

# Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado a Otimização do Transporte florestal

Acad. Fausto Scapini <sup>1</sup>  
Eng. MsC. Marcos Benedito Schimalski <sup>2</sup>  
Eng. Ricardo Dragoni <sup>3</sup>

<sup>1</sup> UNC – Curso de Eng. Florestal  
CEP 89460-000 CANOINHAS SC  
faustoscapini@ig.com.br

<sup>2</sup> UNC – Curso de Eng. Florestal  
CEP 89460-000 CANOINHAS SC  
mbs@cni.unc.br

<sup>3</sup> PMPU – Prefeitura Municipal de Porto União  
CEP 89430-000 PORTO UNIÃO SC

**Resumo:** O transporte florestal é um dos parâmetros para a elaboração do custo da madeira. Em um mundo globalizado, busca-se reduzir custos e aumentar a qualidade. O principal fator a ser considerado no transporte florestal são as condições das vias de ligação entre os centros produtores (florestas) e os beneficiadores (fábricas). Esta pesquisa testou as ferramentas disponíveis no programa SPRING 4.0 para a análise de rede do sistema viário do município de Porto União em Santa Catarina. Para a compilação da base cartográfica foram empregadas técnicas de posicionamento através de satélites artificiais com método relativo. São apresentadas as precisões obtidas no levantamento do eixo das estradas, bem como o teste com as ferramentas para análise de rede e seu potencial uso no setor de transporte florestal.

**Palavras chaves:** Análise de redes, SIG e GPS.

**Keywords:** Network Analysis, GIS e GPS.

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte florestal é um dos componentes do custo da madeira. Em um mundo globalizado, busca-se reduzir custos e aumentar a qualidade. O principal fator do transporte florestal são as condições das vias de ligação entre os centros produtores (florestas) e o beneficiadores (fábricas).

Determinar as condições e parâmetros das mesmas possibilitam otimizar os custos do frete. Este trabalho pretende testar as ferramentas do SIG ( Sistema de Informações Geográficas) para otimizar o transporte florestal.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como *Sistemas de Informação Geográfica* (SIG).

Um sistema de geoprocessamento pode ser tratado como tal, destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente ( ou georeferenciados), desde sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc; devendo prever recursos para a estocagem, gerenciamento, manipulação e análise.

Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome Sistemas de Informações geográfica ( ou Geographic information System – GIS ) é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos ( alfanuméricos) com ênfase a análise espaciais e modelagens de superfícies.

O SPRING é também um SIG, entretanto será aqui tratado como um Banco de Dados Geográfico, termo aqui considerado, uma vez que foi concebido com todas ferramentas de um sistema de informação dentro de estrutura de banco de dados relacionais.

Como um sistema de geoprocessamento o SPRING não é simplesmente um sistema computacional projetado para fazer mapas, embora ele possa criar mapas em diferentes escalas, em diferentes projeções e com diferentes cores, ele é, principalmente, uma ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões.

## 2.2 SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL ( GPS)

Sem dúvida, nesta última década, um dos mais importantes avanços na tecnologia de levantamentos cartográficos foi o aparecimento dos GPSs. Uma vez fixada e aceita a forma da Terra como um elipsóide, as técnicas de posicionar um ponto de sua superfície em relação a um determinado referencial têm avançado, no sentido de que precisões cada vez maiores sejam atingidas. Dessa forma, as triangulações que foram iniciadas no século XVII na França têm se desenvolvido bastante.

Em 1991, o GPS entrou em operação e, em 1993, a constelação de satélites foi concluída. Pode-se dizer que o GPS foi projetado de forma que em qualquer lugar do mundo e a qualquer momento existam pelo menos quatro satélites acima do plano do horizonte do observador.

A classificação dos receptores pode ser feita, genericamente, pelo tipo de aplicações a que se destinam. Assim, temos as aplicações voltadas para o posicionamento em tempo real ( navegação), que se caracteriza pela observação dos códigos C/A e P e aquelas voltadas para aplicações estáticas que se utilizam, principalmente, da fase das portadoras L1 e L2.

Para a aquisição da posição de determinada latitude-longitude ou coordenadas UTM, o receptor GPS precisa somente receber o sinal de 3 satélites. Entretanto, para a posição de altitude, no mínimo são necessários receber os sinais de 4 satélites. A operação de nivelamento é onerosa e bastante demorada.

Para eliminar a necessidade de o usuário imobilizar um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso para as estações, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS ( RBMC) estabeleceu 9 estações com receptores de última geração. A operação das estações da RBMC é totalmente automatizada e permite ao interessado obter, com o GPS, as coordenadas geodésicas de um ponto qualquer do território nacional, estas informações são fornecidas em dois tipos de arquivos.

Atualmente, as técnicas de determinação das coordenadas devem ser gravadas em arquivos no formato RINEX 2 ( Receiver Independent Exchange Format Version 2) para facilitar a portabilidade dos dados e a migração dos dados para aplicativos de correção do erro.

As técnicas de determinação das coordenadas podem ser agrupadas em:

- Posicionamento estático quando 2 ou mais receptores fixos observam os mesmos satélites durante 1 hora ou mais, determinando-se as componentes dos raios vetores definidos pelas estações com uma precisão de 1 a 2 partes por milhão (ppm);
- Posicionamento cinemático contínuo ou semi-cinemático (*stop-and-go*), quando um receptor é mantido fixo e o outro móvel. No caso do posicionamento cinemático contínuo, a taxa de observação é de 1 segundo.
- Posicionamento pseudocinemático ou pseudo-estático, quando um receptor é mantido fixo enquanto outros, itinerantes, ocupam as mesmas posições mais de uma vez (2 ou 3), durante períodos de tempo de alguns minutos, separados por pelo menos uma hora;

- O posicionamento estático-rápido ( *fast static*) corresponde ao pseudocinemático sem a necessidade de ocupação das estações itinerantes mais de uma vez;

Solução das ambigüidades em tempo real ( *ambiguities fixing on the fly*) equivale ao estático-rápido com o receptor itinerante se movendo continuamente.

O sinal de satélite GPS pode ser absorvido ao atravessar alguns materiais, como por exemplo, as folhas das árvores, porém, atualmente, o sinal não consegue atravessar sólidos que, possuam alguns centímetros de espessura. Dessa forma, pode-se perceber que, nas cidades que possuem uma grande quantidade de edifícios ou nos vales encaixados, os receptores de GPS não conseguem receber qualquer sinal. Para o recebimento dos sinais, a melhor posição é aquela em que o operador se coloca ao sul da antena, no hemisfério sul, e o contrário, no hemisfério norte. (SILVA,1999).

## 2.3 SISTEMAS DE COORDENADAS

Um objeto geográfico qualquer, como uma cidade, a foz de um rio, ou o pico de uma montanha, somente poderá ser localizado se for possível descrevê-lo em relação a outros objetos com posições conhecidas. Trata-se de determinar sua localização em uma rede coerente de coordenadas.

Quando se dispõe de um sistema de coordenadas como referência, pode-se definir a localização de qualquer ponto na superfície terrestre.

O SPRING trabalha com os sistemas de coordenadas geográficas e planas.

### 2.3.1 SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

É o sistema de coordenadas mais antigo. Nele, cada ponto da superfície terrestre é localizado na interseção de um meridiano com um paralelo.

Meridianos são círculos máximos da esfera, cujos planos contêm o eixo de rotação ou eixo dos pólos. Meridiano de origem ( também conhecido como inicial ou fundamental) é aquele que passa pelo antigo observatório britânico de Greenwich, escolhido convencionalmente como a origem (0°) das longitudes sobre a superfície terrestre e como base para a contagem dos fusos horários. A leste de Greenwich os meridianos são medidos por valores crescentes até + 180°. A oeste, suas medidas são decrescentes até o limite mínimo de – 180°.

Os paralelos são círculos da esfera cujo plano é perpendicular ao eixo dos pólos. O Equador é o paralelo que divide a Terra em dois hemisférios ( Norte e Sul) e é considerado como paralelo de origem (0°). Partindo do Equador em direção aos pólos tem-se vários planos paralelos ao Equador, cujos tamanhos vão diminuindo até se tornarem um ponto nos pólos Norte (+90°) e Sul (-90°). Representa-se um ponto na superfície terrestre por um valor de latitude e longitude, onde latitude de um lugar é a distância angular entre um ponto qualquer da superfície terrestre e o meridiano inicial ou de origem, e longitude é a distância angular entre um ponto qualquer da superfície terrestre e a linha do Equador.

Por exemplo, Leme-SP, situa-se ao sul do Equador e a oeste de Greenwich, tendo latitude e longitude negativas. Como a latitude e a longitude são ângulos, suas medidas são tradicionalmente representadas em graus, minutos e segundos. Então, as coordenadas geográficas de Leme são:

S 22° 11' 04" latitude sul

W 47° 23' 01" longitude oeste.

Por ser um sistema que considera desvios angulares a partir do centro da Terra, o sistema de coordenadas geográficas não é um sistema conveniente para aplicações onde buscam-se distâncias ou áreas. Para estes casos, recomenda-se o uso de um sistema de coordenadas mais adequado, como por exemplo, o sistema de coordenadas planas.

### 2.3.2 SISTEMAS DE COORDENADAS PLANAS

O sistema de coordenadas planas, também conhecido por sistema de coordenadas cartesianas, baseia-se na escolha de dois eixos perpendiculares, usualmente os eixos horizontal e vertical, cuja intersecção é denominada origem, estabelecida como base para a localização de qualquer ponto do plano. A origem normalmente tem coordenadas planas (0,0), mas pode, por convenção, receber valores diferentes, denominados offsets. Assim, pode-se ter a origem com coordenadas ( *offset\_x*, *offset\_y*).

Nesse sistema de coordenadas, um ponto é representado por dois números: um corresponde à projeção sobre o eixo x (horizontal), normalmente associado à longitude, e outro correspondente à projeção sobre o eixo y (vertical), normalmente associado à latitude.

Os valores de x e y são referenciados conforme um sistema cartesiano, que representa, como exemplo, as coordenadas de Leme – SP, onde:  $x = 254.000$  m e  $y = 7.545.000$  m.

Em um SIG as coordenadas planas normalmente representam uma projeção cartográfica e, portanto, são relacionadas matematicamente às coordenadas geográficas, de maneira que umas podem ser convertidas nas outras.

Fonte: w.w.w.inpe.br

## 2.4 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

De acordo com BURROUGH (1989), 'considerando um ponto de vista puramente técnico, um SIG pode ser definido como a integração de um conjunto de configurações de programas e equipamentos computacionais para a coleção, armazenagem, estruturação, manipulação, análise e visualização de Isto reflete que os componentes físicos de um SIG, bem como o seu desempenho e correto dados espaciais referenciados a um sistema de coordenadas geográficas. funcionamento, dependerão de computadores com melhor desempenho de processamento e de pessoal qualificado para a sua operação'.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DE UM SIG

Segundo BURROUGH (1989). o termo sistemas de informações geográficas ( SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Devido a sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias ( água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- como ferramenta para produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos;
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Estas três visões o SIG são antes convergentes que conflitantes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Para esclarecer ainda mais o assunto, apresentamos a seguir:

DUEKER (1999): "um caso especial de sistemas de informações, no qual o banco de dados consiste em informações sobre características distribuídas especialmente, atividades ou eventos, os quais são definidos no espaço como pontos, linhas ou áreas. Os SIGs manipulam os dados acerca destes pontos, linhas e áreas para estabelecer perguntas *ad hoc* e análises."

BURROUGH (1986): "um poderoso elenco de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real."

DEVINE e FIELD (1986): " uma forma de sistemas de gerenciamento de informações que permite exibir mapas de informações gerais."

Estas definições de SIG refletem, cada uma á sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização. A partir destes conceitos, é possível indicar as principais características em que o SPRING está incluindo:

- Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.
- Oferecer mecanismos para as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise e para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

## 2.6 UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

ROSSETO (1999) cita que, os GIS constituem uma das melhores formas de armazenar informações que alimentam estes modelos logísticos, bem como sistemas de informações associados, devido ao caráter espacial dos dados. São exemplos de informações georreferenciadas relacionadas ao aspecto de logística de transporte:

- Áreas ou zonas de venda e/ou distribuição;
- Pontos de consumo ou distribuição (clientes);
- Centros de armazenagem, distribuição ou produção;
- Terminais de integração;
- Rede viária;
- Rotas;

A associação destas entidades a coordenadas geográficas permite efetuar operações de geoprocessamento que, acopladas aos modelos de simulação e otimização, constituem-se numa ferramenta sem equivalente. Como exemplo, pode se responder a perguntas como:

- Onde está localizado, no mapa, determinado endereço;
- Área onde está o cliente;
- Distância entre clientes;
- O mais próximo ao cliente da rede de transporte;

Além disso, os softwares de GIS, com os recursos de edição geográfica, interface com GPS, e geocodificação facilitam a entrada e manutenção da base de dados. Outra vantagem é permitir a utilização dos mesmos dados para fins logísticos, marketing, planejamento de venda e informações gerências.

## 2.7 A TECNOLOGIA DA GEOINFORMAÇÃO NA OPERAÇÃO LOGÍSTICA

Portanto convém lembrar das palavras de ROSSETTO quando diz que 'a logística envolve um conjunto de técnicas e métodos que visam tornar uma operação possível e eficiente. A logística de transporte (ou "outdoor") é a responsável por otimizar a cadeia de fornecimento e distribuição dentro do processo produtivo. No Brasil, a preocupação com a eficiência nas últimas décadas ficou atrofiada por dois motivos principais: a preocupação com ganhos financeiros e o isolamento em relação ao mercado externo. Nos últimos anos, as mudanças econômicas motivaram as empresas na busca pela produtividade. Nesta busca, a logística desempenha um fator predominante, principalmente considerando-se as dimensões continentais do país.

A natureza espacial das operações logísticas de transporte exige o intenso uso de mapas. Além de simplesmente substituir os mapas em papel com alfinetes pelo computador, o geoprocessamento possibilita automatizar tarefas de planejamento e controle operacionais, assim como o uso de tecnologias GIS E GPS. No seu atual estágio, estas tecnologias podem suprir grandes necessidades do setor, que afeta de maneira direta todos os custos de produção e qualidade de atendimento a clientes.

Um sistema de informações geográficas integrado a modelos de simulação e otimização é uma ferramenta de programação essencial para empresas de distribuição, resultando em significativas reduções de custos. Adicionalmente, sistemas de controle associados a informações de posicionamento por GPS permitem o rastreamento e controle de veículos em tempo real.

Alguns exemplos de problemas logísticos que as geotecnologias podem auxiliar a solucionar são:

- Onde localizar uma unidade de produção visando economia de transporte?
- Como definir regiões de distribuição ou áreas de venda, bem como locais de centros de distribuição?
- Qual a melhor rota para meu veículo seguir?
- Qual centro de distribuição atende cada cliente?
- Os fretes cobrados pelo transportador estão adequados?
- Quais os melhores trajetos para varrer as ruas de uma cidade, ou ler o consumo de energia, água, etc.?
- Onde está meu veículo? Ele chegará a tempo no meu cliente?

## 2.8 ANÁLISE DE REDES

Análise de redes é o processo de modelagem de sistemas de transportes baseia-se em distâncias e grafos (representações matemáticas de redes de transporte) que permitem a aplicação de algoritmos de simulação ou otimização os fluxos de transportes. Esta é a forma tradicional de modelar um sistema de transportes, onde os trechos (ou arcos) podem representar ruas ou vias, e os nós (pontos de conexão e extremidade dos trechos) podem representar fábricas, depósitos, cruzamento entre vias, entre outros. Associado a cada nó e trecho podem existir conjuntos de atributos, tais como distância, velocidade, custo, e outros, no mesmo conceito de bancos de dados geográficos tratados por GIS.

A partir disto, podem ser construídos modelos dos mais simples até os mais complexos que respondam perguntas como:

- Qual a distância entre um ponto e outro?
- Qual o melhor caminho, em termos de menor distância, menor tempo, ou outra variável?
- Dado um conjunto de clientes e um conjunto de depósitos, quais depósitos atendem quais clientes?
- Qual a melhor rota para atender um conjunto de clientes?
- Dado um conjunto de pontos para venda, como dividi-los em conjuntos equivalentes de vendas (áreas)?

## 2.9 MODELOS DE SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

Os modelos de simulação e/ou otimização mais importantes, usualmente empregados, e que podem estar associados ao GIS são:

- Caminho mínimo\_entre os pontos, em que, dados dois ou mais pontos, procura-se obter a melhor rota que os interliga;
- Rotas multimodais que constitui um caso geral do caminho mínimo para redes de vários modos. Neste caso existe, ainda, restrições e custos ( impedâncias) para transferência entre um modo e outro de transporte. Com este tipo de recurso ou o anterior é possível a delimitação de linhas de iso-custo ou isócronas (tempo) de transporte, em torno de um ponto do mapa;
- Agrupamento ( cluster), onde, dado um conjunto de pontos com informações (por exemplo, demanda por um produto) deve-se definir agrupamentos de áreas ou pontos de venda com volumes equivalentes (mesma demanda total ou mesma distância percorrida, por exemplo);
- Particionamento, usado quando se deseja criar áreas contíguas que são compostas por áreas geográficas menores. Dada uma região geográfica, por exemplo, setores censitários são agrupados em sub-regiões, para um valor equivalente da soma de um atributo;
- Localização de pontos de facilidades ( facility location), onde, dados alguns locais candidatos e os pontos de demanda ou produção, é possível definir quais são os locais ótimos em termos de custos operacionais de transportes;
- Roterização, modelos para determinar rotas de veículos para atender determinado grupo de cargas a serem coletadas ou distribuídas. Podem considerar parâmetros de capacidade de veículos e horários de atendimentos dos clientes ( janela de tempo), além de parâmetros da rede de transporte.

Alguns modelos, mais simplificados, podem utilizar distâncias geométricas entre pontos como medida do deslocamento de transporte necessário, na falta de uma rede de transporte. Entretanto, a maior parte destes modelos está baseada no conceito de grafos, em que o caminho entre dois pontos pode ser calculado a partir de parâmetros mantidos na base de dados do GIS. Estes parâmetros incluem distância, tempo de viagem, função de custo ( custo generalizado) ou outros' ( 1999,p.30).

## 2.10 CONTROLE OPERACIONAL

Segundo XAVIER (2002) 'a tecnologia de processamento também pode ser utilizada nas tarefas de operação de transporte, como controle de cumprimento dos serviços. Existem hoje sistemas baseados em tecnologia de GPS que permitem rastrear os veículos automaticamente. Este rastreamento pode ser "on line", devendo existir um sistema de comunicação com veículo acoplado, ou "on line", sendo gravado em um microcomputador de bordo, com os dados transferidos ao escritório a posteriori.

O GPS fornece informações de coordenadas da posição do veículo, horário e direção, podendo-se calcular velocidade, afastamento de um itinerário pré-definido ou comprimento de programação de serviços. Outro recurso de geoprocessamento muito utilizado é a chamada "cerca eletrônica". Onde o sistema identifica posições de um veículo que ultrapassem determinada área de atuação restrita definida. Também pode ser definida como itinerário e distância de tolerância(buffer).

As vantagens do uso destas tecnologias são várias, podendo-se destacar:

- Controle de serviços prestados do motorista ou transportador;
- Controle de risco ( monitoramento contra roubos e acidentes);
- Estimativa de disponibilidade de veículos e pessoal ( permitindo programar serviços futuros com o

mínimo de ociosidade);

- Localizar veículo mais próximo para determinado serviço (rotas dinâmicas), (2002,p.46).

## 2.11 BASES DE DADOS

De acordo com CHOEFI (1999), quando cita que 'para um mapa digital seja utilizado em modelos matemáticos é imprescindível que:

- A base de dados seja vetorial;
- A rede de transporte esteja topologicamente consistente;
- As conexões existentes entre os trechos viários estejam representadas corretamente na base de dados.

As informações complementares associadas á rede de transporte podem variar, dependendo do modelo utilizado, porém, as mais usuais são:

- Distância;
- Velocidade média;
- Tipo de via, ou condições de pavimento;
- Restrições, tais como:
  - Sentido (mão de direção)
  - Conversões proibidas;
  - Velocidades máximas e mínimas permitidas;
  - Capacidade do trecho.

O custo de manutenção de bases de dados com muitas informações, dificilmente disponíveis de imediato, resultam em buscas de simplificações na modelagem. No caso de controle de veículos, bases de dados matriciais (raster) podem ser utilizadas na forma georreferenciada como "pano de fundo" para rastreamento de veículos, não permitindo, no entanto, o uso de recursos de geoprocessamento e modelagem matemática mais elaborados.

Outra das aplicações de GIS é o endereçamento (address matching) através do qual, um ponto pode ser localizado no mapa, dado seu endereço (logradouro, número, CEP, bairro e cidade). Esta informação é básica para a aplicação de qualquer modelo ou uma análise logística. Neste caso, os mapas precisam Ter as informações necessárias e este processo de geocodificação. Em geral, são utilizados CEPs para uma localização mais expedita e numeração inicial e final por face de quadra, juntamente com CEP de denominação. Os algoritmos de endereçamento devem, sempre que possível, considerar sinônimos, erros de grafia e abreviações.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 MATERIAIS

- 01 Automóvel (cedido pela prefeitura municipal),
- 01 Par de receptores Astech Promark 2,
- 01 Micro-computador,
- Programa Ez-Survey,
- Programa Spring 4.0,
- AutoCad 2002;
- Programa Office 2000.

### 3.2 METODOLOGIA

#### 3.2.1 COMPILAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Como o município não dispunha de uma base cartográfica a respeito da sua malha viária optou-se pela técnica empregada para o georeferenciamento foi o posicionamento via satélite, utilizando o Sistema Global de Posicionamento (GPS).

Neste sentido foram empregadas as técnicas de posicionamento:

- Pontual: Stop and Go, com tempo de ocupação de 2 minutos, intervalo de gravação de 2 segundos;
- Linear: Cinemático, com intervalo de gravação de 2 segundos.

Em ambos os casos o posicionamento preciso ocorreu com pós-processamento dos dados obtidos a campo (móvel) a partir da correção oriunda dos dados obtidos por uma estação de referência (base).

O equipamento empregado para a obtenção dos dados a campo foi o receptor produzido pela Astech, modelo Promark II. Este equipamento tem a seguinte configuração:

- Dez canais para recepção dos sinais dos satélites;
- Capacidade de recepção da onda portadora L1 e do código C/A;
- Capacidade de armazenagem de oito MegaBytes;
- Antena externa do tipo topográfica, modelo 700829 da Astech;
- Intervalo de gravação das observações satelitais a cada 2 segundos.

Os dados de base foram obtidos através da rede mundial de computadores e compreendem as estações de referência:

- PARANA: localizada no Centro Politécnico na Universidade Federal do Paraná pertencente a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). Compreende um receptor de sinais marca Trimble, modelo 4000 SSI. As coordenadas de referência empregadas foram:

- Latitude: 25° 26' 54,1321" S;
  - Longitude: 49° 13' 51,41144" W;
  - Altitude Elipsoidal: 925,705.
  - Datum Horizontal: SAD-69 (South American Datum)
- O formato dos dados desta estação é o RINEX.

- CELESC: localizada na matriz da empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina em Florianópolis. Compreende um receptor de sinais marca Trimble, modelo Pathfinder ProXr. As coordenadas de referência empregadas foram:

- Latitude: 27° 35' 19,05300 S;
  - Longitude: 48° 29' 53,228 W;
  - Altitude Elipsoidal: 46,000 m;
  - Datum horizontal: WGS-84 (World Geodetic System).
- Formato dos dados é o RINEX.

- LAGES: localizada no centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina. O receptor é marca Trimble, modelo CBS. As coordenadas de referência empregadas foram:

- Latitude: 27° 47' 32,55245" S;
  - Longitude: 50° 18' 13,51869" W;
  - Altitude Elipsoidal: 942 m;
  - Datum horizontal: WGS-84.
- O formato dos dados é o SSF.

Os dados obtidos pelo receptor móvel foram descarregados no computador pessoal e carregados no programa Astech Solutions 2.6. Os arquivos referentes às observações das estações de base foram descarregados através da rede mundial de computadores nos respectivos endereços eletrônicos. Para os arquivos obtidos na estação de Lages foi necessária a conversão para o formato RINEX.

Para o processamento no programa foi utilizada a técnica de rede (Network) que permite o ajustamento dos vetores base-móvel. Desta forma foi possível melhorar consideravelmente a acurácia dos pontos obtidos no levantamento de campo.

Adicionalmente, elaborou-se a carta imagem do município, pois as cartas do IBGE apresentam uma grande defasagem temporal (elaboradas a partir de aerofotos do ano de 1966). Para esta finalidade foi empregada uma imagem do sensor Landsat 7, referente ao dia 13 de janeiro de 2001, sendo a órbita escolhida 221 e o ponto 78. As etapas de trabalho compreenderam:

- Registro da imagem satelital: para a classificação do uso do solo foram utilizados os canais 5, 4, 3 e pancromático do referido sensor. Estes canais foram registrados empregando-se o programa Raster com o modelo matemático Afim Geral no Plano. Os pontos de controle empregados foram obtidos a campo com auxílio de receptores de sinais GPS de navegação e distribuídos uniformemente sobre a área de interesse. O total de pontos de controle empregados foi nove;

- Processamento digital da imagem satelital: concluído o registro dos canais, realizou-se o processamento digital da cena. Inicialmente, foi obtida uma imagem híbrida composta da fusão dos canais 5,4,3 e pancromático, o que resultou em uma imagem com 15 metros de resolução geométrica. Esta foi

então sobreposta ao limite da bacia hidrográfica e então recortada, de tal maneira que somente a área da bacia fosse visualizada. Adicionalmente foram empregados filtros passa alta, visando destacar os limites de uso do solo.

### 3.2.2 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Normalmente, os trabalhos para a implantação de um SIG acontecem na seguinte sequência:

- *geração das bases cartográficas*: é o processo de obtenção dos dados representativos da realidade física (dados geográficos);

- *adequação das bases cartográficas*: é uma das etapas mais demoradas pois, em muitos casos as bases cartográficas são geradas em um formato de arquivo digital não compatível com o SIG adotado, sendo necessária a importação destas bases, ocorrendo uma série de inconsistências. Um exemplo bastante típico é aquele relacionado com os textos. Concluída a etapa de formatação dos dados geográficos procede-se todo o trabalho de criação topológica;

- *padronização das informações alfa-numéricas*: todas as informações não-gráficas (tabelas, textos, imagens digitais entre outras) deverão estar contidas em um banco de dados relacional e interligadas (as informações provêm de várias fontes, tais como, tributação, administração, planejamento, educação e saúde) por um elemento comum. Neste trabalho o elemento comum escolhido foi a indicação fiscal de cada lote urbano, uma vez que o mesmo é único;

- *ligação do banco de dados alfa-numérico com a base cartográfica*: a etapa subsequente envolve a ligação das informações tabulares com a sua ocorrência geográfica. Esta pode ser considerada a etapa primordial para a extração de informações corretas do SIG, pois as conexões feitas de forma errônea ocasionarão efeitos não previsíveis.

A Figura 01 mostra estas etapas convencionais para implantação de um SIG.



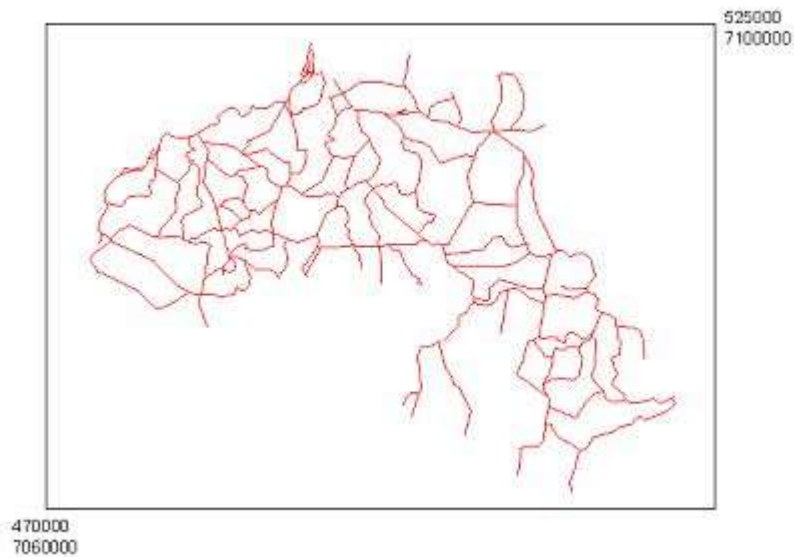
figura 1

## 4. RESULTADOS

A análise do pós-processamento das observáveis do GPS (L1 e C/A) apresentou as seguintes precisões:

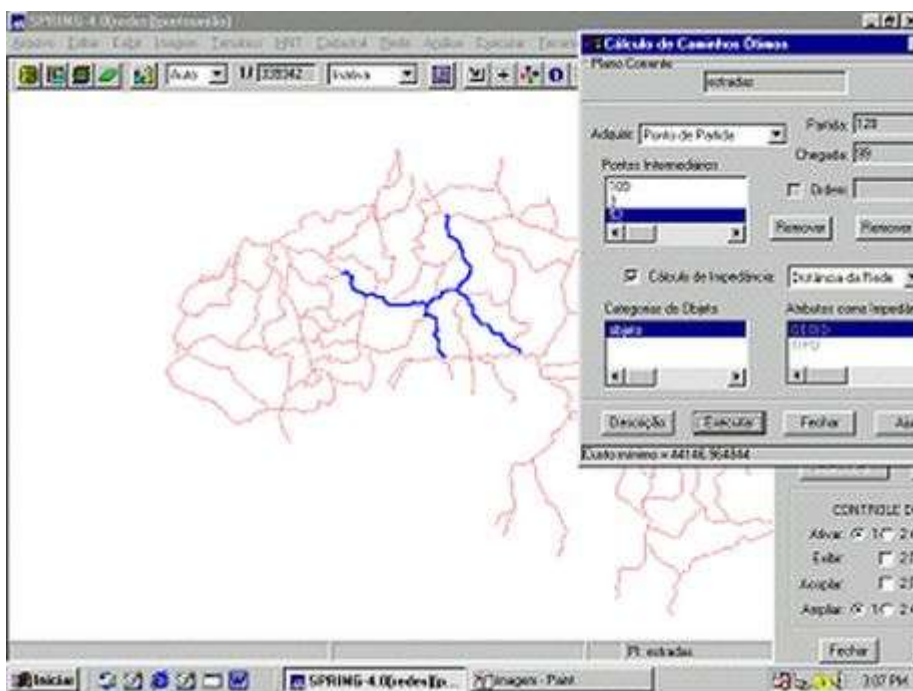
- estático rápido: -0,35 a 0,40 metro;
- cinemático: -0,70 a 1,80 metro.

Considerando a acuidade visual de 0,20 milímetro é possível verificar que as observações possibilitam a criação de uma base cartográfica em escala 1/10.000. A figura 02 apresenta a malha viária municipal obtida.



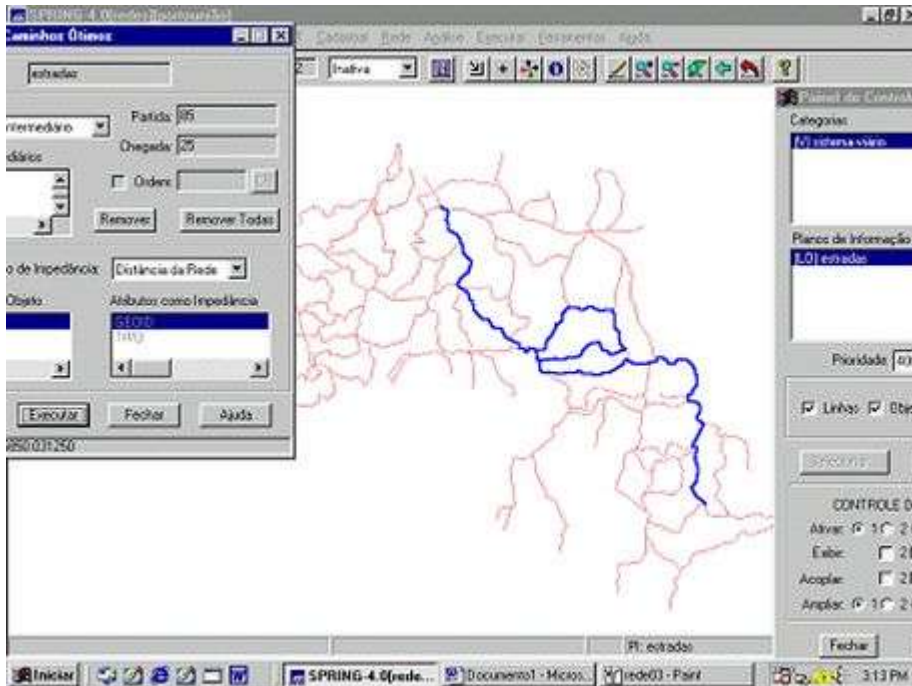
**figura 2:** Sistema Viário

Procedida a edição gráfica e tratamento topológico o mapeamento obtido foi então inserido no programa Spring 4.0. Foram então realizados testes verificando-se a funcionalidade referente a análise de redes. As figuras 03, 04 e 05 apresentam a funcionalidade com testes valendo-se do posicionamento de pontos de referência municipais.



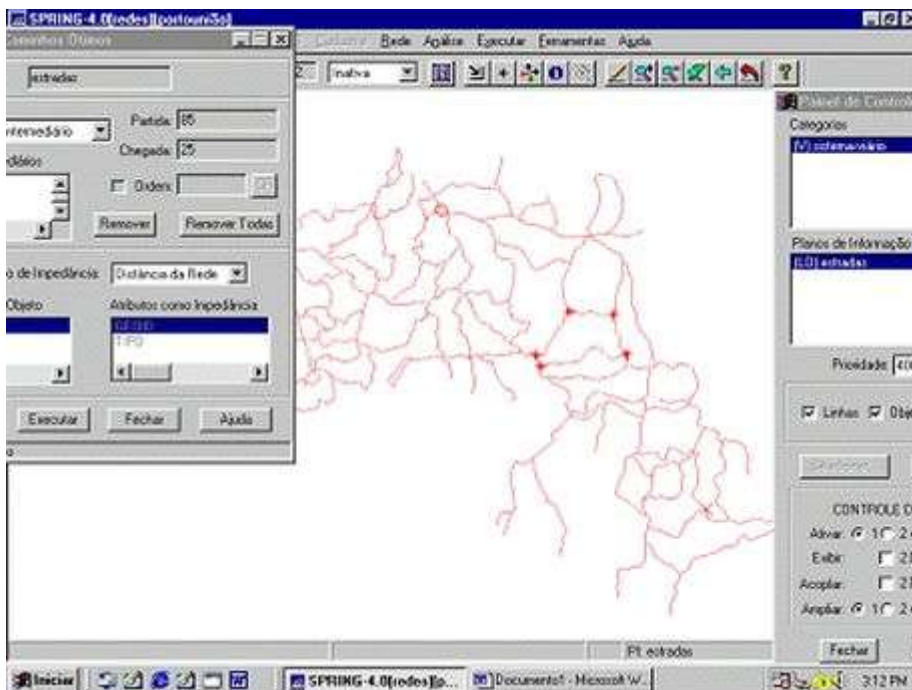
**figura 3:** PRIMEIRO TESTE PARA ANÁLISE DE REDE

Neste teste foram selecionados 04 pontos, sendo um o de partida e três o de destino. A funcionalidade do programa conseguiu determinar o melhor caminho para as três situações.



**Figura 4: SEGUNDO TESTE DE REDE**

No segundo teste foram escolhidos 06 pontos e novamente o programa conseguiu determinar o melhor caminho.



**Figura 5: TERCEIRO TESTE DE REDE**

Para o terceiro teste o programa não conseguiu encontrar o melhor caminho. Após análise cuidadosa verificou-se que um trecho do sistema apresentava falhas de ligação com o restante da rede, o

que impossibilitou a determinação da melhor trajetória.

## 5. CONCLUSÕES

Com base na pesquisa é possível afirmar:

- o mapeamento do sistema viário por GPS é viável e produz acurácia compatíveis com a escala 1/10.000;
- para reduzir custos é possível conciliar técnicas de mapeamento por aerofotogrametria o que também auxiliaria em outras atividades de planejamento municipal como o cadastro técnico rural;
- o programa Spring 4.0 apresentou interface amigável para a entrada e edição de dados e a ferramenta para análise de redes mostrou-se eficiente;
- para o transporte florestal é aconselhável a associação de atributos referente ao estado da rodovia o que possibilitaria um maior acerto para a otimização do transporte de matéria prima.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems: Methods and Requirements for Landuse Planning. Clarendon. Oxford. 1986

BURROUGH, P. A. Principles Of Geographical Information Systems for Land Ressources Assessment. Clarendo: Press-Oxford. 1989.

CHOHFI, M. Revista de Geoinformação. Curitiba: 1999 – Bimestral.

DEVINE, H. A. e FIELD, R.C. **The Gist of GIS. Journal of Forestry. 1986.**

DUERKER, K.J. **Land Resource Information systems: a Review of Fifteen Years of Experince.** Geoprocessing 1 . 1999

ROSSETO, V. **Revista de Geoinformação.** Curitiba: 1999 – Bimestral.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas-SP:Ed.:Unicamp,1999.

XAVIER, R. **Revista de Geoinformação.** Curitiba: 2002 – Bimestral.

w.w.itid.inpe.br/intro\_sr.htm.> Acesso em: 05 fevereiro.2004.

w.w.w.inpe.br >Aceso em: 10 fevereiro 2004.

w.w.w.dpi.inpe.br/spring/usuario/tutorial. > Acesso em:12 fevereiro.2004.