

“SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: APLICAÇÕES FLORESTAIS”



INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS
PRODUZINDO FLORESTAS COM CIÊNCIA

em convênio com

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ E QUEIROZ”
Departamento de Ciências Florestais

Série Técnica IPEF (ISSN 100-8137) é uma publicação trimestral do **IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**. Publica contribuições originais, que se enquadram como anais de encontros ou monografias, com o objetivo de atualizar o conhecimento sobre temas florestais de grande interesse prático. (tiragem de 300 exemplares)

Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

Conselho de Deliberativo

João Walter Simões – LCF/ESALQ/USP
Rubens Cristiano Damas Garlipp – BAHIA SUL
Wagner Pereira Pinto – CENIBRA
Manoel de Freitas – CHAMPION
Jorge Vieira Gonzaga – RIOCELL
José Carlos Macedo Ferreira – SUZANO
Edgar Campinhos Júnior – ARACRUZ
José Marcos de Freitas – COSIGUA
Mário Sant’Anna Júnior - INPACEL

Conselho Técnico-Científico

Mário Ferreira – ESALQ/LCF
José Otávio Brito – ESALQ/LCF
Fábio Poggiani – ESALQ/LCF
Jorge Vieira Gonzaga – RIOCELL
Rubens Cristiano Damas Garlipp – BAHIA SUL
Manoel de Freitas – CHAMPION

Conselho Fiscal

Francisco Bertolani – DURAFLORA
Raul Mário Speltz – KLABIN
Manoel Carlos Ferreira – EUCATEX

Superintendência Executiva

Gerente Executivo – Walter Suiter Filho – IPEF
Assistente – Carlos Henrique Garcia – IPEF

Comissão Editorial

Editor – Walter de Paula Lima – ESALQ/LCF
Assistente – Marialice Metzker Poggiani - IPEF
Mário Ferreira – ESALQ/LCF
José Otávio Brito – ESALQ/LCF
Fábio Poggiani – ESALQ/LCF
Jorge Vieira Gonzaga – RIOCELL
Rubens Cristiano Damas Garlipp – BAHIA SUL
Manoel de Freitas – CHAMPION

Endereço

IPEF/CTI – Central Técnica de Informações
Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 530
13400-970 – Piracicaba, SP – Brasil
FONE (0194) 33-6155
FAX (0194) 33-6081
TELEX 197881 IPEF BR

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

2. FONTES DE DADOS

2.1. Digitalização Automática

2.2. Sensoriamento Remoto

2.3. Custos, Programação Linear e Simulação

2.4. Inventário, Cadastro e Levantamento de Solos

2.5. Global Positioning System (GPS)

2.6. Observação

3. MANIPULAÇÃO DE DADOS EM UM SIG

4. EQUIPAMENTOS

5. CONCLUSÃO

6. LITERATURA CONSULTADA

“SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: APLICAÇÕES FLORESTAIS”

Hilton Thadeu Zarate do Couto*

1. INTRODUÇÃO

A indústria que utiliza a madeira como matéria-prima de seus produtos é cada vez mais pressionada para um melhor manejo dos recursos naturais e florestais. Os lucros, antes conseguidos através do aumento dos preços, atualmente só são possíveis através da diminuição dos custos de produção.

Dados recentes mostram que o consumo mundial de celulose passará de 150 milhões de toneladas no fim desta década, incluindo neste número a fibra secundária ou reciclada. A FAO estima que o consumo brasileiro de painéis à base de madeira (chapas de fibra e aglomerados, principalmente), passará de 2,24 milhões de toneladas em 1989 para 14,66 milhões de toneladas por ano em 2010.

Muito dessa demanda será reprimido se não houver matéria-prima disponível e se os preços subirem consideravelmente, abrindo espaço para outros produtos, como a alvenaria, o concreto, o aço etc. Portanto, o aumento do preço da madeira, preconizado para os próximos anos, fará com que se invista na produção sustentada desses recursos.

As empresas que utilizam os Sistemas de Informações Geográficas, reconhecem que a habilidade de entender e manejar os recursos florestais pode ser consideravelmente melhorada.

Mas, o que vem a ser um SIG?

Há muitas definições de SIG. O ESRI (1991) apresenta a seguinte:

"Uma coleção organizada de equipamentos para computação eletrônica ("hardware"), programas ("software"), dados georeferenciados e pessoal especializado, projetada para coletar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar visualmente todas as formas de informações geograficamente referenciadas".

Muitos programas para computador como as planilhas eletrônicas (ex.: LOTUS, QUA TIRO, WORKS), os pacotes estatísticos (ex.: SAS, SYSTAT, S-PLUS, SPSS) ou os pacotes para desenho (ex.: AUTOCAD, SURFER, TOPOGRAPH, MAXICAD), podem trabalhar com dados geográficos ou espaciais e não-espaciais (atributos). Entretanto, esses "softwares" não são considerados um SIG, pois não permitem a operação espacial com os dados, também chamada de operação topológica.

Como exemplo simples, considera-se a seguinte tabela:

Núcleo Florestal	Latitude	Longitude	Volume de Madeira (estéreos)
NF1	12°06'31"	38°25'18"	81.146
NF2	11 °36'26"	39°46'15"	126.000
NF3	11°15'21"	39°16'08"	96.318
NF4	12°21'16"	39°36'14"	129.615
NF5	12°28'43"	38°46'15"	212.186
NF6	14°06'08"	40°11 '36"	92.314

* ESALQ/USP – Departamento de Ciências Florestais – Caixa Postal 9 – Piracicaba-SP

As informações contidas nesta tabela permitem que se façam dois tipos de consultas: espaciais e não-espaciais. A resposta a uma consulta não-espacial não requer a utilização da latitude e longitude e nem descreve onde os núcleos florestais estão localizados em relação a uma fábrica consumidora de madeira. Como exemplo deste tipo de consulta temos o volume de madeira existente na empresa.

As consultas espaciais só podem ser respondidas usando os dados de latitude e longitude e outras informações, como a localização-da fábrica.

Um SIG pode então responder prontamente a consultas com:

- a) Qual a rota mais curta para atingir o Núcleo Florestal 1?
- b) Qual o volume de madeira existente num raio de 30 km da fábrica?
- c) Qual a rota alternativa para se atingir o Núcleo Florestal 6, caso haja impedimento da rota principal?

Um SIG típico interliga diferentes conjuntos de dados. Supondo-se que uma empresa deseje conhecer as conseqüências no custo da madeira posta fábrica e na disponibilidade de madeira se aumentar a idade de corte para 8 anos; estudos recentes naquele empresa indicam que cortes em idades baixas prejudicam a fertilidade do solo em determinadas regiões. Neste caso, um SIG integraria arquivos ou base de dados de custos, solos, produtividades, material genético, clima, datas de plantio, que juntos com dados georeferenciados (estradas, (distâncias de pontos importantes, localização da fábrica, declividade do terreno) seriam analisados e ter-se-iam as respostas desejadas.

Há vários modos de um SIG agrupar arquivos ou conjunto de dados: os agrupamentos exatos e não-exatos. Por sua vez, os agrupamentos exatos se dividem em hierárquicos ou aninhados e embaralhados ("fuzzy").

Agrupamento exato ocorre quando se tem em dois arquivos diferentes, informações diferentes sobre a mesma característica geográfica (talhão, por exemplo). Para agrupar os dois arquivos utiliza-se como indexador ou chave a informação comum. Exemplo:

ARQUIVO 1		ARQUIVO 2	
Talhão	Espécie	Talhão	Área (ha)
001	EGR	001	16.8
002	ESA	002	14.3
008	PTA	008	21.6
009	PEL	009	12.1
012	EUR	012	9.8
016	EST	016	16.9

Após agrupar esses dois arquivos ou conjuntos de dados tem-se um terceiro arquivo da seguinte forma:

ARQUIVO 3		
Talhão	Espécie	Área (ha)
001	EGR	16.8
002	ESA	14.3
008	PTA	21.6
009	PEL	12.1
012	EUR	9.8
016	EST	16.9

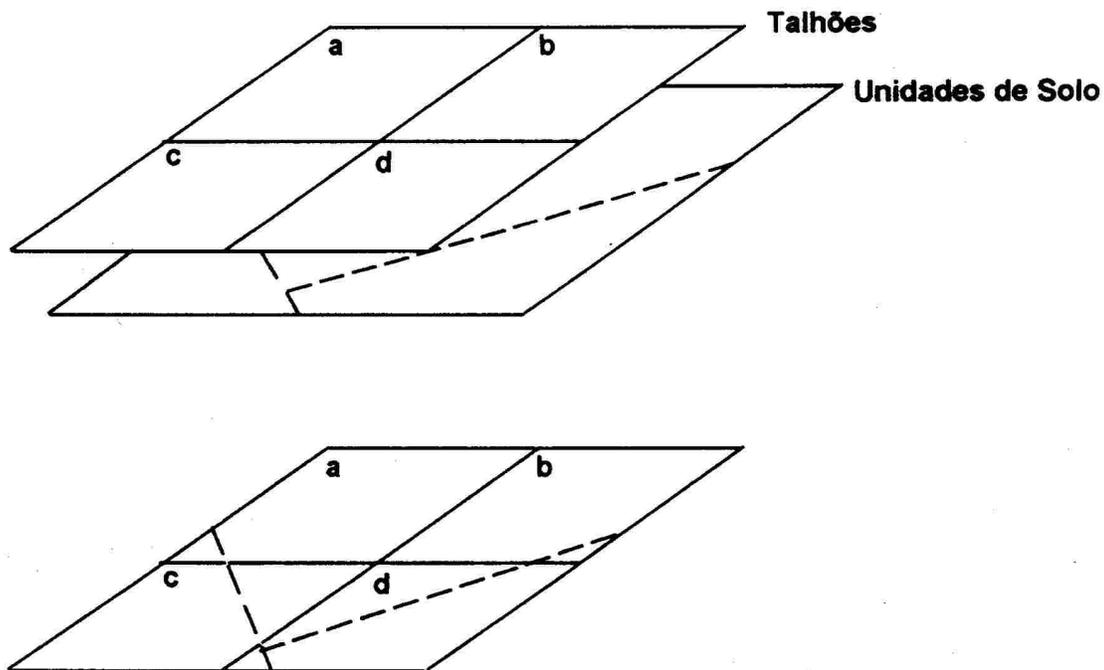
Algumas informações são coletadas com mais detalhes ou em menor frequência que outras. Um exemplo é o Inventário Florestal Contínuo, cujos dados são coletados anualmente ou bianualmente em parcelas de um mesmo talhão. Portanto, os dados de volume se ajustam exatamente dentro de cada parcela, que por sua vez se ajustam exatamente dentro de cada talhão. Este tipo de agrupamento é chamado de agrupamento hierárquico. Exemplo:

Talhão	Parcela	Ano	Volume (est/ha)
001	001	1991	121
001	001	1992	134
001	001	1993	166
001	002	1991	83
001	002	1992	114
001	002	1993	145

Nota-se que várias observações de volume se ajustam dentro de um mesmo talhão.

Muitas vezes os limites de áreas menores não se ajustam em áreas maiores. Isto é muito claro quando se pretende juntar mapas de talhões com mapas de solos. Ao se desejar correlacionar as propriedades dos solos com produtividade de uma determinada espécie florestal, há necessidade de se sobrepor os dois mapas. Este tipo de agrupamento é chamado de embaralhado ou “fuzzy”.

Exemplo:



Portanto, a interligação ou junção de arquivos é uma das mais importantes capacidades de um SIG. Com isto pode-se obter respostas de combinações de várias camadas de informações, ampliando a quantidade das mesmas. A análise independente de cada camada não trará tanta informação quanto as camadas combinadas e novas informações são adicionadas ao banco de dados.

O SIG não é apenas uma nova tecnologia existente no mercado, mas uma nova filosofia para a empresa florestal. O grande poder de um SIG é a sua capacidade de integração. Ele é capaz de trazer variadas formas de informação, de muitas fontes diferentes e relacioná-las através da localização espacial. Ainda, é capaz da análise espacial dessas informações, permitindo que a tomada de decisões seja apenas limitada pela imaginação.

Estima-se que até o ano 2000 existirão no mundo cerca de um milhão de usuários de SIG. Isto significa uma taxa de crescimento anual de 25%, cujos dados se baseiam no crescimento dos últimos 5 anos.

Nota-se que a tecnologia do SIG possui 25 anos, e o crescimento inicial sempre é pequeno face aos custos de desenvolvimento do sistema. O rápido desenvolvimento da tecnologia da informática faz que o custo de um SIG diminua com a melhoria de sua performance.

Trabalho publicado por FRANK, ENGENHOFER & KUHN (1991), pesquisadores do Centro Nacional de Informação Geográfica da Universidade do Maine, Estados Unidos, apresenta as seguintes perspectivas para o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos para o fim desta década, para uma estação de trabalho rodando um SIG:

- CPU com 500 MIPS (milhões de instruções por segundo) de velocidade de processamento;
- 500 Megabytes de memória de processamento ou memória principal;
- 5 Gigabytes de espaço em disco, além de 50 gigabytes adicionais em disco ótico;
- Monitor de densidade de pontos de 2000 x 2000 pixels;
- Velocidade de comunicação de 100 megabits por segundo.

Atualmente uma estação de trabalho típica trabalha com 2 a 10 MIPS, 16 Mb de memória principal, 1 a 2 Gb de disco, monitor de 1200 x 1200 pixels e velocidade de comunicação de 10 Megabits/segundo.

O Setor Florestal continuará sendo um campo de conflitos entre a Conservação e Utilização de Recursos Naturais. Há algumas décadas a floresta representava na mente de muitas pessoas algo bucólico e remoto, local de (azer e cheio de mistérios. Atualmente a floresta, tanto implantada como nativa, tomou-se ponto de controvérsia econômica, comercial, ambiental e política. Isto faz com que pressões de ambos os lados (Conservação e Utilização) exijam do Engenheiro Florestal um grande esforço e conhecimento para responder às questões mais complexas, que envolvam interrelações de muitas variáveis.

Desde o início do desenvolvimento dos SIG, a área florestal está associada a esta tecnologia. O Canadá foi um dos primeiros países do mundo a fazer uso dos SIG para o manejo de recursos florestais.

Os SIG continuam a ser usados para a automação da elaboração de mapas (cartografia automática), com qualidade superior e custo inferior aos mapas manuais. Além disso, são utilizados para a análise dessas informações com o objetivo de seleção de áreas de corte, simulações de cenários de manejo, mapeamento de áreas de grande risco de fogo e explosão de população de insetos, definição de áreas para plantio de determinados materiais genéticos etc.

2. FONTES DE DADOS

As informações que entram num SIG são complexas, pois devem incluir dados sobre posição, possíveis conexões topológicas e atributos.

Os dados de posição geográfica são referenciados a posições na superfície da Terra, usando os sistemas de coordenadas padrão. O sistema de coordenadas pode ser um sistema local ou um sistema de projeção nacional ou internacional como o sistema UTM.

Todos os dados geográficos podem ser reduzidos a três conceitos topológicos básicos: o ponto, a linha e a área (ou polígono).

Um fenômeno geográfico (rio, cidade, talhão, estrada etc.) pode, a princípio, ser representado por pontos, linhas ou áreas e uma identificação dizendo o que ele é. Por exemplo, uma torre de vigia pode ser representada por um ponto consistindo de um par apenas de coordenadas x , y e identificada como "torre de vigia"; uma estrada pode ser representada por uma linha com coordenadas x , y no início e no fim e identificada por "estrada" e um talhão pode ser representado por vários pares de coordenadas x , y e identificado por "talhão". As identificações podem ser nomes reais ou números, identificados através de legendas.

Um mapa é um conjunto de pontos, linhas e áreas que são definidos pela localização no espaço, referenciados por um sistema de coordenadas e pelos atributos não-espaciais.

A legenda de um mapa é a chave que relaciona atributos não-espaciais a entidades espaciais.

Existem dois modos como o computador armazena e trata as informações espaciais: o vetorial e o "raster" ou matricial.

Nas representações vetoriais, os pontos, linhas e áreas são em geral assimilados a pontos, linhas poligonais ou polígonos. A cada um dos pontos destas representações associa-se um par de coordenadas.

As estruturas de dados "raster" consistem de um conjunto ou malha de células (algumas vezes chamado pixel ou elemento de figura). Cada célula dessa malha é identificada pelo número da linha e da coluna e contém um número representando o tipo ou valor do atributo mapeado.

Alguns SIG utilizam a representação vetorial, onde cada ponto de um mapa possui a sua coordenada x , y . A quantidade de informação armazenada de um mapa é muito grande. Uma área florestal de cerca de 6.000 ha pode ocupar um espaço de 8 Megabytes de memória. Outros utilizam a representação raster ou matricial. Um sistema utilizado é o chamado Quadrees ou Árvores Quaternárias. Este sistema consiste na divisão do mapa em quadrantes, de modo que cada quadrante seja homogêneo. O limite mínimo de divisão é um pixel. Este sistema ocupa menos memória que o sistema vetorial.

Entretanto os SIG possuem a capacidade de transformação de representações vetoriais em "raster" e vice-versa, dependendo da necessidade de integração de dados.

Outro aspecto importante de um SIG é a relação espacial entre os componentes de um mapa. Estas relações são obtidas usando topologia. Por exemplo, se deseja-se traçar a rota de transporte de madeira de uma região para a fábrica, isto é feito através de conexão de linhas, identificações de áreas e pontos.

Topologia é definida como um procedimento matemático para definir explicitamente relações espaciais. Nos mapas a topologia define as conexões entre aspectos e identifica polígonos adjacentes.

Os SIG criam e armazenam relações topológicas, de modo que maior quantidade de dados é processada mais rapidamente. Quando existem relações topológicas, a capacidade

de análise, modelagem de fluxos em uma rede e sobre posição de aspectos geográficos é aumentada.

As principais fontes de dados que alimentam um SIG na área florestal são:

- Mapas (digitalizados manualmente ou através de "scanners");
- Produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens de satélite, videografia);
- Inventários florestais;
- Cadastros florestais;
- Levantamento de solos;
- Custos, simulação e programação linear; e
- GPS (Global Positioning System)

Digitalização é o processo de converter aspectos espaciais em um mapa para a forma digital. Pontos, linhas e áreas que formam um mapa são convertidos em coordenadas x, y. A digitalização manual envolve o traçado de todos os aspectos de um mapa. Isto é feito em uma mesa digitalizadora e um cursor de teclado, programado. É comum o uso de cursor de 16 botões.

2.1. Digitalização Automática

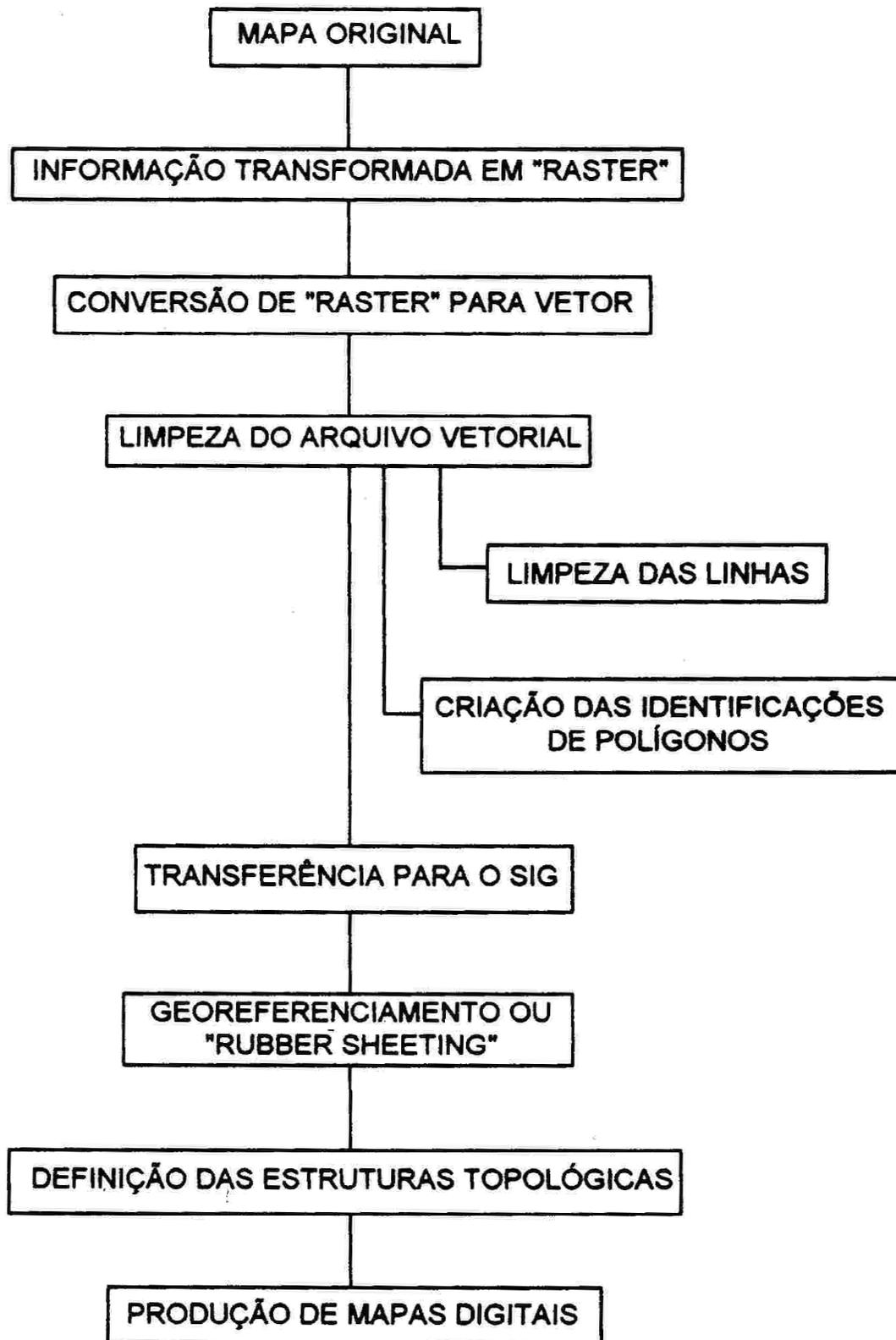
Muitas empresas possuem mapas cartográficos confiáveis e com grande quantidade de informações, obtidas de forma convencional através de levantamentos topográficos, e desejam vê-los transformados em forma digital e integrados em um SIG. Muitas vezes, os mapas cartográficos produzidos por órgãos governamentais (Exército, IBGE etc.) que possuem curvas de nível, podem servir de base para alguns estudos como localização de áreas de reserva obrigatória e de estradas. As informações contidas nesses mapas são também elementos importantes para a integração em um SIG.

Existem duas maneiras principais para a entrada destes dados no sistema: digitalização manual e varredura através de "scanners".

Os equipamentos que fazem a varredura de documentos e os transformam em forma digital são chamados "scanners".

Os "scanners" transformam os mapas em imagens "raster", que posteriormente são transformadas em vetores. Existem no mercado diversos modelos e marcas de "scanners" e à medida em que se necessita de maior precisão e qualidade, ou o mapa a ser vetorizado não apresenta qualidade adequada, maiores os custos desses equipamentos. Outro problema levantado quando se utilizam "scanners" são as distorções dos mapas que podem ser resolvidas se o SIG possuir a capacidade de ajustamento ou "rubber sheeting". Em outras palavras, constrói-se uma rede de pontos verdadeiros e atualizados e ajusta-se sobre o mapa original, corrigindo-o para essas distorções.

Um processo típico de varredura e integração a um SIG é assim apresentado:



A adoção de um sistema de varredura óptica por uma empresa depende de vários fatores:

a) Tempo:

O tempo gasto para a varredura óptica de mapas é muito menor que o tempo gasto para a digitalização manual. Não se pode imaginar, entretanto, que não hajam recursos humanos envolvidos no sistema. Isto ocorrerá principalmente para a limpeza ou edição dos arquivos.

b) Custo:

Dependendo do custo da mão-de-obra envolvida na digitalização dos mapas e da qualidade do mapa original, os custos podem variar consideravelmente. Em países cuja mão-de-obra especializada é cara, a varredura óptica poderá ser a solução. É recomendável que cada caso seja estudado através de um teste piloto.

c) Exatidão:

Os "scanners" de última geração existentes no mercado mundial proporcionam alto nível de exatidão.

"Scanners" com resolução de 600 dpi (pontos por poligada) podem recriar um mapa com exatidão de 0.04% em relação ao mapa original.

d) Terceirização:

A primeira pergunta que uma empresa faz é se esse serviço pode ser terceirizado devido aos altos custos do equipamento e à inutilidade do equipamento após a varredura de todos os mapas da empresa. Ao mesmo tempo há que se considerar se a empresa está disposta a investir em treinamento e desenvolvimento desta tecnologia.

Contratar os serviços de uma empresa especializada nem sempre é uma tarefa fácil, principalmente no Brasil onde são poucos aqueles que possuem esses equipamentos. Além da reputação da empresa, é importante considerar um trabalho piloto. Nem sempre o melhor preço é acompanhado do melhor serviço.

2.2. Sensoriamento Remoto

Desde o lançamento do primeiro satélite de coleta de informações sobre os recursos naturais da Terra em 1972, o Brasil através do INPE e outras instituições públicas e privadas, vem utilizando estes produtos na área florestal.

Sensoriamento remoto é o termo usado para descrever a coleta de dados à distância, sem contacto com o objeto. No seu sentido mais amplo inclui desde as fotos aéreas de grande escala até imagens de satélites meteorológicos de pequena escala (1:1.000.000).

Diversos tipos de dados de diferentes plataformas são disponíveis no Brasil, desde o sensor de baixa resolução do NOAA-A VHRR até o LANDSAT TM (Thematic Mapper) e o SPOT (Satellite Probatoire pour l'Observation de la Terre).

Os SIG em geral apresentam capacidade de utilizar dados dos sensores remotos disponíveis e integrá-los com outros dados, após processamento, como o SPANS, MGE e ILWIS. Alguns SIG não possuem sistemas internos de classificação ou interpretação

automática, mas a interface com outros "softwares" possibilitam a utilização dessa informação. Um exemplo é o ARC/INFO que possui uma interface simples com o ERDAS, um "software" para interpretação automática de imagens do satélite.

Um dos produtos utilizados para a entrada de dados em um SIG é a foto aérea convencional. A grande vantagem deste produto é a resolução, superior às imagens de satélite e à capacidade estereométrica utilizada para estudos em 3D.

Como desvantagem são mencionados os custos de obtenção, interpretação e restituição, e conseqüentemente a impossibilidade de uma atualização contínua. Outro aspecto importante que muitas vezes é esquecido, refere-se à intensidade de trabalho de campo para apoio à interpretação e restituição. A falta de previsão orçamentária para trabalhos de campo pode inviabilizar este produto como fonte de informação para um SIG.

Comparando os custos da informação obtida pelas fotos aéreas e os levantamentos topográficos convencionais, principalmente quando a 3ª dimensão ou os modelos digitais de terreno são importantes, as fotos aéreas são mais baratas.

No Brasil, algumas empresas utilizam fotos aéreas para entrada de informações num SIG, entretanto, com a chegada do GPS isto deverá ser revisto.

Um dos maiores problemas quando se pretende utilizar imagens de satélite para entrada de dados num SIG é a cobertura de nuvens. Considerando os dois principais satélites em órbita, cujas imagens são disponíveis no Brasil, LANDSAT e SPOT, eles podem produzir 2 a 3 imagens por mês, se as nuvens permitirem.

O satélite LANDSAT possui dois tipos de sensores a bordo, o MSS (Multispectral Scanner) e o TM (Thematic Mapper).

O MSS possui uma resolução de 80 m (um pixel possui a dimensão de 80 x 80 m) em 4 bandas ou canais especiais, duas na faixa do visível e duas no infravermelho. Embora este sensor não esteja operacional desde o início de 1991, existem imagens desde 1972 desse produto.

O TM é atualmente a principal fonte de informações para a análise florestal. A resolução é de 30 m em 6 bandas (3 na faixa do visível e 3 no infra-vermelho) a 120 m no infra-vermelho termal.

As bandas 5 e 7 são muito usadas para estudos de umidade do solo e cursos d'água. São respectivamente infra-vermelho próximo e distante. As imagens TM são a principal fonte de dados para o mapeamento temático da vegetação, mas de pouca precisão para o mapeamento cartográfico.

O LANDSAT 6 o próximo satélite da série a ser lançado: terá como sensor o ETM (Enhanced Thematic Mapper) cuja resolução será de 15 m, e as imagens de cada banda serão em preto e branco.

O LANDSAT possui uma órbita de cerca de 700 km de altitude e o ciclo é de 16 dias. Cada cena do LANDSAT cobre 34.000 km² (185 x 185 km).

O satélite francês SPOT produz imagens em dois formatos: no pancromático (preto-e-branco) e resolução de 10m e no formato multiespectral (MSS) com resolução de 20 m, consistindo de duas bandas no visível e uma no infra-vermelho. A alta resolução espacial, principalmente no formato pancromático, faz da imagem SPOT ideal para a cartografia. A plataforma SPOT possui dois sensores móveis e através da estereoscopia pode produzir modelos digitais de terreno com grande aplicação na área florestal. Através da interpretação automática é possível obter mapas na escala de 1:30.000 com grande quantidade de informação.

O SPOT possui órbita de 810 km e um ciclo de 22 dias. Entretanto, quando se pretende a visão oblíqua (estereoscopia), o ciclo é aumentado, pois há necessidade de programação especial do satélite. Este tipo de produto (30) é obtido através de pedido

especial, que dependendo da região e da cobertura de nuvem, pode demorar mais de 12 meses. Uma cena do SPOT cobre uma área de 3.600 km² (60 x 60 km).

Em termos florestais não existe uma clara indicação se o SPOT ou LANOSA T deve ser o sistema mais útil para o mapeamento e inventário, e conseqüentemente para uso num SIG.

Não há dúvida, entretanto, quanto da maior utilidade do LANDSAT TM sobre o LANDSAT MSS para classificação da vegetação, face à maior fidelidade espacial e espectral (maior contraste e resolução).

O SPOT MSS e o LANDSAT TM não apresentam grande distinção. O SPOT apresenta maior resolução e maior utilidade para a cartografia (exemplo: localização de estradas e limites de talhões). Por outro lado, os 6 canais do LANDSAT TM são úteis para o mapeamento temático do solo e da vegetação. Dependendo do nível da hierarquia da classificação da vegetação necessária, pode-se escolher entre os dois sistemas. No Brasil, embora os custos das cenas do SPOT e do LANDSAT são aproximadamente iguais, o custo por km² do SPOT é de cerca de 6 vezes o custo do LANDSAT.

O uso da capacidade estereoscópica do SPOT é praticamente impossível no Brasil face aos custos e incerteza da qualidade das imagens por causa da cobertura de nuvens. Não somente no Brasil como em outras partes do mundo há uma forte preferência para o uso das imagens LANDSAT TM para a área florestal.

As imagens de satélite podem ser classificadas ou interpretadas com sucesso, através de técnicas visuais ou digitais e ambas podem fornecer informações para um SIG.

A escolha da técnica mais adequada depende do volume de dados ou da extensão da área de estudo, da freqüência de atualização dos dados e da capacidade dos recursos humanos envolvidos.

A interpretação visual de imagens em papel (hardcopy) ou dados digitais (no monitor) ou ainda a combinação da interpretação automática e a visual no monitor são as principais formas de entrada de dados em um SIG, devido à alta precisão dessas informações.

Assim como, ao interpretar uma foto aérea, para a experiência do intérprete é de fundamental importância o conhecimento da região, dos temas interpretados (vegetação, solo, estradas etc.) e muito trabalho de campo assegura o sucesso desta informação.

Embora a interpretação visual seja muito precisa, existem dois problemas principais. O primeiro é a demora quando se trabalha com grandes áreas, em comparação com a interpretação automática. O segundo é a falta de experiência do intérprete, principalmente quando não conhece os temas e não faz trabalho de campo.

Uma vantagem do uso das imagens do satélite em relação à foto aérea é o custo de transformação das informações interpretadas para meio digital. É muito mais fácil transferir informações digitais das imagens de satélite para um SIG, pois estas informações já podem vir na forma digital, enquanto que a foto aérea deve ser restituída e digitalizada para posterior entrada no SIG.

Por outro lado, a precisão geográfica das imagens de satélite depende da resolução dos sensores. Numa imagem LANDSAT TM por exemplo, a precisão será de 1 a 2 pixels ou seja de 30 a 60 m, numa imagem de 34.000 km².

Pode-se concluir que:

a) Muito provavelmente as informações obtidas nas fotos aéreas deverão ser obtidas com muito menos custo através do GPS;

b) O Inventário Florestal para estimar volume, massa, classes de qualidade, crescimento, condições fitossanitárias dos povoamentos etc., ainda será a maior fonte de informação para um SIG e dificilmente será substituído por outros sistemas;

c) Para o levantamento regional de disponibilidade de madeira para empresas, as imagens de satélite serão úteis para localização e estratificação das áreas florestais.

2.3. Custos, Programação Linear e Simulação

O SIG dentro de uma empresa florestal deve ser o sistema mais importante para a tomada de decisões emergenciais a curto, médio e longo prazo.

Como situações de emergência pode-se citar a definição de uma rota alternativa de escoamento de produção devido a inundações ou quedas de barreira. Outro exemplo é a orientação a veículos de combate a incêndios florestais.

As decisões a curto, médio e longo prazo, como: a mudança de áreas de corte devido às condições climáticas adversas, a necessidade de cortes antecipados ou atrasos, a definição da idade ideal de corte para cada sítio, a compra ou venda de madeira, em geral envolvem custos.

Os custos servem para o cálculo de critérios de decisão, sendo os mais usados o valor atual da produção, o valor líquido presente, a taxa interna de retomo e o valor esperado da terra.

Esses critérios poderão ser calculados a nível de talhão, unidade de manejo, ou projeto, e dependendo do estudo realizado, para cada regime de manejo. Estes dados poderão alimentar o SIG.

Portanto, é imprescindível que uma base de dados de custos faça parte das fontes de informações para um SIG.

É importante também que os custos históricos da empresa sejam incluídos. Como a atividade florestal é de ciclos longos, todos os gastos e receitas advindos de cada talhão ou unidade de manejo serão úteis.

A base de dados de custos deverá incluir desde o preço da terra, a implantação e os diferentes itens (preparo de solo, adubação, combate à formiga, mudas, plantio, transporte etc.), as manutenções, exploração e os sub-itens abate, toragem, desganhamento, empilhamento, transporte primário, carga, transporte principal e descarga.

Os custos administrativos também são importantes. Estes custos poderão ser subdivididos em custos corporativos, depreciações, manutenções etc.

Uma das ferramentas matemáticas usadas para a tomada de decisão na área florestal é a Programação Linear. A complexidade de um sistema de produção florestal envolvendo grande número de variáveis (clima, solo, idade, custos, espécies, tratamentos culturais) faz com que se estabeleçam modelos matemáticos que através de algoritmos computacionais, alocam-se recursos limitados de atividades competitivas de uma maneira ótima.

Os Engenheiros Florestais, sempre trabalham em situação de restrição de recursos como terra, mão-de-obra, madeira, máquinas, tempo e, principalmente, dinheiro.

Por outro lado, muitas atividades com que trabalham competem por estes recursos. É comum ter-se um quantidade X de máquinas para fazer uma quantidade Y de trabalho, ou a mão-de-obra ser limitada em determinadas épocas do ano e abundante e barata em outras.

Portanto, sempre existirão restrições limitando o leque de opções.

Tomar decisão sobre a melhor alternativa em termos de recursos disponíveis nem sempre é uma tarefa fácil, devido ao grande número de variáveis envolvidas.

O primeiro modo de resolver um problema de programação linear foi inventado por George Dantzig na década de 40, através do método simplex.

Ao lado da simulação, a programação linear é hoje um dos métodos mais usados na pesquisa operacional e manejo florestal.

Os modelos de programação linear envolvem desde a otimização de problemas simples, até modelos complexos envolvendo aspectos econômicos, silviculturais e até ecológicos.

Como um exemplo bastante simples: supondo-se que um pequeno produtor possua uma área de 90 hectares de floresta, sendo 40 ha plantados com *Pinus* e 50 ha com *Eucalyptus*; gastou nos últimos 10 anos 800 diárias para manutenção do *Pinus* e 1500 diárias para manutenção do *Eucalyptus*.

Durante o mesmo período faturou US\$ 36.000 na venda da madeira de *Pinus* e US\$ 60.000 do *Eucalyptus*.

O produtor deseja otimizar a sua produção ou faturamento anual, através de um modelo de programação linear. Portanto, ele deseja maximizar uma função Z, ou seja, quer saber qual a área de *Pinus* e *Eucalyptus* que deve manejar anualmente para obter o máximo retorno.

A função objetivo expressa a relação entre Z, o retorno gerado pela madeira, e as variáveis de decisão X_1 e X_2 , respectivamente, número de hectares de *Pinus* e de *Eucalyptus* a serem manejados.

Como se deseja saber o retorno anual para cada tipo florestal, por hectare e por ano, divide-se o faturamento obtido nos últimos 10 anos pela área e pelos 10 anos. Obtém-se um faturamento de US\$ 90/ha/ano para o *Pinus* e US\$ 120/ha/ano para o *Eucalyptus*.

A função será então:

$$\max Z = 90 X_1 + 120 X_2$$

As restrições serão:

$$\begin{aligned} X_1 &\leq 40 \text{ ha de } \textit{Pinus} \\ X_2 &\geq 50 \text{ ha de } \textit{Eucalyptus} \end{aligned}$$

Outra restrição é uma disponibilidade de 180 diárias por ano para a manutenção das florestas.

O número de diárias gasto por hectare e por ano para o *Pinus* é de duas e para o *Eucalyptus* é de três.

Portanto, a restrição será:

$$\begin{aligned} 2 X_1 + 3 X_2 &\leq 180 \\ (d/a) \quad (d/a) \quad (d/a) \quad d/a &= \text{diâmetro/ano} \end{aligned}$$

Dois restrições quase óbvias são que deve manejar um mínimo de 0 ha/ano ou

$$X_1 \geq 0 \text{ e } X_2 \geq 0$$

O modelo final será, então:

$$\max Z = 90 X_1 + 120 X_2,$$

sujeito às seguintes restrições:

$$\begin{array}{rcl} X_1 & \leq & 40 \\ X_2 & \leq & 50 \\ 2X_1 + 3X_2 & \leq & 180 \\ X_1, X_2 & \geq & 0 \end{array}$$

Existem vários pacotes computacionais que podem ser utilizados para a solução desses problemas. O LP88 e o LINDO para microcomputador, o MPSX para “main-frames” e mais recentemente o SAS, através do módulo OR (Operations Research).

A solução deste problema simples é:

$$X_1 = 40\text{ha e } X_2 = 33,33 \text{ ha}$$

Para *Pinus* e *Eucalyptus* respectivamente.

O valor máximo de $Z = 7.600$ dólares/ano

A solução apresentada pela programação linear nem sempre é a solução mais adequada, por diversos motivos:

- a) a base de informações de custo de algumas empresas ainda é precária;
- b) dependendo das taxas de juros utilizadas, as idades de corte ótimas são as menores possíveis, ocasionando problemas de degradação do solo;
- c) algumas empresas não possuem modelos de crescimento confiáveis e as previsões são um puro gesto de adivinhação;
- d) quase sempre não é acompanhada de um estudo de sensibilidade das variáveis de decisão.
- e) na prática, a solução ótima não é viável por não envolver outras variáveis como disponibilidade de máquinas, mão-de-obra, infra-estrutura etc;
- f) nem sempre as relações na área florestal são lineares

Contudo, não se deve condenar um sistema por não estar sendo usado adequadamente.

Uma técnica mais flexível que a programação linear e que vem ganhando adeptos na área florestal é a simulação. Qualquer fenômeno que pode ser representado por relação matemática (linear e não linear) pode ser tratado através de simulação.

A simulação pode ser descrita como o processo de desenvolvimento de um modelo de um sistema real e condução de experimentos com este modelo. Ao contrário do que muitos pensam, a simulação pode envolver custos e também pode-se obter o ótimo. Entretanto, em contraste com modelos de programação linear, não existem algoritmos rígidos como o método simplex. Na simulação, tudo o que se faz é observar as conseqüências da tomada de decisões nos resultados de uma estratégia de manejo, ou seja, simulam-se cenários e escolhe-se o mais viável sob diferentes pontos de vista (econômico, de disponibilidade de madeira, da limitação de recursos humanos e materiais etc.).

Por isso, a simulação é hoje uma ferramenta importante na tomada de decisões de estratégias de manejo.

Os modelos de simulação podem ser deterministas, estocásticos ou mistos.

Nos modelos deterministas as relações são ditas exatas como é o caso da programação linear, um exemplo típico deste modelo. $X = 0,1$ Y é um modelo determinista, ou

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^t}$$

Os modelos estocásticos envolvem eventos aleatórios ou erros. Exemplo, a relação entre tempo e volume e da forma

$$\ln \text{Vol} = \ln e + b \ln t + e_i$$

onde

\ln = logaritmo neperiano

t = tempo

Vol = volume/ha

e_i = erros aleatórios.

Um exemplo de simulação diz respeito à definição da estratégia de manejo mais adequada (idade de corte, volumes mínimos e máximos de cada horta ou região, disponibilidade de áreas mínimas e máximas para reforma etc.), para cada unidade de manejo, de modo que, para os próximos 18 anos o custo médio de madeira posta fábrica fosse o mais uniforme possível.

Para tanto houve necessidade de uma grande quantidade de informações de custos, de disponibilidade de recursos humanos e maquinários, das curvas de crescimento, visando estudos e relações existentes e mudando as variáveis para determinar o menor coeficiente de variação do custo de madeira posta-fábrica para os próximos 10 anos.

Para finalizar esta seção, como isto se relaciona com um SIG? Não se conhece um SIG que possua capacidade de processamento de algoritmos de programação linear, nem análises estatísticas mais complexas (regressão linear e não linear, análises de variância etc.). Entretanto, alguns possuem linguagens de programação, também chamadas de linguagem macro, que podem realizar simulações. Portanto, muitas vezes haverá necessidade de realizar estas operações em outros sistemas para depois alimentá-los num SIG.

Entretanto, a tomada de decisões numa empresa florestal seria mais completa se incluísse informações espaciais, além das otimizações obtidas por programação linear e simulações.

2.4. Inventários, Cadastro e Levantamentos de Solos

Os Inventários Florestais são fontes de dados para qualquer planejamento florestal e como não poderia deixar de ser, para um SIG. Praticamente toda empresa moderna possui um sistema de inventário florestal que inclua a coleta de dados. Neste caso, os coletores eletrônicos de dados ocupam papel importante na qualidade, rapidez e baixo custo de coleta e processamento de dados, na definição de um esquema de amostragem, do tamanho de parcela, da intensidade de amostragem, das tabelas de volume, e funções de produção, dos modelos de crescimento, da implantação de um sistema computacional, e na geração de relatórios.

Os cadastros florestais estão intimamente ligados ao Inventário Florestal e é através dessa ligação que se geram relatórios gerenciais. Em geral, nos cadastros mais modernos estão inúmeras informações sobre as características físicas e químicas do solo. Muita inferência pode ser feita sobre compra de terras, escolha de espécies, reforma etc., conhecendo-se as relações solo-produtividade. Os dados de solo podem alimentar um SIG de duas formas: através de atributos (pH, textura etc.) ou através de mapas temáticos (natureza espacial).

2.5. Global Positioning System (GPS)

Desde o início dos tempos o Homem se preocupa em saber onde está e para onde vai.

Os primeiros viajantes marcavam o seu caminho com montes de pedras. Ao explorar os oceanos o Homem aprendeu a navegação pelas estrelas. Entretanto, o único meio de usá-las é através de medições cuidadosas com instrumentos de navegação celeste. Estas medições somente podiam ser feitas à noite e em noites claras, e a precisão era de cerca de 1,6 km.

O Homem moderno desenvolveu alguns sistemas eletrônicos, mas houve problema. A navegação aérea e marítima desenvolveu o sistema LORAN e DECCA. São sistemas baseados em rádio frequência e adequados para regiões costeiras onde existem retransmissores do sistema. Entretanto, eles não cobrem muitas áreas da superfície terrestre e a previsão depende de interferências elétricas e variações geográficas. Um outro sistema que utiliza satélites tipo GPS é chamado de SAT-NAV. Infelizmente este sistema foi concebido usando satélites em órbita baixa e não existem muitos deles. Como este sistema é baseado em medições Doppler de baixa frequência, qualquer movimento no receptor de ondas ocasiona erros de posicionamento.

Para resolver os problemas de navegação em quaisquer condições climáticas e em qualquer ponto da Terra, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos desenvolveu o sistema chamado GPS - Global Positioning System. Este sistema é baseado em uma constelação de 24 satélites colocados em órbita de grande altitude (11.000 milhas aproximadamente). Custou ao Governo Norte-Americano cerca de US\$ 12 bilhões e na fase final de implantação (1993 com 24 satélites) deverá ser disponível 24 horas por dia. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos utiliza este sistema para operações militares no mar, no ar e na terra.

Grande uso foi realizado durante a Guerra do Golfo, ocorrida no início de 1991. É possível fazer localização na superfície da Terra com a precisão de centímetros. Os satélites estão em órbita de 12 horas de modo que, no mínimo, 4 satélites estarão no firmamento em qualquer ponto de terra, para o posicionamento em 3D.

O receptor GPS é um equipamento pequeno portátil que pode ser carregado por uma única pessoa. Ele calcula o tempo que o sinal é enviado pelo satélite, atinge o receptor e multiplica este valor 297.600 km/segundo para determinar essa distância. Para tanto, existem nos satélites relógios atômicos cuja precisão é de um nanosegundo, ou seja, um milionésimo de segundo.

Um dos problemas encontrados pelos usuários de um SIG é a criação e manutenção de uma base de dados confiável.

Tipicamente, o usuário de um SIG obtém seus dados usando fotos aéreas, levantamentos topográficos ou digitalização de mapas cartográficos. Entretanto, estas técnicas muitas vezes são de implementação demorada e os dados obtidos podem não apresentar a exatidão desejada.

O GPS pode suprir um SIG com a velocidade, exatidão e flexibilidade que não se encontram nos métodos tradicionais. Clientes potenciais do GPS são os usuários de SIG. Alguns fabricantes de GPS estão desenvolvendo "softwares" que convertem pontos obtidos pelo GPS em coordenadas X, Y, Z, para entrada direta em um SIG. Ao coletar dados no GPS, e ao passar em pontos conhecidos (pontes, linhas de alta tensão, entroncamentos de estradas, torres de vigia etc.), digitam-se no coletor de dados acoplado ao receptor GPS, informações que irão auxiliar a correção de mapas.

A maior vantagem que O GPS oferece ao SIG é a grande exatidão dos dados obtidos. Um dos líderes na produção e venda de equipamentos receptores dos sinais GPS, A Trimble Navigation produz o GPS Pathfinder, que é um sistema especificamente desenhado para interagir com um SIG.

O Pathfinder é composto de um receptor, uma antena compacta e um coletor de dados, além de bateria e "software".

O "software" inclui o programa PFinder usado para pós-processamento e interface com mais de 25 Sistemas de Informações Geográficas.

O GPS Pathfinder é disponível em duas versões: o Basic e o Professional. A versão Basic coleta informações em 2D (latitude e longitude) ou 3D (latitude, longitude e altitude) e as armazena em coletores para posterior transferência para microcomputadores. No microcomputador esses pontos podem ser apresentados na forma gráfica ou tabelas, para serem reformatados, analisados e desenhados através do "software" PFinder.

A versão Professional é geralmente usada com uma estação base para a correção diferencial. O receptor possui precisão de 12 m na horizontal (latitude e longitude) quando a disponibilidade seletiva não está ativa, e sem a correção diferencial. Disponibilidade seletiva é um programa usado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, cujo objetivo é negar máxima exatidão aos usuários não autorizados. Em épocas de crise ou guerra este programa é acionado, permitindo aos usuários não pertencentes ao quadro das Forças Armadas Norte Americanas exatidão de cerca de 100 m. Estando a disponibilidade seletiva desativada, e utilizando a estação base para correção diferencial, a precisão desse equipamento varia de 2 a 5 metros. Isto significa, num mapa de escala 1:10.000, erros de 0,2 a 0,5 mm. Além do "software" PFinder, acompanha a versão Professional o "software" PFGIS, que permite ao usuário a conversão de arquivos Pathfinder para mais de 25 tipos de SIG.

Trimble Navigation não é o único fabricante de GPS. Outras marcas como o ASHTECH e MAGELLAN apresentam grande possibilidade de uso florestal.

Embora a tecnologia GPS apresente grande flexibilidade, rapidez e precisão na coleta de dados georeferenciados, ainda existem limitações em seu uso.

A primeira limitação é a linha direta que os receptores necessitam ter com os sinais de satélite. Estes sinais não penetram em obstáculos como água, solo e paredes. Em aplicações de superfície os sinais podem ser obstruídos ou degradados por pontes de árvores e prédios.

A segunda limitação é a constelação dos satélites NAVSTAR. Somente em 1993 todos os 24 satélites estarão operando. Atualmente e dependendo da região, a disponibilidade de 4 satélites no firmamento é de aproximadamente 14 horas por dia.

O custo do equipamento nos Estados Unidos, versão Professional e a estação base é de cerca de US\$ 20.000,00.

2.6. Observação

É essencial atentar-se para o fato de que em se tratando de fontes de dados para um SIG, a quantidade não deve ocorrer em detrimento de qualidade. Não se deve suprir o sistema com uma quantidade exagerada de informações, visando compensar eventuais dúvidas quanto à confiabilidade dos dados.

3. MANIPULAÇÃO DE DADOS EM UM SIG

Um SIG deve permitir a recuperação de informações segundo critérios de natureza espacial e não-espacial.

Existem vários tipos de recuperação de informações:

- Recuperação de informações espaciais segundo critério não-espaciais:

Ex: Mostrar os talhões com a espécie *Pinus taeda*;

- Recuperação de informações não-espaciais segundo critérios não-espaciais:

Ex: Listar as áreas com idade superior a 15 anos;

- Recuperação de informações espaciais segundo critério de natureza espacial:

Ex: Mostrar os talhões situados a menos de 30 km da fábrica;

- Recuperação de informações não-espaciais segundo critérios espaciais:

Ex: Listar a produtividade dos talhões situados em áreas com declividade superior a 15 graus.

O SIG pode transformar áreas contínuas numa única área, permitindo o estudo de atributos de uma área total, ou para transformar mapas de diferentes escalas em mapas de escala única.

Permite também o cálculo de distância entre dois pontos e a área de polígonos fechados e também definir caminhos mínimos numa rede de estradas e calcular o melhor posicionamento de um serviço (depósito de madeira, acampamento, posto de fiscalização etc.) de modo a beneficiar o maior número de usuários ou minimizar o custo de deslocamento até o local do serviço.

4 – EQUIPAMENTOS

São de três tipos as plataformas que podem ser usadas para processar as informações de um SIG: os microcomputadores, as estações de trabalho e os computadores de grande porte ou "main-frames".

Os microcomputadores, mesmo os mais avançados, com processador 486 e 66 Megahertz ainda apresentam limitações para processamento de grande quantidade de dados e rapidez. Pelo seu preço, utilizam-se os microcomputadores para a entrada de dados ou seja, geralmente acoplados a uma mesa digitalizadora.

Os "main-frames" são equipamentos caros (acima de 1 milhão de dólares: os mais modernos da IBM, Digital, Unisys etc.) que, para compensar a sua utilização com um SIG, deve ser compartilhado com outros sistemas (contabilidade, folha de pagamento, bancos de dados diversos etc.). Entretanto, o alto consumo dos recursos computacionais, para processar um SIG faz com que haja a degradação da máquina, ou seja, quando o SIG estiver em operação, os outros sistemas terão a sua performance afetada. Por outro lado, a capacidade de processamento gráfico, necessária para um SIG, não é comum nos "main-frames".

Restam as estações de trabalho que são uma nova filosofia ou uma nova geração de computadores, apresentando como características principais o ambiente UNIX, alta

velocidade de processamento local e alta velocidade de processamento gráfico. Em geral, estas estações que possuem a capacidade de multiusuários e multitarefa, já são equipamentos com periféricos (monitores de alta resolução 1152 x 900 pixels, unidades de fita "streamer", CD-ROM, mouse etc.) utilizados por qualquer SIG.

Além do teclado alfanumérico e de funções que normalmente acompanham os equipamentos, e a ligação com outros computadores (micro ou "main-frames"), a principal porta de entrada de dados espaciais para um SIG é a mesa digitalizadora. A mesa digitalizadora é uma superfície plana com uma grande variedade de tamanho, podendo exceder o tamanho AO. Abaixo da superfície há um dispositivo em grade, com linhas ortogonais. Estas linhas são usadas para detectar impulsos elétricos num determinado ponto indicado pelo cursor e deste modo, transferidos ao computador. O cursor da mesa é um equipamento geralmente usado em conjunto com a mesa digitalizadora. Possui miras ou retículos e teclas. A colocar a mira ou retículo sobre um determinado ponto e posicionando a tecla adequada, provoca-se a transmissão precisa das coordenadas do ponto para o computador, através de um sinal elétrico. As demais teclas do cursor de mesa podem ser usadas para executar determinadas funções: quit, para abandonar ou desligar a mesa, select, para selecionar pontos ou linhas etc. As teclas podem ser definidas através do "software".

Os equipamentos de saída de um SIG são o monitor, monocromático ou policromático e os "plotters" ou desenhadores.

O monitor policromático de 24 polegadas é o mais usado para o processamento do SIG, enquanto que os monitores monocromáticos são geralmente usados para a digitalização e edição dos mapas.

Os "plotters" mais usados são os "plotters" de caneta e os "plotters" eletrostáticos. São utilizados para reproduzir imagens gráficas em papel.

O "plotter" digital de canetas é um equipamento do tipo eletromecânico, capaz de mover uma caneta em duas direções. Por sua vez, os "plotters" de canetas podem ser de tambor, quando o papel se move e as canetas se movimentam num único eixo.

Nos "plotters" de mesa o papel é preso à superfície por atração eletrostática ou a vácuo e o berço de canetas movimentam-se num par de eixos ortogonais.

Os "plotters" eletrostáticos produzem uma imagem no papel da mesma forma como um aparelho de TV produz uma imagem na tela, através de pontos. À medida que o papel passa pelo "plotter" uma fila de eletrodos depositam cargas em um papel tratado quimicamente. Eles podem ser coloridos ou preto-e-branco. A resolução não é suficientemente precisa para desenhos de topografia ou engenharia.

5-CONCLUSÃO

O SIG é uma nova tecnologia que no Brasil, e especificamente na área florestal, está na fase inicial de desenvolvimento. Muitas empresas já possuem Sistemas de Informações Geográficas, porém ainda na fase de entrada de dados e aplicações simples, como a produção de mapas.

O potencial de aplicação é vasto em praticamente qualquer área da atividade florestal, desde a exploração, construção de estradas, planejamento de operações, pesquisa (relação solo-sítio), escolha de áreas para instalação de ensaios etc.), até o pagamento de empreiteiros e combate a incêndios florestais.

Como toda técnica nova, muito ainda deve ser feito no desenvolvimento de aplicações, treinamento e pesquisa.

Como o computador, as comunicações (via satélite, fax etc.), a clonagem, são técnicas modernas que estão consolidadas na empresa florestal, o SIG com certeza será uma técnica que nos próximos anos estará integrada na rotina da Empresa Florestal Brasileira.

6 - LITERATURA CONSULTADA

ALVES, D.S. Sistemas de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica, 1990. p.66-78.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources accessment**. Oxford, Clarendon Press, 1985. 194p.

COUTO, H.T.Z. DO & VETTORAZZI, C.A. A tecnologia do geoprocessamento para a engenharia florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica, 1990. p. 204-7.

DANGERMOND, J. Where is the technology leading us? In: GIS 91 APPLICATIONS IN A CHANGING WORLD, Vancouver, 1991. **Proceedings**. p.1-5.

ESRI. **Understanding GIS: the ARCIINFO method**. Redlands, Environmental Systems Research Institute, 1991.

FRANK, A.V.; EGENHOFER, M.J. & KUHN, W. A perspective on GIS technology in the nineties. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, Washington, 57(11): 1431-6, 1991.

HOSKING, G.P. et alii Airborne videography evaluation in New Zealand. In: AMERICAN SOCIETY FOR REMOTE SENSING, Washington, 1992. **Proceedings**. v.5, p.137-44.

PIVETTA, R. Equipamentos para geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica, 1990. p.79-87.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo, Escola Politécnica, 1990. p.1-26.

TRIMBLE NAVIGATION. **GPS: a guide to the next utility**. Sunnyvale, 1989. 76p.

TYDAC SPANS VERSION 5. **Leaming systems**, Intera, 1991. v.3.