

INICIANDO EM GEOPROCESSAMENTO
Prof. Alzir Felipe Buffara Antunes

CONTEÚDO DO CURSO		
1	INTRODUÇÃO	1
2	CONCEITO E ESTADO DA ARTE	1
3	USUÁRIOS DO SIG	3
4	ELEMENTOS DE UM SIG	3
4.1	Dado Geográfico e Informação	4
4.1.1	O mapa	4
4.1.2	Informação Georreferenciada	6
4.2	Aquisição dos Dados Geográficos: <i>Geotecnologias</i>	7
4.2.1	Sistema de Posicionamento por Satélite	8
4.2.2	Sensoriamento Remoto	9
5	ESTRUTURA DE DADOS	10
5.1	Dado Vetorial	10
5.2	Dado Matricial	12
6	BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO	12
7	ANÁLISE ESPACIAL E APLICATIVOS	14
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
9	BIBLIOGRAFIA	16
	Exercício	17

1 INTRODUÇÃO

Este curso introdutório em **geoprocessamento** tem por objetivo apresentar fundamentos desta tecnologia e suas aplicações. O Geoprocessamento é uma ferramenta imprescindível para o Brasil em função da dinâmica transformação do seu território e da conseqüente necessidade de seu monitoramento.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) que utiliza a tecnologia de geoprocessamento, dentre outros, é aplicado às mais diversas áreas do conhecimento como: meio ambiente, cadastro, planejamento urbano e regional.

O SIG é uma ferramenta poderosa de suporte à tomada de decisões. Vem progressivamente angariando maior número de usuários. O mercado de SIG envolve milhares de profissionais em todo o mundo e movimenta milhões de dólares em software, hardware e desenvolvimento de aplicativos.

2 CONCEITO / HISTÓRICO / ESTADO A ARTE

O SIG foi desenvolvido nos anos 60 como meio de sobrepor e combinar diversos tipos de dados em um mesmo mapa. Na década de 70, durante estudos do Laboratório Gráfico Computacional da Escola de Planejamento Urbano da Universidade de Harvard, surge o projeto pioneiro de SIG - denominado SYMAP - produzia mapas de declividades com o auxílio de uma impressora matricial, que imprimia áreas mais ou menos escuras, de acordo com o número de vezes que preenchia cada região. O primeiro programa possui funcionalidades de SIG, chama-se Odissey, desenvolvido pelo mesmo laboratório no início dos anos 70.

O uso de SIG evoluiu significativamente nos anos 80 e hoje está sendo difundido em órgãos estatais, prefeituras, universidades e, especialmente, nas concessionárias de serviços públicos.

O Geoprocessamento, tecnologia aplicada no SIG, pode ser definido como o conjunto de técnicas e metodologias que implicam na aquisição, arquivamento, processamento e representação de dados georeferenciados.

Um dado geo-referenciado é aquele que possui coordenadas geográficas, ou seja latitude e longitude.

O armazenamento, análise e apresentação de um grande volume de dados sobre o determinado espaço geográfico, fez com que se desenvolvessem ambientes informatizados que aliassem mapas digitais as informações sobre os elementos do mapa. Esta operação envolve tecnologia de informática, banco de dados e cartografia digital, no entretanto transcende a ambas. As aplicações e usos do SIG dependem da existência de um sistema eficiente e lógico que possa transformar e associar elementos cartográficos a banco de dados (MARBLE & PEUQUET, 1983).

BURROUGH (1998) define *Geographical Information Systems* como um conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos. Da mesma forma MARBLE (1990) complementa o conceito de anterior definindo o SIG como sistema voltado à aquisição, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de informações referenciadas espacialmente.

Os SIGs são sistemas cujas principais características são: "integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes, dados e modelos numéricos de terrenos; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e imprimir o conteúdo da base de dados geocodificados" (CÂMARA, 1993).

Ainda no que se refere a conceituação o SIG; "é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica" (CAMARA, 1996). A informação geográfica é tudo aquilo que se refere a um determinado objeto que pode ser vinculado a superfície física da terra ou ao seu modelo simplificado: o mapa (ANTUNES, 1993).

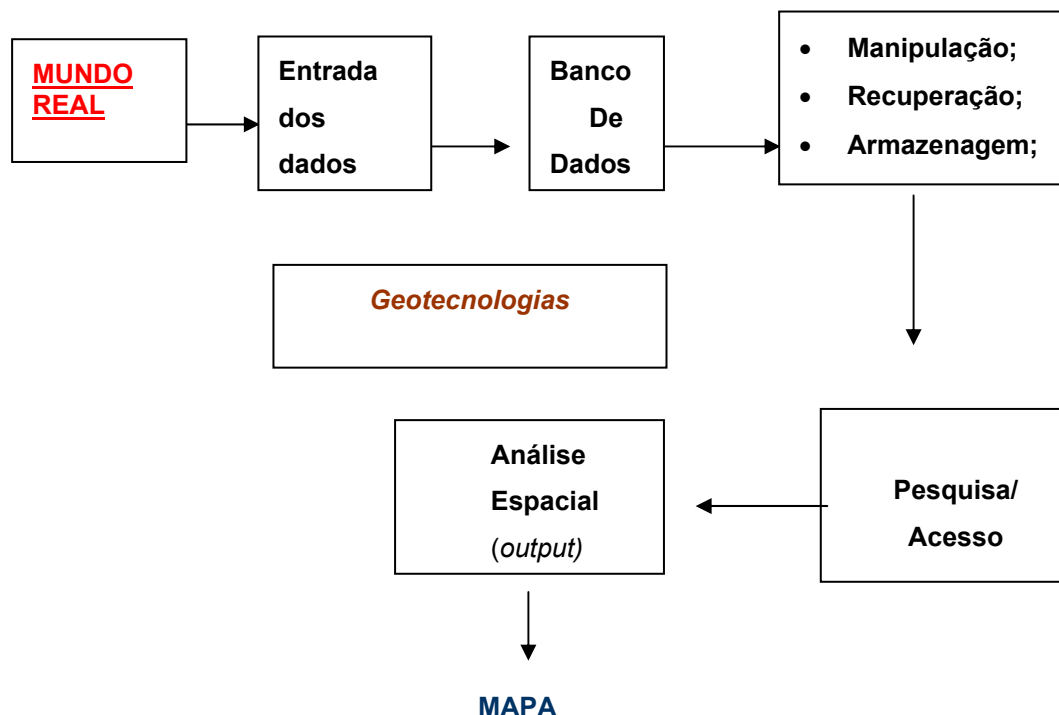
A utilização da tecnologia de Geoprocessamento vem evoluindo de forma significativa nos últimos anos, abrangendo diferentes organizações nas áreas de administração municipal, de infra-estrutura, de gestão ambiental, da educação, dentre outras.

Esta evolução foi certamente favorecida pela evolução paralela de tecnologias de coleta da Informação Espacial ou as denominadas geotecnologias, tais como:

- **Sensoriamento Remoto**, com as imagens de alta resolução e a confecção de ortoimagens;

- **GPS** - Sistemas de Posicionamento Global (Global Positioning Systems - GPS) que permitem determinar o correto posicionamento de objetos da superfície da terrestre;
 - **Aerofotogrametria** que permite a transformação de fotografias aéreas verticais em mapas digitais.
- Em função destas da evolução tecnológica ocorrida na última década o dado geo-referenciado está mais acessível ao usuário permitindo que custos de coleta e processamento da informação espacial fiquem mais compatíveis com os orçamentos públicos dos países em desenvolvimento.
- A *Figura 1* esquematiza o conceito de SIG, onde o mundo real é simplificado e representado por dados geo-referenciados provenientes das geotecnologias e das informações coletadas. Estes dados são, então, manipulados, armazenados e editados de acordo com o interesse do usuário, permitindo o desenvolvimento de análises espaciais.

Figura 1 - Diagrama de contexto de um SIG



Pode-se agora analisar a diferença conceitual entre SIG e Geoprocessamento. O termo geoprocessamento refere-se ao processamento de dados referenciados geograficamente, desde sua aquisição até a geração e saída na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos, etc., devendo prover recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise. Em adição, o SIG pode ser definido como um sistema computacional que permite a associação de dados gráficos (mapas) e banco de dados que serve de base a gestão espacial e conseqüentemente a soluções a problemas de determinada área da superfície terrestre, ou ainda, como o ambiente que permite a integração e a interação de dados referenciados espacialmente com vistas a produzir análises espaciais como suporte à decisão técnica ou política.

3 USUÁRIOS DO SIG

Os sistemas de informação geográfica originou-se basicamente para atender planejadores juntando técnicas de CAD (*computer aided design*) e banco de dados. Porém a partir do final da década de 80 ampliou-se os aplicativos com o aparecimento de softwares específicos para as seguintes áreas:

- ❖ Meio Ambiente
- ❖ Segurança Pública
- ❖ Transportes
- ❖ Telecomunicações
- ❖ Agricultura
- ❖ Marketing
- ❖ Jornalismo
- ❖ Sanitarismo
- ❖ Obras de Engenharia
- ❖ Turismo
- ❖ Serviços de Emergência

Após 20 anos de desenvolvimento tecnológico o SIG se tornou um fenômeno mundial. Os usuários hoje discutem formas de otimização desta tecnologia para aprimorar seus aplicativos e gerar novas funções. Hoje o SIG envolve usuários de todas as profissões desde arquitetos até bombeiros. Os aplicativos variam de cadastro técnico municipal a atendimento de emergência a ataques terroristas. Os usuários buscam do sistema respostas rápidas para ações rápidas tais como: Onde ocorreu o fenômeno Geográfico? Como ocorreu ? Por que ? Como Agir ? O que aconteceria se...? De forma a se controlar a dinâmica da sociedade humana no espaço geográfico de forma a intervir eficazmente.

4 ELEMENTOS DE UM SIG

Para um melhor entendimento do sistema pode-se dividir o SIG nos seguintes elementos:

- **Dados-Informação**
- **Hardware/Software**
- **Recursos Humanos**
- **Procedimentos e Metodologia de Aplicativos**

4.1- Dado Geográfico e Informação

4.1.2- O mapa

Dentre as componentes de um SIG, os dados aparecem como uma restrição a sua implementação. Em geral, a carência de dados faz com que sua aquisição seja dispendiosa em relação a outros componentes. Com a evolução da informática o usuário tem acesso mais facilitado a hardware e software em qualquer parte do mundo, porém o dado é de acesso mais difícil devendo ser coletado e avaliado para tornar-se informação consistente.

Os dados geo-referenciados são em geral oriundos das geotecnologias hoje disponíveis ao usuário. No final da década de 90 houve um grande evolução tecnológica principalmente no que se refere a imagens (Sensoriamento Remoto) e as técnicas cartográficas.

O Dado Geográfico possui coordenadas (latitude e longitude) e atributos, como por exemplo, um poste esta numa determinada posição (x,y) e possuir determinado atributo, luz de mercúrio ou incandescente. O dado para um SIG sempre deve ser acompanhado de suas coordenadas pois esta razão a base gráfica de um SIG é o **MAPA**.

O Mapa que pode ser entendido como uma representação ou abstração da realidade geográfica - um meio para apresentar a informação geográfica nas formas visual, digital ou tátil.

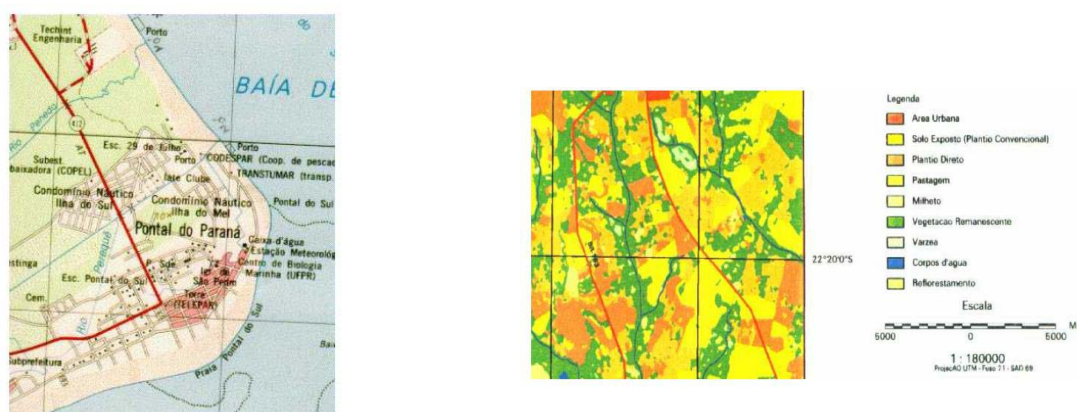
A complexidade na representação de fenômenos geográficos, fez com que a cartografia se torne cada vez mais especializada a fim de atender as demandas dos usuários. Poderíamos então, classificar os mapas de acordo com seus objetivos e técnicas de concepção em:

- ❖ **Mapa topográfico:** fornece informações relacionadas estritamente com a superfície do terreno, que podem ter sido originadas pela própria natureza ou pela ação antrópica. Este tipo de mapa leva em conta um padrão de acurácia posicional das feições (*Figura 2*). Em geral os mapas ou cartas topográficos são a base de dados cartográficos regionais. Seu conteúdo refere-se basicamente a dados plani-altimétricos.
- ❖ **Mapa temático:** estes mapas contêm somente informações de determinado assunto. Normalmente concebidos sobre uma base topográfica simplificada para facilitar a orientação e o entendimento dos usuários. Os mapas temáticos, ditos ambientais, são aqueles cujo conteúdo descreve um fenômeno geográfico específico (Ex: declividade, erosão, uso do solo, etc.).

Pode-se dizer que a informação ambiental apresenta uma natureza dupla: um dado geográfico possui uma localização geográfica e um atributo descritivo. A complexidade de um mapa temático está na(s) relação(ões) entre os dados gráficos e seus atributos

Em adição, a informação ambiental está relacionada com a existência de objetos com propriedades, que incluem sua localização no espaço e sua relação com outros objetos.

Figura 2: Carta topográfica referente a escala 1:50.000. Mapa temático de uso do solo.



Modernos softwares de geoprocessamento permitem associar a base cartográfica (dados gráficos) com seus atributos facilitando sobremaneira a representação temática.

A cartografia digital ou em meio computacional é base do SIG, por isso o usuário deve compreender os seguintes elementos que compõem um mapa (figura 3):

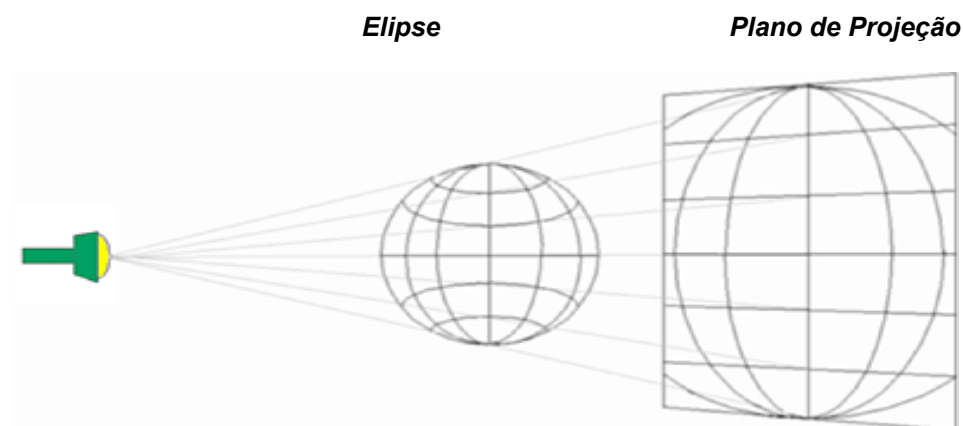
Escala: fator de redução

Modelo matemático: elipse ou esfera

Sistema de Representação : projeção cartográfica

A figura 3 mostra o modelo matemático da terra sendo projetado numa superfície de representação plana. As coordenadas na superfície matemática Latitude e Longitude possuem correspondência unívoca com as coordenadas planas da projeção. Vale ressaltar que o modelo matemático da terra é a elipse.

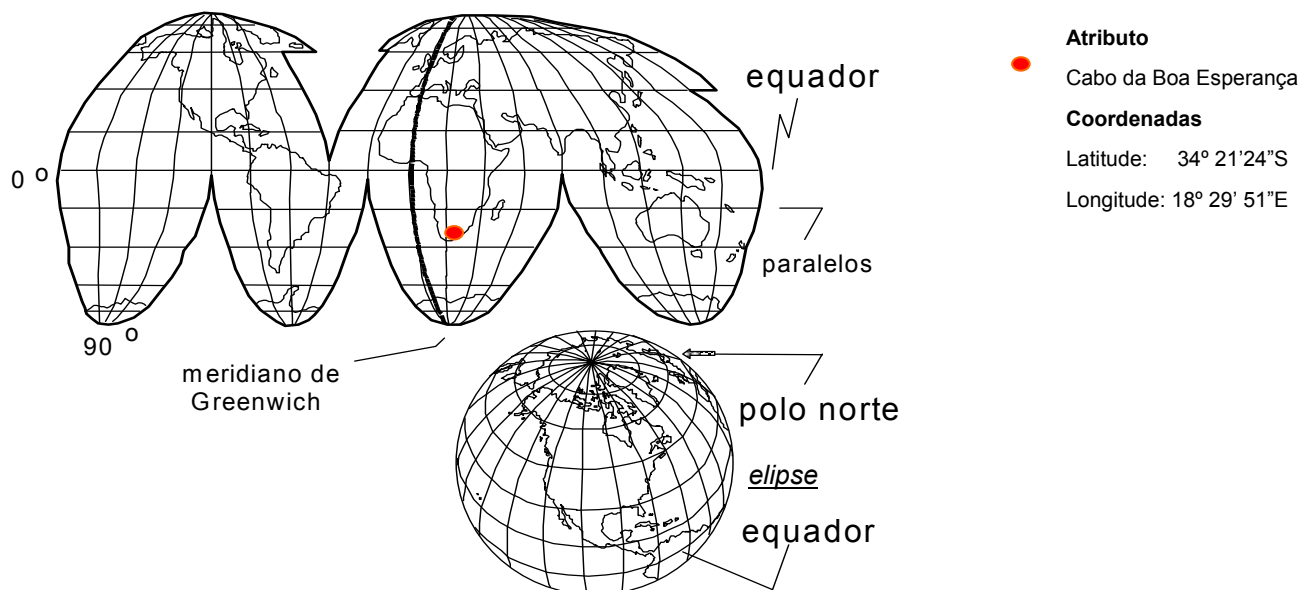
Figura 3: Elementos Cartográficos



4.1.2- A informação Geo-referenciada

Quando o mapa está geo-referenciado (figura 4) com coordenadas e as formas (ponto, linhas e polígonos) editados se diz que existe uma base cartográfica, referenciada ao modelo matemático da terra. Esta base é o primeiro passo para construção de um SIG.

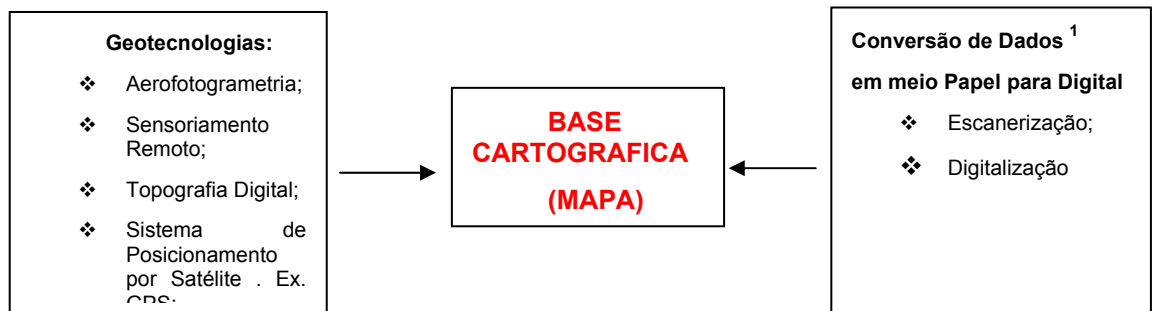
Figura 4- Dado Geo-referenciado



4.1.2 – Aquisição dos Dados Geográficos: Geotecnologias

O dado georreferenciado é coletado de acordo com a necessidade do usuário, ou seja, da característica do aplicativo. A base cartográfica para o SIG pode ser oriunda das geotecnologias citadas ou através de dados preexistentes (mapas) através de digitalização. A figura 4 mostra a relação da base cartográfica e as geotecnologias.

Figura 4- Aquisição do dado geográfico digital



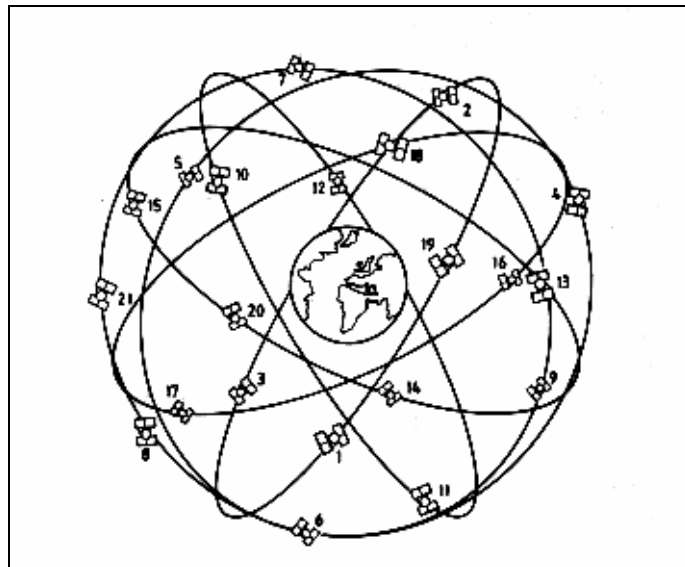
4.2.1 Sistema de Posicionamento por Satélite

Levantamentos Geodésicos são as observações de campo executadas, em geral por meio de observações de satélites artificiais, com vistas a determinação precisa de pontos sobre a superfície terrestre, ou seu modelo matemático (elipse).

Os principais dados oriundos da geodésia são os pontos geo-referenciados latitude, longitude e altitude, que são a base de um mapa digital.

O Sistema Navstar GPS que nasceu da junção de dois projetos americanos (Marinha e Força Aérea Americanas), é um sistema de navegação por sinais de radio baseado em uma constelação de satélites artificiais. O sistema fornece a posição tridimensional, dados para navegação e informações sobre o tempo, atendendo toda a porção do globo terrestre em qualquer condição meteorológica, a qualquer horário, o ano inteiro (*Figura 5*).

Figura 5- Órbita dos Satélites GPS disponíveis.

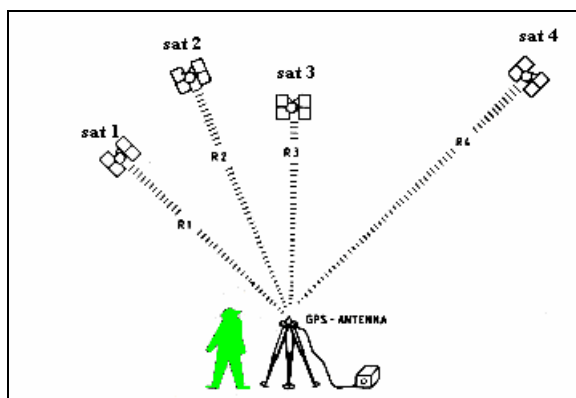


1- A mesa digitalizadora e o escaner são os periféricos de entrada e dados e captura de coordenadas mais utilizado. É o tradicional meio de entrada ou de aquisição de dados vetoriais a partir de mapas desenhados em papel. Os dados convertidos por mesa ou escaner devem ser geo-referenciados para formarem a base cartográfica.

A posição geométrica tridimensional de um ponto fica determinada pela medida de três pseudo-distâncias, porém, faz-se necessário uma quarta medida devido a não sincronização entre os relógios do receptor e do satélite, e ainda necessita-se conhecer a posição dos satélites.

Para determinar as pseudo-distâncias pode-se utilizar duas observáveis básicas, as quais, são os códigos e as portadoras. Os códigos podem ser o código P (Precisão) e o código C/A (Fácil Aquisição). As portadoras podem ser L1 e L2, sendo geradas através da multiplicação eletrônica de uma frequência base 10,23 MHz produzida por relógios atômicos com estabilidade de $10E-13$. A portadora L1 é modulada em fase pelos códigos P e C/A, e a portadora L2 é modulada apenas pelo código P.

Figura 6- Posicionamento GPS



A maior fonte de erro na pseudo-distância é a Disponibilidade Seletiva (S/A).

Esta fonte é introduzida pelo Departamento de Defesa dos EUA (DoD) e refere-se a erros nos dados e incorreções no relógio do satélite, a (S/A) restringe a precisão do GPS a todos os usuários. Atualmente o governo Americano tem liberado a S/A, fazendo com que a precisão dos levantamentos absolutos melhorem sobremaneira.

A magnitude dos erros da (S/A) combinadas a outras fontes de erros, resulta para o posicionamento absoluto uma precisão de até 60 m. E para posicionamento relativo uma precisão centimétrica.

4.2.2 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto pode ser definido, segundo BARRETT & CURTIS (1992), como a ciência de observação à distância. Isto contrasta com o sensoriamento *in situ*, onde os objetos são medidos e observados no local onde ocorrem. Em outras palavras, o sensoriamento remoto está relacionado à ausência de contato físico entre o sensor (câmara fotográfica, satélite) e o alvo (objeto). Desta forma, o Sensoriamento Remoto também pode incluir o estudo das técnicas de aerofotogrametria e fotointerpretação, uma vez que fotografias aéreas são remotamente captadas (figura 7).

As imagens provenientes do sensoriamento remoto podem ser processadas digitalmente por modernos *softwares* em potentes *hardwares*, a fim de se obter da imagem, o maior número de informações possíveis. JENSEN (1986) denomina processamento digital de imagens o conjunto de procedimentos relativos à manipulação e análise de imagens por meio do computador. O tratamento digital de imagens difere muitas vezes dos procedimentos de restituição de fotografias aéreas afetas ao campo **aerofotogrametria**.

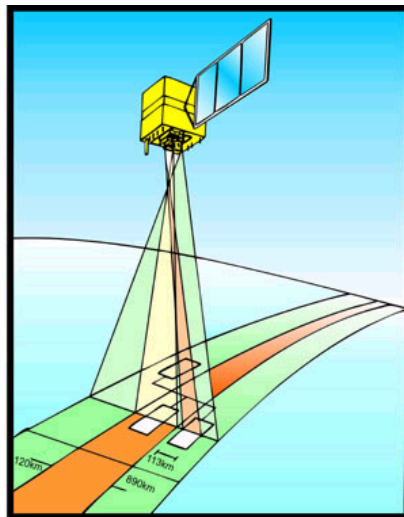
Recentemente, o processamento digital de imagens de sensoriamento remoto está ligado ao reconhecimento de feições e padrões registrados na imagem, através de programas computacionais, geralmente baseados em análise estatística (RICHARDS, 1993).

As imagens de satélite são também fontes importantes de dados digitais para os **Sistemas de Informação Geográfica (GIS)**, que permitem a manipulação e processamento de uma grande quantidade de informações das mais diversas fontes, com vistas à análise espacial BUDGE & MORAIN (1995) e CAMARA (1996) salientam que as imagens de sensoriamento remoto disponíveis atualmente

são a forma rápida de se obter informações espaciais em formato digital (fitas, *compact disk*, disquetes e rede-ftp). Isto permite que estas fontes sejam combinadas a outras informações, de forma a constituir um banco de dados geográfico sobre o espaço em questão. O processamento dessas informações, espacialmente referenciadas em meio digital é a base dos sistemas de informação geográfica (VALENZUELA, 1990; BURROUGH, 1991; CAMARA, 1996).

As aplicações do Sensoriamento Remoto nas décadas de 70 e 80, estavam ligadas ao mapeamento ambiental em escalas médias e pequenas (1:50.000 a 1.000.000). À partir de 1997 esta realidade começa a mudar, com entrada em órbita de novos satélites de maior resolução ampliando assim os campos de aplicações. Pode-se, desta forma, obter mapas digitais em escalas maiores (1:10.000 a 1:25.000) e realizar análises mais detalhadas, como por exemplo, com o satélite IKONOS lançado em 1999.

Figura 7- Captação de Imagens Orbitais



Fonte: INPE, 2002

5 ESTRUTURA DE DADOS

A estrutura dos dados correspondem à base cartográfica. Os dados gráficos podem ser **Vetorial** e **Raster**. São **dados geo-referenciados** relacionados a cada posição geográfica, nos quais identificamos a posição por meio de uma referência espacial relacionada a um sistema de coordenadas.

5.1- Dados Vetoriais

Um mapa digital é constituído por representações gráficas: todas as feições são descritas por pontos, linhas e polígonos, representados em um sistema de coordenadas. Os pontos são definidos por uma única coordenada (ex: postes, poços). As linhas são constituídas por vários pontos (vértices) que se interligam, constituindo vetores (ex: estrada, rio, curvas de nível). Polígonos são áreas fechadas composta por varias linhas que começam e terminam num mesmo ponto (ex: lote, lago).

Para que o SIG reconheça as feições representadas por pontos, linhas e polígonos, são necessárias relações topológicas. **Topologia** é um procedimento matemático para definir relações espaciais, tais como conectividade, adjacência e contiguidade. As vantagens das relações topológicas são (Figura 9):

- armazenar dados vetoriais mais eficientemente;
- processar um maior número de dados;

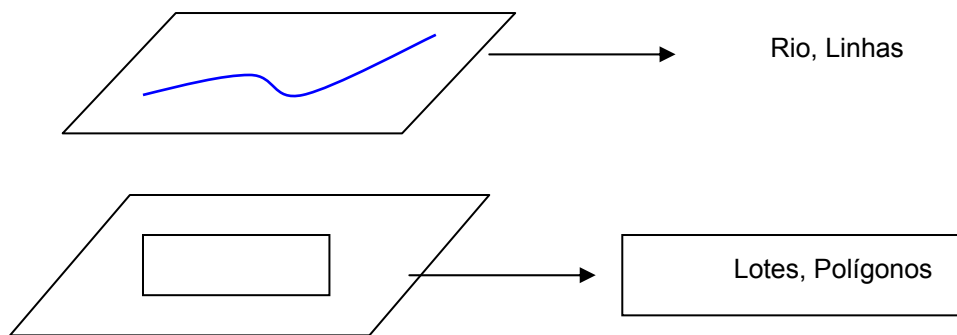
- permitir a conexão de linhas em rede, combinar polígonos adjacentes e sobrepor feições geográficas.

A **topologia** de dados digitais só é efetuada após a edição dos dados de um mapa.

As feições de um mapa deverão ser separadas em camadas de informação de tal forma que cada camada contenha pontos, linhas ou polígonos. Por exemplo, um mapa de loteamento está numa camada de informação ou "layer", que tem **topologia** de polígono; outra camada contendo ruas possui topologia de linhas.

A *Figura 8* mostra os diferentes níveis de informação do espaço geográfico sub-dividido em camadas de informação ponto, linha, polígono.

Figura 8- Camadas de Informação com topologia de linha e polígono.



Graças a topologia o sistema reconhece nas feições, extensões, áreas, direção, vizinhança, o que permite estabelecer relações entre as diferentes camadas de informação.

5.2- Dados Raster ou Matriciais

Os dados são representados por uma matriz ($m \times n$), linha e coluna, composta por células ou pixels de dimensões variáveis. Cada célula está numa posição ($m \times n$), na matriz e poderá estar associada a um atributo ou dado descritivo.

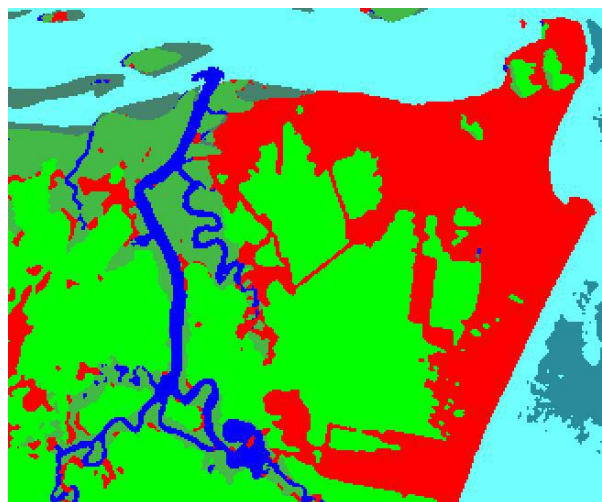
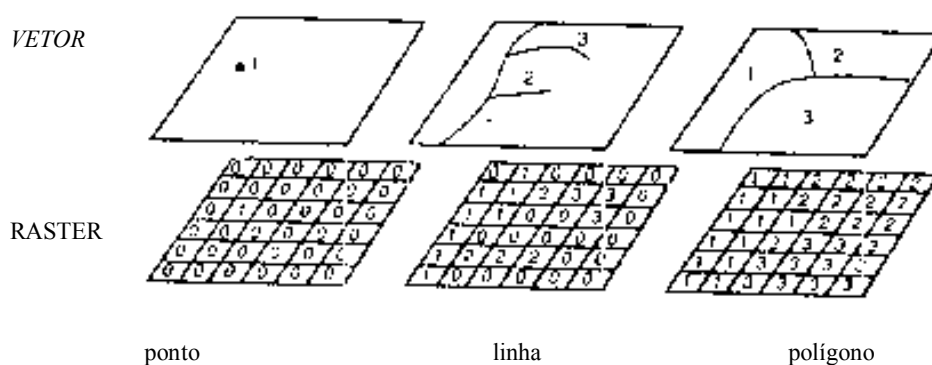


Figura 9 - Dado raster - Mapa temático

A resolução do dado raster está associada ao tamanho da célula: quanto menor a célula melhor a resolução ou qualidade da imagem.

Um dado em forma raster pode ser convertido para um dado vetorial. Esta conversão raster/vetor depende da qualidade do dado raster o do programa utilizado nesta transformação (*Figura 10*).

Figura 10 - Relação Vetor x Raster



Dependendo da origem (fonte) de dados que compõem um SIG, serão obtidos diferentes formatos de dados de acordo com a *Tabela 1* a seguir:

Tabela 1 - Coleta de dados gráficos digitais (Base Cartográfica)

Fonte	Formato	Observações
GPS	Vetorial (pontos)	Base para o mapeamento digital e atualização de mapas.
Aerofotogrametria	Vetorial (pontos, linhas, polígonos)	Mapa digital editado. Fonte mais comum de base gráfica num SIG
Sensoriamento Remoto	Raster	Fonte mais econômica de aquisição de dados espaciais. Aplica-se ao mapeamento temático (meio ambiente) e atualização de mapas topográficos.
Digitalização	Vetor/ Raster	Transformação de mapas preexistentes para o formato digital.

6 BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO

São os conhecidos como **atributos descritivos** ou dados **sem referência geográfica** relativos a dados gráficos. A função dos atributos é fornecer uma informação descritiva , qualitativa e/ou quantitativa, das características de um objeto gráfico. Exemplo: rio, atributos: nome, classe.

Cada atributo no SIG está sempre associado a uma entidade gráfica que, por sua vez, está vinculada a um sistema de coordenadas.

Os atributos são estruturados em tabelas que compõem os bancos de dados alfanuméricos.

Conforme CAMARA (1996), os diferentes fenômenos geográficos, ao se distribuírem sobre a superfície da Terra, estabelecem padrões de ocupação. Ao representar tais fenômenos, o Geoprocessamento procura determinar e esquematizar os mecanismos implícitos e explícitos de sua inter-relação. Estes padrões de inter-relação assumem diferentes formas:

correlação espacial: um fenômeno espacial (ex: topografia) está relacionado com o entorno de forma tão mais intensa quanto maior for a proximidade de localização. Dizemos informalmente que “coisas próximas são parecidas”;

correlação temática: as características de uma região geográfica são moldadas por um conjunto de fatores. Assim, as formas geológicas, o solo, o clima, a vegetação e os rios formam uma totalidade inter-relacionada. Deste modo, pode-se traçar pontos de correspondência entre o solo e a vegetação de uma região, que são dois temas distintos;

correlação temporal: a fisionomia da Terra está em constante transformação, em ciclos variáveis para cada fenômeno. Cada paisagem ostenta as marcas de um passado mais ou menos remoto, apagado ou modificado de maneira desigual, mas sempre presente (DOLFUS, 1991);

correlação topológica: de particular importância na representação computacional, as relações topológicas como adjacência, pertinência e interseção, permitem estabelecer os relacionamentos entre os objetos geográficos que são invariantes: rotação, translação e escala.

A base de dados no SIG é composta por dois tipos de dados - geométrico ou espacial e não geométrico ou descritivo, armazenados numa série de arquivos. O SIG tem a capacidade de ligar esses dois tipos de dados e estabelecendo uma relação entre eles, através das ferramentas de geoprocessamento.

Os dados espaciais, que geralmente descrevem as feições da superfície terrestre, são representados por pontos, linhas e polígonos. Um sistema (X,Y) de coordenadas (cartesianas) é usado para referenciar as feições.

No entanto, existe a necessidade de uma informação adicional sobre os mapas na relação espacial entre as feições que é a topologia. A Topologia, como já citado, é um procedimento matemático para definir explicitamente as relações espaciais entre elementos. Nos mapas digitais, por exemplo, a topologia, define conexões entre as feições, identifica polígonos adjacentes e pode definir uma feição ou um conjunto de feições.

O banco de dados descritivos armazena os atributos das feições. Estes atributos podem ser nominais (tipo de solo, floresta, etc.) ou escalares (altitudes, profundidades, índices, etc.). A *Tabela 2* mostra a relação entre dados espaciais e descritivos.

Observa-se que as medidas planas das representações gráficas são calculadas automaticamente pelo sistema (área, comprimento, perímetro).

O projeto da base de dados geográficos de um SIG, passa, em geral, por três fases principais:

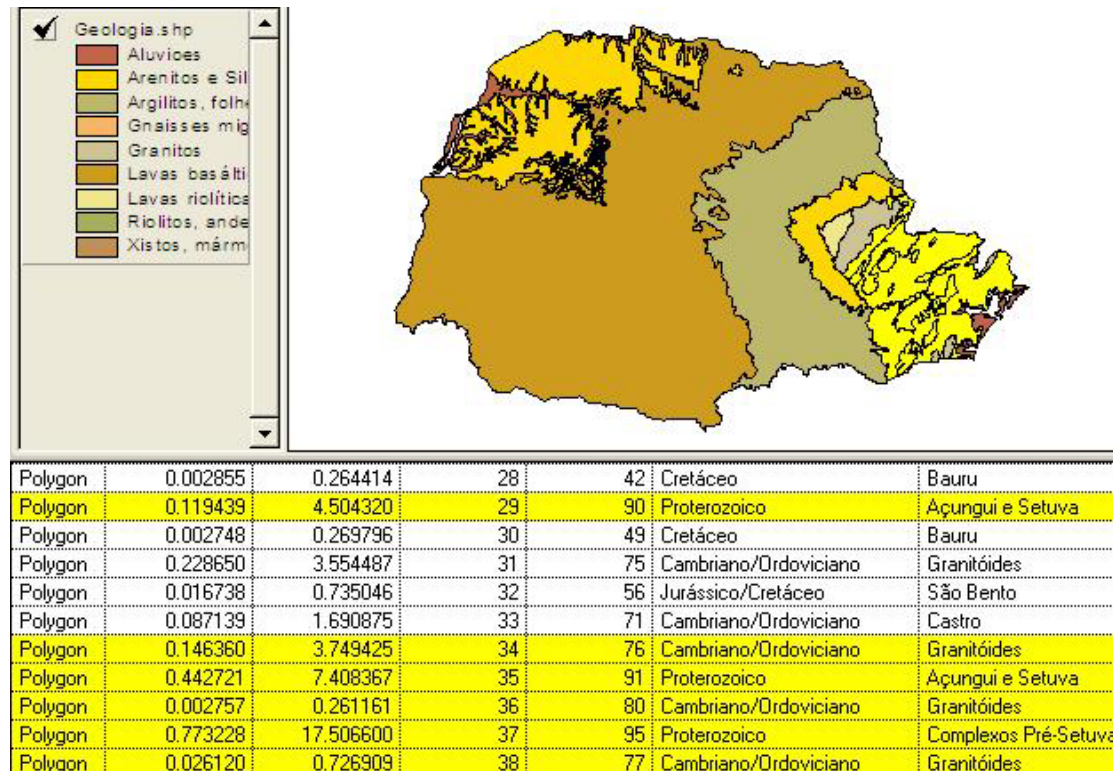
- Identificação de feições geográficas e atributos;
- Organização das camadas (layers) de informação geográfica;
- Definição do armazenamento.

O banco de dados deve refletir os objetivos do usuário na utilização do sistema. É importante dedicar algum tempo nas fases iniciais do projeto do banco de dados, antes de automatizá-lo pois, desta forma, assegura-se a real necessidade de certa gama de dados para a geração de análises espaciais compatíveis com o objetivo do sistema.

Um banco de dados bem projetado, proporcionará o contínuo reaproveitamento das informações para outras análises que se fizerem necessárias.

À medida que o volume e os tipos de dados armazenados aumentam, é necessário utilizar de softwares específicos para gerenciamento de dados. Os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, SGBDs, objetivam disponibilizar a diferentes usuários acesso ao banco de dados além de manter a integridade dos mesmos.

Tabela 2 – Relação entre dados espaciais e descritivos(ex.: Geologia).



7 ANÁLISE ESPACIAL E APLICATIVOS

A característica mais importante de um Sistema de Informação Geográfica é a capacidade de desenvolver funções de análise espacial. Nessas funções utilizam-se dados espaciais e atributos armazenados no banco de dados para responder as questões referentes ao mundo real.

A base de dados de um Sistema de Informação Geográfica é um modelo, segundo a visão do usuário, do mundo real, que garante a similaridade a aspectos da realidade.

O objetivo da análise espacial é extrair ou questionar informações úteis que satisfaçam as exigências dos objetivos do usuário para tomada de decisão técnica (VALENZUELA, 1989).

Uma função importante da análise espacial é a possibilidade de prever o que irá ocorrer em certo ponto, num determinado tempo, ou seja, a criação de cenários.

O processo de análise consiste em recuperar, reclassificar, medir, sobrepor, conectar e relacionar os dados gráficos e seus atributos.

A reclassificação envolve operações que reavaliam os valores temáticos nas categorias do mapa preexistente. Por exemplo, um mapa de solo, poderá ser reclassificado em um mapa de permeabilidade do solo.

A sobreposição (*overlay*) de dados, resulta na criação de um novo mapa onde os valores referenciados para cada posição são computados com função de valores independentes, associados com a posição em dois ou mais mapas.

Medir distância e conectividade implica em operações de medidas de distância cartográficas e resulta na criação de um novo mapa no qual a distância ou rota entre estes pontos pode ser expressa com uma simples distância euclidiana ou como função de limites absolutos ou relativos.

A concepção de um modelo é uma representação simplificada da realidade com suas feições significantes e relações na forma generalizada. É uma aproximação seletiva da realidade. Os modelos devem ser definidos de acordo com os objetivos descritivos ou de simulação. Os modelos descritivos do mundo real, podem ser representados por mapas. Os modelos de simulação estão relacionados com o que pode ocorrer, de acordo com determinada condição.

O SIG pode ser usado como uma associação de processos de modelagem espacial. Um bom exemplo é a previsão de risco de incêndio, usando parâmetros tais como inclinações de encostas, elevações (através do modelo digital do terreno), vegetação, biomassa e dados meteorológicos. Todas estas informações reunidas formarão um mapa temático onde estão indicadas as zonas mais sujeitas a incêndio em reflorestamentos.

Muitas operações em SIG produzem novos objetos espaciais à partir de outros objetos. Os objetos criados possuem os atributos dos objetos que os formaram. Existirá, então, uma sucessão de novos objetos, referenciados espacialmente, que permitirão as análises espaciais.

Muitos tipos de análise são desenvolvidos através da manipulação de redes (*network*), principalmente nas áreas de transportes, transmissão de energia, navegação, dentre outras. As capacidades de análise de redes permitem determinar o caminho mais curto entre dois pontos, numa malha de ruas, com direção de tráfego ou determinar a demanda de determinada região em função de algum tipo de serviço. Muitos *softwares* de geoprocessamento possuem o módulo de redes para análises espaciais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de SIG em agências governamentais ou privadas é um vetor de mudança na cultura de gestão vigente no país. Tradicionalmente a tomada de decisões é baseada em indicadores alfanuméricos sobre os distintos temas das atribuições profissionais de departamentos ou unidades

empresariais. A incorporação do fator locacional possibilita o aumento de acertos e maior eficiência das ações.

Recomenda-se que a implantação do SIG seja precedida de uma análise que defina o elenco de respostas a problemas prioritários para gestão ou o planejamento.

A relação custo/benefício do SIG torna-se clara e os investimentos compatíveis, principalmente, com os orçamentos públicos. Sua eficiência e aplicação tornam-se transparentes e objetivas.

A paralela evolução das tecnologias associadas a SIG, permitiu que seus custos baixassem significativamente: desde sua criação nas décadas de 60 e 70, os computadores de grande porte foram substituídos por computadores portáteis que possuem capacidades de processamento muitas vezes superiores aos antigos.

As mídias de armazenamento de dados também evoluíram de forma sensacional.

Os programas disponibilizados no mercado como, por exemplo, o ArcView (Arc-GIS), é de valor mais acessível do que muitos programas de desenho, tipo CAD.

As funcionalidades do SIG são mais abrangentes e seu manuseio mais amigável.

Seu impacto nas empresas se faz sentir, principalmente quanto a:

- redução do custo operacional;
- eliminação de serviços manuais;
- aumento de integração empresarial através da integração de dados de distintos departamentos;

- facilidade na atualização de dados;
- confiabilidade da informação;
- automação do processo de análise e modelagens de dados.

No que se refere ao SIG o atual processo de globalização facilita aos usuários potenciais desta tecnologia, compartilhar experiências nas mais diferentes áreas do conhecimento. Isto permite que a implementação do Sistema seja mais eficaz e acessível nas portas do III Milênio.

9 BIBLIOGRAFIA

- ARONOFF, S. **Geographical information System: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications.1992.
- BORROUGH, P. **Principles of geography information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press.1998.
- CAMARA, G. **Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução**. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 1993.
- CAMARA, Gilberto. **Geoprocessamento para projeto ambientais**. INPE.1996
- MARBLE, D. **Geographical information system: an overview**. In: Pecora 9 Conference, Sioux Falls, S. D. Proceedings... Sioux Falls, S. D. V.1, p. 18-24, 1984
- NADAL, Carlos. 1999. **Cartografia aplicada ao SIG**. Apostila. CIEG/UFPR.
- ROBINSON, Arthur. 1995. **Elements of cartography**. John Wiley & sons, Inc. New York.
- RODRIGUES, M., QUINTANILHA, J. A. A seleção de software SIG para gestão urbana. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 15, S. Paulo. **Anais....**S. Paulo; SBC, 1991, V.3, p. 513-9, 1991.

Exercício

Para verificar a aprendizagem tente responder as seguintes questões essenciais:

- 1- Qual é a serventia de um SIG?
- 2- SIG é ciência ou tecnologia?
- 3- Qual o tipo de usuário que você se enquadra?
- 4- Quais os componentes de um SIG?
- 5- Por que o dado é o componente mais importante e difícil de se adquirir?
- 6- Como se pode adquirir um dado Geo-referenciado?
- 7- Defina a estrutura vetorial e matricial.
- 8- O que é banco de dados geográficos?
- 9- Como se pode conceber um aplicativo?
- 10-** Procure na Feira de Usuários identificar os principais softwares em uso.