para a movimentação de cargas, em particular dos graneis sólidos agrícolas. Nesse sentido, seja qual for o modal ou combinação de modais (intermodalismo) utilizada, deve ser esperada uma movimentação mais lógica e racional de produtos agrícolas ao longo do sistema viário nacional, utilizando opções de embalagem adequadas, fazendo com que os atributos relacionados à qualidade dos serviços de transportes sejam cada vez mais importantes fatores de confiabilidade. Nesse sentido, tem ficado bastante clara a importância da utilização de ferramentas de apoio à tomada de decisão, em particular os chamados modelos de transporte, dentro de um contexto em que as organizações buscam maior eficiência, produtividade e um melhor desempenho.

Conhecendo-se a matriz origem-destino da demanda por deslocamentos entre as diferentes regiões, pode-se utilizar algoritmos eficientes para a definição de uma rede de transporte, considerando os diversos modais e as diferentes possibilidades de integração inter e intra modal.

Os itinerários das linhas que compõem a rede de transporte, não só de cargas, mas também de passageiros, podem ser integrados no Sistema de Informações Geográficas, juntamente com outras informações pertinentes, tais como:

- extensão;
- percurso médio diário, mensal, anual;
- passageiros/cargas transportadas por viagem, por dia, por mês;
- velocidade de percurso;
- índice de passageiros/carga por quilômetro;
- índice de ocupação (relação entre a ocupação de um veículo);
- densidade de ocupação (relação entre a quantidade transportada e o espaço útil reservado para tal finalidade);
- taxa de ocupação (relação entre a ocupação de um veículo após sair de um determinado ponto de parada e a sua capacidade nominal de ocupação);
- ocupação crítica (quantidade transportada no trecho de máxima taxa de ocupação);
- índice de renovação de ocupação (relação entre a ocupação total e a ocupação crítica);
- índice de cumprimento de viagens (relação entre o número de viagens programadas e o número de viagens realizadas);
- índice de oferta (relação entre a população de uma dada região e o espaço ofertado por período).

## Programação de Máquinas

Em ambientes de manufatura deseja-se determinar formas econômicas de ocupação do tempo útil das máquinas utilizadas no processamento das tarefas necessárias para a fabricação de produtos finais ou semi-acabados.

O problema de programação de máquinas paralelas busca determinar soluções que descrevam decisões ótimas de atribuição e seqüenciamento de tarefas em um conjunto de máquinas, relacionadas ou não-relacionadas, em um ou mais estágios de processamento. Em alguns casos, custos de preparação dependentes da seqüência (*sequence dependent setup costs*) podem estar presentes.

Dentre os objetivos considerados para definição das soluções ótimas estão:

- Minimização do número de tarefas atrasadas;
- Minimização dos custos de preparação;
- Minimização do tempo total de produção (*makespan*).

Algumas abordagens encontradas na literatura empregam otimizações multi-critério, onde se procura obter soluções eficientes que representem o melhor compromisso entre os vários objetivos considerados.

Destaca-se que tais abordagens são computacionalmente complexas, mesmo para o caso com máquinas simples.

### *Sistemas de Informações Geográficas*

O desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de imagens vem influenciando de maneira crescente diversas áreas como cartografia, mapeamento, análise de recursos naturais, agricultura, planejamento urbano e regional, e transportes.

Esta tecnologia torna possível a automatização de tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da possibilidade de integração de dados de diversas fontes e da criação de um banco de dados geocodificado. Os sistemas para tal fim são denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), Sistemas de Análise Geo-Ambiental ou ainda Sistemas para Cartografia Automatizada.

De maneira geral, um sistema de informação consiste em uma série de operações que compreendem desde o planejamento das observações e coleta de dados, até o armazenamento e análise dos dados. Utilizam-se as informações resultantes para planejamento e tomada de decisões. Por exemplo, um mapa é um tipo de sistema de informação onde os dados foram armazenados e analisados e a informação resultante é útil para as mais variadas aplicações.

A análise de redes usando as potencialidades dos SIGs tornou-se tecnologia comprovadamente eficiente no tratamento de informações com características espaciais. A vantagem em usar um SIG está na habilidade de associar a cada arco e nó da rede um conjunto de atributos que de outra maneira não estaria disponível para a análise. Além disto, alguns algoritmos bem conhecidos, como por exemplo, para minimizar a distância e o tempo percorridos em uma rota, estão imediatamente disponíveis. Outra vantagem está na utilização de informações de um censo demográfico que associe características econômicas e de população para áreas nas redondezas de cada nó ou arco da rede.

### *Escopo do Projeto*

A utilização de SIGs como ferramenta de validação de algoritmos computacionais desenvolvidos para resolução de problemas de localização e de sistemas de transporte urbano foi iniciada no projeto temático “ARSIG – Análise de Redes com Sistemas de Informações Geográficas” (FAPESP 1996/04585-6), envolvendo pesquisadores do grupo de Pesquisa Operacional do Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC/INPE – São José dos Campos) e dos departamentos de Matemática e de Produção da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG/UNESP – Guaratinguetá). Os resultados obtidos com as metodologias empregadas encorajaram a continuidade das pesquisas, permitindo o aperfeiçoamento e a aplicação das técnicas desenvolvidas também a problemas do meio rural, através da participação de pesquisadores da CNPTIA/Embrapa (Campinas – SP), dentro da proposta do projeto temático “ARSIG-2 – Sistemas de Apoio à Decisão Usando Redes e Sistemas de Informações Geográficas” (FAPESP 1999/06954-7).

Do projeto *ARSIG-2* adquirimos mapas digitalizados das cidades de São Paulo, São José dos Campos, Campinas, São Carlos, Piracicaba, Ribeirão Preto, Presidente Prudente, Mogi das Cruzes e Curitiba, além de um mapa rodoviário do Brasil. Estes servirão de ponto comum para os interessados em iniciar ou continuar a integração de algoritmos a SIGs, com aplicações a problemas com enfoque na distribuição espacial de dados, como a localização de facilidades, roteamento de veículos e sistemas de planejamento e gerenciamento de transportes. As limitações das ferramentas de estudos de redes presentes nos SIGs podem ser superadas com a implementação de novos algoritmos, desenvolvidos especificamente para cada aplicação, utilizando recursos que façam a integração dessas rotinas com o banco de dados georeferenciado dos SIGs (p. ex., a linguagem *Avenue*, do *ArcView*).

A utilização de uma modelagem adequada permite que as técnicas desenvolvidas para uma aplicação possam ser adaptadas para o desenvolvimento e implementação de sistemas de apoio à decisão em problemas que ocorrem em outros setores economicamente ativos. A exploração de novas propostas de aplicação das metodologias desenvolvidas pelos pesquisadores das instituições participantes permite a

cooperação entre grupos de pesquisa de diferentes áreas, ajudando a consolidar aspectos teóricos e práticos, colaborando para o desenvolvimento intelectual, tecnológico e econômico do país.

### 3. Áreas de Pesquisa

As atividades a serem desenvolvidas na presente proposta foram organizadas em 4 áreas, considerando a aplicação e a metodologia empregada:

#### 3.1 Problemas de Localização.

3.1.1 Problema de Localização de Facilidades Capacitado.

3.1.2 Problema de Localização de Máxima Cobertura.

#### 3.2 Problemas de Roteamento e de Transportes.

3.2.1 Problemas de Roteamento e relacionados

3.2.2 O Uso de Tecnologias Emergentes para o Gerenciamento de Sistemas de Transporte

3.2.3 Modelos de SIG's e o Planejamento Estratégico em Sistemas de Transportes na Região Administrativa de Presidente Prudente

#### 3.3 Modelos Probabilísticos para Serviços de Urgência

#### 3.4 Problemas Relacionados.

3.4.1 Problemas de Agrupamento

3.4.2 Problemas de Programação de Horários

3.4.3 Problema de Programação de Operações

3.4.4 Rotulação Cartográfica de Pontos

A seguir apresenta-se uma breve descrição dos problemas abordados e das metodologias empregadas nesta proposta. Ao final de cada aplicação considerada apresenta-se um cronograma das atividades necessárias para a realização dos objetivos propostos. As referências bibliográficas relevantes são apresentadas ao final da seção de cada área.

### 3.1 Problemas de Localização

Problemas de localização tratam de decisões sobre onde instalar facilidades, considerando clientes que devem ser servidos de forma a otimizar algum critério (Drezner, 1995; Daskin, 1995). O termo “facilidades” é utilizado para designar fábricas, depósitos, escolas etc., enquanto “clientes” refere-se a depósitos, unidades de vendas, estudantes etc. Em geral, as facilidades podem ser selecionadas como novos centros a serem abertos ou escolhidas no conjunto de vértices existentes. Por isso, tais problemas também são conhecidos como problemas de localização-alocação, devido ao processo de alocação dos clientes aos centros abertos.

As aplicações de problemas de localização de facilidades ocorrem nos setores público e privado. No caso de setores públicos, procura-se maximizar a satisfação dos clientes em detrimento dos custos necessários para o alcance de tal objetivo. Localização de escolas, postos de saúde, corpo de bombeiros, ambulâncias, viaturas de polícia, pontos de ônibus, podem ser citados como exemplos de aplicações em setores públicos. No caso do setor privado, onde custos fixos estão envolvidos, as aplicações envolvem, em geral, fábricas, depósitos, torres de transmissão, lojas de franquias etc.

O problema de  $p$ -medianas é um problema clássico de localização de facilidades e consiste em localizar  $p$  centros (medianas) em uma rede, de modo a minimizar a soma das distâncias de cada vértice ao centro mais próximo. As primeiras formulações deste problema foram apresentadas em Hakimi (1964, 1965). O problema é bem conhecido como sendo *NP-hard* (Garey e Johnson, 1979). Vários métodos heurísticos e métodos que exploram busca em árvore têm sido desenvolvidos para o problema de  $p$ -medianas (Teitz e Bart, 1968; Jarvinen e Rajala, 1972; Neebe, 1978; Christofides e Beasley, 1982). Técnicas heurísticas de relaxação lagrangeana, combinadas a procedimentos de otimização por subgradientes, de um ponto de vista primal-dual, têm se mostradas eficientes na solução do problema (Galvão e Raggi, 1989; Beasley, 1993; Lorena e Senne, 1999).

Alguns modelos de localização assumem a existência de restrições sobre a capacidade de atendimento dos centros. Neste tipo de problema, considera-se que cada cliente possui associada uma demanda a ser satisfeita pelo centro escolhido para atendê-lo. A soma das demandas de todos os clientes atendidos por um centro não deve superar a capacidade de atendimento do mesmo. Quando esse tipo de condicionante estiver presente, dizemos tratar-se de um Problema de Localização de Facilidades Capacitado. O Problema de Localização de Facilidades Capacitado (PLFC), consiste em decidir em quais locais devem ser instaladas facilidades, a partir de um conjunto de locais potenciais. Deve se considerar que existe uma demanda de clientes a serem atendidos por estas facilidades e que cada facilidade não pode se comprometer a suprir mais que sua capacidade de produção, fornecimento, armazenamento ou atendimento. O objetivo é determinar os locais de atribuição de modo que sejam atendidos todos os clientes e que sejam minimizados os custos fixos de operação e de transporte.

Os recentes avanços em informática, com a construção de equipamentos mais rápidos e confiáveis, têm proporcionado o desenvolvimento de sistemas mais robustos para Programação Matemática (ILOG, 2001), permitindo a resolução de problemas de grande porte. Tais ferramentas permitem que problemas inerentemente complexos também possam ser resolvidos em tempo computacional aceitável, através da utilização de técnicas combinadas como, por exemplo, o Método de Geração de Colunas aplicado a problemas de Programação Inteira. Baseado no trabalho de Dantzig e Wolfe (1960), a primeira aplicação prática desta técnica foi na determinação de padrões de corte unidimensionais (Gilmore e Gomory, 1961) e, desde então, seu uso difundiu-se de forma intensa (p.ex., roteamento de veículos e escalas de tripulações). A técnica de geração de colunas pode ser aplicada a problemas lineares de grandes dimensões, no caso de não se dispor de todas as colunas *a priori*, ou quando se pretende resolver um problema utilizando a decomposição de Dantzig-Wolfe, onde as colunas correspondem aos pontos extremos do conjunto convexo de soluções factíveis do problema. Neste caso, o algoritmo para resolução alterna entre um subproblema e um problema mestre restrito. A partir de um conjunto inicial de colunas, resolve-se o problema mestre, obtendo-se as variáveis duais que serão utilizadas pelo subproblema para determinar novas colunas a serem consideradas no problema mestre.

Sabe-se que aplicação direta do método de geração de colunas frequentemente produz um número muito grande de colunas que não são relevantes para a solução final, comprometendo assim a convergência para a solução do problema. Nestes casos, observa-se que as variáveis duais oscilam em torno da solução dual ótima, logo métodos que previnam tal comportamento podem acelerar a resolução do problema. Dentre estes merecem destaque: Método Boxstep (Marsten *et al.*, 1975), que restringe o espaço de busca de

soluções duais a uma região limitada tendo a solução dual atual como centro; Método *Analytic Centre Cutting Plane* (du Merle *et al.*, 1998), que usa o centro analítico de uma região da função dual como solução, em vez da solução ótima, não permitindo assim mudanças muito drásticas entre as soluções duais de duas iterações consecutivas; Métodos Bundle (Kiwiel, 1985; Zowe, 1985), que combinam regiões de confiança e penalizações para que as soluções duais não variem muito de uma iteração para outra. Outros métodos estão descritos em Neame (1999).

### 3.1.1 Problema de Localização de Facilidades Capacitado

Propõe-se estudar a aplicação da técnica de geração de colunas para resolver problemas de localização formulados como problema de  $p$ -medianas, utilizando a relaxação lagrangeana/surrogate descrita em Lorena e Narciso (1996) como uma alternativa de estabilização do processo de geração de colunas, visando obter soluções duais de melhor qualidade, acelerando a resolução do problema original. Este método já foi aplicado com sucesso ao problema de localização de  $p$ -medianas (Senne e Lorena, 2001; Lorena e Senne, 2002) e pretende-se adaptá-lo também para o Problema de Localização de Facilidades Capacitado.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Edson Luiz França Senne (FEG/UNESP)
- Profa. Silvely Nogueira de Almeida Salomão, Mestre (FCT/UNESP)
- Marcos Antonio Pereira, Mestre (LAC/INPE)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica e levantamento de trabalhos relevantes que tratem das técnicas de resolução dos problemas abordados.
2. Familiarização com as ferramentas de programação e desenvolvimento de algoritmos preliminares.
3. Adaptação de trabalhos encontrados na literatura e desenvolvimento de algoritmos específicos para resolução dos problemas abordados nesta proposta.
4. Aplicação dos algoritmos desenvolvidos a dados obtidos da literatura e de casos reais.
5. Divulgação dos resultados obtidos através de publicações específicas e de apresentações em congressos, seminários e outros eventos científicos da área.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q
1																
2																
3																
4																
5																

Uma outra abordagem proposta na literatura é o uso de inequações válidas (Marchand *et al.*, 2002) na solução de problemas de localização. Duas metodologias têm sido propostas. Aardal (1998) investiga o uso de diversas classes de inequações válidas para a solução exata do problema usando o método *branch-and-cut*. Klose (2000) investiga o uso de inequações válidas para o problema de localização de facilidades capacitado em um procedimento heurístico baseado em relaxação lagrangeana. Pretendemos neste projeto investigar o uso de inequações válidas na heurística lagrangeana/surrogate, assim como no método *branch-cut-and-price* (Ralphs *et al.*, 2001).

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Edson Luiz França Senne (FEG/UNESP)
- Profa. Dra. Maria do Socorro Rangel (DCCE/UNESP)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica e levantamento de trabalhos relevantes que tratem das técnicas de resolução do problema de localização capacitado;
2. Familiarização com as ferramentas de programação e desenvolvimento de algoritmos preliminares.
3. Adaptação de trabalhos encontrados na literatura e desenvolvimento de algoritmos específicos para resolução dos problemas abordados nesta proposta.
4. Implementação de um sistema de informação para gerenciar soluções de problemas de localização de facilidades (LOCSIG);
5. Aplicação dos algoritmos desenvolvidos a dados obtidos da literatura e de casos reais.
6. Divulgação dos resultados obtidos através de publicações específicas e de apresentações em eventos científicos e tecnológicos.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																

### 3.1.2 Problemas de Cobertura

Problemas de cobertura tratam de decisões sobre a localização de facilidades em uma rede de pontos, considerando a existência de restrições (temporais, espaciais, econômicas) sobre a abrangência de atendimento de cada facilidade. O Problema de Localização de Cobertura busca o atendimento de todos os pontos de demanda a partir do menor número de centros a serem instalados, considerando uma distância máxima de atendimento para cada centro, enquanto que o Problema de Localização de Máxima Cobertura visa o atendimento da maior parte da demanda disponível nos pontos da rede, baseada numa distância de serviço definida *a priori* (Church e ReVelle, 1974). Estes conceitos lidam com a noção de cobertura, que associa a cada demanda um subconjunto de facilidades candidatas que podem atender os pontos de demanda (Hoffman (2002) e Daskin (1995)).

Problemas de cobertura têm sido aplicados para modelar diferentes problemas reais. Os problemas de cobertura são considerados, em sua maioria, problemas de otimização combinatorial do tipo *NP-hard* (Jaramillo *et al.* (2002)), ou seja, computacionalmente difíceis ou complexos. Assim, vários algoritmos, tanto heurísticos quanto exatos, vêm sendo desenvolvidos e apresentados na literatura. Como exemplo pode-se citar: método de solução ótima para problemas de pequeno porte apresentado por Fisher e Kedia (1990); uso de programação inteira e *branch and bound* por Balas e Ho (1980); redes neurais por Jose (1998). Especificamente no caso de heurísticas baseadas em algoritmos genéticos, verificou-se uma diversidade de trabalhos em problemas de localização e/ou cobertura como: Lorena e Lopes (1997), Pullen *et al.* (1995), Tate e Smith (1995), Beasley e Chu (1996), Lieska *et al.* (1998), Lorena e Furtado (2001), Han *et al.* (2001) Movafhaggi e Friberg (2002), Jaramillo *et al.* (2002), Arakaki (2002). Recentemente, algoritmos genéticos paralelos vêm sendo utilizados para melhorar a qualidade da solução obtida e o tempo computacional (Solar *et al.* (2002)).

Neste trabalho, pretende-se aplicar os conceitos de problemas de cobertura em problemas de localização de radares de vigilância e de localização de antenas e de serviços emergenciais. Dentre as várias formas de abordar estes tipos de problemas podemos citar o problema de cobertura de conjuntos (*SCLP – Set Covering Location Problem*) e o problema de localização de máxima cobertura (*MCLP – Maximal Covering Location Problem*) (ver Toregas e ReVelle (1972), Church e ReVelle (1974), Goldberg (1987), Daskin (1995) e Goldberg e Luna (2000)). O primeiro tipo de abordagem, SCLP, identifica o número mínimo e a localização das facilidades assegurando que todos os pontos de demanda estarão cobertos dentro de uma distância crítica de serviço da facilidade. Em alguns cenários não é possível dar cobertura total à demanda (limitações de ordem econômica, geográfica, etc). Nestes casos, uma alternativa é dar cobertura ao maior número possível de clientes, respeitando a distância crítica, proposta do MCLP.

Nesta proposta pretende-se modelar e sugerir formas de resolução para os problemas abordados considerando as características geográficas presentes (por exemplo, topográficas) que tornam o problema mais complexo. Neste sentido, deverão ser empregados métodos heurísticos para encontrar soluções satisfatórias em tempo computacional viável e, ainda, buscar sua integração a Sistemas de Informações Geográficas (SIGs)

Através do uso de SIGs espera-se visualizar e combinar, de acordo com as necessidades de análise, informações cartográficas de diferentes fontes como por exemplo, modelo de elevação do terreno, estradas, rios, cidades etc. Estas informações são importantes para a adequação às restrições das possíveis soluções para os problemas de localização de radares e antenas. Para os problemas de localização de serviços emergenciais, os SIGs poderão contribuir com dados que descrevem as áreas de maior demanda dentro de uma certa região. Os dados referentes às demandas podem ser, por exemplo, a densidade demográfica, a distribuição da população pela região e a renda per capita.

No caso da aplicação de problemas de cobertura para localização de radares de vigilância em um ambiente de defesa aérea pretende-se estudar vários cenários, considerando a possibilidade de utilizar diferentes tipos e quantidades de aeronaves e/ou radares. Assim, este problema consistirá em definir um posicionamento ótimo dos radares de forma a melhor salvaguardar os pontos considerados de interesse, possibilitando que as ações necessárias para defendê-los, como o engajamento de aeronaves de interceptação ou o emprego de baterias antiaéreas, possam ser tomadas em um período mínimo de tempo.

Pretende-se estudar diferentes abordagens para resolução do modelo utilizando técnicas heurísticas, como algoritmos genéticos (por exemplo, o Algoritmo Genético Construtivo (AGC) proposto por Lorena e Furtado (2001)) e redes neurais, objetivando alcançar uma solução viável, utilizando um esforço computacional aceitável. Uma outra possibilidade seria, dependendo das peculiaridades do modelo, a utilização de relaxações como, por exemplo, a lagrangeana/*surrogate* utilizada em Lorena e Lopes (1994) e Lorena *et al.* (2001), e a Heurística Localização-Alocação descrita em Arakaki (2002). Para o processo de seleção de locais das facilidades será analisado o método de modelagem híbrido proposto por Krzanowski e Raper (1999) o qual considera a topologia do terreno.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Ten. Cel. Eng. Luiz Sérgio Heinzelmann (CTA/IEAv)
- Dra. Mônica Maria De Marchi (CTA/IEAv)
- Dra. Carmen Lúcia Ruybal dos Santos (CTA/IEAv)
- Maria José Pinto, Mestre (CTA/IEAv)
- Felipe Leonardo Lobo Medeiros, Mestre (CTA/IEAv)
- Prof. Dr. Reinaldo Gen Ichiro Arakaki (UNIVAP)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Realizar pesquisa bibliográfica de trabalhos que tratam problemas de cobertura em geral e, especificamente, de aplicações nos contextos propostos nesta tarefa;
2. Familiarização com as características dos problemas de forma a especificar e caracterizar as variáveis necessárias para a sua formalização;
3. Desenvolver algoritmos e rotinas para a resolução dos modelos propostos;
4. Integrar as soluções obtidas a um sistema de informações geográficas, como por exemplo *ArcView*;
5. Validar os modelos através de simulações considerando diferentes cenários;
6. Divulgar os resultados obtidos através de publicações em eventos científicos e/ou revistas especializadas.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																

Apesar das diferentes aplicações, os modelos de localização-alocação apresentam semelhanças em sua estrutura. Baseado nos modelos de Hakimi (1965) e ReVelle e Swain (1970) para o problema de  $p$ -medianas, Hillsman (1984) desenvolveu um Modelo Linear Unificado (MLU) que pode ser adaptado para formular outros problemas de localização-alocação. Utilizando a transformação de coeficientes proposta por Hillsman, Lorena e Pereira (2002) resolveram instâncias reais do problema de localização de máxima cobertura como um problema de  $p$ -medianas, utilizando a implementação da heurística lagrangeana/*surrogate* de Senne e Lorena (2000) e otimização por subgradientes, com bons resultados.

Quando o problema de  $p$ -medianas é formulado como um problema de particionamento de conjuntos, através da decomposição de Dantzig-Wolfe (1960), a aplicação de técnicas baseadas geração de colunas para a resolução do mesmo torna-se possível. Senne e Lorena (2001) demonstraram a viabilidade da aplicação desta técnica a problemas de  $p$ -medianas, utilizando o multiplicador dual resultante da relaxação lagrangeana/*surrogate* para modificar os coeficientes de custo da função objetivo do subproblema gerador, permitindo obter menos colunas, mas de qualidade superior às obtidas pela abordagem tradicional, permitindo resolver o problema em menos tempo computacional. O método *branch-and-price* (Barnhart *et al.* (1988)) utiliza a técnica de geração de colunas em cada nó de uma árvore de busca *branch-and-bound* para obtenção de novas variáveis não básicas para um problema mestre restrito. Senne *et al.* (2003) demonstra a aplicação bem sucedida desta metodologia para resolver problemas de  $p$ -medianas com até 900 vértices. Pretende-se desenvolver a metodologia para aplicação a problemas de localização de máxima cobertura.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Edson Luiz França Senne (FEG/UNESP)
- Marcos Antonio Pereira, Mestre (LAC/INPE)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica e levantamento de trabalhos relevantes que tratem das técnicas de resolução de problemas de localização de máxima cobertura;
2. Adaptação dos algoritmos existentes e desenvolvimento preliminar de algoritmos específicos.
3. Aplicação dos algoritmos desenvolvidos a dados obtidos da literatura e de casos reais.
4. Integração das rotinas computacionais a Sistemas de Informação Geográfica (p. ex., *ArcView*).
5. Divulgação dos resultados obtidos através de publicações específicas e de apresentações em eventos científicos e tecnológicos.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																

### Referências Bibliográficas

1. Aardal, K. (1998). Capacitated facility location: Separation algorithm and computational experience. *Mathematical Programming*, 81, 149-175.
2. Arakaki, R. G. I. (2002). *Heurística de localização-alocação para problemas de localização de facilidades*. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP – Brasil, 79p.
3. Balas, E. e Ho, A. (1980). Set covering algorithms using cutting planes, heuristics, and subgradient optimization: a computational study. *Mathematical Programming Study*, 12, 37-60.
4. Barnhart, C., Johnson, E. L., Nemhauser, G. L., Savelsbergh, M. W. P. e Vance, P. H. (1998). Branch-and-Price: Column Generation for Solving Huge Integer Programs, *Operations Research*, 46, 316-329.

5. Beasley, J. E. (1993). Lagrangean Heuristics for Location Problems. *European Journal of Operational Research*, 65, 383-399.
6. Beasley, J. E. e Chu, P. C. (1996). A genetic algorithm for set covering problem. *European Journal of Operational Research*, 94, 392-404.
7. Christofides, N. e Beasley, J. E. (1982). A tree search algorithm for the p-median problem. *European Journal of Operational Research*, 10, 196-204.
8. Church, R. L. e ReVelle, C. S. (1974). The Maximal Covering Location Problem. *Papers of The Regional Science Association*, 32, 101-118.
9. Dantzig, G. B. e Wolfe, P. (1960). Decomposition principle for linear programs. *Operations Research*, 8, 101-111.
10. Daskin, M. (1995). *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*. Wiley Interscience, New York, USA.
11. Drezner, Z. (Editor) (1995). *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer-Verlag, New York, USA.
12. du Merle, O., Goffin, J. L. e Vial, J. P. (1998). On improvements to the analytic centre cutting plane method. *Computational Optimization and Applications*, 11, 37-52.
13. Fisher, M.L. e Kedia, P. (1990). Optimal solution of set covering/partitioning problems using dual heuristics. *Management Science*, 36, 674-688.
14. Galvão, R. D. e Raggi, L. A. (1989). A method for solving to optimality uncapacitated location problems. *Annals of Operations Research*, 18, 225-244.
15. Garey, M. R. e Johnson, D. S. (1979). *Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness*. W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA.
16. Gilmore, P. C. e Gomory, R. E. (1961). A linear programming approach to the cutting stock problem. *Operations Research*, 9, 849-859.
17. Gilmore, P. C. e Gomory, R. E. (1961). A linear programming approach to the cutting stock problem: Part II. *Operations Research*, 11, 863-888.
18. Goldbarg, M. C. (1987). O Problema de Alocação Ótima de Radares de Vigilância: um Estudo por Técnicas de Cobertura. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro.
19. Goldbarg, M. C. e Luna, H. P. L. (2000). *Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*. Editora Campus, R.J.
20. Hakimi, S. L. (1964). Optimum Location of Switching Centers and the Absolute Centers and the Medians of a Graph. *Operations Research*, 12, 450-459.
21. Hakimi, S. L. (1965). Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems. *Operations Research*, 13, 462-475.
22. Han, J. K.; Park, B. S.; Choi, Y. S.; Park, H. K. (2001). Genetic approach with a new representation for base station placement in mobile communications. *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference 2001*, 0-7803-7005-8.
23. Hillsman, E. L. (1984). The p-Median Structure as a Unified Linear Model for Location-Allocation Analysis. *Environmental and Planning A*, 16, 305-318.
24. Hoffman, K. e Padberg, M. (2002). Set Covering, Packing and Partitioning Problems. ([http://irirs.gmu.edu/~khoffman/papers/set\\_covering.html](http://irirs.gmu.edu/~khoffman/papers/set_covering.html))
25. ILOG (2001). *ILOG CPLEX 7.1 User's Manual*. ILOG Inc., Cplex Division.
26. Jaramillo, J.H.; Bhadury, J.; Batta, R. (2002). On the use of genetic algorithms to solve location problems. *Computers & Operations Research*, 29, 761-779.
27. Jarvinen, P. J. e Rajala, J. (1972). A Branch And Bound Algorithm For Seeking the p-Median. *Operations Research*, 20, 173-178.
28. Jose, A. (1998). Definition of an energy function for the random neural to solve optimization problems. *Neural Networks*, 11, 731-737.
29. Kiwiel, K. C. (1985). *Methods of descent for nondifferentiable optimization*, Springer-Verlag, Berlin.
30. Klose, A. (2000). A Lagrangean relax-and-cut approach for the two-stage capacitated facility location problem. *European Journal of Operational Research*, 126, 408-421.
31. Krzanowski, R. M. e Raper, J. (1999). Hybrid genetic algorithm for transmitter location in wireless networks. *Environment and Urban Systems*, 23, 359-382.
32. Lieska, K.; Laitinen, E.; Lahtenmaki, J. (1998). Radio coverage optimization with genetic algorithms. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile radio Communications (PIMRC'98)*, 1, 318-322.
33. Lorena, L. A. N.; Furtado, J. C. (2001). Constructive genetic algorithm for clustering problems. *Evolutionary Computation*. 9(3): 309-327.

34. Lorena, L. A. N. e Lopes, F. B. (1994). A Surrogate Heuristic for Set Covering Problems. *European Journal of Operational Research*, 79, 138-150.
35. Lorena, L. A. N. e Lopes, L. S. (1997). Genetic Algorithms Applied to Computationally Difficult Set Covering Problems. *Journal of the Operational Research Society*, 48, 440-445.
36. Lorena, L. A. N. e Narciso, M. G. (1996). Relaxation heuristics for generalized assignment problem. *European Journal of Operational Research*, 91, 600-610.
37. Lorena, L. A. N. e Pereira, M. A. (2002). A Lagrangean/surrogate heuristic for the maximal covering location problem using Hillsman's edition. *International Journal of Industrial Engineering*, 9 (1), 57-67.
38. Lorena, L. A. N. e Senne, E. L. F. (1999). Improving traditional subgradient scheme for Lagrangean relaxation: an application to location problems. *International Journal of Mathematical Algorithms*, 1, 133-151.
39. Lorena, L. A. N. e Senne, E. L. F. (2002). A Column Generation Approach to Capacitated  $p$ -median Problems. Submetido ao *Computers & Operations Research*.
40. Lorena, L. A. N., Senne, E. L. F., Paiva, J. A. C. e Pereira, M. A. (2001). Integração de Modelos de Localização a Sistemas de Informações Geográficas. *Gestão e Produção*, 8 (2), 180-195.
41. Marchand, H., Martin, A., Weismantel, R. e Wolsey, L. (2002). Cutting planes in integer and mixed integer programming. *Discrete Applied Mathematics*, 123 397- 446.
42. Marsten, R. M., Hogan, W. e Blankenship, J. (1975). The boxstep method for large-scale optimization. *Operations Research*, 23, 389-405.
43. Movafhaggi, H.; Friberg, O. (2002). Structural vibration reduction using genetic algorithm for optimal locations of viscoelastic dampers. *GECCO 2002*.
44. Neame, P. J. (1999). *Nonsmooth dual methods in integer programming*. Tese de doutorado, Department of Mathematics and Statistics, University of Melbourne, Melbourne, xiii + 172p.
45. Neebe, A. W. (1978). A Branch And Bound Algorithm for the  $p$ -Median Transportation Problem." *Journal of the Operational Research Society*, 29, 989-995.
46. Pullen, S. P.; Enge, P. K.; Parkinson, B. W. (1995). Global optimization of GPS augmentation architectures using genetic algorithms. *ION GPS '95*, Palm Springs, California.
47. Ralphs, T. K., Ladányi, L. e Trotter Jr., L. E. (2001). Branch, Cut, and Price: Sequential and Parallel. In: *Computational Combinatorial Optimization: Optimal or Provably Near-Optimal Solutions*. Jünger, M. e Naddef, D. (eds.), Springer-Verlag.
48. ReVelle, C. S. e Swain, R. W. (1970). Central Facilities Location. *Geographical Analysis*, 2, 30-42.
49. Senne, E. L. F. e Lorena, L. A. N. (2000). 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. Gonzales-Velarde (Eds.). Kluwer Academic Publishers, New York, 115-130.
50. Senne, E. L. F. e Lorena, L. A. N. (2001). Stabilizing column generation using Lagrangean/surrogate relaxation: an application to  $p$ -median location problems. Submetido ao *European Journal of Operational Research*.
51. Teitz, M. B. e Bart, P. (1968). Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weighted Graph. *Operations Research*, 16, 955-961.
52. Senne, E. L. F., Lorena, L. A. N. e Pereira, M. A. (2003). A branch-and-price approach to  $p$ -median location problems. Submetido à *Computers & Operations Research*. (<http://www.lac.inpe.br/~lorena/senne/branchandprice.pdf>)
53. Solar, M.; Parada, V.; Urrutia, R. (2002). A parallel genetic algorithm to solve the set-covering problem. *Computers & Operations Research*, 29, 1221-1235.
54. Tate, D. M. e Smith, A. E. (1995). A Genetic Approach to the Quadratic Assignment Problem. *Computers & Operations Research*, 22, 73-83.
55. Toregas, C. e ReVelle, C. S. (1972). Optimal location under time or distance constraints. *Papers of the Regional Science Association*, 28, 133-144.
56. Zowe, J. (1985). Nondifferentiable optimization - a motivation and a short introduction into the subgradient and the bundle concept. In: *Computational Mathematical Programming*, Schittkowski, K. (ed.), Springer-Verlag, Berlin.

### 3.2 Problemas de Roteamento e de Transportes

Nas últimas duas décadas os aspectos operacionais, táticos e estratégicos da área de transporte tem se apresentado com uma das áreas beneficiadas como aplicação de técnicas quantitativas de melhoria de produtividade. Problemas de roteamento e programação de frotas são os principais elementos de muitos sistemas logísticos, recebendo muita atenção por parte de pesquisadores interessados em obter boas soluções para tais problemas complexos de otimização combinatória. O Problema de Roteamento de Veículos consiste em se determinar um conjunto de rotas, iniciando e terminando em um depósito, visando o atendimento da demanda de um conjunto de clientes, obedecendo as restrições de capacidade de cada veículo, de modo a minimizar a distância total percorrida ou o número de veículos utilizado, ou uma combinação desses critérios.

#### 3.2.1 Problemas de Roteamento e relacionados

O Problema de Roteamento de Veículos com Janelas de Tempo é uma generalização do Problema de Roteamento de Veículos, cuja solução deve garantir que o atendimento de cada cliente ocorra dentro de intervalos de tempo conhecidos *a priori*. Uma formulação de geração de colunas para o problema de roteamento de veículos com janelas de tempo foi descrita em Kohl (1995) e em Desrosiers *et al.* (1995). Nesta proposta pretende-se utilizar o multiplicador lagrangeano/*surrogate* diretamente no subproblema gerador de colunas, controlando os valores dos arcos na função objetivo através do controle da norma dos multiplicadores duais do problema mestre restrito. Kohl (1995) observa que a dificuldade de resolução do subproblema é diretamente proporcional à norma dos multiplicadores envolvidos. Para valores do multiplicador lagrangeano/*surrogate* próximos de 0, a norma do vetor dual é modificada de forma que rotas mais curtas sejam produzidas em maiores quantidades (mais colunas são geradas). À medida que o multiplicador lagrangeano/*surrogate* tende para 1, os valores do vetor dual contribuem mais efetivamente para a determinação do comprimento das melhores rotas.

O problema do Caixeiro Viajante é certamente um dos mais estudados na literatura de Pesquisa Operacional. Muitos artigos têm sido publicados sobre o assunto e o problema permanece interessante e desafiador ainda nos dias atuais. A interpretação mais usual ao problema busca por um caminho mais curto para um caixeiro viajante em um determinado número de cidades ou clientes. Os clientes devem ser visitados exatamente uma vez e o caixeiro deve retornar a sua cidade de origem. Veja o livro de Lawler *et al.* (1985) para uma revisão abrangente de métodos de solução, aplicações e problemas relacionados. Lorena e Narciso (2002) apresentaram uma aplicação da relaxação lagrangeana/*surrogate* com um método de subgradientes, para o problema simétrico do caixeiro viajante. Bons resultados computacionais foram conseguidos para instâncias com até 4600 cidades. Neste trabalho estamos examinando uma abordagem combinada da relaxação lagrangeana/*surrogate* e o método tradicional de geração de colunas. A relaxação lagrangeana/*surrogate* será usada para gerar novas colunas e acelerar e estabilizar do método de geração de colunas.

O problema generalizado de atribuição (PGA) consiste em encontrar a maneira mais vantajosa de distribuir  $N$  tarefas a  $M$  máquinas de modo que cada tarefa seja atribuída a uma única máquina que possui capacidade limitada. Lorena e Narciso (1996) e Narciso e Lorena (1999) exploraram a relaxação lagrangeana/*surrogate* combinada com métodos subgradientes para o PGA. Pretendemos comparar os resultados destes trabalhos com a versão estabilizada de geração de colunas.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Edson Luiz França Senne (FEG/UNESP)
- Dr. Marcelo Gonçalves Narciso (CNPTIA/Embrapa)
- Profa. Silvely Nogueira de Almeida Salomão, Mestre (FCT/UNESP)
- Marcos Antonio Pereira, Mestre (LAC/INPE)
- Glaydston Mattos Ribeiro (LAC/INPE)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica e levantamento de trabalhos relevantes que tratem das técnicas de resolução dos problemas abordados.
2. Familiarização com as ferramentas de programação e desenvolvimento de algoritmos preliminares.
3. Adaptação de trabalhos encontrados na literatura e desenvolvimento de algoritmos específicos para resolução dos problemas abordados nesta proposta.
4. Aplicação dos algoritmos desenvolvidos a dados obtidos da literatura e de casos reais.
5. Divulgação dos resultados obtidos através de publicações específicas e de apresentações em congressos, seminários e outros eventos científicos da área.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q
1																
2																
3																
4																
5																

### 3.2.2 O Uso de Tecnologias Emergentes para o Gerenciamento de Sistemas de Transporte

O Planejamento de Transporte ocupa uma posição de grande destaque dentro do Planejamento Urbano, devido a sua importância na definição do uso e ocupação do solo de uma cidade. De fato, a disponibilidade de transporte constitui no principal vetor de desenvolvimento de uma determinada localidade e, sendo assim, a existência de um plano de transporte bem concebido e o gerenciamento correto da operação do sistema de transporte podem representar a garantia de uma boa qualidade de vida para a população. O Planejamento de Transporte visa aliar as características de um planejamento, tais como gerenciamento e organização, às funções operacionais (como horários, itinerários e tarifa, por exemplo), a fim de possibilitar o correto dimensionamento dos serviços de transportes para satisfazer a demanda atual, tendo em vista também as futuras necessidades. Tal visão deve ser baseada em fatos catalogados no passado e no presente, em analogias, em métodos, processos, modelos ou pensamentos que buscam antever o comportamento provável que alguns eventos terão no futuro (Ortúzar e Willunsen, 1994; Wright e Ashford, 1989; Morlok 1978).

O Planejamento de Transporte está sujeito à interação econômica, política e social; assim sendo, o projeto de Sistemas Públicos de Transporte, deve ir ao encontro dos desejos dos usuários, tais como: tempo de percurso reduzido, conforto, bom atendimento, tarifas reduzidas, pouco tempo de percurso até os pontos de parada, segurança, etc. Por outro lado, as empresas operadoras devem minimizar os custos operacionais de prestação dos serviços e, também, os custos de capital (ANTP, 1997).

É árdua, para o planejador de transporte, a tarefa de tomar decisões acerca de um sistema de transporte devido à complexidade do mesmo. Deve-se, portanto, disponibilizar-lhe ferramentas que o auxiliem na tomada de decisões. Nesse sentido, a Tecnologia da Informação pode ser aplicada ao Planejamento de Transporte, lançando mão dos Sistemas de Informação, capazes de facilitar o processo de tomada de decisão. Os Sistemas de Informação devem se enquadrar na questão dos transportes, proporcionando ao planejador de transporte interagir de maneira a obter informações de forma mais clara e próxima a realidade em um ambiente amigável, que disponha informações precisas e de maneira organizada. Nesse sentido, o geo-processamento, que vincula informação a um determinado lugar no espaço, é uma interessante ferramenta no desenvolvimento de Sistemas de Informação para o Planejamento de Transporte. Dentro do geo-processamento, a tecnologia SIG (Sistema de Informações Geográficas) disponibiliza uma base de dados geo-referenciada, que possibilita grande capacidade de armazenamento e processamento de dados, facilitando a análise das informações necessárias para a tomada de decisões.

No presente trabalho propõe-se aprofundar o estudo dos impactos da aplicação de tecnologias emergentes (Torma, 2001) no desenvolvimento de sistemas de informação utilizados no gerenciamento de sistemas de transporte e, de uma maneira especial, pretende-se implementar sistemas utilizando tecnologias tais como GPS (*Global Positioning System*), computador de bordo, bilhetagem automática e etiqueta eletrônica. A incorporação dessas tecnologias nos sistemas de transporte é cada vez mais freqüente, justificando a necessidade do desenvolvimento de algoritmos e sistemas eficientes que as considerem.

A linha de pesquisa na qual se enquadra esta proposta de trabalho encontra-se em pleno desenvolvimento, destacando-se as atividades realizadas nos últimos anos dentro dos seguintes projetos temáticos financiados pela FAPESP: “ARSIG – Análise de Redes com Sistemas de Informações Geográficas” e “ARSIG-2 – Sistemas de Apoio à Decisão Usando Redes e Sistemas de Informações Geográficas”, este último encerrado recentemente. Produto de tais atividades, há de se destacar os sistemas SIGPOP (Sistema de Informação Gerencial para o Gerenciamento de Pontos de Parada) e TRANSIG (avaliação do desempenho de redes de transporte urbano de passageiros), além do desenvolvimento de um método de baixo custo para a realização de Pesquisa Origem-Destino (O-D).

## Metodologia

Propõe-se desenvolver atividades em duas direções convergentes. A primeira compreende o desenvolvimento de novos algoritmos e rotinas visando a implementação de um sistema de informação acerca da operação de sistemas de transporte, denominado SIOP. É importante ressaltar que os algoritmos e rotinas devem considerar dados coletados em tempo real, utilizando a tecnologia GPS, por exemplo.

A segunda direção a ser seguida no trabalho proposto refere-se à integração dos sistemas SIGPOP, TRANSIG, Pesquisa O-D e SIOP, num ambiente amigável. As características desse sistema integrado devem facilitar o processo de tomada de decisões dos profissionais responsáveis pelo gerenciamento do sistema de transporte. De uma forma geral, o sistema integrado possibilitará:

- a análise dos resultados da Pesquisa Origem Destino, incluindo as matrizes origem-destino (por período típico, por modo ou por motivo);
- o gerenciamento dos pontos de parada, determinando a necessidade de equipamentos, de manutenção, etc.;
- a análise do desempenho da rede de linhas do sistema de transporte urbano de passageiros;
- o controle da operação do sistema de transporte, destacando-se o cumprimento da programação das viagens (horários, itinerários etc.).

O SIGPOP (Batista Jr. e Teixeira, 2000) constitui-se num sistema de informação para o gerenciamento dos pontos de parada, utilizando os recursos da tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas. Disponibiliza as informações necessárias para a tomada de importantes decisões, tais como:

- Que local necessita, ou não, de um ponto de parada;
- Qual a melhor distância entre determinados pontos de parada;
- Quais as necessidades (infra-estrutura, instalação, cobertura, pintura, piso, banco, equipamentos, etc.) de determinado ponto de parada;
- Qual a necessidade de manutenção ou de ampliação de cada ponto de parada.

O TRANSIG é o sucessor do sistema TRANSIS (Batista Jr. e Senne, 2000). Baseia-se nos deslocamentos entre as diversas regiões de uma cidade e utiliza algoritmos que visam a avaliação do desempenho de uma rede de linhas de transporte coletivo. Para tanto, utiliza o conceito de custo penalizado da rede (CPR) que representa um valor relacionado ao custo e aos recursos necessários para atender toda a demanda, penalizado com indicadores de desempenho associados ao número de transbordos, ao conforto, ao nível de atendimento da demanda, à ocorrência de viagens de passageiros, ao nível de poluição e ao próprio tamanho da rede de linhas. Tais itens são relacionados através de um equacionamento que atribui fatores de importância, cujo valor empírico varia conforme sua respectiva ponderação. Nota-se que o custo penalizado da rede é útil na comparação entre diferentes redes de linhas de transporte coletivo.

Não obstante, a fim de analisar isoladamente uma rede de linhas, o sistema TRANSIG apresenta o Índice de Desempenho da Rede (IDR) que mede o desempenho de uma rede de transporte coletivo urbano, numa escala que varia de 0 a 1, conforme o valor associado ao custo penalizado de uma rede de linhas ser considerado péssimo ou ótimo, respectivamente. Na presente proposta pretende-se incorporar ao TRANSIG uma série de melhoramentos detectados inclusive a partir de uma análise comparativa desse aplicativo com o software TRANSCAD (Batista Jr. *et al.* 2001, 2001a, 2002a).

Dentre os dados de entrada do sistema TRANSIG, as matrizes origem-destino ocupam uma posição especial, no entanto deve-se destacar a dificuldade de obtenção. Visando contribuir na solução desse

problema, desenvolveu-se um método de baixo custo para a realização de Pesquisa Origem-Destino (Batista Jr. *et al.*, 2002).

O trabalho proposto visa estudar o impacto da aplicação de tecnologias emergentes (GPS, computador de bordo, bilhetagem automática, etiqueta eletrônica etc.) no desenvolvimento de sistemas de informação utilizados no gerenciamento de sistemas de transporte e, de uma maneira especial, visa implementar sistemas que incorporam tais tecnologias.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Prof. Dr. Edgard Dias Batista Jr. (FEG/UNESP)
- Prof. Dr. Edson Luiz França Senne (FEG/UNESP)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Dominar o estado da arte acerca da aplicação de tecnologias emergentes no desenvolvimento de sistemas de informação utilizados no gerenciamento de sistemas de transporte;
2. Desenvolver novos algoritmos e rotinas visando a implementação de um sistema de informação, denominado SIOP, com a finalidade de gerenciar a operação de sistemas de transporte que incorporem tecnologias emergentes;
3. Integrar os sistemas SIGPOP, TRANSIG, Pesquisa O-D e SIOP, num ambiente amigável, visando facilitar o processo de tomada de decisões dos profissionais responsáveis pelo gerenciamento do sistema de transporte;
4. Aplicar o sistema de informação resultante da integração acima definida em um estudo de caso que utilize, preferencialmente, a base de dados acerca do sistema de transporte da cidade de Guaratinguetá-SP, constituída através dos projetos temáticos ARSIG e ARSIG-2, financiados pela FAPESP;
5. Divulgar os resultados obtidos através de publicações específicas e, também, de apresentações em eventos científicos e tecnológicos.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																

### 3.2.3 Modelos de SIG's e o Planejamento Estratégico em Sistemas de Transportes na Região Administrativa de Presidente Prudente

#### Introdução e justificativa

É consagrada a importância dos Transportes em nosso cotidiano, bem como dos estudos envolvendo a implantação de novos sistemas ou a otimização dos já implantados. O crescimento do setor agrícola e turístico em nosso país está relacionado com os Sistemas de Transportes que possam atender de maneira satisfatória a demanda por transporte de cargas existente e de pessoas, respectivamente.

Mundialmente, de acordo com Caixeta Filho (1995), do custo final de um produto cerca de 15% é parte destinada ao transporte do mesmo nos países desenvolvidos. No Brasil, esta participação pode atingir até 30%. A modalidade de transporte de carga mais utilizada no Brasil é o transporte rodoviário, com cerca de 60% das operações efetuadas por este modo, restando 20% por ferrovias e 20% por hidrovias, justificada pelas dificuldades que as outras categorias enfrentam em atender com eficiência as demandas cada vez maiores das áreas mais remotas do país.

No entanto, há por parte do governo brasileiro, interesse e altos investimentos em projetos que incentivem e priorizem a utilização de outros modos como ferroviário e hidroviário, integrados entre si, efetivando a prática intermodal de transporte de cargas, como no Programa Brasil em Ação, conforme <http://www.transportes.gov.br/> (1999), no âmbito do Ministério dos Transportes, que enfoca quatro

grandes itens: o estímulo à prática da intermodalidade; a integração com os países do continente; a descentralização da malha federal e a privatização da operação dos serviços de transportes.

O Estado de São Paulo, segundo <http://www.geipot.gov.br/> (1999), destaca-se como expressivo mercado produtor e consumidor, com concentração da movimentação de cargas em direção à grande São Paulo e ao Porto de Santos, tanto para a exportação como importação. Na região de Presidente Prudente, encontra-se o Terminal Intermodal de Presidente Epitácio, parte integrante do Corredor Sudeste, mantém interface com o Corredor Mercosul, e considerado meta prioritária, enquanto terminal intermodal, pelo Programa Brasil em Ação junto ao Ministério dos Transportes, portanto, torna-se um objeto de investigação relevante na área científica.

No planejamento federal, segundo <http://www.sectran.rj.gov.br/>, são oito os corredores estratégicos de desenvolvimento que fazem parte do Projeto Avança Brasil: Corredor Extremo-Oeste, Corredor Norte, Corredor Oeste-Norte, Corredor Centro-Norte, Corredor Nordeste, Corredor Centro-Leste, Corredor Mercosul e Corredor Sudeste. Esses corredores viabilizam o fluxo de cargas dentro e fora do território nacional e caracterizam-se pela intermodalidade. A intermodalidade (Middendorf, 1998) é a combinação de dois ou mais modos de transporte (hidroviário, rodoviário etc.) visando a movimentação de cargas de uma origem a um destino, aproveitando as vantagens de cada modo.

A Região Administrativa de Presidente Prudente faz parte de três importantes corredores, a saber, o Corredor Sudoeste, o Corredor Transmetropolitano e o Corredor Mercosul. O sistema logístico de transporte dessa região é composto pela hidrovía Tietê-Paraná, a Malha Ferroviária Paulista, antiga Fepasa, hoje sob concessão da Ferrobán (Ferrovias Bandeirante S.A.), a Rodovia Raposo Tavares (SP 270), principal ligação entre São Paulo ao Mato Grosso do Sul, e a Rodovia Assis Chateaubriand (SP 425) que liga São Paulo ao Paraná, destacando-se no Corredor Mercosul por sua localização estratégica. Na mídia, tem tido projeção devido aos conflitos entre proprietários de fazendas e movimentos de ocupação de terras.

A capital dessa Região Administrativa é Presidente Prudente, uma cidade com área de 563,6 km<sup>2</sup>, 189.186 habitantes (<http://www.ibge.gov.br/>), sendo que 185.229 estão concentrados na área urbana, o que corresponde a aproximadamente 24% da população das demais cidades da região, exercendo forte influência econômica, destacando-se pelas atividades agropecuárias e de serviços.

O sistema de transporte atual não se adapta ao acelerado crescimento de Presidente Prudente, que é considerada hoje uma cidade de médio porte e sofre as conseqüências de um crescimento desordenado, requerendo uma reavaliação de sua infra-estrutura e dos aspectos operacionais que envolvem um sistema de transporte.

A presente proposta visa contribuir para o aprimoramento desse sistema de transporte, considerando tanto os problemas encontrados no nível municipal como aquele relacionado com a inserção da região no sistema do Projeto Avança Brasil.

No caso da inserção da região no sistema do Projeto Avança Brasil, a maior preocupação está relacionada com a aquisição e uso de dados espaciais, ou seja, com a necessidade de facilitar o uso de dados oriundos de diferentes fontes no processo de planejamento e gerenciamento de Terminais Intermodais. Portanto, é necessário realizar um profundo estudo das ontologias envolvidas nesse contexto. Esse trabalho está sendo iniciado no âmbito de um projeto de pesquisa no nível de doutoramento, por uma das pesquisadoras do Programa de Pós-graduação em Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da USP.

No âmbito regional, propõe-se o desenvolvimento de tecnologia adequada ao monitoramento dos veículos combinado a um sistema de navegação terrestre, destinado a viajantes que não conheçam as rodovias pelas quais estejam transitando. Com o desenvolvimento de um Sistema de Navegação Terrestre, SNT, por Hasegawa *et al.* (1999), o maior desafio para o aprimoramento desses sistemas passou a ser a aquisição de informações através de um mapa dinâmico. Essa situação no uso de mapas é mais recente, porque são utilizados sob condições dinâmicas e podem incluir a mudança de assunto, mudança de escala, rotação de mapa, descoberta de caminhos, localização de serviços, indicação de locais de atenção e risco, notação de informações adicionais, para fornecer instruções para a próxima ação em “tempo real”. Diversos fatores limitam o processo de aquisição de conhecimento nesse tipo de situação. Propõe-se o aprimoramento do projeto de Mapa Dinâmico desenvolvido por Pugliesi (2002) com base nos resultados de testes de avaliação do SNT disponível. Nesse sentido, um dos docentes envolvidos juntamente com um

aluno de doutoramento do Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas da FCT/UNESP estão iniciando um trabalho de pesquisa no qual serão realizadas avaliações de diversos recursos de representação cartográfica.

Assim como em outras cidades de médio porte, em Presidente Prudente há uma deficiência de sistemas de planejamento e operação na coleta e distribuição de bens e serviços. Um sistema de navegação terrestre, com módulo de planejamento de rotas, pode contribuir no aprimoramento desses serviços. Nesse sentido, está previsto o desenvolvimento de um sistema de navegação terrestre, baseado em tecnologia de baixo custo, o qual esteja conectado a uma central de monitoramento e planejamento de rotas os quais forneçam informações que auxiliem motoristas de veículos de transporte de cargas em áreas urbanas. Cabe colocar que o problema relacionado com o desenvolvimento de ferramenta para o planejamento de rotas conta com o envolvimento de dois docentes do projeto e uma aluna de doutoramento do Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas da FCT/UNESP.

Dessa forma o estudo geo-logístico do município de Presidente Prudente e da região administrativa a que pertence, torna-se um objeto de investigação relevante na área científica.

### **Objetivos**

Este projeto tem por objetivo geral analisar e projetar alternativas de resolução e aprimoramento do sistema de transportes da Região Administrativa de Presidente Prudente. Pretende-se cumprir os seguintes objetivos específicos

1. Propor um modelo semântico ou ontológico de SIG para Terminais Intermodais.
2. Desenvolver um sistema de monitoramento de frota de baixo custo.
3. Desenvolver um sistema de planejamento e navegação terrestre para aprimorar serviços de coleta/distribuição na cidade de Presidente Prudente.
4. Avaliar recursos de comunicação visual e de áudio que possam ser adotados em sistemas de navegação terrestre.

No sentido de atingir os objetivos estabelecidos nesta tarefa, a pesquisa deverá seguir os temas abaixo relacionados e em seguida descritos:

- Modelos ontológicos aplicados ao Sistema de Informações Geográficas.
- Sistemas de Navegação

### **Modelos ontológicos aplicados a Sistemas de Informações Geográficas**

A disseminação do Sistema de Informações Geográficas como apoio a decisões nas mais diversas áreas de atuação nos leva à reflexão do nível de aproveitamento das potencialidades dada a complexidade dos mesmos. No caso dos Sistemas de Informações Geográficas destinados ao Transporte Intermodal, observa-se nitidamente a complexidade e heterogeneidade dos dados. Muita ênfase tem-se dado às conversões estruturais dos dados, como no caso dos conversores diretos de formatos e os formatos de exportação (DXF, DWG), e quase nenhuma à conversão semântica dos dados. Alguns esforços têm sido feitos no sentido da criação de conjuntos de dados que descrevam a semântica dos dados geográficos, sendo estes na realidade, conjuntos de dados sobre dados, ou denominados *metadados*. O emprego do modelo conceitual é outro enfoque dados a conversão semântica dos dados.

O problema a ser abordado no presente projeto, consiste na concepção de uma metodologia que permita a conversão semântica de dados através da padronização dos metadados e elaboração de um modelo conceitual para o caso específico de SIGs destinados a transporte intermodal.

A conversão semântica de dados através da padronização de metadados e da elaboração de modelos conceituais globais destinados aos Sistemas de Informação Geográficas é pouco explorada no meio científico. No caso específico de Sistemas de Informações Geográficas aplicados aos Sistemas de Transportes Intermodais trata-se de uma iniciativa inédita, justificando-se como relevante objeto de estudo desta pesquisa científica.

Considerando a complexidade e heterogeneidade dos SIGs aplicados a sistemas de transportes intermodais, vislumbra-se a necessidade da existência da Interoperabilidade, que pode alcançada com a utilização de modelos orientados a objetos e Ontologias nestes SIGs.

Batini, Lenzerini e Navatheus (1986), em meados dos anos 80 pesquisaram sobre a interoperabilidade ou, integração de bancos de dados sendo encontrada mais recentemente em Wiederhold (1999), vista como a ciência da integração. Propostas destas integrações de dados são encontradas em Kent (1994) e Parakonstantinov (1995). Outras propostas, como a criação do consórcio OpenGIS, que define conceitos, padrões e especificações para Sistemas Abertos de Informação Geográfica são descritas em Gardels (1996) e McKee e Buehler (1996) e em FGDC (*Federal Geographic Data Committee*). A interoperabilidade é tratada como problema específico em SIG pela complexidade e riqueza dos dados geográficos e dificuldade de sua representação em sistemas de computação.

O conceito de Ontologia como suporte a interoperabilidade de Sistemas de Informações Geográficas é mostrado em Fonseca e Engenhofer (1999), como sendo a arquitetura básica do SIG-O (SIG baseado em Ontologias) é um *container* de objetos interoperáveis que se comunica com o usuário final.

### Sistemas de Navegação

Na década passada, foram desenvolvidos, em nível comercial, os primeiros sistemas de localização e navegação (SLN) para veículos. Atualmente, sistemas de navegação (SN) são bastante populares no Japão, pois esses sistemas substituem com vantagem os mapas convencionais. Essa nova tecnologia é composta, basicamente, de um monitor de computador localizado no painel de um veículo, ligado a um receptor GPS.

Morita (1993) entende que a necessidade de sistema de navegação traz uma nova situação no uso de mapas, porque eles são utilizados sob condições interativas e dinâmicas incluindo a mudança de assunto, mudança de escala, rotação de mapa, descoberta de caminhos, notação de informações adicionais, dando instruções para a próxima ação em “tempo real”. Enfim, essa nova situação de uso de mapas demanda não somente o desenvolvimento da cartografia, mas também o desenvolvimento de teoria básica envolvendo relações com ergonomia, psicologia, ciência cognitiva, lingüística, semiótica e etnologia. Isso irá colaborar para o estímulo da construção de mais teorias de mapeamento.

Os dados de um Sistema de Navegação Terrestre (SNT) podem ser disponibilizados antes, durante e depois da viagem, para questões de planejamento e tomada de decisões (Morita, 1993). Um navegador pode otimizar a rota em termos de esforço, gasto ou satisfação; sendo assim, a rota pode seguir o caminho mais curto, o mais bonito, o mais sossegado, o mais seguro, ou aquele de menor declividade.

De acordo com Morita (1993), a dinâmica de um sistema dessa natureza transforma a informação de mapa para uma forma de representação visual ou oral. Assim, o mapa não é um instrumento estático, pois o usuário extrai informações ou recebe instruções necessárias. Outra observação feita pela autora é a necessidade de se conhecer, além da espécie de informação, também o momento em que ela é necessária.

Wootton *et al.* (1995) classificam seis tipos genéricos de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), os quais são: sistema avançado de gerenciamento de tráfego; sistema avançado de informação ao viajante; sistema avançado de controle de veículo; operações de veículos comerciais; sistema avançado de transporte público e sistema avançado de transporte rural (rodoviário).

Nygaard (1995) afirma que os Sistemas Avançados de Informações aos Viajantes (ATIS) é um dos maiores componentes das áreas de ITS, onde o objetivo de um ATIS é disponibilizar, aos viajantes, informações tais como congestionamento de vias, rotas alternativas, navegação, localização, condições da via, ou seja, facilidades de emergência e pontos de atração.

Algumas das capacidades e benefícios de SN apontados por Lovicsek *et al.* (1998) são: redução da emissão e do consumo de combustível, contribuindo para um ambiente mais saudável; disponibilidade de informações de transporte para turistas, encorajando o desenvolvimento econômico; redução da distância da viagem e escolhas de rotas, reduzindo impactos no automóvel.

## Comunicação Cartográfica através de mapas dinâmicos

Uma recente pesquisa americana sobre distrações na direção de veículos realizada por Stutts *et al.* (2003), mostra que a maioria dos acidentes de trânsito ocorre por causa da atenção voltada a algum objeto, pessoa ou evento do lado de fora do veículo e, em segundo e terceiro lugares estão a atenção voltada ao ajuste de aparelhos de som (CD e rádio) e a atenção voltada ao passageiro. Sendo assim, a pesquisa com a comunicação cartográfica para um SNT, deve considerar as condições de uso dos mapas (iluminação, movimento, etc).

O mapa de um SN deve fornecer uma imagem eficiente, a fim de gerar informações adequadas e rápidas ao motorista, que tomará decisões com base no conhecimento adquirido. Portanto, os elementos de um mapa dessa natureza não devem distrair a atenção do motorista, mas devem fornecer a informação necessária. Assim, o mapa deve gerar conhecimento através de recursos visuais e auditivos, de tal forma que não cause distúrbios na direção do veículo.

MacEachren (1994; 1995), Peterson (1995), Krygier (1994) *apud* MacEachren (1995) citam o uso de características estáticas e áudio-dinâmicas em elementos de mapa que representarão os fenômenos do mundo real. Na abordagem funcional, MacEachren (1995) classifica os mapas em *mapas visuais estáticos; mapas táteis, mapas visuais dinâmicos e; mapas áudio dinâmicos*. MacEachren (1995) sugere o agrupamento de diversas variáveis visuais estáticas e dinâmicas, bem como, variáveis auditivas para produzir sinais de comunicação individual e sinais de comunicação em conjunto para mapas. Além dessas variáveis, aquelas de animação, classificadas por Hayward (1984) *apud* Peterson (1995), são importantes para apresentação de mapas. Considerando a abordagem de dispositivos de visualização animados, Tversky *et al.* (2002) questionam o uso de animação e apresentam sugestões de como e quando utilizar.

Testes realizados por Laird *et al.* (1996), com mapas de sistemas de navegação demonstraram que as pessoas têm mais facilidade em assimilar informações gráficas que aquelas apresentadas somente na forma de texto. Ho e Li (2002) descrevem testes com SNT apresentando alguns resultados satisfatórios obtidos com projeto cartográfico de mapas dinâmicos. Green (1995; 1996; 1997; 1998; 1999; 2000; 2001; 2002; 2003) apresenta resultados de pesquisas realizados com SNT, nas diversas áreas do conhecimento, tais como, ergonomia, psicologia, cognição, projeto cartográfico, segurança no trânsito, telecomunicação etc.

De acordo com Peterson (1995), a teoria da psicologia cognitiva relativa ao processamento da informação visual e imaginação mental ajuda-nos a entender o sistema de processamento de informação humana e, a investigação do processamento visual de velocidade é importante para interpretação informações de dispositivos animados. O autor em questão inclui algumas considerações essenciais no entendimento de um sistema de informação geográfica humano: o *processamento da informação visual* (reconhecimento de padrões); a *imaginação mental* (existência de imagens mentais); o *processamento do movimento visual* (movimento dos objetos tanto presentes no ambiente quanto criados artificialmente sendo essenciais para a percepção). Dentre os fatores a serem considerados na cognição visual, que tem implicações na representação cartográfica, podem ser citadas a atenção visual, a busca visual, a segregação *figura-fundo* (Leis da Gestalt) (MacEachren, 1995).

Neste contexto, este projeto tem como objetivo avaliar a eficiência da comunicação cartográfica de um mapa dinâmico em um SNR. Serão aplicados testes junto a motoristas (experientes/inexperientes, homens/mulheres, etc) para verificar a performance de variáveis visuais dinâmicas e variáveis auditivas nas tarefas de navegação, levando em consideração a percepção visual (processamento *botton-up*), bem como os fatores cognitivos (processamento *top-down* – interpretação e experiência) no uso da informação espacial.

## Método

A fim de viabilizar a realização dos objetivos específicos 1, 2 e 3 adota-se a abordagem orientada a objetos para etapas de análise e projeto. No caso dos objetivos nos quais devem ser desenvolvidos sistemas, adota-se a abordagem denominada *ciclo de vida com prototipação*. Essa abordagem prevê a construção de um protótipo logo após a fase de levantamento das exigências dos usuários. Uma das vantagens da prototipação é usá-la para apresentar o sistema ao usuário, servindo de meio de comunicação entre o usuário e a equipe do desenvolvimento do sistema. A implementação de protótipos

será feita combinando classes e rotinas disponíveis, codificando somente algoritmos que não sejam encontrados para integrar o sistema.

Para alcançar o último objetivo específico devem-se realizar avaliações do grau de compreensão da informação transmitida por um protótipo de sistema de navegação terrestre. Esse tipo de avaliação requer a adoção de conceitos e critérios da psicologia cognitiva.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai (FCT/UNESP) (responsável)
- Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa (FCT/UNESP)
- Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine (EESC/USP)
- Profa. Eliana Ederle Dias Chaves, Mestre (FEPP/UNOESTE e EESC/USP)
- Profa. Silvely Nogueira de Almeida Salomão, Mestre (FCT/UNESP)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Levantamento bibliográfico sobre: o uso de SIG's em Terminais Intermodais de Cargas acompanhando o Estado da Arte; otimização de rotas; sistemas de navegação; sistemas de monitoramento de frota e aquisição de conhecimento através da combinação da linguagem gráfica com a sonora.
2. Levantamento de informações sobre: as condições físicas e operacionais de Terminais Intermodais de Cargas em funcionamento ou em implantação; procedimentos operacionais vigentes em serviços de coleta/distribuição, bem como dos tipos de veículo envolvidos; procedimentos operacionais de controle de frota. Tudo isso através de órgãos competentes e/ou visitas in loco.
3. Avaliar e selecionar ferramentas para implementação de SIG's entre as disponíveis, tais como *ArcView*, *TerraLib* e *ArcINFO*.
4. Elaboração de uma base cartográfica e de um banco de dados georreferenciados para criação de mapas temáticos e exploração dos recursos disponibilizados pela ferramenta computacional selecionada na etapa anterior.
5. Avaliar o sistema implementado como uma ferramenta de apoio à decisão.
6. Divulgar os resultados através de publicações em revistas especializadas, bem como a apresentação em congressos e eventos científicos.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																

### Referências Bibliográficas

1. ANTP (1997). *Transporte Humano - Cidades com Qualidade de Vida*, Associação Nacional de Transportes Públicos, São Paulo.
2. Batini; Lenzerini e Navatheus (1986). A Comparative Analysis of Methodologies for Databases Schema Integration. *ACM Computing Surveys*.
3. Batista Jr., E. D. e Teixeira, A. P. (2000). *SIGPOP – Sistema de Informação para o Gerenciamento de Pontos de Parada*. Guaratinguetá: Relatório Técnico 05/2000-DPD/FEG/UNESP, 73p.
4. Batista Jr. E. D. e Senne, E. L. F. (2000). TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros. In: *Confederação Nacional do Transporte. Transporte em Transformação V - Capítulo 6*, Makron Books Ltda e Pearson Education do Brasil. 83-98, São Paulo

5. Batista Jr. E. D., Senne, E. L. F., Kirihata, R. e Teixeira, A. P. (2001). Sistemas de Apoio à Decisão para Planejamento de Transporte Urbano de Passageiros. In: *Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET*, 15, 57-63, Campinas - SP.
6. Batista Jr. E.D., Senne, E.L.F. e Kirihata, R. (2001a). TRANSIG: Sistema de Apoio à Decisão para Planejamento de Transporte Urbano. In: *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 21, Salvador - BA.
7. Batista Jr. E.D., Okawa, E.C., Rosa, R.H.F. e Kirihata, R. (2002). Método de Baixo Custo para Realização de pesquisa Origem-Destino: Guaratinguetá. *Relatório Técnico 03/2002-DPD/FEG/UNESP*, 49p.
8. Batista Jr. E. D., Senne, E. L. F. e Teixeira, A. P. (2002a). Análise Comparativa Entre Sistemas de Apoio à Decisão Utilizados no Planejamento de Transportes. Aceito para apresentação no *Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, 22, Curitiba-PR, 23 a 25 de outubro.
9. Board, C. (1978) Map reading tasks appropriate in experimental studies in Cartographic communication. *The Canadian Cartographic*, vol. 15, n.1, pp. 1-12.
10. Caixeta Filho, J.V (1995) Logística e Transporte. In: *Fórum CARGILL de Debates II*. Fundação Cargill.
11. Corredores estratégicos de desenvolvimento. 2002. Disponível em [www.transportes.gov.br](http://www.transportes.gov.br).
12. Desrosiers, J., Dumas, Y., Solomon, M. M. e Soumis, F. (1995). Time constrained routing and scheduling. In: *Handbooks in Operations Research and Management Science, vol. 8: Network Routing*, Ball, M. O., Magnanti, T. L., Monma, C. L. e Nemhauser, G. L. (eds.), North-Holland, Amsterdã, 35-139.
13. Fonseca e Engenhofer (1999). Sistemas de Informação Geográficas Baseadas em Ontologias, *Informática Pública*. v.1, n.2. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) - Divisão de Processamento de Imagens (INPE/DPI). Disponível em <http://www.dpi.inpe.br>
14. Fonseca *et al.* (2000). Integração Semântica e de Dados entre Sistemas de Informações Geográficas Heterogêneos. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) - Divisão de Processamento de Imagens (INPE/DPI). Disponível em <http://www.dpi.inpe.br>
15. Gardels, K (1996). The Open GIS Approach to Distributed Geodata and Geoprocessing. In: *Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*, Santa Fe, N.M.
16. Geipot – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. 2002. Disponível em <http://www.geipot.gov.br/>
17. Green, P. (1995) A Driver Interface for a road hazard warning system: development and preliminary evaluation. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
18. Green, P. (1996) In-vehicle information: design of driver interfaces for route guidance. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
19. Green, P. (1997) Potential safety impacts of automotive navigation systems. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
20. Green, P. (1998) Driving performance evaluation of the Ali-Scout. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
21. Green, P. (1999) Visual demand of driving curves as determined by visual occlusion. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
22. Green, P. (1999) The 15-Second rule for driver information systems. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
23. Green, P. (2000) A Human factors approach to the design of traffic-information web sites. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
24. Green, P. (2000) Comparison of driver visual demand in test track, simulator, and on-road environments. 2000. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
25. Green, P. (2000) Crashes induced by driver information systems and what can be done to reduce them. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
26. Green, P. (2000) The human interface for ITS display and control systems: developing international standards to promote safety and usability. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
27. Green, P. (2000) Usable vehicle navigation systems: are we there yet? Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
28. Green, P. (2000) Variations in Task Performance Between Younger and Older Drivers: UMTRI Research on Telematics. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
29. Green, P. (2001) Safeguards for On-Board Wireless Communications. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>

30. Green, P. (2001) Variations in Task Performance Between Younger and Older Drivers: UMTRI Research on Telematics. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
31. Green, P. (2001) Why safety and Human Factors/Ergonomics standards are so difficult to establish. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
32. Grubert, T. (1992). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Systems Laboratory-Stanford University, Stanford, CA, Technical Report KSL.
33. Guarino, N. (1998) Formal Ontology and Information Systems. In: N. Guarino (Ed.), Formal Ontology in Information Systems. IOS Press, Amsterdam, Netherlands.
34. Hasegawa, J. K., Galo, M., Monico, J. F. G., Imai, N. N. (1999) Sistema de Localização e Navegação apoiado por GPS. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 1999, Salvador, Anais em CD-ROM.
35. Ho, A. e Li, Z. (2002) Design of dynamic maps for land vehicle navigation. In: Integrated System for Spatial Data Production, Custodian and Decision Support, China. Disponível em <http://www.isprs.org/specials/symposium.html>
36. Kent, W. (1994). Object Orientation and Interoperability. In: Advances in Object-Oriented Database Systems, Izmir, Kusadasi, Turkey.
37. Kohl, N. (1995). *Exact methods for time constrained routing and related scheduling problems*. Tese de doutorado, Department of Mathematical Modeling, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Dinamarca, xviii + 234p.
38. Lai, J; Cheng, K; Green, P; Tsimhoni, O. (2001) On the road and on the Web? Comprehension of synthetic and human speech while driving. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
39. Laird Evans, J., Steven, A. (1997) Measures of graphical complexity for navigation and route guidance display. *Displays*, vol. 17, p. 89 –93.
40. Lawler, E. L., Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A. H. G. e Shmoys, D. B., (1985). *The traveling salesman problem*, John Wiley and Sons, Chichester.
41. Lorena, L. A. N. e Narciso, M. G. (1996). Relaxation heuristics for generalized assignment problem. *European Journal of Operational Research*, 91, 600-610.
42. Lorena, L. A. N., Narciso, M. G. (2002). Using logical surrogate information in Lagrangean relaxation: an application to symmetric traveling salesman problems, *European Journal of Operational Research*, 138 (3), 473-483.
43. Lovicsek, M. Stewart, S. e Delsey, B. (1998) Integrating the Collection, Fusion, and Dissemination of Traveler Information in Edinburgh, Scotland. Great Britain: *Mathl. Comput. Modelling*, vol. 27, nº. Q-11, pp. 335-348.
44. MacEachren, A. M. (1994) Visualization in Modern Cartography. New York: Pergamon. pp. 149-166.
45. MacEachren, A. M. (1995) **How maps work: representation, visualization and design**. London: The Guilford Press.
46. McKee, L. e Buehler, K. (1996) The Open GIS Guide. Open GIS Consortium, Inc, Massachusetts.
47. Middendorf, D.P. (1998) Intermodal Terminal Database: concepts, design, implementation and maintenance.
48. Morita, T. (1993) Grading of the Map Functions in Navigation System. In: 16<sup>TH</sup> International Conference, Cologne – Koln. International Cartographic Association.
49. Morlok, E. K. (1978). *Introduction to Transportation Engineering and Planning*. MacGraw-Hill, Inc, New York.
50. Narciso, M. G. e Lorena, L. A. N. (1999). Lagrangean/surrogate relaxation for generalized assignment problems. *European Journal of Operational Research*, 114, 165-177.
51. Nowakowski C; Friedman, D; Green, P. (2002) An Experimental Evaluation of Using Automotive HUDs to Reduce Driver Distraction While Answering Cell Phones. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
52. Nowakowski, C; Green, P e Tsimhoni, O. (2002) Common Automotive Navigation System Usability Problems and a Standard Test Protocol to Identify Them. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
53. Nygard, K. E. (1995) Computing and Modeling Issues in Wide-Area Advanced Traveler Information Systems. Great Britain: *Mathl. Comput. Modelling*, vol. 23, n. 4 –7, p. 431 – 437.
54. Ortúzar, J. D. e Willunsen, L. G. (1994). *Modelling Transport*. Chichester, England, John Wiley & Sons, Chichester, England.
55. Parakonstantinov, Y.; Garcia-Molina, H. e Widom, J. (1995) Object Exchange Across Heterogeneous Information Sources. *IEEE International Conference on Office Information Systems*, p. 205-215.
56. Peterson, M. P. (1995) Interactive and animated cartography. Englewood Cliffs, Nova Jersey: Prentice Hall, 257p.

57. Pugliesi, E. A. (2002) Desenvolvimento de mapa dinâmico para sistema de navegação terrestre.. Dissertação de Mestrado. Departamento de Cartografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP, Presidente Prudente, 204 f.
58. Pugliesi, E. A; Imai, N. e Hasegawa, J. (2003) Modelagem de um mapa dinâmico de sistema de navegação terrestre. In: III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba. Anais em CD-ROM.
59. Pugliesi, E. A; Imai, N; Hasegawa, J. e Decanini, M. M. S. (2003) Sistema de navegação terrestre: especificação funcional básica de um mapa dinâmico. In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte. Anais em CD-ROM.
60. Romano *et al.* (1994). A intermodalidade dos transportes. FATEC-JH.
61. Stutts, J.; Feaganes, J; Rodgman, E; Hamlet, C; Meadows, T; Reinfurt, D; Gish, K; Mercadante, M; Staplin, L. (2003) Distractions in Everyday Driving. *AAA Foundation for Traffic Safety*. Disponível em <http://www.hsrrc.unc.edu/publications/publications1.htm>
62. Torma, A. (2001). *The Use of Emerging Technology to Assist with the Capturing of Information About Urban Travel Patterns.* ([http://www.katzokitsu.com/companyinfo/articles&studies/articles/art\\_tech\\_jat.html](http://www.katzokitsu.com/companyinfo/articles&studies/articles/art_tech_jat.html))
63. Tsimhoni, O; Green, P.; Watanable, H. (2001) Detecting and reading text on HUDs: effects of driving workload and message location. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
64. Tsimhoni, O e Green, P. (2001) Visual demand of driving and the execution of display-intensive in-vehicle tasks. Disponível em <http://www.umich.edu/~driving/publications.html>
65. Tversky, B., Morrison, J. B., e Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *Int. J. Human-Computer Studies*. Disponível em <http://www.idealibrary.com.on>
66. Vieira, A. A. (2002). Extração de Ontologias a Partir de Esquemas Relacionais. Monografia. Tópicos Avançados em Bancos de Dados. Instituto Militar de Engenharia.
67. Wiederhold, G. (1998) Value-added Middleware: Mediators. Stanford University, Technical Report.
68. Wiederhold, G. (1999) Mediation to Deal with Heterogeneous Data Sources. In Vckovski, A.; Schek, H.-J., Interoperating Geographic Information Systems – Second International Conference, INTEROP'99, Zurich, Switzerland. *Lecture Notes in Computer Science* 1580, p. 1-16, Springer-Verlag, Berlin.
69. Wootton, J. R., García-Ortiz, A., Ain, S. M. (1995) Intelligent transportation systems: a global perspective. Great Britain: *Mathl. Comput. Modelling*, vol. 22, n. 4–7, p. 259–268.
70. Worboys, M. F. (1994) Object-oriented approaches to geo-referenced information. *International Journal of Geographical Information Systems* 8 (4): 385-399.
71. Wright, P.H. e Ashford, N. J. (1989). *Transportation Engineering: Planning and Design*. New York, NY, John Wiley & Sons, New York, USA.

### 3.3 Modelos Probabilísticos para Serviços de Urgência

Todos nós, no dia a dia, podemos observar policiais, ambulância ou carros de bombeiros em trânsito ou em espera nas cidades ou rodovias por onde passamos. Ao vê-los aparentemente ociosos, um cidadão comum dificilmente pensaria em possíveis desperdícios de recursos; por outro lado, este mesmo cidadão certamente ficaria indignado ao ver danos ou sinistros causados por mau funcionamento de um desses serviços.

Os serviços de urgência desempenham um papel fundamental em qualquer sociedade minimamente organizada. Esses serviços representam de forma concreta a preocupação com o bem-estar comum. Assim, o estudo do dimensionamento e gestão desses serviços é de grande interesse prático nos diversos setores que esses serviços abrangem como, por exemplo, medicina, transportes e logística em geral.

A modelagem matemática dos serviços de urgência é um assunto de interesse acadêmico para os profissionais de Pesquisa Operacional desde os anos 50. Inúmeros problemas matemáticos complexos advêm da modelagem desses sistemas. É inerente aos serviços de urgência o fato de as demandas por estes serviços serem aleatórias (caso contrário, não seriam urgências) e, na maioria dos casos, serem geograficamente distribuídas.

O objetivo geral desta tarefa é estudar, desenvolver e implementar modelos probabilísticos para otimização de sistemas de urgência. Tendo em vista o estado da arte das pesquisas atuais na área e a competência dos participantes nessa ou em áreas próximas aplicáveis ao tipo de sistemas em estudo, almeja-se dividir o objetivo geral em dois sub-objetivos:

- estudar, desenvolver e implementar modelos markovianos para a modelagem dos processos aleatórios que caracterizam os sistemas de urgência, notadamente os processos de demanda e de tempo de atendimento;
- estudar, desenvolver e implementar modelos probabilísticos de localização de facilidades para satisfazer demandas espacialmente distribuídas, com vistas a maximizar o desempenho ao atendimento dessas demandas.

#### Metodologia

Os modelos markovianos vêm sendo utilizados na modelagem de sistemas de urgência há décadas. Larson e Odoni (1981) apresentam uma compilação dos resultados de pesquisas dos autores nos anos anteriores, em particular apresenta em detalhes o modelo chamado Modelo Hipercubo, que modela um número finito de facilidades respondendo a demandas espacialmente distribuídas. Este modelo, por sua generalidade e pela relativa facilidade de implementação computacional dele próprio ou de boas aproximações obtidas da teoria de filas, têm sido o ponto de partida para inúmeros trabalhos mais recentes, em particular envolvendo serviços estratégicos e de urgência, como pode ser observado em Owen e Daskin (1998). Outras referências que motivaram este projeto são, por exemplo, Gendreau e Laporte (1997), Owen e Daskin (1998), Jamil et al (1999), Chiyoshi et al (2000), Marianov e ReVelle (1996) e Takeda (2000).

O modelo hipercubo, proposto por Larson (1974) e estudado por diversos autores (Swersey, 1994; Chiyoshi et al., 2000), é uma importante ferramenta para o planejamento de sistemas de serviços, especialmente os sistemas urbanos em que servidores se deslocam para fornecer algum tipo de serviço para clientes (*server-to-customer service*). O modelo é adequado para analisar sistemas coordenados ou centralizados, onde o usuário que deseja algum serviço telefona para a central de atendimento do sistema (atendimento médico ou policial, entrega de algum item, como uma pizza ou uma peça de computador). O administrador do sistema então despacha um servidor de alguma facilidade próxima do local da chamada para atender o cliente. Caso nenhum servidor esteja disponível a solicitação entra numa fila de espera, para ser atendida assim que algum servidor ficar disponível.

O modelo aborda complexidades geográficas e temporais da região, com base em resultados de teoria de filas espacialmente distribuídas e aproximações a partir de análise markoviana. Basicamente, a idéia é expandir a descrição do espaço de estados de um sistema de fila com múltiplos servidores, para poder representar cada servidor individualmente e incorporar políticas de despacho mais complexas. A solução do modelo envolve resolver um sistema de equações lineares que fornece as probabilidades de equilíbrio

dos possíveis estados do sistema (probabilidades de estado). Estas probabilidades permitem estimar diversas medidas de desempenho interessantes para o gerenciamento do sistema, tais como cargas de trabalho (*workloads*) dos servidores, tempo médio de resposta do sistema ou de cada servidor, frequência de atendimento de cada servidor a cada região, entre outras. Apesar de ser aplicável a estudos de cenários, o modelo hipercubo é um modelo descritivo que, se aplicado de forma isolada, não assegura a solução direta de problemas de localização.

O modelo hipercubo baseia-se na divisão da região em um conjunto de áreas de demanda ou átomos geográficos, cada átomo é considerado como uma fonte pontual independente solicitadora de serviços ao longo do tempo (similarmente aos nós ou vértices como pontos de demanda de uma rede de transportes). Desta maneira, o modelo considera os chamados distribuídos tanto espacialmente quanto temporalmente na região. O atendimento aos chamados de cada átomo é realizado por servidores (ambulâncias, veículos de entrega, bombeiros) distribuídos na região e que, quando disponíveis, podem estar fixos em alguns pontos (bases), ou movimentando-se em sub-regiões (neste caso, seus movimentos devem ser conhecidos ao menos probabilisticamente).

O nome hipercubo deriva da descrição da disponibilidade dos servidores por meio do espaço de estados. Cada servidor pode estar livre (0) ou ocupado (1) em um certo instante. Um estado particular do sistema é dado pela lista dos servidores que estão livres e ocupados. Por exemplo, o estado 110 corresponde a um sistema com três servidores, com o servidor 1 livre e os servidores 2 e 3 ocupados (note que 110 descreve o estado dos servidores da direita para a esquerda). Desta maneira, para três servidores, o espaço de estados do sistema é dado pelos vértices de um *cubo*. No caso de termos mais de três servidores, temos um *hipercubo*. O modelo trata tanto sistemas em que os chamados não atendidos aguardam em fila, quanto sistemas que não admitem a formação de filas.

Alguns exemplos de aplicação do modelo hipercubo nos EUA são a localização de ambulâncias em Boston (Brandeau e Larson (1986)), o patrulhamento policial em Orlando (Sacks e Grief, 1994), e o programa de visitas do serviço social (Larson e Odoni, 1981). No Brasil, alguns exemplos são o atendimento a interrupções na distribuição de energia elétrica em Santa Catarina (Albino, 1994), a localização de ambulâncias em um trecho da BR-111 (Gonçalves et al., 1994; 1995), o balanceamento da carga de trabalho de ambulâncias no sistema “Anjos do Asfalto” da Via Dutra (Mendonça, 1999 e Mendonça e Morabito, 2000; 2001), e a configuração do Serviço de Atendimento Médico de Urgência (SAMU) da Prefeitura de Campinas, SP (Takeda, 2000; Takeda et al., 2001). Extensões do modelo hipercubo foram consideradas em Halpern (1977) e Burwell et al. (1993). Outras referências podem ser encontradas em Swersey (1994) e Chiyoshi et al. (2000), (2001).

Neste projeto, pretende-se fazer uma releitura do modelo hipercubo à luz dos avanços teóricos e computacionais ocorridos desde que o modelo foi proposto. No nível teórico, pretende-se estudar a introdução de distribuições de probabilidade do tipo-fase no modelo, o que permitiria uma maior proximidade com dados reais. Por outro lado, pretende-se estudar a especialização do modelo para os casos urbanos e para os casos de rodovias. Nos casos urbanos, várias facilidades podem ser alocadas numa mesma posição geográfica (num grande hospital, no caso de ambulâncias, por exemplo), o que pode simplificar o modelo e no caso de rodovias, o serviço pode, em muitos casos, chamar serviços vizinhos para atender certas demandas (no caso de ambulâncias, o serviço de atendimento rodoviário pode apelar para o serviço da localidade mais próxima).

No nível computacional, pretende-se desenvolver e implementar o modelo hipercubo e suas especializações de forma que possam ser utilizados em modelos de otimização da localização de facilidades. A modelagem de localização de facilidades é um problema clássico da Pesquisa Operacional e de difícil resolução (*NP-hard*), o que justifica plenamente que, até nos nossos dias, pesquisadores do mundo inteiro o estudem. De forma geral, este é visto como um problema de cobertura de conjuntos e é formulado como um problema de programação inteira. No presente trabalho pretende-se revisar os algoritmos, sobretudo os heurísticos, para aplicações ao atendimento de demandas aleatórias. Dentre os métodos matemáticos para tratar este problema, com ênfase ao atendimento de urgência, pode-se citar a simulação (Henderson e Mason, 1999), os métodos de relaxação (Galvão e ReVelle, 1996, os métodos heurísticos (Adenso-Díaz e Rodríguez (1997)) e os meta-heurísticos: *Simulated Annealing* (D’Amico et al., 2002), Busca Tabu (Gendrau e Laporte, 1997), e Algoritmo Genético (Saydam e Aytu, 2002). Na presente tarefa pretende-se estudar a aplicação do Algoritmo Genético Construtivo (Lorena e Furtado, 2001) ao problema em estudo.

Finalmente, pretende-se aplicar os resultados obtidos na nossa pesquisa a Sistemas de Informações Geográficas, tomando como ponto de partida trabalhos já realizados em outros países (por exemplo, aqueles apresentados em Henderson e Mason (1999) e Derekenaris et al (2001)).

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Solon Venâncio de Carvalho (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Reinaldo Morabito (DEP/UFSCar)
- Dr. Luiz Antônio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Dra. Rita de Cássia Meneses Rodrigues (LAC/INPE)
- Ana Paula Figueiredo, Mestre (LAC/INPE)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Revisão bibliográfica.
2. Visitas específicas ao sistema de emergência estudado.
3. Análise estatística dos dados, com ênfase à utilização de variáveis aleatórias do tipo-fase para processos não exponenciais.
4. Aplicação do modelo hipercubo ao sistema estudado.
5. Validação dos resultados obtidos através de comparação dos dados coletados e consulta com os especialistas de operação.
6. Desenvolvimento de modelos de otimização combinando programação matemática e heurísticas com o modelo hipercubo.
7. Implementar computacionalmente os algoritmos e/ou heurísticas para resolução do modelo proposto.
8. Validação de modelos.
9. Integrar Sistemas de Informação Geográficas e o modelo proposto.
10. Elaboração de relatórios, comunicações em congressos, artigos, teses, etc. reportando os resultados da pesquisa.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

### Referências Bibliográficas

1. Allen, A. O. (1978). *Probability, statistics, and queueing theory with computer science applications*. New York, Academic.
2. Amiri, A. (1997). Solutions procedures for the service system design problem, *Computers & Operations Research*, 24, 49-60.
3. Adenso-Díaz, B. e Rodríguez, F. (1997). A simple search heuristic for the MCLP: Application to the location of ambulance bases in a rural region, *International Journal of Management Science*, 25 (2), 181-187.
4. Anderson, L. R. e Fontenot, R. A. (1992). Optimal positioning of service units along a coordinate line. *Transportation Science*, 26 (4), 346-351.
5. Berman, O. e Larson, R. C. (1982). The median problem with congestion. *Computers and Operations Research*, 9 (2), 119-126.
6. Berman, O., Larson, R. C. e Parkan, C. (1987). The stochastic queue p-median problem. *Transportation Science*, 21, 207-216.
7. Chaiken, J. M. e Dormont, P. (1978a). A patrol car allocation model: background. *Management Science*, 24 (12), 1280-1290.

8. Chaiken, J. M. e Dormont, P. (1978b) A patrol car allocation model: capabilities and algorithms. *Management Science*, 24, 1291-1300.
9. Chaiken, J. M. e Larson, R. C. (1972). Methods for allocating urban emergency units: a survey. *Management Science*, 19 (4), P110-P130.
10. Chiyoshi, F., Galvão, R. D. e Morabito, R. (2000). O uso do modelo hipercubo na solução de problemas de localização probabilísticos. *Gestão & Produção*, 7 (2), 146-174.
11. Chiyoshi, F., Galvão, R.D. e Morabito, R., (2001). Modelo hipercubo: Análise e resultados para o caso de servidores não-homogêneos. *Pesquisa Operacional*, 21(2), 199-218.
12. Chiyoshi, F., Galvão, R.D. e Morabito, R., (2001). A note on solutions to the maximal expected covering location problem. Aceito para publicação no *Computers & Operations Research*.
13. Church, R. e ReVelle, C. (1974). The maximal covering location problem. *Papers Regional Science Association*, 32, 101-120.
14. D'Amico, S. J., Wang, S.-J., Batta, R. e Rump, C. M. (2002). A simulated annealing approach to police district design, *Computers and Operations Research*, 29, 667-684.
15. Derekenaris, G., Garofalakis, J., Makris, C, Prentzas, J., Sioutas, S. e Tsakalidis, A. (2001). Integrating GIS, GPS and GSM technologies for the effective management of ambulances, *Computers, Environment and Urban Systems*, 25, 267-278.
16. Galvão, R. D. e ReVelle, C. S. (1996). A Lagrangean heuristic for the maximal covering location problem. *European Journal of Operational Research*, 88, 114-123.
17. Gendreau, M. e Laporte, G. (1997). Solving an ambulance location model by tabu search, *Location Science*, 5 (2), 76-88.
18. Henderson, S. G., Mason, A. J. (1999). Estimating ambulance requirements in Auckland, New Zealand, *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, 1970-1974.
19. Jamil, M., Baveja, A., Batta, R. (1999). The stochastic queue center problem, *Computers & Operations Research*, 26, 1423-1436.
20. Kleinrock, L. (1975). *Queueing Systems, Volume I: Theory*. New York, John Wiley & Sons.
21. Larson, R. C. e Odoni, A. R. (1981). *Urban Operations Research*. New Jersey, Prentice-Hall.
22. Lorena, L. A. N. e Furtado, J. C. (2001). Constructive genetic algorithm for clustering problems, *Evolutionary Computation*, 9 (3), 309-327.
23. Marianov, A. e ReVelle, C. (1996). The queueing maximal availability location problem: A model for the siting of emergency vehicles. *European Journal of Operational Research*, 93, 110-120.
24. Mendonça, F. e Morabito, R. (2000). Aplicação do modelo hipercubo para análise de um sistema médico-emergencial em rodovia. *Gestão & Produção*, 7 (1), 73-91.
25. Mendonça, F. e Morabito, R. (2001). Analysing emergency medical service ambulance deployment on a Brazilian highway using the hypercube model. *Journal of the Operational Research Society*, 52, 261-270.
26. Owen, S. H. e Daskin, M. S. (1998). Strategic Facility Location: A Review. *European Journal of Operational Research*, 111, 423-447.
27. ReVelle, C. e Snyder, S. (1995). Integrated fire and ambulance siting: a deterministic model, *Socio-Economic Planning Science*, 29, 4, 261-271.
28. Saydam, C. e Aytu, H. (2002) Accurate estimation of expected coverage: revisited, Aceito para publicação em *Socio-Economic Planning Sciences*.
29. Swersey, A. J. (1994). The deployment of Police, Fire, and emergency Medical Units, In: *Handbooks in Operations Research and Management Science 6: Operations Research and the Public Sector*, Pollock, S. M., Rothkop, M. H. (eds.) North Holland, Amsterdam, 151-200.
30. Takeda, R. A. (2000). *Uma contribuição para avaliar o desempenho de sistemas de transporte emergencial de saúde*, Tese de Doutorado em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
31. Takeda, R.A., Widmer, J.A. e Morabito, R. (2001). Uma proposta alternativa para avaliação do desempenho de sistemas de transporte emergencial de saúde brasileiros. *Transportes*, 9 (2), 9-27.
32. Wolff, R. W. (1989). *Stochastic modeling and theory of queues*. Prentice-Hall, New Jersey.

### 3.4 Problemas Relacionados

Os problemas apresentados a seguir beneficiam-se das técnicas desenvolvidas ou em desenvolvimento para as aplicações propostas anteriormente. A utilização de técnicas combinadas é apresentada como alternativa para a busca de soluções, demandando adaptações de modelos e métodos existentes, permitindo estender o escopo da pesquisa e, em alguns casos, fornecendo informações que permitam o aprimoramento dos algoritmos desenvolvidos para as aplicações originais.

#### 3.4.1 Problemas de Agrupamento

Os problemas de formação de agrupamentos (*clustering problems*) são entendidos como aqueles cujo objetivo é reunir objetos ou elementos de um conjunto em grupos homogêneos em relação a um conjunto de características, ou critério de medida de semelhança entre si. O objetivo é o particionamento de um conjunto em subconjuntos, de acordo com algum critério ou relação entre os elementos do conjunto. Encontram-se aplicações desse modelo para representar a formação de agrupamentos de máquinas numa unidade produtiva visando minimizar o transporte de produtos semi-acabados e de matéria prima, definindo assim células de produção (Ribeiro e Lorena, 2000). Outra aplicação é a formação de conjuntos de áreas geográficas, consideradas similares de acordo com determinadas características, e que precisam estar geograficamente conectadas (Maravalle e Simeone, 1995). Nesse caso o problema pode considerar as ruas de um sistema viário, formando um conjunto de arcos conectados, de modo a definir regiões de atendimento por veículos de algum tipo. Na área de processamento de imagens, modelos de agrupamento são empregados para identificar conjuntos de *pixels* com características semelhantes e destacá-los do restante da imagem, que é conhecido como Problema de Segmentação (Dahl, Storvik e Fadnes, 1998).

Modelos de formação de agrupamentos podem ser utilizados para representar vários problemas, como por exemplo, a formação de agrupamentos de máquinas numa unidade produtiva visando minimizar o transporte de produtos semi-acabados e de matéria prima, definindo assim células de produção (Ribeiro e Lorena, 2000). Outra aplicação é a formação de conjuntos de áreas geográficas, consideradas similares de acordo com determinadas características, e que precisam estar geograficamente conectadas (Maravalle e Simeone, 1995). Nesse caso o problema pode considerar as ruas de um sistema viário, formando um conjunto de arcos conectados, de modo a definir regiões de atendimento por veículos de algum tipo. Na área de processamento de imagens, modelos de agrupamento são empregados para identificar conjuntos de *pixels* com características semelhantes e destacá-los do restante da imagem, que é conhecido como problema de segmentação (Dahl, Storvik e Fadnes, 1998).

A dificuldade de se encontrar soluções ótimas para instâncias com grande número de objetos, utilizando métodos manuais ou algoritmos exatos, levaram ao desenvolvimento de heurísticas ou meta-heurísticas, cujas soluções podem ser não-ótimas. Neste caso, a qualidade das soluções heurísticas obtidas pode ser avaliada comparando-as com limitantes para a solução ótima do problema em questão. Tais limitantes podem ser atualizados num processo iterativo, estabelecendo assim uma faixa de valores aceitáveis para a solução heurística, mediante uma tolerância pré-definida. Dentre os métodos para cálculo de limitantes merecem destaque os que utilizam uma abordagem baseada em técnicas de geração de colunas. A proposta deste método é a decomposição do problema original em dois outros problemas, sendo o primeiro uma forma relaxada do original. A solução do problema relaxado é usada para construção do segundo problema, cuja solução é usada para realimentar o problema relaxado com novos dados (colunas), formando assim um processo iterativo de produção de limitantes de melhor qualidade para a solução ótima do problema original (Barnhart et al., 1998).

O objetivo desta proposta é o estudo de técnicas heurísticas evolutivas no subproblema de geração de colunas. Lorena e Ribeiro (2002) demonstram a aplicação da técnica de geração de colunas em combinação com métodos heurísticos evolutivos ao problema de coloração de grafos. A proposta atual consiste em aprofundar a pesquisa para permitir a adaptação da técnica combinada para encontrar soluções para problemas de formação de agrupamentos de árvores geradoras mínimas e para o problema de segmentação de imagens. As árvores geradoras mínimas serão obtidas em grafos, cujas arestas corresponderão às ruas, avenidas e estradas de um sistema viário. A formação das árvores geradoras poderá levar em consideração critérios variados, conforme o problema específico a ser abordado, e que vão desde o simples comprimento das arestas, até características particulares presentes no problema.

O agrupamento de árvores geradoras mínimas considerará a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o *ArcView* (ESRI, 1995), com dados reais de cidades como Mogi das Cruzes, São José dos Campos e outras. Serão desenvolvidas interfaces que permitam a manipulação de dados e chamadas de rotinas para solução do problema em questão. O problema de segmentação de imagens é de particular interesse, e visa colaborar com outros pesquisadores da Universidade de Mogi das Cruzes, no sentido de desenvolver novas abordagens e técnicas de resolução para este problema. Em ambos os casos citados, serão desenvolvidos sistemas específicos, utilizando, quando possível, rotinas disponíveis em sistemas de resolução de problemas de programação linear e inteira de grande porte, como o CPLEX (1994).

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Geraldo Ribeiro Filho (UMC)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica e levantamento de artigos relevantes aos problemas de *clustering*
2. Pesquisar amplamente a bibliografia sobre agrupamentos de áreas geográficas e sua implementação em Sistemas Geográficos de Informações.
3. Revisão bibliográfica sobre o problema de segmentação de imagens e suas possíveis abordagens como problema de otimização
4. Formalizar matematicamente os problemas;
5. Propor métodos de otimização com algoritmos híbridos, utilizando processos evolutivos para geração de colunas para formas relaxadas da formulação matemática dos problemas.
6. Implementar os métodos numa linguagem de programação e através do uso do software CPLEX;
7. Selecionar um conjunto de instâncias a partir de bibliotecas especializadas e também de dados reais de organizações e verificar a qualidade das soluções produzidas.
8. Comparar diferentes implementações para identificar representações, parâmetros e estruturas convenientes;
9. Divulgar os resultados em revistas especializadas, eventos científicos e relatórios.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																

### 3.4.2 Problemas de Programação de Horários

A disputa pela conquista de maiores fatias do mercado consumidor, o enfrentamento da concorrência, o volume de investimentos e sua adequada remuneração, qualidade do serviço ou do produto e a melhoria do meio ambiente social tornaram-se desafios constantes em todos os ramos da atividade econômica. Maximizar resultados e minimizar dispêndios, ou seja, otimizar a produção, torna-se cada vez mais importante. A operacionalização da otimização requerida apóia-se, de forma crescente, no uso de sistemas (*softwares*) adequados.

O problema de programação (*scheduling*) de horários, assim como outros problemas combinatoriais, é aparentemente simples, mas exige um grande esforço de cálculo para sua resolução, devido à complexidade de seu algoritmo, à estrutura e tipo de dados utilizados e, principalmente ao tamanho (ou dimensão) de sua entrada.

A presente tarefa apresenta interesse científico e econômico. A motivação científica advém da busca de melhores soluções para problemas combinatoriais e a exploração de seus métodos. Sob o enfoque econômico, a alocação de profissionais às suas atividades, de maneira otimizada, reduz custos nas

organizações, aumenta a satisfação dos recursos humanos e permite que outros critérios sejam satisfeitos, como os exigidos pela legislação trabalhista.

Esta pesquisa, ao focalizar o problema, deverá contribuir para melhorar o desempenho do profissional responsável pela elaboração do escalonamento de horários, automatizando grande parte do seu trabalho e, principalmente, deverá gerar ganhos significativos na eficiência das organizações.

Freqüentemente, os problemas encontrados nas organizações, como o problema de escalonamento de horários, apresentam natureza complexa, e a sua resolução exige métodos adequados. Uma abordagem crescente do problema é através da formulação de modelos matemáticos representando a situação e com o auxílio de computadores é realizada a análise e a implementação de soluções.

Muitos dos problemas (problemas de otimização combinatória) podem ser modelados como problemas de maximizar (ou minimizar) uma função cujas variáveis devem obedecer a certas restrições. O problema de escalonamento de horários, consiste em atribuir atividades (turnos de trabalho) à pessoas em determinados horários de forma otimizada. Este problema surge em diferentes organizações e com características e formalizações diferenciadas.

Nesta proposta pretende-se abordar 2 tipos de problemas de programação de horários:

#### a) Problemas de tabelas de horários (*timetabling*)

Considerando a programação de horários em escolas e universidades, o problema básico consiste em reunir professores e alunos de forma que a presença simultânea em mais de uma sala não seja permitida. Este problema pode ser classificado, de acordo com as restrições impostas, como: *school timetabling*, *examination timetabling* e *course timetabling*.

O problema de *timetabling* é *NP-hard* (Even *et al.*, 1976) e várias técnicas heurísticas têm sido experimentadas para automação de *timetabling*. Durante mais de trinta anos, desde os trabalhos iniciais de Gotlieb (1963), vários artigos têm aparecido em conferências e publicações, e vários sistemas têm sido desenvolvidos (Schaerf, 1999a). A maioria das técnicas mais antigas (Schmidt e Strohleim, 1979) eram baseadas na simulação do comportamento humano na solução manual do problema. Nesses casos, uma solução parcial é ampliada, passo a passo, até que todas as aulas, todos os cursos ou todos os exames sejam seqüenciados. A estratégia gulosa utilizada era seqüenciar primeiro os elementos com mais restrições.

Associações do problema de *timetabling* com o Problema Coloração de Grafos são comuns e técnicas de abordagem que fazem uso dessa associação têm sido desenvolvidas (Neufel e Tartar, 1974). Recentemente, técnicas baseadas em meta-heurísticas têm sido empregadas. São encontrados trabalhos baseados em *Simulated Annealing* (Abramson, 1991), Busca Tabu (Costa, 1994; Schaerf, 1996, 1999b) e Algoritmos Genéticos (Coloni *et al.*, 1998). Souza, Maculan e Ochi (1999) apresentam uma técnica tipo GRASP (Feo e Resende, 1995).

#### b) Programação de horários de trabalhadores em turnos

Consiste na atribuição de horários de trabalho a motoristas (de ônibus, caminhões, táxis, frotas de empresas) e tripulações de aeronaves. Uma vez que se trata de um problema de alta complexidade, normalmente o problema é dividido em dois: o *crew scheduling*, que procura atribuir viagens diárias aos funcionários (motorista ou tripulante de aeronave) e o *crew rostering*, que a partir da solução obtida no *crew scheduling* obtém uma escala de horários de mais longo prazo, normalmente, um mês. As restrições comumente consideradas nesse tipo de problema são: intervalo ininterrupto de tempo de trabalho; número de horas diárias de trabalho; intervalos para descanso; capacitação do motorista (tripulação) ao veículo (aeronave); minimização de viagens realizadas pelo motorista (tripulante) como passageiro, para alcançar o ponto de início (ou término) de suas atividades etc.

O caso específico do Problema de Escalonamento de Horários de Motoristas de Ônibus (PEHMO), que pretendemos investigar, é um problema de otimização combinatória que apresenta diferentes modelagens, dependendo das restrições impostas.

O PEHMO clássico é projetado para assegurar que cada veículo (ônibus) esteja alocado a um motorista em todos os seus horários de uso. Motoristas trabalham em turnos previamente programados, obedecendo restrições que dependem da legislação local, acordos trabalhistas e acordos firmados entre motoristas e dirigentes de empresas. Típicas restrições são:

- Os turnos não podem exceder um limite máximo de tempo;
- Cada turno considera uma quantidade mínima de intervalos, com duração mínima especificada;
- Cada fração de turno (tempo entre dois intervalos sucessivos) não pode exceder um limite máximo de tempo;
- Cada jornada (intervalo de tempo para que o motorista retorne ao ponto de partida, normalmente na empresa ou na sua residência) não pode exceder um limite máximo de tempo.

Quando os primeiros trabalhos para PEHMO foram desenvolvidos, na década de 1960, todos os problemas práticos apresentavam dimensões muito elevadas para serem tratados pelos métodos matemáticos clássicos conhecidos na época Técnicas de Programação Matemática e de Programação por Restrições, bem como técnicas de geração de colunas com relaxação lagrangeana e *surrogate* têm sido usadas. Atualmente, técnicas propondo a combinação de métodos exatos e heurísticos têm sido propostas, sendo que a maioria dos trabalhos na área apresenta alguma similaridade. Constrói-se uma solução inicial usando um processo heurístico e então são feitas alterações (limitadas) para melhorar a qualidade da solução. O *RUCUS – Run Cutting Scheduling* – (Bergmann e Rebibio, 1975; Luedtke, 1985; Bodin, Ball e Greenberg, 1985) é um exemplo de sistema que gera um escalonamento inicial e então, através de uma heurística, a qualidade da solução é melhorada. Os sistemas denominados *HOT – Hamburg Optimisation Techniques* – e *HOT II* (Hoffstadt, 1981; Daduna e Mojsilovic, 1988; Völker e Schütze, 1995) também funcionam desta maneira e têm sido usados em diversas operações na Alemanha. O sistema denominado *Tracs* (Parker e Smith, 1981), busca gerar uma solução inicial de boa qualidade, por acreditar que não é possível obter boas soluções através de alterações posteriores, quando se inicia com uma solução de baixa qualidade. O *Hastus* (Blais e Rousseau, 1988) é um sistema desenvolvido para a tripulação de aeronaves, mas também pode ser usado em PEHMO. O *Hastus* é dividido em dois sub-sistemas: *Hastus-micro* e *Hastus-macro*. O primeiro obtém uma solução inicial (de qualidade) e o segundo gera uma solução final. Apresenta uma boa interface gráfica. O sistema denominado *Express* (Falkner e Ryan, 1988; Falkner e Ryan, 1990) foi desenvolvido para uma empresa de Christchurch, Nova Zelândia, e usa métodos de particionamento de conjuntos para obter as soluções.

No Brasil, Yunes, Moura e De Souza (2000) desenvolveram um sistema híbrido CP/ILP (Constraint Programming/Integer Linear Programming) para o problema. O sistema foi testado em dados reais e bons resultados foram obtidos para instâncias pequenas.

Uma formulação de geração de colunas para o problema de *crew scheduling* foi proposta por Desrochers e Soumis (1989) e tem sido explorado em vários contextos (Desrosiers, Dumas, Solomon e Soumis (1995)), tais como os de programação de horários de motoristas de ônibus, horários para tripulação aérea, e outros. Tal como no Problema de Roteamento de Veículos com Janelas de Tempo e outros relacionados, o subproblema gerador de colunas é um problema de fluxo em redes com restrições de recursos. A aplicação da relaxação lagrangeana/surrogate descrita em Lorena e Narciso (1996) como uma alternativa de estabilização do processo de geração de colunas multiplicador lagrangeano/surrogate irá interferir diretamente neste subproblema gerador de colunas, modificando os coeficientes da função objetivo através do controle da norma dos multiplicadores duais do problema mestre restrito, visando obter soluções duais de melhor qualidade, acelerando a resolução do problema original.

Quanto aos problemas de *timetabling*, o AGC (Algoritmo Genético Construtivo, Furtado e Lorena, 2001) foi aplicado com sucesso ao problema de horários de escolas secundárias. Pretende-se ampliar sua aplicação com outras classes de problemas.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Prof. Dr. João Carlos Furtado (UNISC)
- Prof. Dr. Marco Flores Ferrão (UNISC)
- Prof. Dr. Rolf Fredi Molz (UNISC)
- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Geraldo Ribeiro Filho (UMC)
- Fábio Gavião Avelino de Mélo, Mestre (LAC/INPE)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Realizar ampla revisão bibliográfica de estudos já realizados na área de otimização de escalonamento de horários, com objetivo de dominar o estado da arte;
2. Formalizar matematicamente os problemas;
3. Propor métodos de otimização adequados. Entre as possíveis abordagens serão sugeridas ao menos duas, com o uso da relaxação lagrangeana/*surrogate* e a aplicação do Algoritmo Genético Construtivo;
4. Implementar os métodos numa linguagem de programação e através do uso do software CPLEX;
5. Selecionar um conjunto de instâncias a partir de bibliotecas especializadas e também de dados reais de organizações e verificar a qualidade das soluções produzidas.
6. Comparar diferentes implementações para identificar representações, parâmetros e estruturas convenientes;
7. Divulgar os resultados em revistas especializadas, eventos científicos e relatórios.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																

### 3.4.3 Problemas de Programação de Operações

Tratam da designação eficiente do tempo disponível de determinados recursos (máquinas/processadores) usados para executar um conjunto de tarefas. O problema de programação de operações *flowshop* é um problema de programação de produção no qual as tarefas de um subconjunto do conjunto de tarefas  $N$  devem ser processadas, na mesma seqüência, num subconjunto de um conjunto de máquinas distintas  $M$ .

Um caso específico de programação *flowshop*, denominado permutacional, ocorre quando a ordem de processamento das tarefas é a mesma em todas as máquinas. Este é um caso típico de instalações de manufatura onde as tarefas (peças) são movidas de uma máquina para outra através de algum equipamento de movimentação de materiais. A solução do problema consiste em determinar dentre as  $n!$  seqüências possíveis das tarefas, aquela que minimiza o intervalo de tempo entre o início de execução da primeira tarefa na primeira máquina e o término de execução da última tarefa na última máquina, ou seja, a duração total da programação (*Makespan*). O critério de minimização do tempo total da programação também é utilizado para o problema do *flowshop* com máquinas paralelas (*Híbrido Flowshop*), com  $k$ -estágios ( $k > 2$ ) e considerando gargalos (Mocellin e Nagano, 1998; Nagano e Mocellin, 1999; 2000).

Objetiva-se desenvolver métodos heurísticos para o problema de programação de operações em sistemas de produção intermitente *flowshop*, a partir de uma investigação e estudo das propriedades específicas do problema, e para o problema de programação de operações em ambientes *flowshop* com máquinas paralelas idênticas nos estágios de produção, investigando os estágios com um número menor de máquinas paralelas, caracterizando gargalos de produção. Também serão desenvolvidos e avaliados métodos heurísticos baseados em algoritmos evolutivos para solução do problema de Programação de Operações em ambiente *flowshop* e *flowshop* com máquinas paralelas (*Hybrid Flow Shop*).

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano (FEA/USP)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisa bibliográfica e levantamento de artigos relevantes aos problemas de *scheduling*.

2. Pesquisar amplamente a bibliografia sobre agrupamentos de áreas geográficas e sua implementação em Sistemas Geográficos de Informações.
3. Revisão bibliográfica sobre o problema de segmentação de imagens e suas possíveis abordagens como problema de otimização
4. Formalizar matematicamente os problemas;
5. Propor métodos de otimização com algoritmos híbridos, utilizando processos evolutivos para geração de colunas para formas relaxadas da formulação matemática dos problemas.
6. Implementar os métodos numa linguagem de programação e através do uso do software CPLEX;
7. Selecionar um conjunto de instâncias a partir de bibliotecas especializadas e também de dados reais de organizações e verificar a qualidade das soluções produzidas.
8. Comparar diferentes implementações para identificar representações, parâmetros e estruturas convenientes;
9. Divulgar os resultados em revistas especializadas, eventos científicos e relatórios.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q	1º Q	2º Q	3º Q	4º Q
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																

#### 3.4.4 Rotulação Cartográfica de Pontos

Rotulação cartográfica refere-se ao processo de inserção de textos em mapas e é considerado um dos problemas de grande desafio em geoprocessamento e cartografia automatizada (Wolff and Strijk, 1996). Posicionar textos requer que uma associação não ambígua entre o texto e a entidade correspondente seja alcançada, que não haja sobreposição entre os textos ou entre texto e entidades, que sejam respeitadas as convenções e preferências cartográficas, que o tempo de processamento seja pequeno e que um alto nível de harmonia e qualidade seja alcançado. Rotulação cartográfica de pontos está relacionado a rotulação automatizada das entidades ponto (cidades, pico de montanhas, escolas, hospitais ...).

Vários trabalhos tem tratado o problema sob ponto de vista da otimização combinatória e sua complexidade algorítmica é *NP-hard* (Formann e Wagner, 1991; Marks e Shieber, 1991). Várias heurísticas e metaheurísticas têm sido usadas para resolver o problema, tais como algoritmo guloso, *discrete gradient descent*, algoritmo de Hirsch (1982), relaxação lagrangeana (Zoraster, 1990), *simulated annealing* e outros. Estes algoritmos foram revistos por Christensen *et al.* (1995). O algoritmo genético com máscara está descrito em Verner *et al.* (1997). Yamamoto *et al.* (2002) apresenta um algoritmo baseado em busca tabu, e em Yamamoto (2003) apresenta-se um algoritmo genético construtivo (AGC) e um algoritmo exato para resolver o problema. Os algoritmos acima descritos colocam textos em todos os pontos, buscando sempre o maior número de textos sem conflitos. Um problema relacionado, mas diferente, aparece quando se é permitido remover alguns pontos para evitar conflitos dos textos, neste caso o problema busca encontrar um conjunto independente máximo no grafo de conflitos (Strijk *et al.*, 2000).

As metaheurísticas baseadas em algoritmos genéticos e busca tabu e método exato podem ser adaptados para se adequar a técnicas de processamento paralelo (Ochi *et al.*, 1998; Resende *et al.*, 1999). O AGC, proposto inicialmente por Lorena e Furtado (2001) e depois aplicado para resolver o problema de rotulação cartográfica de pontos por Yamamoto (2003), é um método robusto que traz resultados de qualidade. A motivação básica para se usar o AGC paralelo para resolver o problema de rotulação de pontos é a de reduzir o tempo de processamento e ao mesmo tempo melhorar ainda mais a qualidade da rotulação. O algoritmo exato apresentado em Yamamoto (2003) para resolver o problema de rotulação de pontos é um método de busca em árvore, que usou a idéia básica de decisão de poda nas ramificações da árvore de Loukakis e Tsouros (1982) aplicado a um problema de conjunto independente de vértices (ver também Dowland, 1987). O algoritmo faz primeiro a busca em profundidade e foi usado para validar os resultados obtidos por AGC e Busca Tabu, usando problemas-teste com apenas 25 pontos. Segundo Clausen (1997), algoritmos *branch-and-bound* são considerados apropriados para paralelização porque a

computação das sub-árvores pode ser realizada independentemente. Assim sendo, a proposta é usar algoritmo exato paralelo, para conseguir soluções ótimas para problemas de rotulação de pontos de tamanhos maiores.

Neste projeto pretende-se estudar a aplicação de técnicas de paralelização do AGC e do algoritmo exato desenvolvido para resolver o problema de rotulação de pontos. Para a realização dos objetivos propostos será necessário um ambiente de *clusters* de PCs executando rotinas da biblioteca MPI – *Message Passing Interface* – que atualmente tem se mostrado como uma das melhores alternativas para se executar algoritmos paralelos.

A equipe envolvida nesta pesquisa está composta por:

- Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (LAC/INPE)
- Dra. Missae Yamamoto (LAC/INPE)

As seguintes atividades deverão ser desenvolvidas para realização dos objetivos propostos, conforme o cronograma apresentado a seguir:

1. Pesquisar e dominar a arte de processamento paralelo;
2. Desenvolver CGA paralelo;
3. Desenvolver algoritmo exato paralelo;
4. Aplicar testes usando um conjunto padrão de dados disponível em [www.lac.inpe.br/~lorena/instancias.html](http://www.lac.inpe.br/~lorena/instancias.html);
5. Divulgar os resultados obtidos através de publicações específicas, e apresentações em eventos científicos e tecnológicos.

Atividades	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4			
	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q	1° Q	2° Q	3° Q	4° Q
1																
2																
3																
4																
5																

### Referências Bibliográficas

1. Barnhart, C., Johnson, E. L., Nemhauser, G. L., Savelsbergh, M. W. P. e Vance, P. H. (1998). Branch-and-Price: Column Generation for Solving Huge Integer Programs, *Operations Research*, 46, 316-329.
2. Bodin, L., Golden, B., Assad, A. e Ball, M. (1983) Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art. *Computers and Operations Research*, 10 (2), 65-211.
3. Bodin, L. D., Ball, M. e Greenberg, J. (1985). Enhancements to the RUCUS II crew scheduling system. In: *Computer Aided Scheduling of Public Transport*, 2, J. M. Rousseau, J. M. (ed.), 279-294.
4. Christensen, J.; Marks, J.; Shieber, S. (1995) An empirical study of algorithms for point-feature label placement. *ACM Transactions on Graphics*, v. 14, n. 3, p. 203-232.
5. Clausen, J. (1997) Parallel Branch-and-Bound: Principles and Personal Experiments. Kluwer Academic Publishers, 239-257.
6. CPLEX (1994), *Using the CPLEX callable library*. Technical Report, CPLEX Optimization, Inc.
7. Daduna, J. R. e Mojsilovic, M. (1988). Computer-Aided vehicle and duty scheduling using the HOT program system. In: *Computer-Aided Transit Scheduling*, Wren, A. (ed.), 133-146.
8. Dahl, G., Storvik, G. e Fadnes, A. (1998). *Large-scale integer programs in image analysis*, Report 262, University of Oslo – Department of Informatics.
9. Dantzig, G. B. e Wolfe, P. (1960). Decomposition principle for linear programs. *Operations Research*, 8, 101-111.
10. Desrochers, M. e Soumis, F. (1989). A Column Generation Approach to the Urban Transit Crew Scheduling Problem, *Transportation Science*, 23. 1-13.
11. Desrosiers, J., Dumas Y., Solomon, M. M. e Soumis, F. (1995). Time constrained routing and scheduling. In *Handbooks in Operations Research and Management Science – Network routing*, Ball, M. O, Magnanti, T. L. e Nemhauser. G. L. (eds.), North-Holland.

12. Dowsland, K. A. (1987) An exact algorithm for the pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, p. 78-84.
13. du Merle, O., Villeneuve, D., Desrosiers, J. e Hansen, P. (1999). Stabilized column generation. *Discrete Mathematics*, 194, 229-237.
14. ESRI (1995). *Avenue – Customization and application Development for ArcView*, Environmental Systems Research Institute, Inc.
15. Falkner, J. C. and Ryan, D. M. (1988). Aspects of bus crew scheduling using a set-partitioning model. In: *Computer-Aided Transport Scheduling*, Daduna, J. R. e Wren, A. (eds), Springer-Verlag, 91-103.
16. Falkner, J. C. e Ryan, D. M. (1990) Express: set partitioning for bus crew scheduling in Christchurch. In: *Computer-Aided Transport Scheduling*, Desrochers, M. e Rousseau, J. M. (eds.), Springer-Verlag, 359-378.
17. Fisher, M. L. (1992). Vehicle Routing. In: *Handbooks in Operations Research and Management Science – Networks and Distribution*.
18. Forman, M.; Wagner, F. (1991) A Packing Problem with Applications to Lettering of Maps. In *Proceedings of the 7<sup>th</sup> Annual ACM Symposium on Computational Geometry*, p. 281-288.
19. Furtado, J. C. e Lorena, L. A. N. (1998) Algoritmo Genético Construtivo na otimização de problemas combinatoriais de agrupamentos. *III Oficina de Cortes e Empacotamento - Curitiba*.
20. Gendreau, M., Laporte, G. e Potvin, J-Y. (1997). Vehicle routing: modern heuristics. In: *Local Search in Combinatorial Optimization*, Aarts, E. e Lenstra, J. K. (eds.), John Wiley, 311-336.
21. Hirsch, S. A. (1982) An algorithm for automatic name placement around point data. *American Cartographer*, v. 9, n. 1, p. 5-17.
22. Hoffstadt, J. (1981). Computerized vehicle and driver scheduling for the hamburger Hochbahn Aktiengesellschaft. In: *Computer Scheduling of Public Transport*, Wren, A. (ed.), 35-52,
23. Kohl, N. e Madsen O. B. G. (1997). An optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows based on Lagrangian relaxation. *Operations Research*, 45: 395-406.
24. Lorena, L. A. N. e Narciso, M. G. (1999). Using logical surrogate information in Lagrangean relaxation: an application to symmetric traveling salesman problems. Apresentado no *IFORS '99*, China. Aceito para publicação no *European Journal of Operational Research*.
25. Lorena, L. A. N. e Furtado, J. C. (2001). Constructive genetic algorithm for clustering problems. *Evolutionary Computation*, 9 (3), 309-327.
26. Lorena, L. A. N. e Lopes, F. B. (1996). A Dynamic List Heuristic for 2D Cutting. In: *System Modeling and Optimization*, Dolezal, J. e Fidler, J. (eds.), Chapman & Hall, London, 481-488.
27. Lorena, L. A. N. e Lopes, F. B. (1994). A surrogate heuristic for set covering problems. *European Journal of Operational Research*, 79, 138-150.
28. Lorena, L. A. N. e Lopes, L. S. (1996). Computational Experiments with Genetic Algorithms Applied to Set Covering Problems. *Pesquisa Operacional*, 16 (1), 41-53.
29. Lorena, L. A. N. e Lopes, L. S. (1997). Genetic Algorithms Applied to Computationally Difficult Set Covering Problems. *Journal of the Operational Research Society*, 48, 440-445.
30. Lorena, L. A. N. e Narciso, M. G. (1996). Relaxation Heuristics for Generalized Assignment Problem. *European Journal of Operational Research*, 91, 600-610.
31. Lorena, L. A. N., Narciso, M. G. e Beasley J. E. (1999). A constructive genetic algorithm for the generalized assignment problem. Submetido à *Evolutionary Optimization*.
32. Lorena, L. A. N. e Pereira M. A. (2001) A Lagrangean/surrogate heuristic for the maximal covering location problem using Hillsman's edition. *International Journal of Industrial Engineering*, 9 (1), 57-67.
33. Lorena, L. A. N. e Senne, E. L. F. (1996). A Lagrangean/Surrogate Heuristic for Uncapacitated Facility Location Problems. *VIII CLAIO - Latin-Iberian-American Congress on Operations Research and System Engineering e XXVIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro.
34. Lorena, L. A. N. e Senne, E. L. F. (1999) Improving traditional subgradient scheme for Lagrangean relaxation: an application to location problems, *International Journal of Mathematical Algorithms*, 1, 133-151.
35. Lorena, L. A. N. e Senne, E. L. F. (2001). Local search heuristics for capacitated p-median problems Submetido à *Networks and Spatial Economics*.
36. Lorena, L. A. N., Senne, E. L. F., Paiva, J. A. C. e Pereira, M. A. (2001). Integração de modelos de localização a sistemas de informações geográficas. *Gestão e Produção* 8 (2), 180-195.
37. Loukakis, E. and Tsouros, C. (1982) Determining the number of internal stability of a graph. *International Journal of Computer Mathematics*. 11, 207 – 220.

38. Luedtke, L.K. (1985). RUCUS II: a review of system capabilities. In: *Computer Scheduling of Public Transport*, 2, Rouseau, J. M. (ed.), Holanda, 61-116.
39. Maravalle, M., Simeone, B. (1995) A Spanning Tree Heuristic for Regional Clustering. *Communications in Statistics – Theory Methods*, 24 (3), 625-639.
40. Marks, J.; Shieber, S. (1991) The Computational Complexity of Cartographic Label Placement. TR-05-91, Center for Research in Computing Technology, Harvard University.
41. Moccellini, J. V. e Nagano, M. S. (1998). Evaluating the performance of tabu search procedures for flow shop sequencing. *Journal of the Operational Research Society*, 49, 1296-1302.
42. Nagano, M. S. e Moccellini, J. V. (1999). A new constructive heuristic method for minimizing makespan in permutation Flow Shop scheduling. *Anais do XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, UFRJ, Rio de Janeiro.
43. Nagano, M. S. e Moccellini, J. V. (2000). *Heuristics for hybrid flowshop scheduling*. Apresentado no *Informatics Fall Meeting'2000*, San Antonio, Texas, EUA.
44. Narciso, M. G. e Lorena, L. A. N. (1999). Lagrangean/surrogate Relaxation for Generalized Assignment Problems. *European Journal of Operational Research*, 114 (1), 165-177.
45. Ochi, L. S.; Drummond, L. A.; Vianna, D. S.; Victor, A. O. (1998) A Parallel Evolutionary Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet. First Workshop on Biologically Inspired Solutions to Parallel Processing Problems, *Lecture Notes in Computer Science* 1388, 216-224.
46. Oliveira A. C. M. e Lorena, L. A. N. (2001). A Constructive Genetic Algorithm for the Linear Gate Assignment Problem. Submetido à *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*.
47. Papadimitriou, C. e Steiglitz, K. (1982). *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
48. Parker, M. E. e Smith, B. M. (1981). Two approaches to computer crew scheduling. In: *Proceedings of the Second International Workshop on Computer-Aided Scheduling of Public Transport*, Wren, A. (ed.), Holanda, 193-222.
49. Resende, M. G. C.; Pardalos, P. M.; Eksioglu, S. D. (1999) Parallel metaheuristic for combinatorial optimization. International School on Advanced Algorithmic Techniques for Parallel Computations with Applications, Natal, RN, Brazil.
50. Ribeiro Filho, G. e Lorena, L. A. N. (1998). A constructive algorithm for cellular manufacturing design. *EURO XVI - 16th European Conference on Operational Research*, Bruxelas, Bélgica.
51. Ribeiro Filho, G. e Lorena, L. A. N. (1998). Algoritmo genético construtivo aplicado ao projeto de células de manufatura., *Anais da III Oficina de Cortes e Empacotamento*, 131-142.
52. Ribeiro Filho, G. e Lorena, L. A. N. (1999). Improvements on Constructive Genetic Approaches to Graph Coloring. *IFORS '99*, China.
53. Ribeiro Filho, G. e Lorena, L. A. N. (2000). A Constructive Evolutionary Approach to the Machine-Part Cell Formation Problem. In: *Buildings Competencies for International Manufacturing - Perspectives for developing countries*, Fleury, A., Yoshizaki, H., Guimarães, L. B. M., e Ribeiro, J. L. D. (eds.), UFRGS/FEENG, Porto Alegre, 340-348.
54. Ribeiro Filho, G. e Lorena, L. A. N. (2001). A Constructive Evolutionary Approach to School Timetabling. In: *Springer Lecture Notes in Computer Science – Applications of Evolutionary Computing*, 2037, Boers, E. J. W., Gottlieb, J., Lanzi, P. L., Smith, R. E., Cagnoni, S., Hart, E., Raidl, G. R. e Tijink, H., (eds.), 130-139.
55. Ribeiro Filho, G. e Lorena, L. A. N. (2002). Combining Column Generation and Genetic Algorithms. Submetido ao *Journal of Combinatorial Optimization*.
56. OR-Library – *Collection of test data sets for a variety of Operations Research (OR) problems* <http://mscmga.ms.ic.ac.uk/info.html>
57. Senne, E. L. F.; Lorena, L. A. N. (2000). Lagrangean/Surrogate Heuristics for p-Median Problems. In: *Computing Tools for Modeling, Optimization and Simulation: Interfaces in Computer Science and Operations Research*, Laguna, M. e Gonzalez-Velarde, J. L. (eds.), Kluwer Academic Publishers, 115-130.
58. Senne, E. L. F. e Lorena, L. A. N. (2001). Stabilizing column generation using Lagrangean/surrogate relaxation: an application to p-median location problems. Submetido à *European Journal of Operational Research*.
59. Strijk, T.; Verweij, B.; Aardal, K. (2000) Algorithms for Maximum Independent Set Applied to Map Labeling. September, 42p. Disponível em <ftp://ftp.cs.uu.nl/pub/RUU/CS/techreps/CS-2000/2000-22.ps.gz>

60. Valério de Carvalho, J. M. (1996). Exact Solution of Bin-Packing Problems Using Column Generation and Branch-and-Bound, *Working paper*, Universidade do Minho, Departamento Produção e Sistemas.
61. Verner, O. V.; Wainwright, R. L.; Schoenefeld, D. A. (1997) Placing text labels on maps and diagrams using genetic algorithms with masking. *INFORMS Journal on Computing*, v. 9, p. 266-275.
62. Völker, M. and Schütze, P. (1995). Recent developments of the HOT system. In: *Computer Aided Transit Scheduling*, Branco, I., Daduna, J. R., e Paixão, J. M. P. (eds.), Springer-Verlag, 334-344.
63. Wolff, A.; Strijk, T. (1996) A Map Labeling Bibliography. Disponível em <http://www.math-inf.uni-greifswald.de/map-labeling/bibliography/>.
64. Yamamoto, M. (2003) Novos Algoritmos para Rotulação Cartográfica de Pontos, Tese de doutorado em Computação Aplicada, INPE, São José dos Campos, SP.
65. Yamamoto, M., Câmara, G. and Lorena, L. A. N. (2002) Tabu search heuristic for point-feature cartographic label placement. *GeoInformatica An International Journal on Advances of Computer Science for Geographic Information Systems*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 6:1, 77-90.
66. Yamamoto, M., Lorena, L. A. N. e Câmara., G. (1999). Tabu Search Application for Point Features Cartographic Label Placement Problem. Aceito para apresentação no *MIC'99 - III Metaheuristics International Conference*, Angra dos Reis - RJ.
67. Yamamoto, M., Camara, G. e Lorena, L. A. N. (1999). Uma aplicação da busca tabu ao problema da rotulação cartográfica de pontos. Apresentado no *GISBRASIL99*, Salvador - BA.
68. Yunnes, T. H., Moura, A. V. e De Souza, C. C. (1999). Solving large-scale crew scheduling problems with constraint programming and integer programming. Relatório Técnico IC 99-19, Instituto de Computação, Unicamp, SP.
69. Zoraster, S. (1991) Expert systems and the map label placement problem. *Cartographica*, v. 28, n. 1, p. 1-9.

#### 4. Descrição da infra-estrutura existente nas instituições participantes

##### *CNPTIA/Embrapa*

A Embrapa Informática Agropecuária é uma das 40 unidades da Embrapa e tem como finalidade desenvolver softwares para o domínio agropecuário. Atualmente está desenvolvendo também sistemas envolvendo o clima para previsão de safras.

A Embrapa Informática Agropecuária tem link de fibra óptica de 2 Mbits/s com a Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. A Unicamp, por sua vez, tem conexão com a FAPESP. O *link* com a Embrapa é relativamente rápido e raramente fica fora de operação. A Embrapa também possui link por satélite e está em andamento a implantação de um aumento de banda (banda larga) para todas as unidades da Embrapa.

A rede interna da Embrapa Informática Agropecuária tem velocidade de 100 Mbits/s e têm servidores Sun e Linux para os serviços de redes como mail, samba, http, nfs, etc. Os microcomputadores rodam, em sua grande maioria, o sistema operacional Windows, embora se tem incentivado a troca do Windows por Linux. De forma geral, a rede da Embrapa Informática é confiável e tem boa velocidade interna e externamente para acesso aos dados.

São os seguintes os recursos disponíveis atualmente para utilização no projeto:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 733 MHz (Windows)	02
Intel Pentium III 1,13 GHz (Windows)	01
Impressora HP LaserJet 930C	01
<i>Software:</i>	
ArcView 3.2 para Windows	02
TransCAD 3.2 para Windows	01
CPLEX 7.5 para Windows	01
Jbuilder 4 para Windows	01

Os demais softwares são relativos ao MS-Office 2000 e Windows 98, tendo 3 licenças cada, 2 licenças do Adobe Acrobat 4, 1 licença do Dreamweaver 4 e Flash 5.

##### *Departamento de Ciência da Computação e Estatística do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – UNESP/São José do Rio Preto.*

O Departamento de Ciências de Computação e Estatística (DCCE) do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), Campus da UNESP, situado na cidade de S. J. do Rio Preto, SP, foi criado em 6 abril de 1977. Seu corpo docente é hoje constituído de 28 (vinte e oito) docentes, 25 destes em RDIDP, sendo dois titulares, seis livre-docentes, 15 doutores, e cinco mestres. O corpo docente está instalado desde 1988 num prédio com aproximadamente novecentos metros quadrados, em dois pavimentos. No pavimento térreo funcionam: os laboratórios de computação e de hardware, que atendem aos alunos do curso de bacharelado em Ciências da Computação e aos alunos do curso de pós-graduação em Matemática Aplicada e Computacional; o Laboratório de Computação Científica (LCC), destinado aos professores do departamento, pesquisadores visitantes, e alunos que participam de projetos de pesquisa do departamento; duas salas para aulas de graduação e pós-graduação, seminários e palestras promovidas pelo departamento ou pelo programa de pós-graduação; uma sala para os alunos de pós-graduação; uma copa e banheiros. No pavimento superior funcionam a secretaria e gabinetes para os docentes, professores visitantes e uma sala de reuniões. No laboratório de pesquisa LCC, todos os equipamentos estão ligados localmente em rede, que por sua vez, tem acesso à rede de fibras óticas do Campus e à Internet e funcionam tanto em ambiente DOS, como Windows ou Linux. As estações de trabalho utilizam sistema operacional Unix/AIX 3.5 ou Solaris 2.5. O campus possui uma biblioteca central, em um prédio de aproximadamente 1.700 (um mil e setecentos) metros quadrados. O acervo bibliográfico na área de matemática é bastante bom quanto a periódicos e livros. As áreas de matemática aplicada e computacional, por serem mais novas, enfrentam alguma dificuldade na aquisição de periódicos mais

específicos devido a crise financeira da Universidade, embora devamos reconhecer que esta tem se esforçado para, na medida do possível, suprir eventuais lacunas. Com relação a livros, devido à verba PBTA/Capes e financiamentos conseguidos junto à FAPESP e ao CNPq por docentes do departamento e do campus o acervo tem melhorado bastante. No momento há a necessidade normal de se comprar títulos novos e/ou atualizados. Uma descrição dos principais equipamentos disponíveis para o desenvolvimento do projeto é dada pela tabela a seguir.

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
AMD Athlon 1,0 GHz (Windows/Linux)	02
AMD Athlon 1,4 GHz (Windows/Linux)	01
Intel Pentium III 1,0 GHz (Windows)	01
Intel Pentium III 1,0 GHz (Linux)	01
Intel Pentium III 800 MHz (Windows)	05
Intel Pentium II 350 MHz (Windows)	01
Intel Pentium II 300 MHz (Windows)	02
Intel Pentium MMX 200 MHz (Windows)	01
IBM RS/6000 (AIX 4.3)	02
Sun Blade 100 (Solaris 8)	01
Impressora HP LaserJet	01
Scanner de mesa HP DeskScan IICx (página inteira)	01
<i>Software:</i>	
CPLEX 7.1 para Windows	01
CPLEX 7.5 para Linux	01
LINGO 6.0 para Windows	01
MPL 4.2 para Windows	01

#### *Departamento de Engenharia de Produção - UFSCar*

O projeto será desenvolvido no Departamento de Engenharia de Produção (DEP), que conta com 35 docentes em regime de dedicação exclusiva, dentre os quais 28 são doutores e 7 são mestres. O DEP oferece 3 cursos de graduação, com mais de 500 alunos matriculados: (i) Engenharia de Produção-Materiais, (ii) Engenharia de Produção-Química, e (iii) Engenharia de Produção-Agroindustrial. O DEP também oferece programas de doutorado e mestrado em Gestão da Produção, com mais de 100 mestrandos e 50 doutorandos em 4 linhas de pesquisa: (i) Gerência de Produção Industrial, (ii) Gestão da Qualidade, (iii) Gestão de Sistemas Agroindustriais e (iv) Tecnologia, Trabalho e Organizações. O DEP ainda oferece 3 cursos de pós-graduação “latu sensu”: (i) Gestão de Agronegócios, (ii) Gestão da Produção e (iii) Gestão Organizacional e Recursos Humanos, com mais de 100 alunos matriculados.

O presente projeto deverá ser desenvolvido com a ajuda da infra-estrutura computacional do Laboratório de Gerência da Produção Industrial, que pertence ao DEP, compartilhado com outros projetos de pesquisa em curso. Tal laboratório possui os seguintes equipamentos conectados em rede, com acesso à Internet:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Estações SUN	03
Microcomputadores Pentium (configurações diversas)	05
Impressoras (modelos diversos)	03

O Laboratório é utilizado por 3 docentes, 8 alunos de doutorado, 10 alunos de mestrado e 2 alunos de iniciação científica. A infra-estrutura de pesquisa é ainda apoiada pela biblioteca da UFSCar.

#### *Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP – Presidente Prudente*

A Faculdade de Ciências e Tecnologia, com aproximadamente 2.500 alunos, é uma das 24 unidades da UNESP e atua nas três grandes áreas do conhecimento, oferecendo cursos de graduação em Geografia,

Matemática, Engenharia Cartográfica, Estatística, Educação Física, Fisioterapia, Pedagogia e recentemente, Ciência da Computação, Engenharia Ambiental e Física, além de cursos de pós graduação (*strictu sensu*) em Geografia, Ciências Cartográficas e Educação e de especialização (*latu sensu*) em diferentes áreas.

Até o ano de 2001, a FCT oferecia 7 cursos de graduação – Educação Física, Engenharia Cartográfica, Estatística, Fisioterapia, Geografia, Matemática e Pedagogia – com 2.057 alunos regulares. A partir de 2002 foram criados os cursos de Ciência da Computação, Engenharia Ambiental e Física.

O campus de Presidente Prudente oferece, entre outros, Moradia Estudantil, Ambulatório Médico e Fisioterápico (UNAMOS), Centro de Convivência Infantil (CCI) e uma biblioteca informatizada que compreende 17 microcomputadores para pesquisa via Internet, além de inúmeros periódicos e revistas especializadas.

Instalada em amplo e moderno prédio de 2.110 m<sup>2</sup>, dividido em dois pavimentos, um para o acervo bibliográfico e outro para leitura com salas individuais e coletivas, totalmente climatizada, a Biblioteca da FCT conta com acervo bibliográfico bastante diversificado, nas diferentes áreas do conhecimento, com aproximadamente 200.000 publicações, distribuídas entre livros, periódicos, teses, trabalhos acadêmicos, mapas, Atlas, folhetos, fitas de vídeo, slides, etc. A Biblioteca acessa a base de dados em CD-ROM, catálogo coletivo das três Universidades Estaduais Paulistas (UNESP, Usp e Unicamp) e o serviço de comutação bibliográfica on-line.

A FCT/UNESP desenvolve atividades de extensão universitária e de prestação de serviços à comunidade, como forma de transferir para a sociedade os conhecimentos e ao mesmo tempo realimentar o ensino e a pesquisa que realiza. A extensão se dá nas mais diversas formas e em diferentes campos de atuação, que se integram em torno dos objetivos prioritários de promoção do ser humano e de desenvolvimento da cidade e da região.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia conta com uma infra-estrutura adequada ao ensino e a pesquisa, possibilitando aos seus alunos, docentes e funcionários o desenvolvimento de suas atividades com tranquilidade e qualidade.

A FCT tem hoje 8 Departamentos de Ensino, dentre os quais têm-se os Departamentos de Cartografia e Matemática, que fazem parte do projeto aqui proposto. A seguir é descrita a infra-estrutura dos mesmos.

### **Departamento de Cartografia**

O Departamento de Cartografia é responsável pelos cursos de graduação em Engenharia Cartográfica da FCT. A Engenharia Cartográfica é a área da engenharia que se ocupa da aquisição, processamento, representação e análise da geo-informação nas formas analógica e digital. Sendo assim, o Engenheiro Cartógrafo é um especialista em planejamento, organização, especificação, projeto, orientação, direção e fiscalização das diversas modalidades de levantamentos, do processamento e interpretação dos dados coletados, bem como da representação e reprodução de documentos cartográficos.

Periodicamente alguns cursos de graduação são avaliados por meio de pesquisas realizadas junto às diversas Universidades do Brasil. Uma destas pesquisas é publicada no Guia do Estudante da Abril S.A. O curso de Engenharia Cartográfica conta atualmente com os seguintes Laboratórios de Ensino e de Pesquisa:

- Laboratório de Astronomia, Topografia e Geodésia – LATOGeo
- Laboratório de Computação Gráfica e Processamento de Imagens
- Laboratório de Ensino de Cartografia
- [Laboratório de Fotogrametria](#)
- [Laboratório de Geodésia Espacial - LGE](#)
- [Laboratório de Mapeamento Móvel](#)
- Laboratório de Sensoriamento Remoto e Interpretação de Imagens

Além do curso de Graduação em Cartografia, o departamento de Cartografia é responsável pelo curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, descrito a seguir.

### **Pós-graduação em Ciências Cartográficas**

A pós-graduação oferece os cursos de mestrado e doutorado (*stricto sensu*) em Ciências Cartográficas. A aquisição, análise e representação de informações espaciais envolve uma gama variada de áreas de conhecimento, exigindo a participação de equipes multidisciplinares. O aporte de novas tecnologias, como a Computação Gráfica e a tecnologia de Satélites (geodésicos e imageadores), trouxe a necessidade de redefinir algumas disciplinas tradicionais, agregando-se novos conhecimentos e problemas a serem resolvidos. Dentro deste contexto de modernização tecnológica e considerando as fortes injunções da Informática na Cartografia, foram definidas três linhas de pesquisa para a área de concentração em Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais, a saber:

#### Computação de imagens

Esta linha de pesquisa procura agregar projetos relacionados ao estudo e implementação computacional de modelos matemáticos para Fotogrametria, algoritmos e técnicas especiais de processamento de imagens, bem como aplicações destes estudos em processos de aquisição de informações por Sensoriamento Remoto, reconstrução de superfícies, etc. Nesta linha está sendo estudada a transferência de métodos das disciplinas da área de Visão Computacional para as áreas de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, bem como o desenvolvimento de novas técnicas de aquisição de informações espaciais.

#### Cartografia digital e sistemas de informações geográficas

O uso dos recursos da informática pela Cartografia vem provocando profundas alterações nos processos de produção cartográfica e na representação da informação espacial. Nesse sentido, os problemas investigados nesta linha de pesquisa relacionam-se com a utilização desses recursos, tanto na construção de bases de dados espaciais, como na representação de informações espaciais. O controle de qualidade dos dados espaciais também se insere nesta linha de pesquisa.

Assim sendo, podem-se considerar os seguintes tópicos:

- Modelagem de dados espaciais;
- Modelos para representação digital de dados espaciais;
- Generalização cartográfica;
- Processamento e análise de dados espaciais;
- Visualização cartográfica e Controle de Qualidade de Dados Espaciais.

#### Posicionamento Geodésico

As técnicas mais modernas de Posicionamento Geodésico, que fazem uso do GNSS (*Global Navigation Satellite System*), têm rapidamente substituído técnicas convencionais. No entanto, em certos ambientes, como regiões urbanas, florestas, etc., surge a necessidade de integração do GPS com os métodos convencionais. Uma outra alternativa que pode auxiliar na solução deste problema é a integração com o sistema GLONASS, similar ao GPS, desenvolvido pela ex-União Soviética, ou com o Galileo, em desenvolvimento na Europa. Desta forma, esta linha de pesquisa abrange as mais variadas técnicas de posicionamento utilizadas em Geodésia, e sempre que necessário, efetuando a integração entre elas. A ênfase será dada no desenvolvimento e aprimoramento de algoritmos e modelos, especialmente aqueles ligados ao posicionamento de alta precisão, dentro do contexto de um Sistema de Controle Ativo, o qual representa o estado da arte em posicionamento. O Controle de Qualidade, quer seja dos dados GPS, quer seja dos resultados advindos do processamento dos mesmos, também se insere nos projetos de pesquisa desta linha. Além disto, as atividades ligadas às aplicações do GPS, GLONASS e outros sistemas de posicionamento também terão seu espaço garantido. Dentro deste contexto pode-se citar o uso do GNSS na determinação da quantidade do vapor d'água da atmosfera, na modelagem global ou regional da ionosfera, densificação de redes geodésicas, agricultura de precisão, dentre outras. Outros problemas tratados nesta linha de pesquisa dizem respeito à definição e realização de Referenciais Geodésicos, bem como as transformações entre eles.

#### **Departamento de Matemática**

O Departamento de Matemática da FCT/UNESP tem sob sua responsabilidade a maioria das disciplinas dos cursos de Licenciatura em Matemática (diurno e noturno), Estatística e Ciência da Computação, atuando também nos cursos de Engenharia Cartográfica, Engenharia Ambiental, Física, Pedagogia e Fisioterapia. Atualmente o departamento conta com 35 docentes (1 livre-docente, 18 doutores, 13 mestres e 1 auxiliar de ensino), que atuam nas áreas de Análise, Álgebra, Geometria, Estatística e Matemática Aplicada e Computacional. Dentre as atuações do departamento destacam-se ainda:

- O Curso de Pós-Graduação (*latu-sensu*) Especialização em Matemática, que visa aprimorar a formação dos profissionais de ensino, em especial os da área de Ciências Exatas, a níveis de 1º, 2º e 3º graus, com perspectiva de estimular a melhoria da qualidade dos cursos nos quais atuam;
- O Laboratório de Ensino de Matemática, onde alunos do curso de Licenciatura em Matemática da FCT/UNESP oferecem a alunos de 1º e 2º graus, aulas de reforço de matemática mediante plantão de dúvidas;
- O Laboratório de Estatística Aplicada, que oferece assessoria e consultoria na área de estatística à empresas e demais interessados;
- O Laboratório do GPSETE – Grupo de Pesquisa e Suporte em Educação e Tecnologia, que atua na área da educação através de novas tecnologias;

O departamento de matemática possui 1 sala de reuniões e 1 laboratório de Informática para uso dos docentes.

### *Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade/USP – Ribeirão Preto*

O Departamento de Contabilidade da FEA-RP, atualmente é composto por 16 docentes – 10 destes em Regime de Dedicção Integral a Docência e Pesquisa, 3 Regime de Turno Completo, 3 Regime Turno Completo, totalizando em 1 titular, 10 doutores e 5 mestres – que ministram 31 disciplinas de Graduação (obrigatórias e optativas) e 5 no Programa de Pós-Graduação em Contabilidade e Controladoria da FEA/USP.

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 500 MHz (Windows)	08
Intel Pentium III 700 MHz (Windows)	01

### *Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá/UNESP - Guaratinguetá*

Da UNESP – Campus de Guaratinguetá estarão participando do projeto professores do Departamento de Matemática (Prof. Dr. Edson Luiz França Senne) e do Departamento de Produção (Prof. Dr. Edgard Dias Batista Junior). Apresenta-se a seguir a relação de infra-estrutura e de recursos disponíveis de cada um destes departamentos.

#### **Departamento de Matemática – DMA**

O Departamento de Matemática está instalado no Bloco 5, ocupando uma área de aproximadamente 550 m<sup>2</sup>, compreendendo 12 salas de professores, secretaria, sala de seminários com recursos multimídia e preparada para vídeo-conferência, sala de professor visitante, salas de alunos de pós-graduação, Laboratório de Desenvolvimento de Aplicações Multimídia usado por alunos que participam de projetos de Iniciação Científica, copa e banheiros. Todas as salas estão ligadas localmente à rede de computadores do Campus e à Internet.

Estarão disponíveis para o projeto os seguintes recursos do DMA:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Sun Ultra 30 (Solaris 6.5)	01
Notebook Intel Pentium III 1,2 MHz (Windows)	01
Intel Pentium III 1,13 GHz (Windows)	01
Intel Pentium III 733 MHz (Windows)	02
AMD Athlon 1,3 GHz (Windows)	01
Impressora Lexmark Optra LS2	01
Impressora HP DeskJet 930 C	01
<i>Software:</i>	
CPLEX 6.5 para Unix	01

AMPL para Unix	01
ARC/INFO para Unix	01
CPLEX 7.5 para Windows	01
ArcView GIS 3.2 para Windows (mais extensões)	01
MapObjects 2.0 para Windows	01
Borland C++ Builder 5 para Windows	04
Delphi 5 para Windows	04
Jbuilder 4 para Windows	04

### Departamento de Produção – DPD

O Departamento de Produção está instalado no Bloco 2, ocupando uma área de aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, compreendendo 10 salas de professores, secretaria, sala de reunião, 2 salas de aulas/seminários, o Laboratório de Gestão da Produção e o NEPEP – Núcleo de Estudos e Projetos em Engenharia de Produção, copa e banheiros. A área contempla também um hall devidamente mobiliado para o atendimento de alunos. Todas as salas estão ligadas localmente em rede, que por sua vez, tem acesso à rede de fibras óticas do Campus e à Internet. A secretaria, todas as salas de professores, as 2 salas de aulas/seminários e o NEPEP possuem microcomputadores, totalizando 14 equipamentos, a maioria de especificação atualizada. As duas salas de aulas/seminários possuem equipamentos de multimídia, sendo que uma delas possui também aparelho de TV e vídeo. No Laboratório de Gestão encontram-se instalados 8 microcomputadores de diferentes configurações, incluindo os equipamentos alocados no Projeto ARSIG, além de uma Estação de Trabalho IBM RS/6000.

Estarão disponíveis para o projeto os seguintes recursos do DPD:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 733 MHz (Windows)	02
Intel Pentium 133 MHz (Windows)	02
Impressora Lexmark Optra LS2	01
Impressora HP DeskJet 930 C	01
<i>Software:</i>	
TransCAD 3.2 para Windows	01
Arena	01
CPLEX 7.5 para Windows	01
ArcView GIS 3.2 para Windows (mais extensões)	01

### Instituto de Estudos Avançados/CTA

O Instituto de Estudos Avançados (IEAv), que é um dos quatro institutos que compõem o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), localizado na cidade de São José dos Campos, SP.

O IEAv foi criado em 2 de junho de 1982, pelo decreto presidencial nº 87.246. O instituto enfatiza o estudo e a pesquisa científica, pura e aplicada, ao longo de cinco áreas principais de concentração: Fotônica, Física Aplicada, Energia Nuclear, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Apoio à Decisão.

Os participantes da tarefa aqui proposta integram o grupo de Sistemas de Apoio à Decisão que conta com, aproximadamente, quinze pesquisadores entre civis e militares desenvolvendo pesquisas nas áreas de otimização, teoria de jogos, simulação, engenharia de software, entre outros. Atualmente, vem contribuindo na orientação de alunos de graduação e mestrado do ITA – Instituto Tecnológico da Aeronáutica.

Em termos gerais, a infra-estrutura existente na instituição para desenvolvimento deste trabalho pode ser considerada como adequada, muito embora pequenos incrementos de software e hardware possam vir a melhorar sensivelmente a capacidade de trabalho ora existente. Especificamente no grupo de Sistemas de Apoio à Decisão existe a utilização de forma compartilhada de equipamentos de informática e de

equipamentos de apoio como, por exemplo, impressora, com outras pessoas envolvidas em projetos desenvolvidos pelo grupo. Na tabela abaixo apresentamos uma lista descritiva dos principais equipamentos, para uso compartilhado, disponíveis para o desenvolvimento do projeto:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 800 MHz (Windows)	05
Pentium MMX 200 MHz (Windows)	01
Laptop Acer	01
Impressora HP DeskJet 840 C	01
Scanner de mesa	01
Gravador de CD	01
<i>Software:</i>	
Matlab 6.1	01
Borland C++ Builder 5	01
Borland Delphi 5	01

Em termos de biblioteca, o IEAv tem a sua própria, a qual é bem equipada. De qualquer forma, esta biblioteca está integrada com as demais bibliotecas dos demais institutos do CTA, como o ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, e o IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço. Tal fato permite que os funcionários de uma instituição acessem e disponham do acervo das demais. O acervo é bem diversificado e atual, incluindo não apenas livros, mas também periódicos nacionais e internacionais, bem como revistas especializadas em formato CD-ROM.

### *Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada/INPE*

O Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC), do Centro de Tecnologias Especiais do INPE, foi criado em abril de 1986 para desenvolver pesquisas básicas e aplicadas em assuntos de interesse do INPE que demandem pessoal altamente qualificado nas áreas de Computação e Matemática Aplicada. O LAC tem também como objetivos prestar consultoria interna, desenvolver projetos conjuntos com outras unidades do INPE e realizar intercâmbio científico e acadêmico com entidades externas.

Além da atuação em pesquisas e projetos, os pesquisadores do LAC participam ativamente das atividades de docência e orientação de alunos de mestrado e doutorado no curso de pós-graduação do INPE na área de Computação Aplicada. Alguns pesquisadores também orientam alunos de mestrado e doutorado de outros institutos externos ao INPE, tais como o ITA e USP.

A área de pesquisa do LAC conta atualmente com 20 pesquisadores (sendo 17 doutores e 3 mestres, todos estes em programas de doutoramento), além de outros 8 colaboradores (4 doutores, 3 mestres e 2 analistas, nas categorias de pós-doc, colaborador externo ou bolsista PCI/DTI). Além destes, o LAC conta também com o apoio de diversos alunos (em torno de 45) de iniciação científica, estagiários, alunos de mestrado e doutorado. O suporte administrativo do LAC é apoiado por 2 secretárias e 2 gerentes de rede. As atividades de pesquisa e desenvolvimento do LAC estão presentemente organizadas em seis linhas: Computação Científica (COCIT), Qualidade e Produtividade no Desenvolvimento de Software (QPSOFT), Desenvolvimento Teórico e Aplicado em Inteligência Artificial (DTAIA), Modelagem e Otimização de Sistemas (MODOS), Processamento de Alto Desempenho e Computação Paralela (LACPAD) e Redes e Segurança de Sistemas de Informação (RESSIN).

Atualmente o LAC dispõe de uma infra-estrutura computacional composta de diversas estações de trabalho (microcomputadores e estações de trabalho UNIX), de diversos fabricantes e configurações, além de impressoras a laser e jato de tinta. Estes equipamentos estão interligados em uma rede local simples que se encontra conectada à Internet. Devido ao elevado número de pessoas envolvidas em projetos desenvolvidos no LAC que é bem superior ao número de estações de trabalho disponíveis, o uso de vários dos equipamentos disponíveis do LAC tem sido feito de maneira compartilhada. Isto tem causado prejuízos no desenvolvimento dos trabalhos em andamento. O presente projeto deverá ser desenvolvido com a ajuda da infra-estrutura computacional provida pelo LAC, mas também de maneira compartilhada. Os equipamentos que teremos disponível para uso exclusivo neste projeto são:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 733 MHz (Windows)	01
Intel Pentium III 1,13 GHz (Windows)	01
Sun Ultra 1 (Solaris 8)	01
Sun Ultra 30 (Solaris 2.5)	01
Impressora HP DeskJet 930 C	02
<i>Software:</i>	
CPLEX 6.5 para Unix	*
CPLEX 7.5 para Windows	12
Borland C++ Builder 5	01
ArcView GIS 3.2 para Windows (mais extensões)	02
TransCAD 3.2 para Windows	02

A infra-estrutura de pesquisa do LAC é ainda apoiada pela biblioteca do INPE.

### *Universidade de Mogi das Cruzes*

A Universidade de Mogi das Cruzes – UMC (<http://www.umc.br>) possui dois campi e um instituto central de saúde em Mogi das Cruzes (aproximadamente 50Km de São Paulo) além de um campus avançado em São Paulo.

A UMC possui cerca de 12 mil alunos e 600 professores, 80% dos quais com mestrado e doutorado. São oferecidos 40 cursos de graduação nas áreas de ciências exatas, humanas e biológicas, 8 cursos seqüenciais, 14 cursos de especialização e 2 cursos de mestrado (Mestrado em Engenharia Biomédica e Mestrado em Biotecnologia).

As atividades de pesquisa na UMC se desenvolvem em Núcleos de Pesquisa e Prestação de Serviços que abrigam pesquisadores, alunos de mestrado e alunos de graduação contemplados com bolsas do PIBIC. Os núcleos de pesquisa contam com laboratórios dotados recursos obtidos com financiamento da FAPESP e do CNPq. Fazem parte dos recursos estações de trabalho (SUN, DIGITAL e SGI) e microcomputadores (PC e MAC) obtidos com recursos provenientes das agências de fomento.

A biblioteca principal da UMC, localizada no campus I num prédio de 1.530 m<sup>2</sup>, conta com um vasto acervo de livros, periódicos, vídeo e material multimídia em CDs, além de serviço de microfilmagem. Possui salas de leitura e estudo coletivas e individuais, além de salas de vídeo individuais. Oferece um sistema informatizado para consulta ao acervo e possui convênios com várias instituições para busca de artigos.

Os laboratórios de informática destinados aos cursos graduação possuem microcomputadores com várias configurações. Todos os computadores do são interligados em redes locais e à rede do campus, com acesso rápido à Internet.

Os atuais computadores dos laboratórios são:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium 4	60
Intel Pentium III 500 MHz	32
Intel Pentium II 200 MHz	72
Intel Pentium 166 MHz	144
Intel Pentium 166 MHz PC Server 320	01
Intel Pentium II 450 MHz	01
Impressora HP LaserJet 4000	01
Impressora HP DeskJet 840C	01
Impressora HP OfficeJet 1150C	01

Há licenças de uso de software para vários sistemas, aplicados em diversos cursos, desde sistemas básicos como processadores de texto, planilhas eletrônicas etc., até sistemas de CAD, ambientes de desenvolvimento, compiladores, simuladores e sistemas gerenciadores de bancos de dados.

### UNISC

A Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) está situada no município de Santa Cruz do Sul, RS, a menos de 150 km de Porto Alegre, capital do Estado. A universidade, que é comunitária, sem fins lucrativos, possui aproximadamente 10 mil alunos de graduação, 810 alunos de pós-graduação, 617 professores (destes 76 doutores, 361 mestres e 106 doutorandos) e 514 técnico-administrativos, oferecendo 38 cursos de graduação, 23 cursos de especialização, 4 cursos de mestrado e 2 de doutorado.

A Biblioteca Central localiza-se no Campus Universitário possui 2.059,98m<sup>2</sup>. Comporta, além da área destinada ao acervo e espaço para consulta, 9 salas de estudo individuais e em grupo, ambiente para leitura de jornais e revistas, espaço para exposições artísticas, mapotecas, videoteca, Laboratório Intermídia, setor Braille, setor Alemão, Hemeroteca e encadernação destinada à manutenção do acervo.

Os diversos laboratórios de pesquisa e ensino de informática possuem os seguintes equipamentos:

Item	Quantidade
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 866 MHz (Windows)	75
Intel Pentium II 233 MHz (Windows)	50
Intel Pentium Celeron 433 MHz (Windows)	22
Intel Pentium 100 MHz (Windows)	02
IBM Pentium 100 MHz PC Server 310	03
HP NetServer E40	02
HP NetServer E45	01
<i>Software:</i>	
Delphi 5.0	*
Visual Studio 97	*
Visual Basic 6.0	*
Linux Alpha 4.2	*
Delphi 3	*
Arena 4	*
My SQL	*
Apache	*
Oracle DataBase	*
Java	*
MaxPlus II – Altera	*
CPLEX 7.1	*

### Faculdade de Ciência da Computação – UNIVAP

A Faculdade de Ciência da Computação da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), situado em São José dos Campos, foi criada no final de 1998. Antes disto, na UNIVAP, o ensino de informática, no nível de graduação, era responsabilidade do então Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET), através do Curso de Ciência da Computação. Este curso, que admitiu a primeira turma em 1993, teve como embrião o Curso Superior de Tecnologia de Computação (CSTC) que, na época, havia sido transferido do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) para a UNIVAP. Seu corpo docente é hoje constituído por 50 docentes (17 doutores e 13 mestres), sendo 14 em tempo integral e está instalado em um prédio com aproximadamente 4.000 m<sup>2</sup>, em três pavimentos. No pavimento térreo funcionam oito laboratórios de informática e hardware (250 microcomputadores), que atendem aos alunos do curso de Ciência da Computação e Engenharia de Computação, além do curso de especialização em Ciência da Computação. No primeiro pavimento funcionam salas para aulas de graduação e especialização, além da secretaria, salas da direção, coordenação dos cursos e professores. Um laboratório com microcomputadores e impressoras está à disposição dos professores. No segundo pavimento funcionam salas de aula e uma sala

para seminários. Todos os computadores dos laboratórios têm acesso à Internet. O campus possui uma ampla biblioteca central com aproximadamente 2.000 m<sup>2</sup> quadrados e um acervo de 100.000 livros e 1.000 periódicos. Existe ainda uma biblioteca setorializada, com acesso ao Probe, WebOfScience e Scielo.

Uma descrição dos principais equipamentos disponíveis para o desenvolvimento do projeto é dada abaixo:

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>
<i>Hardware:</i>	
Intel Pentium III 1,13 GHz (Windows)	02
Intel Pentium II MMX (Windows)	04
Impressora HP LaserJet 4000	01
Impressora HP DeskJet 840C	01
Impressora HP OfficeJet 1150C	01

## 5. Resultados de Auxílios Anteriores

### **Projeto: ARSIG - Análise de Redes com Sistemas de Informações Geográficas**

Processo: FAPESP 96/04585-6.

Resultados obtidos:

<i>Projeto ARSIG – Resumo de Pesquisa e Orientação</i>	1º Ano	2º Ano	Totais
Publicações em revistas internacionais	2	1	3
Publicações em revistas nacionais	3	1	4
Artigos aceitos para publicação em revista internacional	1	1	2
Teses de doutorado defendidas	2	0	2
Dissertações de mestrado defendidas	1	1	2
Trabalhos de iniciação científica ou graduação	4	7	11
Trabalhos apresentados em congressos	7	12	19
Trabalhos submetidos para revistas	2	8	10
Relatórios técnicos	0	2	2
Capítulo de livro	1	0	1
<b>Totais</b>	<b>23</b>	<b>33</b>	<b>56</b>

Além disso, a integração de algoritmos aos SIGs foi alcançada para o *ArcView* e *SPRING*, considerando-se o problema de *p*-medianas e algumas de suas variantes. Foi possível também um início de integração de problemas de roteamento de veículos ao *SPRING*. Com as integrações de algoritmos a sistemas de informações geográficas obtidas no projeto, abriu-se o caminho para que novas integrações possam ser feitas em curto espaço de tempo. O projeto envolveu também uma fase de coleta de dados visando uma aplicação em transportes. Dados do município de Guaratinguetá foram coletados com a colaboração de alunos da FEG/UNESP. Outros dados de censo demográfico foram adquiridos do IBGE e ainda o mapa digitalizado de São José dos Campos com quadras e logradouros foi usado para testes de consistência dos programas integrados aos SIGs. Todas as informações obtidas estão disponibilizadas via internet na página do projeto (<http://www.lac.inpe.br/~lorena/ArsigIndex.html>), visando uma ampla divulgação de seus resultados.

Equipe:

*Coordenador:*

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

*Participantes por Instituição:*

LAC/INPE

Acioli Antonio de Olivo, Mestre  
Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena  
Dr. Horácio Hideki Yanasse  
Dra. Maria de Lourdes N.O. Kurkdjian

FEG/UNESP

Prof. Dr. Edson Luiz França Senne  
Prof. Dr. Edgard Dias Batista Júnior

**Projeto: CEAC - Corte e Empacotamento Assistido por Computador**

Processo: 95/09522-0 (*em andamento - pedida prorrogação de mais um ano*).

## Resultados obtidos:

No projeto CEAC tem-se como objetivo o desenvolvimento de algoritmos para resolução de problemas industriais de natureza combinatória, bem como a análise de seus aspectos computacionais. Os principais objetos de pesquisa neste projeto são os problemas de corte & empacotamento. Visa-se promover o desenvolvimento científico e tecnológico bem como a formação de recursos humanos na área de corte e empacotamento assistido por computador.

A equipe participante do projeto CEAC foi constituída de 5 pesquisadores, 1 da USP / Campus São Carlos, 1 da UFScar, 2 do INPE e 1 do ITA.

Foram realizadas diversas reuniões de trabalho que denominamos de Oficinas. A *I Oficina Nacional em Problemas de Corte & Empacotamento*, teve lugar no IME-USP em dezembro de 1996, e foi um dos marcos importantes do projeto CEAC dentre as suas diversas realizadas. Esta oficina foi importante pois proporcionou a todos os pesquisadores participantes do projeto apresentarem suas pesquisas e exporem suas áreas de interesse, proporcionando condições para uma maior integração dos participantes do projeto e uma maior motivação para o trabalho em equipe. Também serviu para estabelecer contatos mais firmes com algumas empresas interessadas em problemas de corte & empacotamento que foram convidadas a participar desta nossa oficina. Mais duas oficinas foram organizadas até dezembro de 1998.

A *II Oficina Nacional em Problemas de Corte & Empacotamento*, teve lugar em Gramado, RS, em setembro de 1997, dentro do XX CNMAC – Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. Procuramos realizar esta oficina dentro de um congresso nacional promovido por uma sociedade científica afim para termos uma ampla divulgação de nossos trabalhos, promover o grupo e atrair novos pesquisadores e alunos para trabalharem neste tema.

A *III Oficina Nacional em Problemas de Corte & Empacotamento*, teve lugar em Curitiba, PR, em novembro de 1998, dentro do XXX SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Novamente procuramos realizar a oficina dentro de um congresso nacional promovido por uma sociedade científica afim com os mesmos objetivos da II Oficina, ou seja, para termos uma ampla divulgação de nossos trabalhos, promover o grupo e atrair novos pesquisadores e alunos para trabalharem neste tema.

Neste relatório procuramos dar uma visão global do que foi realizado no projeto CEAC. As atividades realizadas de junho de 1996 até maio de 1999 podem ser resumidas da seguinte forma:

- Realização de 3 encontros nacionais;
- Publicação de 19 artigos, aceitação de 4 e submissão de 13 outros, em periódicos nacionais e internacionais com arbitragem. Publicação de 5 capítulos de livros, 1 livro, 60 artigos em anais / resumos de congressos, 2 anais e 4 relatórios técnicos;
- Apresentação de 9 trabalhos em congressos no exterior e 44 trabalhos em congressos no país;
- Aquisição de material de consumo;
- Formação de 3 doutores, 13 mestres, e 23 alunos de iniciação científica. Atualmente com 10 doutorados, 6 mestrados e 9 projetos de iniciação científica em andamento.
- Contatos externos.

## Equipe:

*Participantes por Instituição:*

## INPE/LAC

Dr. Horacio Hideki Yanasse<sup>#</sup>  
Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena

## DCC/ITA

Dr. Nei Yoshihiro Soma\*

## DEP/UFSCar

Dr. Reinaldo Morabito\*

ICMSC/USP

Dr. Marcos Nereu Arenales\*

\* Coordenador Local

# Coordenador do Projeto

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

Processo: FAPESP 99/06954-7.

## Resultados Obtidos:

O projeto ARSIG-2 apresentou um balanço muito positivo. A tabela abaixo apresenta um resumo da produção em pesquisa e orientação nos dois anos do projeto:

<b>ARSIG-2 – 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 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).

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.

Uma das aplicações desenvolvidas no 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.

Equipe:

*Coordenador:*

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

*Participantes por Instituição:*

LAC/INPE:

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

FEG/UNESP:

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

CNPTIA/EMBRAPA:

Dr. Marcelo Gonçalves Narciso (\*)

(\*) Coordenador na Instituição

***PROJETO TEMÁTICO: Decomposição e Agregação em Problemas de Otimização de Grande Porte***

Processo: FAPESP 96/1552-0.

Coordenador: Prof. Dr. Igor Litvinchev

Profa. Dra. Maria do Socorro Nogueira Rangel

A participação da Dra. Rangel no projeto temático envolveu o estudo de limites de erro para a perda de otimalidade resultante da agregação de variáveis e/ou restrições em problemas de otimização. Nos estudos realizados, foi demonstrada a necessidade de se obter boas localizações da solução ótima do problema no cálculo estimativas de erro. Nos métodos clássicos, o cálculo de estimativas é feito usando localizações simples do tipo caixa ou restrições do tipo mochila. Nos estudos realizados foi demonstrada a possibilidade de se usar localizações gerais. Foi demonstrado também que é possível melhorar as estimativas através de uma busca no vetor de variáveis duais usadas no cálculo das estimativas. Para fazer uma comparação numérica entre a abordagem proposta e os métodos clássicos foi desenvolvido um programa computacional para o cálculo de estimativas em problemas de programação linear. O programa foi testado através de um conjunto de problemas tipo *multiple knapsacks* retirados da biblioteca de problemas OR-Library, mantida na internet por John Beasley (<http://mscmga.ms.ic.ac.uk/info.html>) e de problemas do transporte. Os resultados computacionais obtidos, publicados no artigo:

Litvinchev, I. e Rangel, S. (1999). Localization of the Optimal Solution and a Posteriori Bounds for Aggregation. *Computers and Operations Research*, 26 (10/11), 967-988.

mostram que a abordagem proposta é significativamente superior aos métodos conhecidos. Estudos preliminares da aplicação da metodologia de agregação ao Problema do Transporte Generalizado resultaram na dissertação de mestrado realizada sob orientação da Dra. Rangel:

Claudinéia Helena Recco, *Um Estudo de Técnicas de Agregação para o Problema do Transporte Generalizado*, Mestrado em Matemática Aplicada, UNESP, Dezembro de 1999.

**PROJETO TEMÁTICO: Recursos Não-Convencionais de Levantamento de Dados da Superfície para Aquisição de Informações Cartográficas.**

Processo: FAPESP 97/10956-0.

Coordenador: Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai

O projeto “Mapeamento Fotogramétrico com Sensores Digitais” está inserido no projeto multiusuários “Recursos Não Convencionais de Levantamento de Dados da Superfície para Aquisição de Informações Cartográficas”, desta forma a maioria das atividades foram realizadas em conjunto.

A seguir apresentamos as principais realizações destes projetos:

- 1 artigo apresentado no Simpósio Brasileiro de Geomática
- 1 artigo submetido ao livro: “Séries em Ciências Geodésicas” vol. 2
- 1 dissertação de mestrado em andamento
- 1 pesquisa de doutorado em andamento

Foi desenvolvido um protótipo de um sistema de aquisição de imagens multiespectrais, que está em fase de aprimoramento. Os trabalhos de pesquisa estão sendo desenvolvidos com recursos do Projeto Embrapa denominado “Estudo e implementação da agricultura de precisão em sistemas de produção de soja, em áreas de semeadura direta, nas regiões Central e Sul do Brasil”, em caráter inter-institucional, envolvendo pesquisadores da CNPSo – unidade da Embrapa em Londrina, PR – e do Departamento de Cartografia da FCT/UNESP (Presidente Prudente-SP) e da FCA/UNESP (Botucatu-SP).

## 6. Descrição da equipe do GEO-Logística

A equipe do GEO-Logística será composta basicamente por integrantes dos projetos ARSIG e ARSIG-2, entretanto com uma significativa renovação e ampliação dos centros e pesquisadores/professores e alunos.

Equipe:

Coordenador:

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

Participantes por Instituição

CNPTIA/Embrapa:

Dr. Marcelo Gonçalves Narciso (\*).

Bolsistas de Iniciação Científica:

A serem definidos durante o projeto.

DCCE/UNESP - São José do Rio Preto:

Profa. Dra. Maria do Socorro Nogueira Rangel (\*).

Alunos:

A serem definidos durante o projeto.

DEP/UFSCar:

Prof. Dr. Reinaldo Morabito (\*).

Alunos:

Ana Paula Iannoni – Doutorado PPG-EP/UFSCar – bolsista CNPq.  
Aluno de mestrado a ser escolhido no próximo processo de seleção do PPG-EP/UFSCar.

FCT/UNESP - Presidente Prudente:

Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa (\*).  
Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai.  
Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine (EESC/USP – São Carlos)  
Profa. Silvely Nogueira de Almeida Salomão, Mestre.  
Profa. Eliana Ederle Dias Chaves, Mestre (FEPP/UNOESTE – Presidente Prudente).

FEA/USP - Ribeirão Preto:

Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano (\*).

Alunos:

A serem definidos durante o projeto.

FEG/UNESP - Guaratinguetá:

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

Alunos:

A serem definidos durante o projeto.

Bolsistas de Iniciação Científica:

A serem definidos durante o projeto.

IEAv/CTA:

Dra. Mônica Maria De Marchi (\*).  
Ten. Cel. Eng. Luiz Sérgio Heinzelmann, Mestre.

Dra. Carmem Lúcia Ruybal dos Santos.  
Maria José Pinto, Mestre.  
Felipe Leonardo Lobo Medeiros, Mestre.

Alunos:  
A serem definidos durante o projeto.

Bolsistas de Iniciação Científica:  
A serem definidos durante o projeto.

LAC/INPE:  
Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena (\*).  
Dr. Solon Venâncio de Carvalho.  
Dra. Rita de Cássia Meneses Rodrigues.  
Marcos Antonio Pereira, Mestre – bolsista PCI (CNPq).

Alunos:  
Missae Yamamoto – Doutorado CAP/INPE – bolsista CAPES.  
Ana Paula Figueiredo – Doutorado CAP/INPE – bolsista CAPES.  
Fábio Gavião Avelino de Mélo – Doutorado CAP/INPE.  
Glydston Mattos Ribeiro – Doutorado CAP/INPE.

Bolsistas de Iniciação Científica:  
A serem definidos durante o projeto.

UMC:  
Prof. Dr. Geraldo Ribeiro Filho (\*).

Alunos:  
A serem definidos durante o projeto.

Bolsistas de Iniciação Científica:  
A serem definidos durante o projeto.

UNISC:  
Prof. Dr. João Carlos Furtado (\*).  
Prof. Dr. Marco Flôres Ferrão.  
Prof. Dr. Rolf Fredi Molz.

UNIVAP:  
Prof. Dr. Reinaldo G. I. Arakaki (\*).

Alunos:  
A serem definidos durante o projeto.

(#) Coordenador geral do projeto

(\*) Coordenador na instituição

## 7. Apresentação dos Participantes e Distribuição de Responsabilidades

A coordenação geral do projeto estará a cargo do pesquisador Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena. O Dr. Lorena trabalha há 20 anos em assuntos relacionados a problemas de Otimização Combinatória, em particular aos problemas relacionados a localização de facilidades, roteamento de veículos e relacionados. Têm enfatizado em suas pesquisas o desenvolvimento de novos algoritmos e heurísticas para problemas de Otimização Combinatória. Heurísticas que usam relaxações e metaheurísticas fazem parte de suas pesquisas. O Dr. Lorena estará envolvido em todas as fases do projeto e em todas as suas atividades, desde pesquisa, orientação até a fase de integração dos algoritmos aos SIGs, sua análise e divulgação.

O pesquisador Dr. Solon Venâncio de Carvalho vem desenvolvendo trabalhos na área de análise e otimização do desempenho de sistemas via modelagem estocástica desde 1992, quando concluiu seu doutoramento. Tem dado ênfase à construção e resolução de modelos baseados em Processos Markovianos de Decisão a Tempo contínuo, tendo desenvolvido pesquisas em métodos estatísticos para tratamento dos dados necessários, métodos formais de especificação desses modelos, algoritmos para sua resolução e aspectos computacionais relacionado com o uso desses. Atua desde 1992 no corpo docente do curso de Computação Aplicada do INPE, tendo ministrado as disciplinas de Estruturas de Dados e Algoritmos, Processos Estocásticos e Sistemas Estocásticos, sendo atualmente responsável por esta última. Já orientou 5 dissertações de Mestrado e 5 Teses de Doutorado e coordenou a implementação de uma biblioteca de software para tratamento e otimização de modelos estocásticos baseados em Processos Markovianos e Semi-Markovianos. O Dr. Solon estará envolvido na pesquisa e desenvolvimento de modelos probabilísticos para serviços de urgência, principalmente no que diz respeito à modelagem estocástica, na elaboração e implementação de modelos de localização que aparecem nas formulações propostas na área, orientações e divulgação dos resultados.

A pesquisadora Dra Rita de Cássia Meneses Rodrigues, desde 1992, tem trabalhado na área de modelagem markoviana de sistemas, com ênfase a sistemas de filas, de estoques e de manutenção de máquinas e, desde 1998, faz parte do corpo docente do curso de Computação Aplicada do INPE, sendo responsável pela disciplina Processos Estocásticos. Nos últimos anos, a pesquisadora tem se dedicado, mais especificamente, a pesquisas sobre a inserção de distribuição do tipo fase em processos markovianos de decisão. Neste projeto, a Dra. Rita estará envolvida na pesquisa e desenvolvimento de modelos probabilísticos para serviços de urgência, integração dos resultados aos SIGs, e na análise e divulgação de resultados.

O bolsista Marcos Antonio Pereira trabalhou na integração do algoritmo de  $p$ -medianas ao SIG *ArcView*, realizando testes de consistência, apresentação do projeto via Internet e adquirindo experiência naquele sistema. Pretende continuar seu trabalho desenvolvendo pesquisas em métodos exatos e heurísticas para problemas de otimização combinatória de grande porte, com aplicações em problemas de localização, de roteamento de veículos com janelas de tempo e de escala de tripulações.

A coordenação local do projeto no CNPTIA/Embrapa estará a cargo do Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Narciso. O Prof. Marcelo estará atuando na identificação e solução de problemas de logística e localização, relacionados a análise de redes em ambientes agrícolas, que se beneficiem do uso de dados geo-referenciados e SIGs e possam ser solucionados pelos algoritmos integrados (ou que vierem a ser integrados) aos SIGs.

A coordenação local no DCCE/UNESP estará a cargo da Profa. Dra. Socorro Rangel. O trabalho de pesquisa da Profa. Socorro têm por objetivo o desenvolvimento de técnicas eficientes para a solução de problemas de otimização combinatória de grande porte com ênfase na investigação de algoritmos híbridos que combinam diversas técnicas de solução tais como pré-processamento, planos de corte, enumeração implícita, heurísticas, e técnicas de agregação/decomposição. Neste projeto, a Profa. Socorro estará envolvida no desenvolvimento de algoritmos eficientes para a solução de problemas de logística e localização, na orientação de alunos de graduação e pós-graduação, bem como na análise e divulgação dos resultados.

O Professor Dr. Reinaldo Morabito Neto coordenará localmente o projeto na UFSCar. O Prof. Reinaldo tem trabalhado, entre outros assuntos, em modelos probabilísticos de localização, com a cooperação de pesquisadores da UFRJ e do INPE. Atualmente é um dos representantes da área de Pesquisa Operacional no CNPq.

O Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa será o coordenador local do projeto na FCT/UNESP – Presidente Prudente, SP. O Prof. Dr. Júlio Kiyoshi tem trabalhado com o projeto de pesquisa do departamento de Cartografia, “Mapa Digital para Localização e Navegação Terrestre Apoiado por GPS”, desde 1998, também cadastrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas. Alguns trabalhos relacionados com o tema foram apresentados em congressos. Orientações e co-orientações em iniciação científica e mestrado foram realizadas.

O Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai atua, principalmente, junto ao curso de graduação em Engenharia Cartográfica e no Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas no qual foi sub-coordenador nos dois primeiros anos desse programa. Engenheiro Agrícola, com trabalho de dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto cujo tema envolveu a manipulação de base de dados geográficos. O trabalho de pesquisa no doutorado enfocou o desenvolvimento de uma abordagem de análise de imagens multiespectrais baseado em conhecimento, no qual foi integrada uma base de dados espaciais com imagens para análise aplicando regras extraídas de especialistas em interpretação de imagens. O último projeto de pesquisa auxiliado pela FAPESP e encerrado no mês de maio do ano corrente possibilitou o desenvolvimento de um sistema de aquisição de imagens multiespectrais o qual foi testado em plataforma terrestre. Esse projeto foi realizado em conjunto com o Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa de forma que o protótipo produzido constitui um sistema que vem sendo testado e adaptado para aquisição de imagens multiespectrais destinados à Agricultura de Precisão e análise do meio ambiente. Além desse assunto, a análise espacial destinada à produção de informações adequadas ao suporte de tomada de decisão na Agricultura de Precisão também vem sendo objeto de pesquisa. A integração de imagens multiespectrais obtidas pelo sistema desenvolvido com outros dados geo-referenciados também é objeto de investigação pelo potencial de contribuir para o sucesso da Agricultura de Precisão. No que se refere aos Mapas não estáticos, o objeto de interesse são os Sistemas de Navegação Terrestre os quais vem sendo alvo de interesse de um projeto de pesquisa, o qual é coordenado pelo Prof. Dr. Júlio Kiyoshi Hasegawa. Desse projeto foi defendida uma dissertação de mestrado no último mês de outubro, com orientação do Prof. Nilton N. Imai. No presente projeto, irá contribuir para definição da base de dados geográficos e sua realização no meio digital. Deve auxiliar, também, na definição do conjunto de interfaces e, conseqüentemente, na forma como o sistema interage com o usuário. Está orientando um projeto a nível de doutorado que trata da roteirização de veículos que deverá ser incluído posteriormente ao presente projeto. Está atuando como co-orientador do projeto de pesquisa da Profa. M. Sc. Eliana Ederle Chaves o qual consiste no estudo de terminais intermodais.

O Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine, lotado no Departamento de Transportes da EESC/USP, deverá atuar no projeto GEO-Logística, como orientador da professora Eliana Ederle Dias Chaves. Novas pesquisas poderão ser incorporados ao projeto posteriormente.

A Profa. Silvely Nogueira de Almeida Salomão está lotada no Departamento de Matemática e já atuou nos cursos de Licenciatura em Matemática, Engenharia Cartográfica e Estatística. Atualmente está desenvolvendo um projeto de pesquisa que trata da estabilização da técnica de Geração de Colunas, sob coordenação do Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena, no Instituto Nacional de Pesquisas Aplicadas. No presente período está afastada de suas atividades junto a FCT/UNESP e retornará às atividades normais em março de 2003. Dessa forma, deverá atuar nos novos cursos da FCT, a saber, Engenharia Ambiental, Licenciatura em Física e Ciência da Computação. Atualmente está co-orientando a aluna de doutorado Melissa Palone junto à pós-graduação da Engenharia Cartográfica da FCT. A tese de doutorado trata do estudo da roteirização de veículos usando um navegador terrestre. Este estudo deverá ser incorporado ao projeto GEO-Logística. A atuação da Professora Silvely no projeto GEO-Logística consiste em pesquisar tópicos de pesquisa operacional, bem como orientar pesquisas em nível de iniciação científica, mestrado e doutorado.

A professora Eliana Ederle Dias Chaves da Faculdade de Engenharia da UNOESTE (Universidade do Oeste Paulista) atua junto ao curso de Engenharia Civil e atualmente está fazendo o curso de doutorado junto ao Departamento de Transportes da EESC/USP (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo) sob orientação do Professor Dr. Paulo César Lima Segantine. Sua tese de doutorado consiste no estudo da aplicação de SIG em transportes intermodais, que integra o projeto GEO-Logística.

O Prof. Dr. Marcelo Seido Nagano será o coordenador local do projeto na FEA/USP – Ribeirão Preto. O Prof. Dr. Marcelo Nagano tem trabalhado com projeto de pesquisa no desenvolvimento de métodos heurísticos aplicados ao problema de programação da produção, e sua participação está focada no

desenvolvimento e aplicação de Algoritmos Genéticos Construtivos em problemas de *scheduling* em ambiente *flowshop* e *flowshop* com máquinas paralelas (*Hybrid Flow Shop*), utilizando algoritmos evolutivos e variações.

A coordenação local na FEG/UNESP - Guaratinguetá estará a cargo do Prof. Dr. Edson Luiz França Senne. O Prof. Senne, no período de 1980 a 1988, participou como pesquisador do Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC) do INPE, quando desenvolveu trabalhos de pesquisa sobre problemas de localização e roteamento com Acioli Antonio de Olivo e com o Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena. Nos últimos anos, o Prof. Senne vem realizando pesquisas vinculadas ao desenvolvimento de ferramentas para suporte a processos de tomada de decisão na linha de Ambientes de Modelagem em Redes e, juntamente com o Dr. Lorena, ao desenvolvimento de novos algoritmos para problemas de localização. Neste projeto, o Prof. Senne estará envolvido em todas as suas atividades, desde pesquisa, orientação de alunos, integração de algoritmos aos SIGs e desenvolvimento de aplicações, até a análise e divulgação dos resultados.

O Professor Dr. Edgard Dias Batista Jr. vem trabalhando na área de Planejamento de Transportes desde 1988, sendo o responsável pela disciplina Técnica e Economia de Transportes do curso de Engenharia Civil da UNESP, Campus de Guaratinguetá e tendo assessorado a Secretaria de Transportes da Prefeitura Municipal de São José dos Campos de 1994 a 1996. Produto de suas pesquisas e serviços de assessoria, publicou vários trabalhos na área de Transportes, na qual pretende continuar trabalhando no presente projeto.

A coordenação do projeto no IEAv/CTA estará a cargo da pesquisadora Dra. Mônica Maria De Marchi. A pesquisadora trabalha com pesquisa na área de Pesquisa Operacional desde 1994, quando ingressou no doutorado em Computação Aplicada do INPE. Durante este período desenvolveu trabalhos de pesquisa em problemas envolvendo a análise e otimização de modelos de desempenho de sistemas. O objetivo foi, principalmente, estudar e apresentar soluções eficientes para problemas onde se considere a ausência de informações nos momentos de decisão e, inclusive, erros na informação disponível. De 1999 a 2001 foi bolsista PCI/DTI no LAC/INPE onde deu continuidade aos trabalhos de pesquisa relacionados a problemas de tomada de decisão sob incerteza e iniciou pesquisa na área de teoria de filas espacialmente distribuídas trabalhando com modelos hipercubo. A Dra. Mônica estará envolvida em todas as fases do projeto e em todas as suas atividades, desde pesquisa, orientação, desenvolvimento de aplicações, até a análise e divulgação de resultados.

O Ten. Cel. Eng. Luiz Sérgio Heinzemann, possui mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, com área de concentração em Informática. Suas atribuições, dentro do grupo de Informática do IEAv e especificamente no grupo de Sistemas de Apoio à Decisão, consistem em promover a capacitação do efetivo da Subdivisão nas diversas disciplinas relacionadas com sistemas de apoio à decisão, coordenar a aplicação de recursos humanos e materiais em pesquisas relacionadas com sistemas de apoio à decisão e prover os recursos humanos necessários para o andamento de projetos relacionados com sistema de apoio à decisão. Dentro do Instituto tem como atribuições substituir o Vice-Diretor em afastamentos eventuais e auxiliar o Vice-Diretor em suas atribuições. Neste projeto estará envolvido em todas as suas fases, participando mais intensamente na definição e modelagem de sistemas de radar de vigilância.

A pesquisadora Dra. Carmen Lúcia Ruybal dos Santos possui mestrado e doutorado na área de Inteligência Artificial, tendo trabalhado recentemente com técnicas de computação evolutiva e redes neurais aplicadas a problemas de controle e otimização. Neste projeto ela se ocupará da utilização de algoritmos genéticos na busca por posicionamentos ótimos de radares terrestres fixos, havendo a possibilidade de estender o trabalho na definição de rotas ótimas a serem percorridas por aeronaves providas de radares aerotransportados.

A Ms. Maria José Pinto está desenvolvendo seu doutorado na área de Pesquisa Operacional, juntamente com o Dr. Horacio Hideki Yanasse, pesquisador titular do LAC/INPE. A proposta de pesquisa do seu doutorado é formular e propor métodos de resolução para o problema de corte de estoque integrado ao problema de seqüenciamento de padrões. É formada em Matemática e seu mestrado foi desenvolvido na área de Otimização Combinatória. Neste projeto, estará envolvida com a formalização do problema de radares proposto e com a busca por métodos eficientes de resolução do modelo obtido, onde a primeira abordagem consistirá da utilização do software CPLEX, que já vem sendo utilizado no desenvolvimento do seu trabalho de doutorado.

O Ms. Felipe Leonardo Lobo Medeiros vem trabalhando com inteligência artificial nos últimos anos e recentemente concluiu sua dissertação de mestrado, que aborda a aplicação de um algoritmo genético ao problema de determinação de estados estacionários de sistemas dinâmicos. Neste projeto, o Ms. Felipe Leonardo Lobo Medeiros estará estudando a possibilidade de aplicação de técnicas de inteligência artificial a problemas de otimização relacionados com o posicionamento de radares. O estudo também envolverá o desenvolvimento da aplicação de algumas das técnicas mais promissoras aos problemas de otimização.

A coordenação local na UMC estará a cargo do professor Dr. Geraldo Ribeiro Filho. O Prof. Geraldo Ribeiro Filho, no período de 1994 a 2000, desenvolveu seus estudos de Mestrado e Doutorado em Computação Aplicada no INPE (LAC), trabalhando com heurísticas evolutivas aplicadas a problemas clássicos de Otimização Combinatória. O Prof. Geraldo tem então desenvolvido trabalhos de pesquisa sobre problemas de Otimização com o Dr. Luiz Antonio Nogueira Lorena, seu ex-orientador, com divulgação e congressos e publicações. Neste projeto, o Prof. Geraldo estará envolvido em todas as atividades referentes às suas tarefas, desde pesquisa, orientação de alunos, desenvolvimento de aplicações e sua integração aos SIGs, até a análise e divulgação dos resultados.

A coordenação local do projeto na UNISC esta a cargo do Prof. Dr. João Carlos Furtado. O Prof. João Carlos, no período de março/1992 a abril/1998, realizou mestrado e doutorado em Computação Aplicada no INPE, sob a orientação do Dr. Luiz Antônio Nogueira Lorena. Durante este período, desenvolveu trabalhos em problemas de layout e problemas de agrupamento (como o problema das  $p$ -medianas), utilizando métodos heurísticos, como busca tabu e programação evolutiva. Em trabalho realizado com o Dr. Lorena, foi proposto o Algoritmo Genético Construtivo. Desde de 1998, o Prof. João Carlos atua na UNISC em cursos de graduação e pós-graduação, tendo orientado alunos de mestrado e iniciação científica. Neste projeto, pretende estudar a aplicação da relaxação lagrangeana/*surrogate* como alternativa de estabilização do processo de geração de colunas aplicado ao problema de escalonamento de horários de tripulações.

O Prof. Dr. Rolf Fredi Molz é um colaborador do projeto. O Prof. Rolf F. Molz, no período março/1995 a outubro/2002, realizou mestrado e doutorado em Ciência da Computação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob a orientação do Prof. Dr. Paulo M. Engel. Durante este período, desenvolveu trabalhos envolvendo a utilização de Redes Neurais Artificiais. Desde de 1995, o Prof. Rolf F. Molz atua na UNISC em cursos de graduação, tendo orientado alunos de graduação e iniciação científica. Neste projeto deverá colaborar na implementação dos algoritmos para o problema de escalonamento de horários de tripulações.

O Prof. Dr. Marco Flôres Ferrão, realizou seu mestrado na UFRGS empregando simulação Monte Carlo e seu doutorado na UNICAMP utilizando ferramentas Quimiométricas. Desde 1990 atua como professor na UNISC, orientando alunos de iniciação científica e mestrado, e atua como pesquisador nas áreas Tecnológicas, em especial empregando ferramentas de otimização no controle de qualidade de produtos e processos. Neste projeto participará na modelagem matemática e implementação dos algoritmos.

O coordenador local da UNIVAP é o Prof. Dr. Reinaldo Gen Ichiro Arakaki. Suas áreas de interesse são heurísticas e meta-heurísticas para problemas de otimização com aplicações em localização de facilidades e sua integração à SIGs, utilizando a tecnologia *wireless*.

## 8. Orçamento detalhado

1) DESPESAS DE CAPITAL	No País R\$	No Exterior US\$ FOB
<b>a) Material Permanente a ser adquirido no mercado interno</b>		
<b>CNPTIA/Embrapa:</b>		
1 computador Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP LaserJet 1300	7.500,00 2.300,00	
<b>DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto:</b>		
1 computador Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP OfficeJet psc 2175	7.500,00 1.200,00	
<b>DEP/UFSCar:</b>		
1 computador Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP OfficeJet psc 2175	7.500,00 1.200,00	
<b>FCT/UNESP - Pres. Prudente:</b>		
4 computadores Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 3 computadores portáteis Dell Axim 3 receptores GPS de navegação Garmin 12XL, com acessórios 3 cabos de conexão de porta serial/GPS 4 rádios transmissor/receptor VHF Uniden 1 impressora HP OfficeJet psc 2175	30.000,00 7.200,00 2.640,00 750,00 4.200,00 1.200,00	
<b>FEA/USP - Ribeirão Preto:</b>		
1 computador Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP LaserJet 1300	7.500,00 2.300,00	
<b>FEG/UNESP - Guaratinguetá:</b>		
2 computadores Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP OfficeJet psc 2175	15.000,00 1.200,00	
<b>IEAv/CTA:</b>		
4 computadores Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP LaserJet 1300 1 impressora HP OfficeJet psc 2175	30.000,00 2.300,00 1.200,00	
<b>LAC/INPE:</b>		
4 computadores Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 7 computadores <i>barebone</i> Intel Pentium 4 – 2,4 GHz 2 computadores portáteis Dell Axim 2 impressoras HP LaserJet 1300 2 impressoras HP OfficeJet psc 2175	30.000,00 14.000,00 4.800,00 4.600,00 2.400,00	
<b>UMC:</b>		
1 computador Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP OfficeJet psc 2175	7.500,00 1.200,00	
<b>UNIVAP:</b>		
1 computador Intel Pentium 4 – 2,6 GHz 1 impressora HP LaserJet 1300	7.500,00 2.300,00	
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>206.990,00</b>	
<b>b) Material Permanente a ser adquirido no exterior</b>		
<b>Instituição:</b>		
		0.00
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>206.990,00</b>	<b>0.00</b>

2) DESPESAS DE CUSTEIO	No País R\$	No Exterior US\$ FOB
<b>a) Material de Consumo Nacional (Software)</b>		
<b>CNPTIA/Embrapa:</b>		
1 licença Microsoft Office XP Professional	531,00	
<b>DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto:</b>		
1 licença Microsoft Office XP Professional	531,00	
<b>DEP/UFSCar:</b>		
1 licença Microsoft Office XP Professional	531,00	
<b>FCT/UNESP - Pres. Prudente:</b>		
4 licenças Microsoft Office XP Professional	2.124,00	
1 licença Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++	512,00	
<b>FEA/USP - Ribeirão Preto:</b>		
1 licença Microsoft Office XP Professional	531,00	
1 licença Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++	512,00	
1 licença Borland Delphi 7 Professional	2.429,00	
<b>FEG/UNESP - Guaratinguetá:</b>		
2 licenças Microsoft Office XP Professional	1.062,00	
<b>IEAv/CTA:</b>		
4 licenças Microsoft Office XP Professional	2.124,00	
2 licenças Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++	1.024,00	
<b>LAC/INPE:</b>		
4 licenças Microsoft Office XP	2.124,00	
3 licenças Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++	1.536,00	
<b>UMC:</b>		
1 licença Microsoft Office XP Professional	531,00	
1 licença Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++	512,00	
<b>UNIVAP:</b>		
1 licença Microsoft Office XP Professional	531,00	
1 licença Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++	512,00	
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>17.657,00</b>	
<b>b) Material de Consumo Importado (Software)</b>		
<b>CNPTIA/Embrapa</b>		
1 licença CPLEX 8.0 (Windows)		2.000,00
1 licença AIMMS Basic		795,00
<b>DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto:</b>		
1 licença CPLEX 8.0 (Windows)		2.000,00
1 licença CPLEX 8.0 (Linux)		2.000,00
1 licença AIMMS Basic		795,00
<b>DEP/UFSCar:</b>		
1 licença AIMMS Basic		795,00
<b>FCT/UNESP - Pres. Prudente:</b>		
1 licença CPLEX 8.0 (Windows)		2.000,00
1 licença ArcView 8.2 + Network Analyst		880,00

<b>FEA/USP - Ribeirão Preto:</b>		
1 licença ArcView 8.2 + Network Analyst		880.00
<b>FEG/UNESP - Guaratinguetá:</b>		
1 licença (atualização) Arena 7.0 Professional		3,000.00
1 licença EMME/2 Class B Size 1 EDUCACIONAL		300.00
2 licenças Roxio Easy CD Creator 5 Platinum		199.90
<b>IEAv/CTA:</b>		
2 licenças CPLEX 8.0 (Windows)		4,000.00
1 licença (2-usuários) CPLEX 8.0 (Windows)		4,000.00
2 licenças ArcView 8.2 + Network Analyst		1,760.00
1 licença ArcGIS Military Analyst		2,500.00
<b>LAC/INPE:</b>		
3 licenças CPLEX 8.0 (Windows)		6,000.00
1 atualização (10 usuários) CPLEX 8.0 (Windows)		1,000.00
3 licenças ArcView 8.2 + Network Analyst		2,640.00
2 licenças ArcPad Application Builder 6.0		880.00
1 licença AIMMS Academic		3,600.00
<b>UMC:</b>		
1 licença CPLEX 8.0 (Windows)		2,000.00
1 licença ArcView 8.2 + Network Analyst		880.00
<b>UNIVAP:</b>		
1 licença ArcView 8.2 + Spatial Analyst		880.00
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>45,784.90</b>
<b>Despesas de importação (2%)</b>		<b>915.70</b>
<b>c) Serviços de Terceiros</b>		
<b>Todos membros:</b>		
Aquisição de mapas digitalizados	15.000,00	
Confecção e manutenção da página do Projeto GEO-Logística na Internet	2.000,00	
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>17.000,00</b>	
<b>d) Despesas de Transporte</b>		
<b>Todos membros:</b>		
Deslocamentos para participação nas 3 oficinas (30 pessoas em média)	9.000,00	
Deslocamentos terrestres para pesquisa de campo junto ao Terminal Intermodal de Presidente Epitácio	700,00	
Passagens aéreas Porto Alegre/SP/Porto Alegre para 1 membro da UNISC para participação em cada uma das 3 oficinas	2.686,20	
Passagens aéreas RJ/SJC/RJ para colaboradores – Profs. Galvão e Chiyoshi (UFRJ)	3.708,00	
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>16.094,20</b>	<b>46,700.60</b>
<b>e) Diárias</b>		
<b>Todos membros:</b>		
Visitas ao Terminal Intermodal de Presidente Epitácio	1.000,00	
Participação nas 3 oficinas anuais (30 pessoas em média)	9.000,00	
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>10.000,00</b>	
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>60.751,20</b>	
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>267.741,20</b>	<b>46,700.60</b>

OBS: Os valores de preços informados correspondem aos preços para instituições de ensino e pesquisa, quando disponíveis.

### ***Justificativas***

*Computador Intel Pentium 4 – 2,6 Ghz.* (memória base de 512 MB, disco rígido de 40 GB, unidade CD-RW, unidade de disquete 3½ pol., controladores de vídeo e rede integrados, teclado, mouse, monitor de 17 pol., sistema operacional Microsoft Windows XP Professional em português).

O projeto de pesquisa proposto tem por objetivo o desenvolvimento de métodos, algoritmos e ferramentas computacionais para a solução de problemas de otimização de grande porte. O desenvolvimento da pesquisa vai exigir um intenso trabalho computacional. Para o aperfeiçoamento dos programas desenvolvidos, há a necessidade de exaustivos testes computacionais para eliminar possíveis erros de programação e melhorar o tempo de execução. Assim, a utilização de máquinas de última geração que possuam processador Intel Pentium 2,6 GHz permitirá que os testes possam ser executados de forma eficiente e em tempo hábil. Os métodos de solução para problemas de grande porte manipulam uma grande massa de dados. O armazenamento dos dados em memória aleatória (memória RAM) torna o *software* utilizado mais potente, rápido e eficiente. O dimensionamento de 512 MB de memória RAM solicitado permitirá a resolução de problemas que envolvam um grande número de variáveis e restrições de forma satisfatória.

*Computador barebone Intel Pentium 4 – 2,4 Ghz.* (memória base de 512 MB, disco rígido de 20 GB, unidade de disquete 3½ pol., controlador de rede integrados).

Configuração destinada à integração no *cluster* montado no LAC/INPE para processamento paralelo. O número de máquinas solicitado visa completar as portas disponíveis no *switch* de 24 portas, que já possui outras 17 máquinas conectadas. A princípio estas máquinas comporão um conjunto de nós dedicados ao processamento paralelo de algoritmos desenvolvidos para problemas de otimização combinatória. O sistema operacional e os aplicativos a serem instalados nessas máquinas seguem a proposta de *software* livre (p. ex., *Linux*, *MPI*, etc.)

*Computador Portátil Dell Axim:* (modelo Dell Axim X5 Advanced, com processador Intel XScale de 400 MHz, memória base de 64 MB, tela de 3,5 pol., bateria recarregável, cartão *wireless compact flash* TM1180 WLAN 802.11b, base de sincronização com saída serial e USB, capa protetora, bateria secundária recarregável, memória *compact flash* 64 MB adicional, sistema operacional Microsoft Pocket PC 2003 em português).

Computador *handheld* (tipo Palm), cuja portabilidade permite sua utilização para testar e validar sistemas de navegação e roteamento que serão desenvolvidos em algumas atividades deste projeto. Sua utilização em conjunto com equipamentos tipo GPS permitirá o monitoramento de veículos por uma central. Os dados, enviados à central utilizando rádios-transmissores, serão processados por um computador e repassados de volta aos veículos, permitindo que alterações importantes nas rotas sejam feitas em tempo real. A bateria extra e o cartão de memória adicional são necessários para dar maior autonomia ao equipamento.

#### *Receptor GPS de navegação Garmin 12XL:*

Sua utilização em conjunto com os computadores portáteis tipo *handheld* permitirá o desenvolvimento de sistemas computacionais para o monitoramento de veículos por uma base central. Os dados, enviados à central utilizando rádio-transmissores, serão processados por um computador e repassados de volta aos veículos, permitindo que alterações importantes nas rotas sejam feitas em tempo real.

#### *Cabo de conexão de porta serial/GPS:*

Equipamento necessário para conexão de computadores portáteis tipo *handheld* e aparelhos de posicionamento georeferenciado tipo GPS.

Rádio Transmissor/Receptor VHF Uniden:

Sua utilização em conjunto com computadores portáteis tipo *handheld* conectados a equipamentos de posicionamento georeferenciado permitirão que dados sejam enviados a uma base central, auxiliando no processo de desenvolvimento de sistemas computacionais de monitoramento de frotas de veículos.

Impressora HP LaserJet 1300:

Opção de impressora à laser de baixo custo, para impressão de trabalhos, relatórios ou outro tipo de documento com excelente qualidade gráfica. O custo por página deste modelo, em comparação às impressoras a jato de tinta, favorece sua utilização em tarefas rotineiras de impressão, com várias opções de configuração.

Impressora HP OfficeJet psc 2175:

Existe a necessidade de impressoras para atenderem aos trabalhos dos pesquisadores, principalmente, aqueles que exigem alta qualidade de impressão. Os recursos desta impressora multifuncional (impressora, scanner e copiadora) permitirão a incorporação de figuras e/ou mapas aos relatórios e trabalhos científicos que serão desenvolvidos durante o projeto.

AIMMS:

O *software* AIMMS é uma ferramenta para a modelagem de problemas de otimização Linear, Inteira e Não-Linear. O uso de sistemas de modelagem facilita a construção, documentação e manutenção do problema estudado, além de fornecer uma interface entre o modelo e o software de otimização usado para resolvê-lo. O sistema AIMMS é bastante robusto e possui recursos (não disponíveis em outras linguagens de modelagem) que facilitam a modelagem de classes importantes de problemas de otimização, bem como a construção de interface gráfica própria entre o modelo e o usuário do mesmo. Tais recursos, permitem a criação de tabelas, gráficos e outros elementos que facilitam a utilização e o entendimento das soluções dos algoritmos a serem desenvolvidos neste projeto.

ArcView 8.2 + Extensões:

O *software* ArcView é um Sistema de Informações Geográficas completo, destinado a usuários que não precisam de funcionalidades complexas, como as encontradas no ARC/INFO. Através de extensões (p. ex. Network Analyst, Spatial Analyst), o usuário adiciona funcionalidades específicas para o problema ou aplicação em estudo. A interface gráfica permitirá a visualização dos dados disponíveis (e os que serão adquiridos), auxiliando no desenvolvimento e na validação dos algoritmos que serão desenvolvidos em algumas das tarefas propostas.

ArcGIS Military Analyst:

Pretende-se simular diferentes tipos de aplicações para o projeto proposto. Dentro deste contexto, este software poderá ser bastante útil, pois permite trabalhar com elevação digital de terreno, conversão de sistemas de grades, entre outros. Atualmente não está disponível, mas espera-se que até a metade deste projeto o mesmo já esteja sendo comercializado.

ArcPad Application Builder 6.0:

É composto pelo ArcPad, um SIG para computadores portáteis tipo *handheld*, e pelo ArcPad Studio, um ambiente para desenvolvimento e customização de interfaces para o *software* ArcPad. Permite desenvolver scripts para automação de tarefas e interação com os objetos presentes no ArcPad.

ARENA 7.0 Professional:

Para a realização dos testes iniciais dos sistemas desenvolvidos (SIGPOP, TRANSIG e SIOP), pretende-se simular a operação de um sistema de transporte urbano e, para tanto, torna-se necessário utilizar uma ferramenta de Simulação de Sistemas. Assim sendo, justifica-se a atualização (*upgrade*) da versão do software ARENA existente no Campus.

A representação do software ARENA no Brasil é feita por:  
 Paragon Tecnologia - Rockwell Software SP.  
 R. Clodomiro Amazonas, 1435 / 5º andar.  
 São Paulo SP.  
 CEP 04537-012.  
 Fone (55)-11-3849-8757 – Fax (55)-11-3845-4967.  
 Contato: Erica Esteves de Carvalho.  
 E-mail : [infoweb@paragon.com.br](mailto:infoweb@paragon.com.br)  
 Website: <http://www.paragon.com.br>

*Borland Delphi 7 Professional:*

Ambiente de desenvolvimento integrado (editor, compilador, *debugger*, etc), utilizado para codificação de sistemas computacionais.

*EMME/2 Transportation Planning System:*

O EMME/2 Transportation Planning System é um software utilizado em escala mundial por mais de 700 organizações. No Brasil, cerca de 20 instituições o utilizam, como por exemplo, o METRÔ, a CET e a USP, em São Paulo, a BHTRANS, em Belo Horizonte, a CODEPLAN, em Brasília e as Universidades Federais de Goiás, Pernambuco e Uberlândia. Considerando sua larga utilização, o EMME/2, juntamente com o TRANSCAD (já disponível no Campus), serão utilizados para a realização de análises comparativas dos algoritmos e rotinas a serem desenvolvidos.

A representação do software EMME/2 no Brasil é feita por:  
 TTC- Eng. Tráfego e Transportes S/C Ltda.  
 Rua Marcondes de Andrade, 262, Ipiranga  
 CEP 04265-040 São Paulo – SP  
 Fone: (11) 6160 0200 – Fax: (11) 2724104  
 Contato: Eduardo Barbosa Gerdani  
 E-mail: [ttc@ttc.com.br](mailto:ttc@ttc.com.br)  
 Website: [www.ttc.com.br](http://www.ttc.com.br)

*ILOG CPLEX 8.0 (Windows):*

O software de otimização CPLEX, além da versão *stand alone*, contém uma biblioteca de subrotinas de apoio (entradas de dados, manipulação de dados, otimização, etc.) que permitem ao especialista em Pesquisa Operacional incorporar suas técnicas sem a necessidade de desenvolver uma grande quantidade de subrotinas. Temos usado este software em nossas pesquisas como padrão de referência para a análise comparativa das novas técnicas desenvolvidas, e no processo de desenvolvimento de programas computacionais (incorporando em nossos programas suas rotinas de entrada, saída e manipulação de dados). Alguns das licenças do software CPLEX existentes nos institutos e departamentos envolvidos apresentam versões diferentes (versão 7.5 para o sistema operacional Linux, versão 7.1 para o sistema operacional Windows, versão 6.5 para Solaris). Para permitir uma comparação mais justa das técnicas desenvolvidas há necessidade de se utilizar versões atualizadas dos softwares de referência. A versão mais atual do software contém técnicas mais avançadas de otimização, além de ferramentas de interface (biblioteca de subrotinas) mais eficientes.

*Microsoft Visual Studio .NET Enterprise C++:*

Ambiente de desenvolvimento altamente integrado com excelentes ferramentas para debug, profiling, etc. É considerado bastante estável. O grupo está mais familiarizado com este ambiente de desenvolvimento e, como será necessário adquirir mais licenças para desenvolver o trabalho proposto, estamos sugerindo a aquisição de uma versão mais atualizada.

*Oficinas do GEO-Logística*

As oficinas serão anuais e realizadas no INPE ou em outra das instituições participantes do Estado de São Paulo. Esta definição será dada em função dos recursos disponíveis. Para isso necessitamos de cobrir despesas de transporte e diárias para os participantes dos centros envolvidos no projeto e de alguns convidados de outros estados. Do projeto, o Prof. João Carlos Furtado (UNISC) virá para as três oficinas.

Já os Professores Roberto Galvão e Fernando Chiyoshi da COPPE (RJ) estão envolvidos indiretamente com as atividades da área de Modelos Probabilísticos para Serviços de Urgência. Estamos ainda prevendo a presença de pessoas de algumas empresas, por exemplo, a Centrovias, Nova Dutra e o Samu-Campinas.

*Aquisição de base de dados*

Necessitamos ainda de ampliar nossa base de dados disponível para desenvolvimento das tarefas. Do projeto ARSIG2 adquirimos mapas digitalizados das cidades de São Paulo, São José dos Campos, Campinas, São Carlos, Piracicaba, Ribeirão Preto, Presidente Prudente, Mogi das Cruzes e Curitiba, além de um mapa rodoviário do Brasil. Necessitamos adquirir mapas de cidades vizinhas às já disponíveis para aumentar o eixo de atuação das aplicações e de outras cidades que estão entrando como participantes no presente projeto.

## 9. Cronograma de aplicação dos recursos

ITEM SOLICITADO	1º ANO	2º ANO	3º ANO	4º ANO
<b>1) DESPESAS DE CAPITAL</b>				
<b>a) Material Permanente (mercado interno)</b>	R\$	R\$	R\$	R\$
20 computadores Intel Pentium 4 – 2,6 GHz	97.500,00	37.500,00	15.000,00	0,00
7 barebone Intel Pentium 4 – 2,4 GHz	14.000,00	0,00	0,00	0,00
5 computadores portáteis Dell Axim	7.200,00	4.800,00	0,00	0,00
6 impressoras HP LaserJet 1300	9.200,00	4.600,00	0,00	0,00
8 impressoras HP OfficeJet psc 2175	6.000,00	2.400,00	1.200,00	0,00
3 receptores GPS de navegação Garmin 12XL	2.640,00	0,00	0,00	0,00
3 cabos de conexão porta serial/GPS	750,00	0,00	0,00	0,00
4 rádios transmissor/receptor VHF Uniden	4.200,00	0,00	0,00	0,00
<b>b) Material Permanente (importação)</b>	US\$	US\$	US\$	US\$
Nada a declarar	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>2) DESPESAS DE CUSTEIO</b>				
<b>a) Material de Consumo (mercado interno)</b>	R\$	R\$	R\$	R\$
1 licença Borland Delphi 7 Professional	0,00	2.429,00	0,00	0,00
20 licenças Microsoft Office XP	6.903,00	2.655,00	1.062,00	0,00
9 licenças Microsoft Visual Studio .NET C++	4.096,00	512,00	0,00	0,00
<b>b) Material de Consumo (importação)</b>	US\$	US\$	US\$	US\$
3 licenças AIMMS Basic	1.590,00	795,00	0,00	0,00
1 licença AIMMS Academic	0,00	3.600,00	0,00	0,00
8 licenças ArcView 8.2 + Network Analyst	4.400,00	2.640,00	0,00	0,00
1 licença ArcView 8.2 + Spatial Analyst	880,00	0,00	0,00	0,00
2 licenças ArcPad Application Builder 6.0	0,00	880,00	0,00	0,00
1 licença ArcGIS Military Analyst	2.500,00	0,00	0,00	0,00
1 licença Arena 7.0 Professional	0,00	3.000,00	0,00	0,00
2 licenças Easy CD Creator 5 Platinum	0,00	199,90	0,00	0,00
1 licença EMME/2 Class B 1 Educational	0,00	300,00	0,00	0,00
10 licenças CPLEX 8.0	10.000,00	10.000,00	0,00	0,00
1 licença (2-usuários) CPLEX 8.0	4.000,00	0,00	0,00	0,00
1 atualização (10 usuários) CPLEX 8.0	0,00	1.000,00	0,00	0,00
Taxas de importação (2%)	467,40	448,30	0,00	0,00
<b>c) Serviços de Terceiros</b>	R\$	R\$	R\$	R\$
Aquisição de mapas digitalizados	0,00	15.000,00	0,00	0,00
Confecção e manutenção da página do projeto na Internet	500,00	500,00	500,00	500,00
<b>d) Despesas de Transporte</b>	R\$	R\$	R\$	R\$
Deslocamentos para participação nas 3 oficinas anuais (30 pessoas em média).	0,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00
Deslocamentos terrestres para pesquisa de campo junto ao Terminal Intermodal de Presidente Epitácio.	0,00	280,00	280,00	140,00
Passagens aéreas Porto Alegre/SP/Porto Alegre para 1 membro da UNISC para participação nas 3 oficinas.	0,00	895,40	895,40	895,40
Passagens aéreas RJ/SJC/RJ para colaboradores nas atividades – Profs. Galvão e Chiyoshi.	0,00	1.236,00	1.236,00	1.236,00
<b>e) Diárias</b>	R\$	R\$	R\$	R\$
Visitas ao Terminal Intermodal de Pres. Epitácio.	0,00	400,00	400,00	200,00
Participação nas 3 oficinas anuais (30 pessoas	0,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00

em média)				
<b>TOTAL R\$</b>	152.989,00	79.207,40	26.573,40	8.971,40
<b>TOTAL US\$</b>	23,837.40	22,863.20	0.00	0.00

10. *Projeção de Necessidades Anuais de Benefícios Complementares*

<b>BENEFÍCIOS</b>	<b>1º ANO</b>	<b>2º ANO</b>	<b>3º ANO</b>	<b>4º ANO</b>
<b>Auxílio para Participação em Congressos Internacionais</b>				
CNPTIA/Embrapa	0	0	1	1
DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto	0	1	1	1
DEP/UFSCar	0	0	0	1
FCT/UNESP - Pres. Prudente	0	2	2	2
FEA/USP - Ribeirão Preto	1	1	1	1
FEG/UNESP - Guaratinguetá	2	2	2	2
IEAv/CTA	2	3	4	3
LAC/INPE	2	3	4	3
UMC	1	0	1	1
UNISC	1	1	1	1
UNIVAP	0	1	1	1
<b>Auxílio para Participação em Congressos Nacionais</b>				
CNPTIA/Embrapa	2	2	2	2
DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto	0	1	1	1
DEP/UFSCar	0	0	0	1
FCT/UNESP - Pres. Prudente	2	4	4	3
FEA/USP - Ribeirão Preto	2	2	2	2
FEG/UNESP - Guaratinguetá	4	4	4	4
IEAv/CTA	3	4	5	4
LAC/INPE	1	2	2	2
UMC	1	1	1	1
UNISC	1	1	1	1
UNIVAP	0	1	1	1
<b>Bolsas de Iniciação Científica</b>				
CNPTIA/Embrapa	2	2	2	2
DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto	0	1	1	1
DEP/UFSCar	0	0	0	1
FCT/UNESP - Pres. Prudente	2	3	3	2
FEA/USP - Ribeirão Preto	0	1	1	1
FEG/UNESP - Guaratinguetá	4	4	4	4
IEAv/CTA	0	1	2	1
LAC/INPE	0	0	0	0
UMC	0	1	1	1
UNISC	0	0	0	0
UNIVAP	2	2	2	2
<b>Bolsa para Pesquisador Visitante</b>				
CNPTIA/Embrapa	0	0	0	0
DCCE/UNESP - S. J. Rio Preto	0	0	1	0
DEP/UFSCar	0	0	0	0
FCT/UNESP - Pres. Prudente	0	0	0	0
FEA/USP - Ribeirão Preto	0	0	0	0
FEG/UNESP - Guaratinguetá	0	0	0	0
IEAv/CTA	0	0	0	0
LAC/INPE	0	0	0	0
UMC	0	0	0	0
UNISC	0	0	0	0
UNIVAP	0	0	0	0

**Justificativas**CNPTIA/Embrapa

## Eventos internacionais:

- IFORS 2005 – Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies.

## Eventos nacionais:

- SBPO: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (versões 2003, 2004, 2005 e 2006).
- CNMAC: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (versões 2003, 2004, 2005 e 2006).

DCCE/UNESP – S. J. do Rio Preto:

## Solicitamos auxílio para participar dos seguintes congressos internacionais:

- XII CLAIO – Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa (previsto para 2004).
- IFORS 2005 – Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies.

Os dois eventos acima reúnem pesquisadores internacionais de diversas áreas da pesquisa operacional. O CLAIO congrega principalmente pesquisadores Ibero-Americanos e o IFORS reúne pesquisadores de todos os países. Na última reunião do IFORS (IFORS 2002) estiveram presentes representantes de mais de 60 países. A participação nestes congressos internacionais irá permitir a divulgação dos resultados da pesquisa realizada durante o desenvolvimento do presente projeto para a comunidade internacional, além de propiciar o início e a reativação de contatos com pesquisadores de várias instituições internacionais.

O Professor Igor Litvinchev da Academia Russa de Ciências tem trabalhado ativamente com a metodologia de Agregação e Decomposição, e métodos de pontos interiores aplicados a problemas de otimização de grande porte. Nestas áreas ele publicou mais de 60 trabalhos incluindo 2 livros. Ele coordenou diversos projetos de pesquisa, entre estes podemos citar projetos financiados pela Fundação da Pesquisa Fundamental da Rússia, International Science Foundation, NATO, Comunidade Econômica Européia, PAICyT (México), FAPESP e CNPq. O Prof. Igor trabalhou junto com o Grupo de Otimização do DCCE-UNESP-SJRP como pesquisador visitante estrangeiro durante 3 anos (out./1995 a out./1998), financiado pelo CNPq (proc. 300591/95-0 (RN)) e pela FAPESP (proc. 1997/7153-2). Neste período ele foi coordenador do Projeto Integral de Pesquisa – CNPq (proc. 521436/96-6 (NV)) e do Projeto Temático – FAPESP (proc. 96/01552-0) realizados com sucesso pelo Grupo de Otimização. Em fevereiro de 2000, ele retornou ao Brasil para uma visita de três meses, financiada pela FAPESP (proc. 99/10906-8). Estas visitas do Professor Igor ao Brasil foram muito produtivas. Acreditamos que uma nova visita durante a realização do presente projeto irá facilitar a finalização de trabalhos conjuntos em andamento, além de contribuir para manter e ampliar os laços de colaboração que temos mantido nos últimos anos.

FCT/UNESP – Presidente Prudente:

A fim de apresentar e discutir os resultados obtidos com a comunidade científica, pretende-se apresentar trabalhos nos seguintes eventos:

## Eventos internacionais:

- IFORS'2005 – The Triennial Conference of International Federation of Operational Research Societies;
- International Conference on Urban transport and The Environment in the 21<sup>st</sup> Century, 2004.

## Eventos nacionais:

- CNMAC – Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (versões 2003, 2004, 2005 e 2006).
- SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (versões 2003, 2004, 2005 e 2006).
- Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, promovido pela ANPET (versões 2003, 2004, 2005 e 2006).

Deverão ser propostas bolsas de iniciação científica para alunos da FCT/UNESP e da UNOESTE.

FEG/UNESP – Guaratinguetá:

Pretende-se participar dos seguintes eventos, com a finalidade de divulgar os resultados obtidos e, também estreitar o relacionamento com a comunidade científica da área de interesse:

## Eventos internacionais:

- 12º Congresso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano – CLATPU, a ser realizado em Bogotá, Colômbia e promovido pela TRANSMILENIO, empresa gestora do Transporte Coletivo de Bogotá e o Programa de Investigación em Tránsito y transporte – PIT, da Universidad Nacional de Colômbia, 2003.
- 13º Panamerican Traffic and Transport Engineering Conference – PANAM, evento bienal, promovido pela principal instituição de Transporte do país sede a ser definido, 2004.
- 11ª International Conference on Urban Transport and the Environment in the 21st Century, promovido pelo Wessex Institute of Technology, UK, local a ser definido, 2005

## Eventos nacionais:

- 17º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, a ser realizado no Rio de Janeiro e promovido pela Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET, 2003.
- 14º Congresso Brasileiro de Transporte e Tránsito, a ser realizado em Vitória-ES e promovido pela Associação Nacional de Transporte Público – ANTP, 2003.
- 18º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, a ser realizado em Florianópolis-SC e promovido pela ANPET, 2004.
- 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Tránsito, local a ser definido e promovido pela ANTP, 2003.
- 19º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, local a ser definido e promovido pela ANPET, 2005.
- 16º Congresso Brasileiro de Transporte e Tránsito, local a ser definido e promovido pela ANTP, 2005

IEAv/CTA:

Durante o desenvolvimento, pretende-se divulgar trabalhos em congressos de forma a validar, entre os pares da comunidade científica, os métodos/técnicas propostos, bem como os resultados obtidos. Assim, pretende-se submeter trabalhos na área de Pesquisa Operacional, com o desenvolvimento de modelos de otimização; na área de computação, com a apresentação de modelos de algoritmos genéticos e de redes neurais; entre outros.

## Auxílio para Participação em Congressos Internacionais (2003):

- EURO XIX Conference.
- IASTED International Conference: Artificial Intelligence and Soft Computing.

## Auxílio para Participação em Congressos Internacionais (2004/2005):

- INFORMS Annual Meeting.
- EURO XX Conference.
- IASTED International Conference: Artificial Intelligence and Soft Computing.
- GECCO - Genetic and Evolutionary Computation Conference.
- IFORS TRIENNIAL 2005.

## Auxílio para Participação em Congressos Nacionais (2003)

- XXXV SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- SPOLM - Simpósio de Pesquisa Operacional da Marinha e Simpósio de Logística da Marinha.
- XV SBIA - Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial.
- SBRN - Simpósio Brasileiro de Redes Neurais

## Auxílio para Participação em Congressos Nacionais (2004/2005):

- SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- SBIA - Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial.
- SBRN - Simpósio Brasileiro de Redes Neurais.
- SPOLM - Simpósio de Pesquisa Operacional da Marinha e Simpósio de Logística da Marinha.

Com respeito ao auxílio para bolsas de iniciação científica, pretende-se trazer alunos de graduação para fazerem parte deste projeto e desenvolverem seus trabalhos de graduação.

#### LAC/INPE:

Eventos internacionais:

- EURO/INFORMS Conference Istanbul 2003, a ser realizada em Istanbul, Turquia, no período de 6 a 10 de julho de 2003
- XVI CLAIO – Congreso Latin-Iberoamericano de Investigación de Operaciones, a ser realizado em Cuba em 2004
- CO'2004 – International Symposium on Combinatorial Optimization, Cidade ainda não definida – Europa - 2004
- ISOLDE X – The Tenth International Symposium on Locational Decisions, Sevilha / Espanha - 2005
- IFORS 2005 – The Triennial Conference of International Federation of Operational Research Societies, a ser realizada no Havaí, USA, no período de 11-15 de julho de 2005.

A conferência EURO/INFORMS será a mais importante conferência internacional na área de Pesquisa Operacional a ser realizada em 2003. Por reunir dois grandes encontros da área, espera-se uma presença maciça de pesquisadores de renome internacional. A IFORS - International Federation of Operational Research Societies - organiza uma conferência internacional na sua área a cada três anos. Estas conferências têm se situado entre as maiores e mais importantes conferências na área de Pesquisa Operacional, conseguindo reunir mais de 1000 pesquisadores da área. O congresso CLAIO é um dos mais importantes eventos da área de Pesquisa Operacional na América Latina. Este congresso é realizado a cada 2 anos e reúne os principais especialistas latino-ibero-americanos da área. A participação nestes congressos permitirá divulgar os resultados de nossas pesquisas, tomar conhecimento do que está sendo desenvolvido pela comunidade internacional e iniciar contatos com profissionais da área.

Os Simpósios Internacionais sobre Otimização Combinatória iniciaram em 1977. O CO'02 foi a última edição do Simpósio, realizado em Paris. As outras duas mais recentes foram realizadas na Bélgica (Bruxelas – em 1998) e na Inglaterra (Greenwich – em 2000). Os COs são dedicados aos vários aspectos da Otimização Combinatória, em tópicos relacionados a logística e roteamento, localização de facilidades, otimização de *design* de redes, programação inteira, metaheurísticas, *scheduling*, entre outros.

Os Simpósios ISOLDE são tri-anuais e reúnem vários especialistas em localização de facilidades. São congressos tradicionais na área, caracterizados pela forte presença de pesquisadores renomados, que fazem questão de comparecer e apresentar seus trabalhos. São também caracterizados pela não existência de sessões em paralelo, o que fornece a oportunidade de uma maior audiência nas sessões.

Eventos nacionais:

- XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (XXXV SBPO) a ser realizado em 2003.
- XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (XXXVI SBPO) a ser realizado em 2004.
- XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (XXXVII SBPO) a ser realizado em 2005.
- XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (XXXVIII SBPO) a ser realizado em 2006.

Os simpósios da SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional) são os mais importantes da área no país

#### UMC:

Participação em eventos nacionais e internacionais para divulgação dos resultados, bem como para coleta e troca de idéias. O incentivo à pesquisa dos alunos de graduação, inclusive com ajuda financeira para custeio de seu tempo de dedicação ao projeto, visa criar e desenvolver as habilidades necessárias à sua participação em projetos e cursos de pós-graduação, além de reforçar as características do ambiente de trabalho acadêmico.

Pretende-se participar de dois eventos internacionais:

- IFORS 2005 – Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies.
- APORS-2003 - The Sixth Conference of the Association of Asian-Pacific Operational Research Societies.

Os dois eventos acima reúnem pesquisadores internacionais de diversas áreas da pesquisa operacional. Na última reunião do IFORS (IFORS 2002) estiveram presentes representantes de mais de 60 países, com dezenas de sessões simultâneas por vários dias, além de cursos etc. Sem dúvida se trata de uma das maiores conferências da área. O APORS-2003 será um evento de importância para divulgação de resultados para pesquisadores asiáticos. Com presença nas edições de 1997 – em que um trabalho foi premiado – e 2000, pode-se comprovar o interesse dos pesquisadores asiáticos por interação e cooperação com pesquisadores da América Latina.

Pretende-se ainda estar presente em todas as edições do SBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, que ocorrerem durante o transcorrer do projeto. Sem dúvida, o contato com outros colegas, fora do projeto, pode em muito contribuir para o desenvolvimento bem sucedido das tarefas.

#### UNISC:

As passagens Porto Alegre – São Paulo – Porto Alegre são necessárias para que um integrante do grupo de pesquisadores da UNISC participe das oficinas que ocorrerão entre 2003-2005. As oficinas permitirão apresentar resultados e avaliar o andamento do projeto.

No ano de 2003, pretendemos participar do 14º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito (evento nacional) e do 12º Congresso Latino Americano de Transporte Público y Urbano – CLATPU (evento internacional) para aprofundar o conhecimento na área de transporte público e realizar contatos com pesquisadores da área.

Em 2004 e 2005, pretendemos participar do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, que reúne os principais pesquisadores brasileiros na área (evento nacional) e do XII CLAIO – Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa e IFORS 2005 – Conference of the International Federation of Operational Research Societies (eventos internacionais). A participação permitirá a divulgação dos resultados obtidos e aprofundar relacionamentos com a comunidade científica.

#### UNIVAP:

Eventos nacionais:

- XXXVI SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. (2004)
- XXXVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. (2005)
- XXXVIII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (2006)

Os simpósios da SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional) são os mais importantes da área no país

Eventos internacionais:

- ISOLDE X – The Tenth International Symposium on Locational Decisions  
Sevilha / Espanha - 2005
- CO2004 – International Symposium on Combinatorial Optimization  
Cidade ainda não definida – Europa - 2004

Pretende-se também solicitar uma bolsa de pós-doutorado para o Prof. Dr. Reinaldo Gen Ichiro Arakaki, no 3º ano de vigência do projeto.