

PREFÁCIO

Esta apostila tem como objetivo a disponibilização de material didático impresso de boa qualidade para os estudantes da disciplina Introdução ao Geoprocessamento do curso de Transportes do CEFETES, servindo como uma referência bibliográfica básica e complementar às aulas teóricas e práticas. Esta apostila resultou de um trabalho de pesquisa que buscou nas melhores instituições brasileiras (como por exemplo IBGE, INPE e CEFETES) referências sobre geoprocessamento. Não há aqui nenhuma pretensão em tornar minhas palavras de terceiros e por isso após cada citação segue sua referência, como não poderia deixar de ser, bem como após cada capítulo, seguem as principais referências bibliográficas daquele capítulo quando for o caso de ter utilizado grande parte de um capítulo de livro/apostila.. No FTP do CEFETES - internet - encontram-se a apostila, bem como todo o material de pesquisa utilizado para a compilação de seu texto, o que permite a consulta do original na íntegra, quando necessário.

Boa leitura, bons estudos. Não é possível economizar tempo, aproveite-o.

Carlos Alexandre Damasceno Ribeiro

Profº das disciplinas Introdução ao geoprocessamento e

Sistemas de Informações Georeferenciadas

Técnico em agrimensura - CEFETES

Engenheiro Florestal - UFES

Mestrando em Produção Vegetal - UFES

alexandredamasceno@yahoo.com.br



Índice

1. INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO.	3
2. A REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE TERRESTRE	4
3. REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA DO AMBIENTE	9
4. SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE - GNSS	19
5. SENSORIAMENTO REMOTO.....	28
6. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOREFERENCIADAS.....	38

Criada em setembro de 2008. Última atualização em setembro de 2008.

Comunicação de erros gramaticais, dúvidas e esclarecimentos, por favor, entre em contato através do email - alexandredamasceno@yahoo.com.br.



1. INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO.

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade do século passado, da tecnologia de informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o surgimento do *geoprocessamento*.

Nesse contexto, o termo *geoprocessamento* denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de *cartografia, análise de recursos naturais, transportes, Comunicações, energia e planejamento urbano e regional*. As ferramentas computacionais permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Pode-se dizer, de forma genérica, "*Se onde é importante para seu negócio, então Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho*". Sempre que o **onde** aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG.

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente quando baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

Referência Bibliográfica

O texto abordado na introdução dessa apostila é parte do livro *Introdução a Ciência da Geoinformação. Capítulo 1 - "Introdução"*. Autor: Câmara, G. e Davis, C. Gilberto Câmara é, além de autor de vários livros em geoprocessamento, o atual diretor do INPE.



2. A REPRESENTAÇÃO DA SUPERFÍCIE TERRESTRE

O PROBLEMA INICIAL: REPRESENTAR A TERRA

O homem há milhares de anos sentiu a necessidade de representar o mundo que o cerca. A problemática se inicia nas seguintes questões: Como representar o ambiente complexo (3 dimensões) de forma precisa, exata, simples e objetiva (2 dimensões)? Ou seja, como representar o mundo no papel? Assim foram desenvolvidos métodos precisos, uns mais, outros menos, que promovem esta representação, em diferentes escalas, ou níveis de percepção; Local (cidades > topografia); regional (estados, continentes e países > geodésia); mundial (todo o globo terrestre > cartografia).

Formas de representar a superfície terrestre:

Plano: É a forma mais simplificada de todas, servindo apenas para representação local, até um raio de 50 km (plano topográfico).

Geóide: Forma "verdadeira" da Terra. Considera o prolongamento do nível médio dos mares e o centro de massa local. As montanhas e vales (possuem no máximo 10 km) exercem certa "atração" sobre o geóide, mas são desconsideráveis quando se observa todo o diâmetro terrestre (aproximadamente 13.000 km). Figura muito complexa em termos de representação matemática.

Elipsóide de revolução: Sólido geométrico gerado por uma elipse (figura "esférica achatada" que possui dois semi-eixos; um maior e outro menor, possui ainda fator de achatamento e excentricidade) que gira em torno do seu eixo-menor.

Ciências aplicadas ao geoprocessamento

Topografia: a palavra "Topografia" deriva das palavras gregas "topos" (lugar) e "graphen" (descrever), o que significa, a descrição exata e minuciosa de um lugar. (DOMINGUES, 1979). Podemos dividir a topografia simploriamente em: topometria (altimetria = ângulos e distâncias verticais; e planimetria=ângulos e distâncias horizontais) e topologia (descrição do terreno=levantamentos planialtimétricos).

Finalidade: determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, do fundo dos mares ou do interior de minas, DESCONSIDERANDO a curvatura resultante da esfericidade da Terra. Compete ainda à Topografia, a locação, no terreno, de projetos elaborados de



Engenharia. (DOMINGUES, 1979). A topografia fornece uma enorme variedade de mapas utilizados no geoprocessamento.

Importância: ela é a base de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros ou arquitetos. Por exemplo, os trabalhos de obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, hidrografia, usinas hidrelétricas, telecomunicações, sistemas de água e esgoto, planejamento, urbanismo, paisagismo, irrigação, drenagem, cultura, reflorestamento etc., se desenvolvem em função do terreno sobre o qual se assentam. (DOMINGUES, 1979).

Portanto, é fundamental o conhecimento pormenorizado do terreno, tanto na etapa do projeto, quanto da sua construção ou execução; e, a topografia, fornece os métodos e os instrumentos que permitem este conhecimento do terreno e asseguram uma correta implantação da obra ou serviço.

Geodésia: A GEODÉSIA (do grego daiein, dividir) é uma ciência que tem por finalidade a determinação da forma da terra e o levantamento de glebas tão grandes que não permitem o desprezo da curvatura da Terra.

É a parte da MENSURAÇÃO que tem por objetivo o estudo da forma e dimensão da terra. Levando em consideração a sua curvatura. Utiliza uma superfície fictícia que considera o nível médio dos mares (NMM) e o centróide da terra, ou seja, considera as alterações do relevo e sua massa; esta superfície é o geóide (datum).

Diferença entre Geodésia e Topografia: a Topografia é muitas vezes confundida com a Geodésia, pois se utilizam dos mesmos equipamentos e praticamente dos mesmos métodos para o mapeamento da superfície terrestre, distinguindo-se geralmente pela maior acurácia alcançada pela geodésia. Porém, enquanto a Topografia tem por finalidade mapear uma pequena porção da superfície (área de raio até 50 km, dependendo da precisão), a Geodésia, tem por finalidade, mapear grandes porções da superfície, levando em consideração as deformações devido à sua esfericidade. Portanto, pode-se afirmar que a Topografia, menos complexa e restrita, é apenas um capítulo da Geodésia, ciência muito mais abrangente. A aplicação da Geodésia nos levantamentos topográficos é justificada quando da necessidade de controle sobre a locação de pontos básicos no terreno, de modo a evitar o acúmulo de erros na operação do levantamento.

Cartografia: É a ciência e arte que se propõe a representar através de mapas, cartas e computação gráfica os diversos ramos do conhecimento do homem sobre a superfície terrestre. É considerada ciência quando através da



astronomia, geodésia, física, matemática, estatística busca a exatidão satisfatória. É considerada arte quando recorre à estética e beleza para alcançar a clareza. Utiliza o elipsóide de revolução em suas representações e o Geóide.

A arte de traçar mapas começou com os gregos que, no século VI a.C., em função de suas expedições militares e de navegação, criaram o principal centro de conhecimento geográfico do mundo ocidental. O mais antigo mapa já encontrado foi confeccionado na Suméria, em uma pequena tábua de argila, e representa um Estado. A confecção de um mapa normalmente começa a partir da redução da superfície da Terra em seu tamanho. Em mapas que figuram a Terra por inteiro em pequena escala, o globo se apresenta como a única maneira de representação exata. A transformação de uma superfície esférica em uma superfície plana, recebe a denominação de projeção cartográfica.

A Cartografia data da pré-história quando era usada para delimitar territórios de caça e pesca. Na Babilônia os mapas do mundo eram impressos em madeira num disco liso, mas foram Eratosthenes de Cirene e Hiparco (século III a.C.) que construíram as bases da moderna cartografia com um globo como forma e um sistema de longitudes e latitudes. Ptolomeu desenhava os mapas em papel com o mundo dentro de um círculo, sendo imitado na maioria dos mapas feitos até a Idade Média. Foi só com a era dos descobrimentos que os dados coletados durante as viagens tornaram os mapas mais exatos.

Com a descoberta do novo mundo, a cartografia começou a trabalhar com projeções de superfícies curvas em impressões planas. A mais usada e conhecida é a projeção Mercator.

A Cartografia, no Brasil, teve seu desenvolvimento a partir da Segunda Guerra Mundial em função dos interesses militares. Instituições como os atuais Instituto Cartográfico da Aeronáutica (ICA), Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) e Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), foram as principais responsáveis pela execução da Cartografia Sistemática do País, objetivando mapear todo o território nacional, em escalas de 1:50.000 a 1:250.000. Hoje em dia a cartografia é feita através de fotogrametria, sistemas de posicionamento e de sensoriamento remoto por satélite e, com a ajuda de computadores, mais informações podem ser visualizadas e analisadas.

ESCALAS

Relação entre a distância de dois pontos quaisquer do mapa com a correspondente distância na superfície da Terra. Traduzida, em geral, por uma fração, significa que essa fração representa a relação entre as distâncias lineares da carta e as mesmas distâncias da natureza, ou melhor: é uma fração em que o numerador (sempre a unidade) representa uma distância no mapa, e o



denominador a distância correspondente no terreno, tantas vezes maior, na realidade, quanto indica o valor representado no denominador.

Se, por exemplo, a escala é 1:50.000, determinamos que qualquer medida linear na carta é, no terreno, 50.000 vezes maior. Se, na mesma carta, tomarmos uma distância de dois centímetros, esta corresponderá, no terreno, a 100.000 centímetros, que são iguais a 1000 metros, ou seja, 1 km.

Escala numérica

As escalas podem ser classificadas em numéricas e gráficas. As numéricas vem representada pelo enunciado da própria fração. A forma de representação no Brasil e na maioria dos países é, por exemplo, 1:100.000. Uma escala numérica tem a grande vantagem de informar imediatamente o número de reduções que a superfície real sofreu. Por sua vez, é imprópria para reproduções de mapas através de processos fotocopiadores, quando há uma ampliação ou uma redução do original.

Escala gráfica

A escala gráfica é representada por um segmento de reta graduado. Usando-se a escala gráfica, poderemos medir diretamente no mapa quaisquer distâncias no terreno, na medida representada. Ainda poderá existir, além das divisões da parte direita do zero, subdivisões ao lado esquerdo do zero afim de realizar aproximações. Como experiência: no mapa mural do Brasil, mais comum, que é o de escala 1:5.000.000, e que dispõe igualmente, da escala gráfica, poderemos descobrir a distância em linha reta, por exemplo, entre Brasília e São Paulo. Com uma simples tira de papel, marcamos com um lápis esse alinhamento. Com essa tira, iremos marcar, sobre a escala gráfica, a distância em quilômetros. Obteremos 875 km.

Escala maior ou escala menor?

Escalas diferentes indicam maior ou menor redução. Em razão disso, são usadas as expressões Escala Maior e Escala Menor para se fazer comparações entre várias escalas.

Uma escala será maior quando indica menor redução. Por sua vez, uma escala será menor quando indica mais redução.

Veja a relação crescente de escalas a seguir:

1:5.000 (maior)

1:50.000

1:500.000

1:5.000.000 (menor)

A escala de uma planta ou desenho é definida pela seguinte relação:



$$E = \frac{1}{M} = \frac{\lambda}{L}$$

"L" representa qualquer comprimento linear real, medido sobre o terreno.

"λ" representa um comprimento linear gráfico qualquer, medido sobre o papel, e que correspondente ao comprimento medido sobre o terreno.

"M" é denominado Título ou Módulo da escala e representa o inverso de (λ / L).

A escala pode ser apresentada sob a forma de: fração : 1/100, 1/2000 etc. ou proporção : 1:100, 1:2000 etc. Podemos dizer ainda que a escala é: de **ampliação**: Ex.: 2:1; **natural**: Ex.: 1:1; de **redução**: Ex.: 1:50

MAPAS, CARTAS E PLANTAS

Mapa: representação gráfica, geralmente numa superfície plana e em determinada escala, das características naturais e artificiais, terrestres ou subterrâneas, ou, ainda, de outro planeta. Os acidentes são representados dentro da mais rigorosa localização possível, relacionados, em geral, a um sistema de referência de coordenadas. Igualmente, uma representação gráfica de uma parte ou total da esfera celeste.

Carta: representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo avaliação precisa de distâncias, direções e a localização geográfica da pontos, áreas e detalhes; representação plana, geralmente em média ou grande escala, numa superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecendo um plano nacional ou internacional. Nome tradicionalmente empregado na designação do documento cartográfico de âmbito naval. É empregado no Brasil também como sinônimo de mapa em muitos casos.

Planta: representação cartográfica, geralmente em escala grande, destinada a fornecer informações muito detalhadas, visando, por exemplo, ao cadastro urbano, a certos fins econômicos-sociais, militares, etc. O mesmo que plano.

PRINCIPAIS ESCALAS E SUAS APLICAÇÕES

Aplicação	Escala
Detalhes de terrenos urbanos	1:50
Planta de pequenos lotes e edifícios	1:100 e 1:200
Planta de arruamentos e loteamentos urbanos	1:500 1:1.000
Planta de propriedades rurais	1:1.000 1:2.000 1:5.000
Planta cadastral de cidades e grandes propriedades rurais ou industriais	1:5.000 1:10.000 1:25.000
Cartas de municípios	1:50.000 1:100.000
Mapas de estados, países, continentes etc.	1:200.000 a 1:10.000.000

Referências Bibliográficas

O texto abordado nesse capítulo da apostila é parte do livro Introdução a Ciência da Geoinformação. O capítulo utilizado é o seguinte:

Capítulo 6 - "Cartografia para geoprocessamento". Autor: D'Alge, J. C.

Além das seguintes referências:

Apostila de Cartografia - Coordenadoria do curso de Geomática - CEFETES. 2008.

Apostila de Topografia. Maria Cecília Bonato Brandalize. PUC - PR.

Apostila Noções de Geoprocessamento - Coordenadoria do curso de Transportes - CEFETES. 2008.

3. REPRESENTAÇÃO CARTOGRÁFICA DO AMBIENTE

REPRESENTANDO O PLANETA TERRA.

As representações cartográficas são efetuadas, na sua maioria, sobre uma superfície plana. O problema básico consiste em relacionar pontos da superfície terrestre (3D) ao plano de representação (2D). Isto compreende as seguintes etapas:

1º) Adoção de um modelo matemático da terra simplificado. Em geral um geóide (datum), esfera ou elipsóide de revolução;



2º) Projetar todos os elementos da superfície terrestre sobre o modelo escolhido. (Atenção: tudo o que se vê num mapa corresponde à superfície terrestre projetada sobre o nível do mar aproximadamente);

3º) Relacionar por processo projetivo ou analítico pontos do modelo matemático com o plano de representação escolhendo-se uma escala e sistema de coordenadas.

REPRESENTANDO PORÇÕES DA TERRA.

A definição de posições sobre a superfície terrestre requer que a Terra possa ser tratada matematicamente. Para o geodesta a melhor aproximação dessa Terra matematicamente tratável é o geóide, que pode ser definido como a superfície equipotencial do campo da gravidade terrestre que mais se aproxima do nível médio dos mares. A adoção do geóide como superfície matemática de referência esbarra no conhecimento limitado do campo da gravidade terrestre. À medida que este conhecimento aumenta, cartas geoidais existentes são substituídas por novas versões atualizadas. Além disso, o equacionamento matemático do geóide é intrincado, o que o distancia de um uso mais prático. É por tudo isso que a Cartografia vale-se da aproximação mais grosseira aceita pelo geodesta: um elipsóide de revolução. Visto de um ponto situado em seu eixo de rotação, projeta-se como um círculo; visto a partir de uma posição sobre seu plano do equador, projeta-se como uma elipse, que é definida por um raio equatorial ou semi-eixo maior e por um achatamento nos pólos.

Neste ponto torna-se oportuno colocar o conceito de datum planimétrico.

Começa-se com um certo elipsóide de referência, que é escolhido a partir de critérios geodésicos de adequação ou conformidade à região da superfície terrestre a ser mapeada. O próximo passo consiste em posicionar o elipsóide em relação à Terra real. Para isto impõe-se inicialmente a restrição de preservação do paralelismo entre o eixo de rotação da Terra real e o do elipsóide. Com esta restrição escolhe-se um ponto central (ou origem) no país ou região e se impõe, desta vez, a anulação do desvio da vertical, que é o ângulo formado entre a vertical do lugar no ponto origem e a normal à superfície do elipsóide. Fica definida então a estrutura básica para o sistema geodésico do país ou região: o datum planimétrico. Trata-se, portanto, de uma superfície de referência elipsoidal posicionada com respeito a uma certa região. Sobre esta superfície realizam-se as medições geodésicas que dão vida à rede geodésica planimétrica da região. O datum oficial Brasileiro é o SIRGAS.

Um datum planimétrico é formalmente definido por cinco parâmetros: o raio equatorial e o achatamento elipsoidais e os componentes de um vetor de translação entre o centro da Terra real e o do elipsóide. Na prática, devido à



incertezas na determinação do centro da Terra real, trabalha-se com translações relativas entre diferentes datas (plural de datum) planimétricos. Dado um ponto sobre a superfície do elipsóide de referência de um certo datum planimétrico, a latitude geodésica é o ângulo entre a normal ao elipsóide, no ponto, e o plano do equador. A longitude geodésica é o ângulo entre o meridiano que passa no ponto e o meridiano origem (Greenwich, por convenção). Fala-se aqui da definição do sistema de paralelos e meridianos sobre a superfície elipsoidal do datum.

REPRESENTAÇÕES GEODÉSICAS DO BRASIL

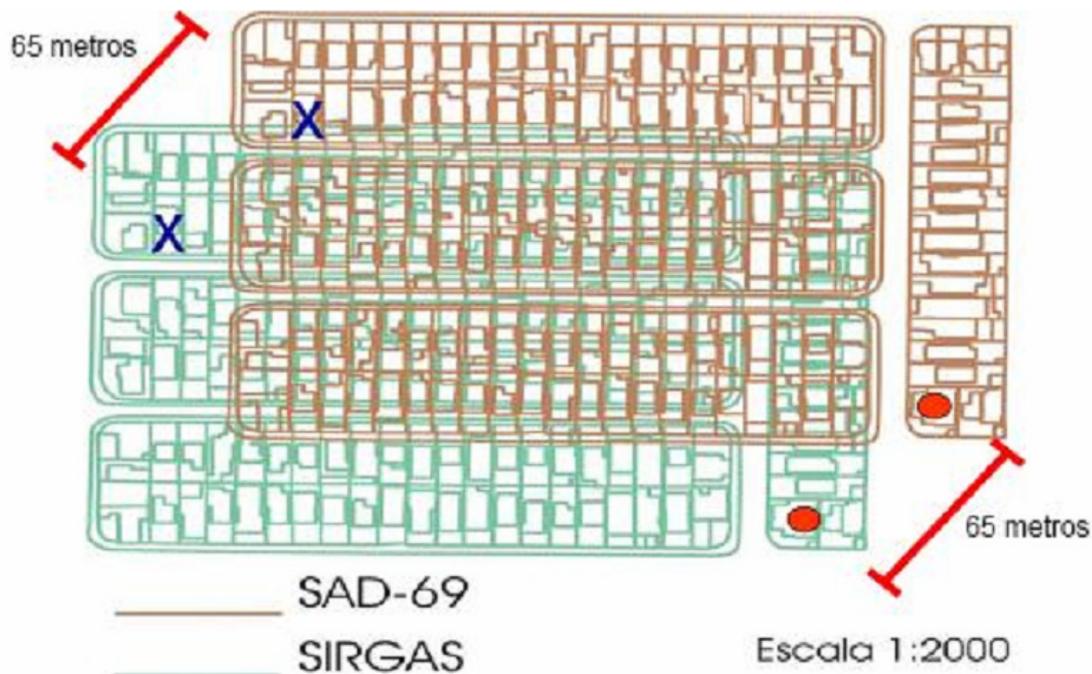
Vários países e continentes adotaram historicamente diferentes formas de representar a superfície terrestre, assim surgiram vários data (plural de datum). No Brasil lidamos atualmente com 4 data. Três deles consagrados pelos usuários, o quarto está sendo implantado:

(1) South American Datum 1969 (SAD-69), (2) o Córrego Alegre, que é o datum local mais antigo e o (3) World Global System 1984 (WGS84) que é o datum mundial utilizado pelo sistema de posicionamento global - GPS. Além destes 3 data de uso consagrado, o Brasil está passando por um momento de transição para o datum (4) SIRGAS 2000, que devido a determinações legais deve ser implantado até 2014.

As diferenças apresentadas entre o SIRGAS 2000 e o WGS84 são da ordem de 1 centímetro e portanto são considerados idênticos para efeitos práticos de cartografia.

A coexistência entre os sistemas pode gerar dificuldades em compatibilizar informações georreferenciadas de origens distintas. Um mapeamento realizado no SAD 69, por exemplo uma tubulação de gás, e outro no SIRGAS 2000, utilizado por exemplo para a instalação de bate-estacas, ou sondas de perfuração não podem ser representados num mesmo mapa. Obras utilizando mapas assim correm o sério risco de acidentes - danificação do gasoduto pela sonda de perfuração, como já ocorrido no Brasil (Revista ponto de referência nº2 de outubro de 2007. p. 9). O deslocamento entre as coordenadas do datum SAD 69 e do datum SIRGAS 2000 é de 65 metros, aproximadamente.





Dois objetivos da padronização do datum de referência nacional pelo IBGE é evitar erros grosseiros e a adequação ao padrão internacional. O datum internacional adotado é o WGS 84 (inclusive por sistemas de posicionamento como o GPS), que como já foi dito pode ser considerado cartograficamente idêntico ao SIRGAS 2000. A conversão correta entre os data é: **Córrego Alegre > SAD 69 > WGS 84 > SIRGAS 2000 (necessária após 2014, devido a questões legais).**

> O uso de geóides (data) para representação do terreno, quando se considera a curvatura terrestre, é justificado pelo seguinte argumento:

"O geóide é uma figura matematicamente complexa. Em escala regional, nacional ou continental, muitas vezes representa melhor estas porções da Terra do que se utilizássemos outra figura matemática, como por exemplo, o elipsóide, que é matematicamente mais adequado na representação do globo terrestre como um todo."

Explicado o fato de utilizarmos o geóide para representarmos porções "menores" da Terra, ainda permanece a dúvida:

> Por que utilizamos vários geóides para representar a mesma porção terrestre, como no caso do Brasil?

Simple, as técnicas geodésicas e seus instrumentos evoluíram desde o desenvolvimento do datum Córrego Alegre, até o SIRGAS 2000 (primeiros resultados e base de cálculos datam de 1997).

A forma exata da Terra não é conhecida, observem a notícia de 25/08/2008, publicada pela agência FAPESP.

Agência FAPESP – Qual é a forma exata da Terra? A pergunta pode parecer, mas não é tão simples como se imagina. Hoje se sabe que não é plana, como se pensou durante muitos séculos, mas ao mesmo tempo ainda falta uma medição acurada.

Como pela primeira vez estão disponíveis tecnologias para mapear com exatidão o geóide – como se chama a forma referencial da Terra, não esférica, mas achatada nos pólos –, a Agência Espacial Européia (ESA) se prepara para lançar o GOCE Earth, que tem esse entre seus objetivos.

Trata-se da mais completa missão já organizada para investigar o campo gravitacional e mapear a forma referencial do planeta com resolução e exatidão sem precedentes.

Com lançamento previsto para 10 de setembro, o GOCE (sigla para Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) será posicionado em órbita por um foguete russo Rocket.

O satélite de 1 tonelada carregará um conjunto de seis acelerômetros de alta sensibilidade que medirão os componentes do campo gravitacional terrestre em seus eixos. Os dados coletados serão usados para fornecer um mapa de alta resolução do geóide e das anomalias gravitacionais.

Segundo a ESA, esse mapa não apenas aumentará o conhecimento e a compreensão da estrutura interna da Terra como será usado como uma referência muito melhor para estudos do oceano e do clima, incluindo mudanças no nível do mar, circulação oceânica e observação das calotas polares.

Para tornar possível a missão, a agência, seus parceiros e cientistas envolvidos tiveram que superar alguns importantes desafios tecnológicos. O motivo era a dificuldade de construir um satélite que orbitasse a Terra próximo o bastante para obter dados gravitacionais de alta exatidão, mas que, ao mesmo tempo, deveria ser capaz de filtrar os “ruídos” e superar o arrasto causados pelos traços remanescentes da atmosfera – o GOCE estará a 260 quilômetros de altitude.

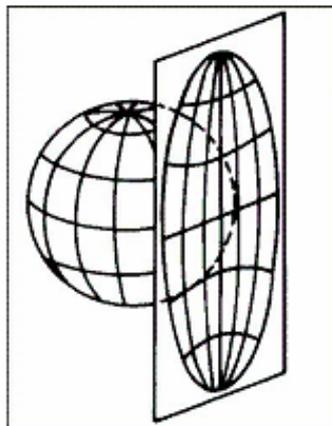
O satélite faz parte do programa de Exploração da Terra da ESA, que tem outras duas missões em desenvolvimento. A primeira, com lançamento previsto para 2012, é a ADM-Aeolus, para estudo da dinâmica da atmosfera terrestre. A EarthCARE, que investigará o balanço radioativo do planeta, está programada para três anos depois.

Mais informações: www.esa.int/goce



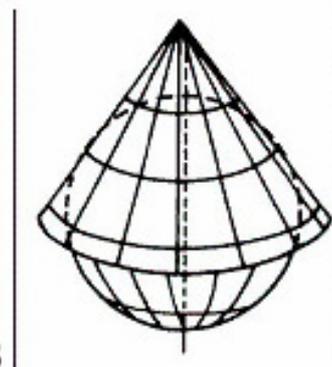
REPRESENTAÇÕES CARTOGRAFICAS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

PRINCIPAIS PROJEÇÕES QUANTO A SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA DE REPRESENTAÇÃO



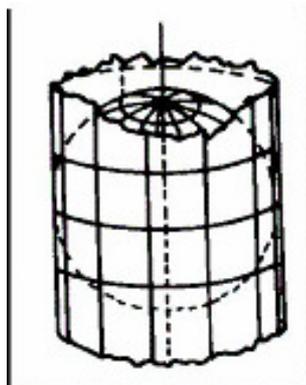
Projeções planas (1)

- (1) - Plano tangente ou secante. Estereográfica polar, azimutal de Lambert



Projeções cônicas (2)

- (2) - Cone tangente ou secante. Cônica de Lambert, cônica de Albers



Projeções cilíndricas (3)

- (3) - Cilindro tangente ou secante. UTM, Mercator, Miller

PRINCIPAIS PROJEÇÕES QUANTO A PRESERVAÇÃO DAS PROPRIEDADES REPRESENTADAS

Projeções conformes ou isogonais

-preservam ângulos. UTM, Mercator, cônica conforme de Lambert

Projeções equivalentes ou isométricas

-preservam áreas. Cônica equivalente de Albers

Projeções equidistantes

-representam distâncias em verdadeira grandeza ao longo de certas direções.

Cilíndrica equidistante

Como já foi colocado anteriormente é impossível representar a superfície curva da Terra sobre uma superfície plana (ou desenvolvível num plano) sem que haja deformações. Por isso deve-se escolher que características devem ser conservadas e quais podem ser alteradas. Por exemplo, pode-se pensar numa possível conservação dos ângulos ou numa manutenção de áreas, sempre lavando-se em conta a que se destina o mapa.

Entenda o seguinte sobre as projeções:

Conformes ou isogonais: mantêm os ângulos ou as formas de pequenas feições. Convém lembrar que a manutenção dos ângulos acarreta uma distorção no tamanho dos objetos no mapa. Exemplo: Mercator.



Equivalentes ou isométricas: conservam as áreas (não há deformação de área). Como consequência, os ângulos sofrem deformações. Exemplos: Cônica de Albers, Azimutal de Lambert.



Equidistantes: conservam a proporção entre as distâncias, em determinadas direções, na superfície representada. Exemplo: Cilíndrica Equidistante.



PRINCIPAIS PROJEÇÕES NO BRASIL

UTM (Universal Transverse Mercator); cartas topográficas e náuticas; Cônica conforme de Lambert; Cartas ao milionésimo (utilizadas pelo IBGE) e cartas aeronáuticas; Policônica; Mapas temáticos e mapas políticos. O mapeamento sistemático do Brasil, que compreende a elaboração de cartas topográficas, é feito na projeção UTM (1:250.000, 1:100.000, 1:50.000).

SISTEMAS DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas retangulares: Projeção UTM - "Universal Transverse Mercator".

Relacionam-se, a seguir, suas principais características:

- (1) A superfície de projeção é um cilindro transversal e a projeção é conforme;
- (2) O meridiano central da região de interesse, o equador e os meridianos situados a 90° do meridiano central são representados por retas;
- (3) Os outros meridianos e os paralelos são curvas complexas;
- (4) A escala aumenta com a distância em relação ao meridiano central. A 90° deste, a escala torna-se infinita; A Terra é dividida em 60 fusos de 6° de longitude.
- (5) O cilindro transversal adotado como superfície de projeção assume 60 posições diferentes, já que seu eixo é mantido sempre perpendicular ao meridiano central de cada fuso;
- (6) Utiliza o sistema métrico internacional, sua base é o metro;
- (7) Um ponto sobre a superfície terrestre não é único, deve ser indicado o fuso e o hemisfério;
- (8) Sua origem em relação à latitude e à linha do Equador. Arbitrou-se como origem o valor 10.000 para o hemisfério sul e 0 para o hemisfério norte; Cada fuso possui um falso meridiano central, com valor 500.000;
- (9) O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S.



Sistema de coordenadas polares: Coordenadas geográficas (Lat/Long)

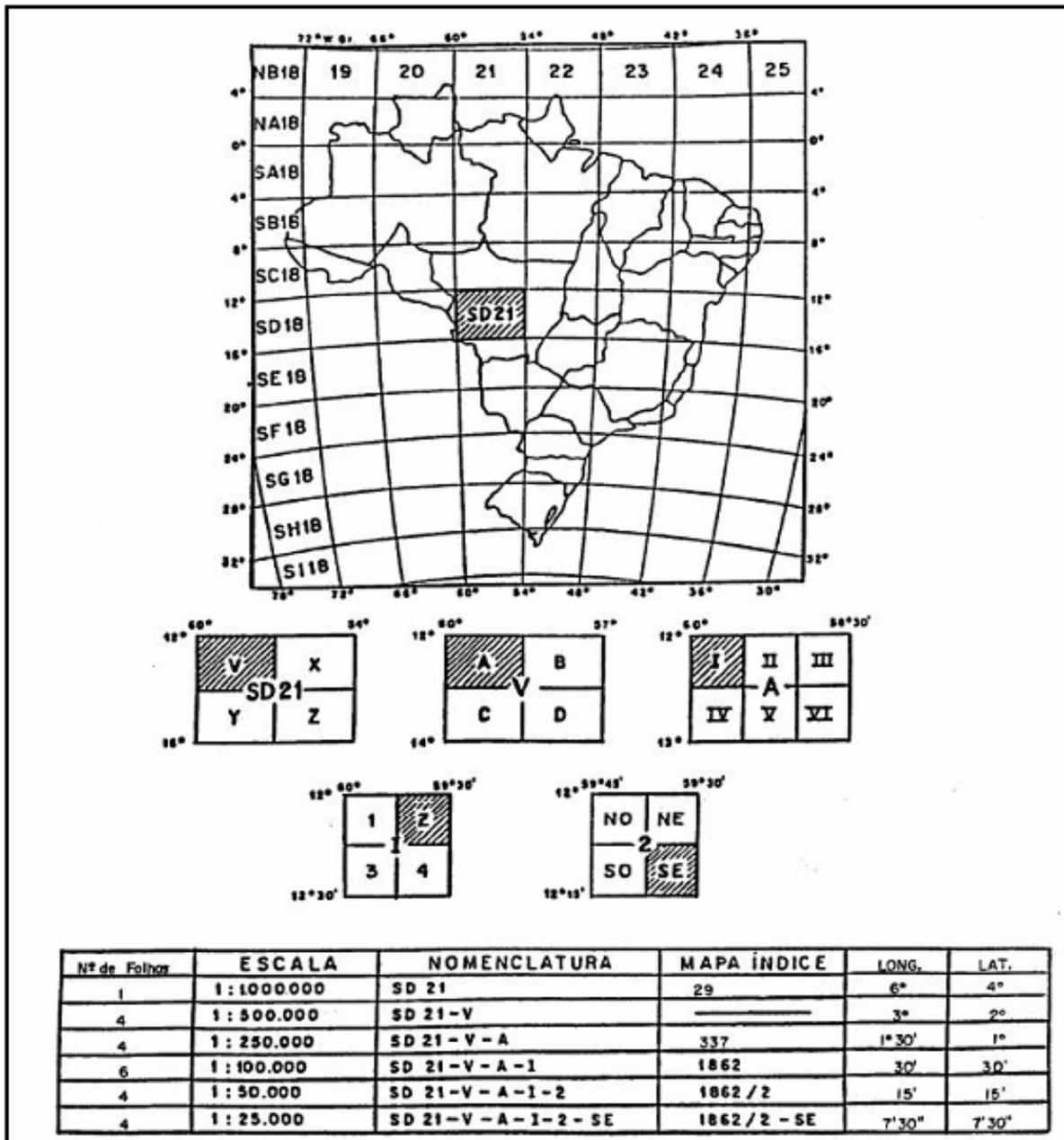
- (1) Lat/Long é um sistema de coordenadas esféricas chamadas de latitude e longitude e usadas para determinar posições na superfície da Terra.
- (2) Lat/Long começa no Meridiano Principal, a 0° de longitude, que passa através de Greenwich, nas cercanias de Londres. A linha do Equador está a 0° de latitude. Latitude Norte é dada em unidades positivas.
- (3) Longitude é medida a oeste do meridiano de Greenwich e ao sul do equador. Longitude Oeste é dada em unidades negativas nos Sistemas de Informações Georreferenciadas (SIG's);
- (4) Paralelos: linhas leste-oeste paralelas ao Equador;
- (5) Meridianos: linhas norte-sul conectando os Pólos, meridianos convergem nos pólos;
- (6) Paralelos são constantemente paralelos (obviamente, como sugerido pelo nome);
- (7) Meridianos e paralelos sempre intersectam em ângulos retos (90o graus).
- (8) Um ponto sobre a superfície terrestre é único;
- (9) Usa medidas angulares

CARTA INTERNACIONAL DO MUNDO AO MILIONESIMO - CIM

É uma representação de toda a superfície terrestre, na projeção cônica conforme de LAMBERT (com 2 paralelos padrão) na escala de 1:1.000.000. A distribuição geográfica das folhas ao Milionésimo foi obtida com a divisão do planeta (representado aqui por um modelo esférico) em 60 fusos de amplitude 6°, numerados a partir do fuso 180° W - 174° W no sentido Oeste-Leste, que não tem nenhuma semelhança com o fuso-horário mundial ou brasileiro, em termos de divisões numéricas. Cada um destes fusos por sua vez estão divididos a partir da linha do Equador em 21 zonas de 4° de amplitude para o Norte e com o mesmo número para o Sul. Como o leitor já deve ter observado, a divisão em fusos aqui apresentada é a mesma adotada nas especificações do sistema UTM. Na verdade o estabelecimento daquelas especificações é pautado nas características da CIM. Cada uma das folhas ao Milionésimo pode ser acessada por um conjunto de três caracteres:

1º) letra N ou S - indica se a folha está localizada ao Norte ou a Sul do Equador. 2º) letras A até U - cada uma destas letras se associa a um intervalo de 4° de latitude se desenvolvendo a Norte e a Sul do Equador e se prestam a indicação da latitude limite da folha. 3º) números de 1 a 60 - indicam o número de cada fuso que contém a folha.





Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo - CIM

Referências Bibliográficas

Capítulo 6 do livro - "Cartografia para geoprocessamento". Autor: D'Alge, J. C.
 Apostila de Cartografia - Coordenadoria do curso de Geomática - CEFETES.
 Apostila Noções de Geoprocessamento - Coordenadoria do curso de Transportes - CEFETES.

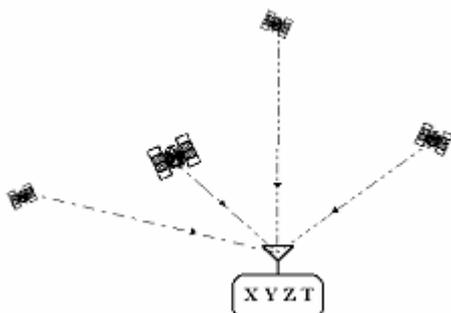
4. SISTEMAS GLOBAIS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE - GNSS

Outra fonte de informação para utilização em um SIG são os dados provenientes dos GNSS. Além de uma fonte de dados, essa tecnologia é comumente empregada no monitoramento de veículos e cargas.

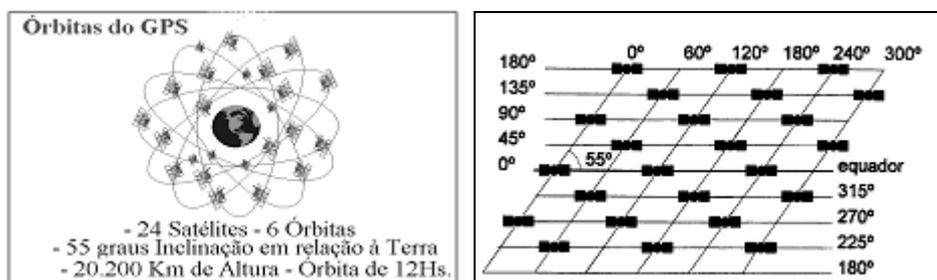


GNSS significa na prática a capacidade de seu receptor receber multi-constelações. Hoje já existem os satélites GPS e GLONASS, no futuro estarão disponíveis os satélites da constelação GALILEO. Receptores GNSS possuem, portanto, a capacidade de rastrear tanto os satélites GPS quanto os satélites GLONASS. Atualmente estão disponíveis 38 satélites (24 GPS + 14 GLONASS).

O SISTEMA GPS (GLOBAL POSITION SYSTEM)



foi desenvolvido para se obter cobertura mundial, operacionável 24 horas por dia, proporcionando latitude, longitude, altura e tempo, independente das condições meteorológicas. Os satélites GPS fornecem sinais codificados que são processados por receptores, permitindo o cálculo de posições em 3 dimensões, velocidade e tempo. O sistema GPS, para o seu funcionamento, é formado por 3 segmentos:

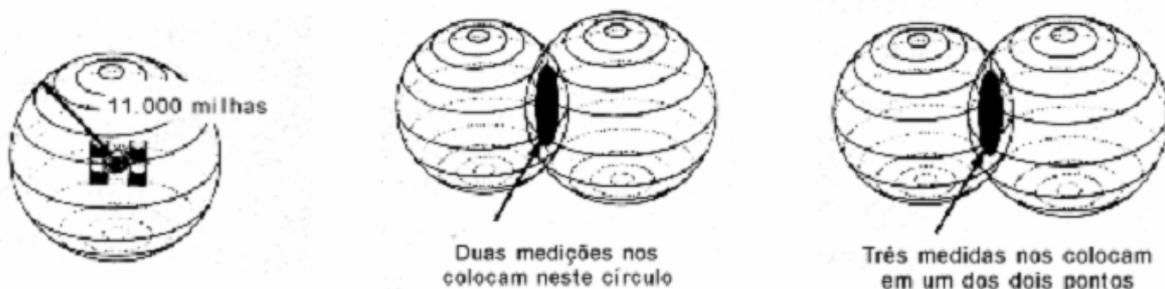


Segmento espacial, constituído pelos satélites; Segmento de controle, constituído pelas estações terrestres que controlam o desempenho e o funcionamento do sistema; Segmento usuário, constituído pelos usuários do sistema.

A IDÉIA BÁSICA - RAIOS DE AÇÃO DOS SATÉLITES

O GPS é baseado no raio de ação dos satélites. Isto significa que descobrimos nossa posição na Terra medindo nossa distancia a partir de um grupo de satélites no espaço. Os satélites atuam como uma referencia precisa para nós. Pode-se perguntar: "Como medimos exatamente quão distante estamos de um

satélite que está no espaço? E como sabemos exatamente onde um satélite em movimento está?” Estes são dois detalhes que vamos ignorar no momento. Confie em mim, eles podem ser resolvidos mais tarde. Vamos assumir agora que podemos saber exatamente onde um satélite está no espaço, e exatamente quanto distante estamos dele. Então o conceito básico atrás do GPS é simples: digamos que estamos perdidos e estamos tentando nos localizar. Se soubermos que estamos a uma certa distancia do satélite A, digamos 11.000 milhas, isso nos permite saber melhor onde no inteiro universo podemos estar. Isto nos diz que necessitamos estar em algum lugar na superfície de uma esfera imaginária que tem seu centro no satélite e com um raio de 11.000 milhas. Agora, se ao mesmo tempo também soubermos que estamos a 12.000 milhas de um outro satélite B, isto nos permite saber melhor onde estamos. Porque o único lugar no universo onde podemos estar a 11.000 milhas do satélite A e 12.000 milhas do satélite B é um círculo onde estas duas esferas se interceptam. Portanto se fizermos uma medição de um terceiro satélite, nós podemos realmente obter a nossa localização. Porque se soubermos que ao mesmo tempo estamos a 13.000 milhas do satélite C, podem existir somente dois pontos no espaço onde isto é verdadeiro. Estes dois pontos estão onde a esfera de 13.000 milhas corta o círculo que é a interseção das esferas de 11.000 milhas e da esfera de 12.000 milhas.



Isto mesmo. Utilizando o raio de ação dos três satélites, podemos concluir que estamos em um desses dois pontos no espaço. (Um pouco mais tarde veremos que existe uma razão técnica pela qual temos que fazer outra medição - mas no momento, teoricamente, três medições são suficientes). Como podemos decidir qual dos dois pontos é nossa localização real? Bem, nós podemos fazer uma quarta medição de um outro satélite. Ou podemos fazer uma suposição. Usualmente, um dos dois pontos é uma resposta impossível. O ponto incorreto pode não estar perto da Terra. Ou pode ter uma velocidade impossivelmente alta. Os computadores nos receptores GPS tem várias técnicas para distinguir o ponto correto do ponto incorreto. Incidentalmente, se você estiver certo de sua altitude, como os marinheiros estão (eles sabem que estão ao nível do mar), pode-se eliminar uma das medições dos satélites. Uma das esferas nos nossos desenhos pode ser substituída por uma esfera que tem seu centro no

centro da Terra e tem um raio igual a distancia do local onde você está até o centro da Terra. De qualquer modo, se desejarmos ser absolutamente técnicos, a trigonometria nos diz que realmente necessitamos de quatro satélites para nos localizarmos de modo não ambíguo. Mas na prática, podemos utilizar somente três se desprezarmos as soluções impossíveis. E é isto. O princípio básico por trás do GPS: utilizando satélites como pontos de referência para triangular nossa posição em algum lugar da Terra.

OBTENDO A HORA PRECISA

Mas espere um segundo. Sabemos que a luz viaja a 186.000 milhas por segundo. Se o satélite e o nosso receptor estiverem fora de sincronismo mesmo que seja 1/100 do segundo, nossa medição da distância pode ser deslocada por 1.860 milhas! Como podemos saber que nosso receptor e o satélite estão realmente gerando seus códigos exatamente ao mesmo tempo? Bem, pelo menos um lado do sincronismo dos relógios é fácil de explicar: os satélites tem relógios atômicos dentro deles. Eles são inacreditavelmente precisos e inacreditavelmente caros. Eles custam cerca de cem mil dólares cada um e cada satélite tem quatro, justamente para garantir que um está sempre trabalhando. Relógios atômicos não utilizam energia atômica. Eles tem esse nome porque usam oscilações de um átomo particular como seu "metronomo". É a referencia de tempo mais estável e exata que o homem jamais desenvolveu. Então pode apostar que quando é meio-dia é exatamente meio-dia. Isto é muito bom para satélites, mas e para nós mortais aqui em baixo na Terra? Se tivermos que ter um relógio atômico de cem mil dólares em cada receptor GPS somente o iate do Chiquinho Scarpa teria um.

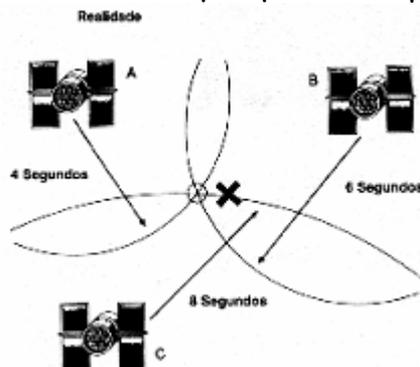
TRIGONOMETRIA PARA NOS SALVAR

Felizmente existe um meio de se trabalhar utilizando relógios com exatidão moderada em nossos receptores - e o segredo é fazer uma medição extra com satélite. Isto mesmo - uma medição de uma distância extra pode resolver um sincronismo imperfeito de nossa parte. (Agora você sabe porque falamos anteriormente que "teoricamente três medições são suficientes). Trigonometria diz que se três medições perfeitas localizam um ponto no espaço tridimensional, então quatro medições imperfeitas podem eliminar qualquer desvio de medida da hora (tanto quanto o desvio seja consistente). Isto pode parecer como uma porção de coisas técnicas, mas a idéia é muito simples. E é tão fundamental para o GPS que é digno se gastar um pouco de tempo para entender o princípio. A explicação será muito mais fácil de se entender com diagramas, e estes diagramas serão muito mais fáceis de se desenhar se trabalharmos somente em duas dimensões. É claro que o GPS é um sistema tridimensional, mas o princípio que estamos discutindo funciona do mesmo modo em duas dimensões. Temos que simplesmente eliminar uma medição.



PORQUE ADICIONANDO UMA MEDIÇÃO ELIMINA-SE O DESVIO DO RELÓGIO ?

Veja aqui como funciona: suponha que o relógio do nosso receptor não é perfeito como um relógio atômico. É consistente como um relógio de quartzo mas não está sincronizado perfeitamente com a hora universal. Digamos que está um pouco adiantado, de modo que quando se pensa que é meio-dia, é

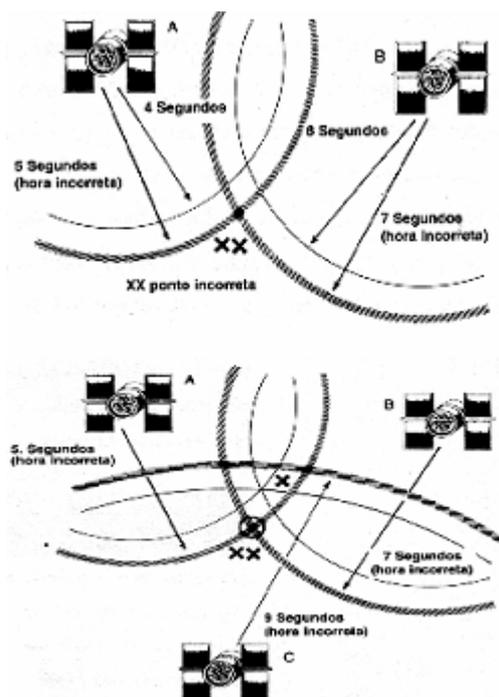


realmente 11:59:59 da manhã. Vejamos o que pode ser feito para os cálculos de nossa posição. Normalmente falaríamos acerca de nosso "intervalo" até o atélite em termos de milhas ou quilômetros, mas já que esses são calculados a partir do tempo, vamos simplificar as coisas falando sobre intervalos como sendo de tempo. Desse modo será bem mais fácil se perceber como os erros do relógio podem afetar nossa posição. OK, digamos que, na realidade, estamos a quatro segundos do satélite A e seis segundos do satélite B. Em duas dimensões, estes dois intervalos seriam suficientes para nos localizar em um ponto. Vamos chamá-lo "X" (Lembre-se, usa-se três medições para localizar um ponto em três dimensões). Então "X" é onde realmente estamos e é a posição que obteríamos se todos os relógios estivessem funcionando perfeitamente. Mas o que acontece se utilizarmos nosso receptor "imperfeito", o qual está um segundo adiantado? Isto nos daria a distância até o satélite A como cinco segundos e a distância até o satélite B como sete segundos. E isto faz com que os dois círculos se interceptem em um diferente ponto: "XX".

Então XX seria onde o nosso receptor imperfeito nos colocaria. E nos pareceria como uma resposta perfeitamente correta, porque não teríamos meio de saber se o nosso receptor está adiantado. Mas isto seria como um desvio de milhas fora da posição real. Provavelmente iríamos notar que alguma coisa não estava correta quando se começasse encontrar morros, quando nada em nossos cálculos nos indicasse isso. Mas agora é onde o nosso truque de trigonometria pode nos ajudar: deixe-nos acrescentar outra medição nos nossos cálculos. No nosso exemplo de duas dimensões, isso significa um terceiro satélite. Digamos que na realidade (se tivéssemos relógios perfeitos) o satélite C está a oito segundos de nossa posição. A situação seria similar a indicada na figura abaixo. Lembre-se que esse desenho mostra a situação como

ela realmente é.

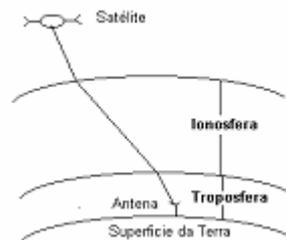
Todos os três círculos se interceptam no ponto X porque estes círculos representam os verdadeiros intervalos até os três satélites. Agora vamos acrescentar nosso segundo desvio ao desenho e ver o que acontece. As linhas pontilhadas mostram os "pseudo-intervalos" causados pelo nosso relógio adiantado. A frase "pseudo-intervalo" é utilizada nos círculos de GPS para descrever intervalos que contém erros (usualmente erros de tempo). Note que enquanto as horas adiantadas de A e de B ainda se interceptam em XX, a hora adiantada de C não está nada perto desse ponto.



Portanto não existe nenhum ponto que possa estar realmente a cinco segundos de A, sete segundos de B e nove segundos de C. Não existe nenhum meio físico em que essas medições possam se interceptar. Os pequenos computadores dos nossos receptores GPS são programados de modo tal que quando obtém uma série de medições que não conseguem interseção em um único ponto, percebem que alguma coisa está errada. E assumem que a causa é o seu relógio interno - que tem algum desvio. Então o computador começa subtraindo (ou adicionando) tempo, a mesma quantidade de tempo de todas as medições. Ele continua ajustando o tempo de todas as medições até que consiga uma resposta que deixe todos os intervalos no mesmo ponto. Em essência, ele "descobre" que subtraindo um segundo de todas as medições pode-se fazer todos os círculos se interceptarem em um ponto. E assim conclui que seu relógio está um segundo mais adiantado. Realmente, ele não sai procurando as cegas por uma resposta. Os computadores aplicam álgebra ao problema. O exercício das antigas "quatro equações e quatro incógnitas". E rapidamente

calcula o desvio do relógio. Mas a idéia é a mesma: adicionando-se mais uma medição podemos cancelar qualquer erro consistente que nossos receptores possam ter.

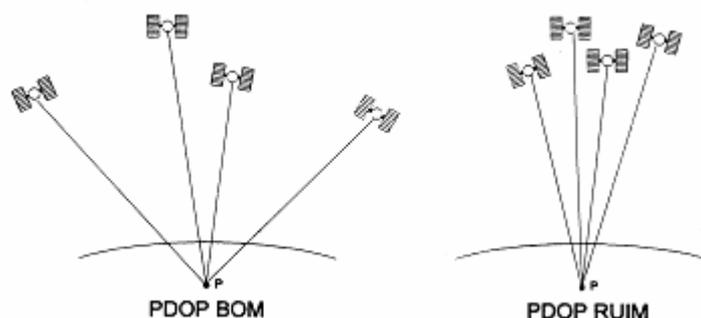
RETARDO DO SINAL DEVIDO A ATMOSFERA



A ionosfera é uma camada da atmosfera (entre 50 km e 500 km da superfície da Terra) que consiste de ar ionizado. O modelo transmitido só pode remover aproximadamente a metade dos possíveis 70 ns de demora da passagem do sinal nesta camada, que resulta em um erro que varia nas diversas regiões do globo terrestre e é minimizado através de coeficientes de ajustes.

DOP - DILUTION OF PRECISION

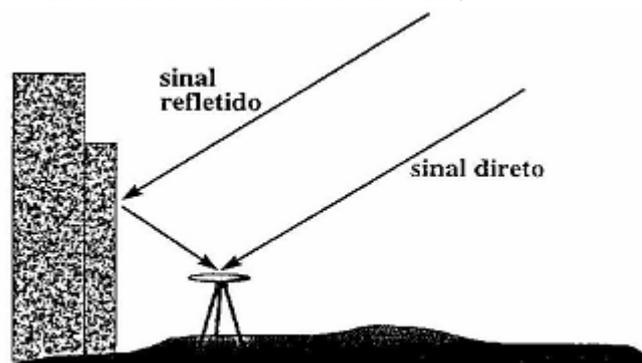
Parâmetro de quantificação da geometria dos satélites e sua influência nas determinações de posição, ou seja, o efeito da posição relativa dos satélites em relação ao receptor. Os parâmetros para determinação do DOP são: HDOP: Diluição da precisão nas coordenadas planas (Lat., Long. ou E, N). VDOP: Diluição da precisão na altimetria. PDOP: Diluição da precisão na posição. Para uma boa determinação de uma posição, é necessário que o PDOP tenha um valor pequeno. Quanto menor o valor do PDOP, melhor é a geometria dos satélites e melhor é a precisão do ponto levantado, recomenda-se não ultrapassar o valor 6.



MULTICAMINHAMENTO



Origina-se da reflexão indesejada do sinal GPS em superfícies próximas à antena receptora. Este pequeno atraso do sinal provoca um erro de posicionamento considerável, principalmente em levantamentos de precisão nos quais deve ser evitado sempre. É muito difícil sua determinação e, às vezes, mais difícil ainda evitá-lo. Para seu tratamento exige-se a adequação do ambiente em torno da estação (situação muitas vezes impossível). As formas de minimizar esse efeito baseiam-se na escolha de locais adequados sem superfícies refletoras e ausentes de obstáculos.



TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO

Posicionamento Absoluto ("*GPS de navegação*")

Essa técnica utiliza somente um aparelho receptor e a posição de um ponto é obtida pela interseção de 4 ou mais sinais de satélites. As soluções são obtidas em tempo real. A precisão dessa técnica é melhor que 15m horizontal e 25m vertical, em boas condições. Essa precisão é igual tanto para posicionamento estático ou cinemático, mas no posicionamento estático pode melhorar aumentando o tempo de rastreamento e realizando uma média das coordenadas calculadas pelo receptor. Os receptores que utilizam essa técnica apresentam baixo custo e são utilizados em reconhecimentos e navegações.

Posicionamento Diferencial ("*GPS diferencial*")

Essa técnica utiliza dois ou mais aparelhos, um de base e os outros que realizam o levantamento, e os erros que são encontrados no posicionamento absoluto dos aparelhos móveis podem ser reduzidos através do posicionamento diferencial. A forma mais simples para isso é obtendo correções sobre uma posição conhecida e aplicar essas correções aos pontos a serem determinados. O posicionamento diferencial pode ser obtido tanto por pós-processamento (quando os dados são armazenados, depois transferidos para computadores e processados em um software específico para GPS) ou em tempo real (que utiliza um link de comunicação entre os receptores).



APLICAÇÕES

Além de sua aplicação óbvia na aviação geral e comercial e na navegação marítima, qualquer pessoa que queira saber sua posição, encontrar seu caminho para determinado local (ou de volta ao ponto de partida), conhecer a velocidade e direção de seu deslocamento pode se beneficiar com o sistema. A comunidade científica o utiliza por seu relógio altamente preciso. Durante experimentos científicos de coleta de dados, pode-se registrar com precisão de micro-segundos (0,000001 segundo) quando a amostra foi obtida. Naturalmente a localização do ponto onde a amostra foi recolhida também pode ser importante. Agrimensores diminuem custos e obtêm levantamentos precisos mais rapidamente com o GPS. Unidades específicas têm custo aproximado de 3.000 dólares e precisão de 1 metro, mas existem receptores mais caros com precisão de 1 centímetro. A coleta de dados por estes receptores é bem mais lenta. Guardas florestais, trabalhos de prospecção e exploração de recursos naturais, geólogos, arqueólogos, bombeiros, são enormemente beneficiados pela tecnologia do sistema. O GPS tem se tornado cada vez mais popular entre ciclistas, balonistas, pescadores, ecoturistas ou por leigos que queiram apenas planejar e se orientar durante suas viagens. Com a popularização do GPS, um novo conceito surgiu na agricultura: a agricultura de precisão. Uma máquina agrícola dotada de receptor GPS armazena dados relativos à produtividade em um cartão magnético que, tratados por programa específico, produz um mapa de produtividade da lavoura. As informações permitem também otimizar a aplicação de corretivos e fertilizantes. Lavouras americanas e européias já utilizam o processo que tem enorme potencial em nosso país.

LIMITAÇÕES

A leitura da altitude fornecida pelo receptor também é afetada pelo erro do sistema. Porém, um erro de 10 metros numa dimensão de 100; 200 ou 500 metros é proporcionalmente muito grande e perigoso, dependendo da atividade desenvolvida. Os sinais dos satélites não penetram em vegetação densa, vales estreitos, cavernas ou na água. Montanhas altas ou edifícios próximos também afetam sua precisão. Para o uso automotivo, deve-se providenciar uma extensão para fixar a antena externamente ou posicionar o receptor junto ao pára-brisas. É importante que o receptor utilize pilhas comercializadas no nosso mercado e que tenha como acessório um adaptador para ligá-lo no acendedor de cigarros do veículo. Para o uso em ambiente marinho, é fundamental que o receptor seja a prova d'água para evitar corrosão em seus componentes.



Referências Bibliográficas

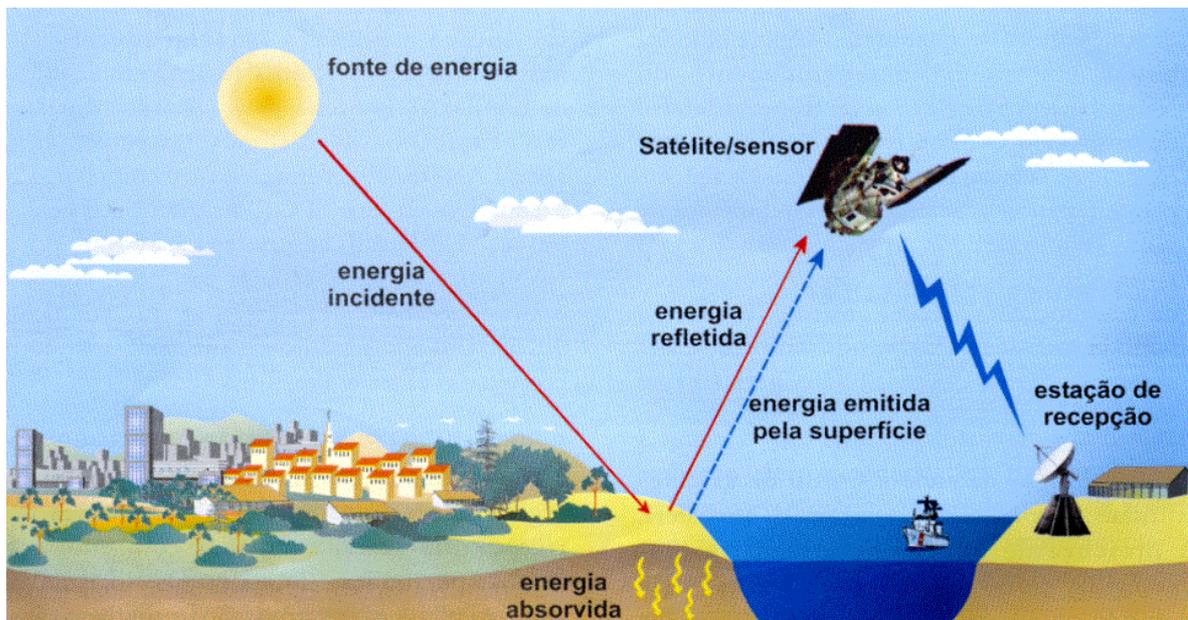
Apostila de GPS- O Sistema de Posicionamento Global.
M GORGULHO - GPS TrackMaker, 2001

5. SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento Remoto - SR - consiste na medição ou aquisição de dados sobre um objeto ou cena à distância ou, mais especificamente, obtenção de informações sem entrar em contato direto com a área ou fenômeno sob investigação. Um dos principais objetivos do SR é a aquisição de informações sobre a superfície da terra para mapeamento e avaliação de recursos terrestres e monitoramento ambiental. Todos os materiais (naturais ou artificiais) da superfície da terra, com temperatura superior a zero absoluto (0° K), podem emitir, refletir, transmitir ou absorver **seletivamente** a radiação eletromagnética - REM. A REM, mais familiar e mais importante em SR é a energia solar. Em sensoriamento remoto o fluxo radiante que deixa o objeto em direção ao sensor é denominado radiância do alvo. O fluxo de energia da REM ao incidir sobre um objeto, sofre interações com o material que o compõe sendo parcialmente **refletido, absorvido ou transmitido** pelo objeto ou corpo. A reflectância espectral de um objeto é dada pela razão entre a REM refletida pela energia incidente na superfície do mesmo. A discriminação dos materiais por SR é feita com base no registro, na forma de imagens, da REM refletida ou emitida pelos alvos e captada por Sistemas Sensores (ou simplesmente sensores). O processo envolve:

- a) existência de uma fonte de emissão de REM; e
- b) captação de parte desta energia por algum tipo de sensor após incidir sobre o alvo; e
- c) transformação dessa energia refletida em dados computacionais que são transmitidos para estação de recepção.





Princípio de funcionamento do SR. *Fonte: Florenzano (2002).*

Radiação Eletromagnética - REM

O homem utiliza a radiação eletromagnética de diversas formas, cotidianamente. Tão intensamente que muitas vezes não nos damos conta, vejamos alguns exemplos. Fazer a radiografia de um braço quebrado, esquentar a comida no "microondas", ouvir ao rádio ou assistir a televisão dependem da transmissão da REM.

Algumas situações ocorrem tão naturalmente que podem até assustar como: a produção de vitamina D por nós, que depende da REM emitida pelo sol, isso explica a recomendação médica para crianças e idosos "pegarem" sol pela manhã. E outras situações menos saudáveis não recomendadas pelos médicos como "tomar sol ao meio-dia" devido à radiação ultravioleta que prejudica a pele e os olhos. Até mesmo o tão mal falado efeito estufa está diretamente ligado ao uso da REM, nesse caso pela atmosfera terrestre. Acreditem sem a absorção, em proporções adequadas, da REM pela atmosfera, principalmente pelo vapor d'água (e não pelo CO_2 !) gerando o efeito estufa, a vida humana na Terra como é hoje seria praticamente impossível, devido a ocorrência de temperaturas próximas a zero nas regiões tropicais. Sem falar na fotossíntese que transforma energia fotótica em energia bioquímica, base da cadeia alimentar, mas esse assunto fica pra aula de biologia...

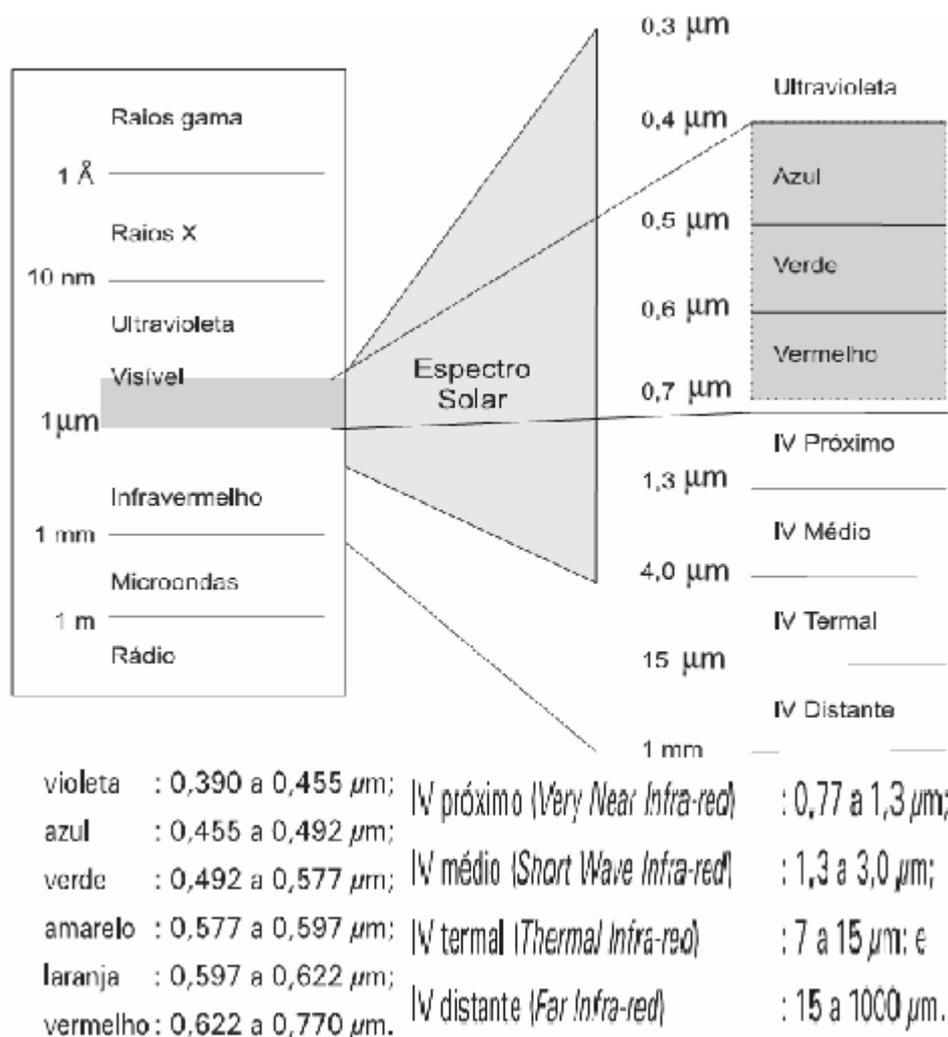
Apresentada a relação humana com a REM, passaremos a compreender seus usos mais engenhosos, transformando as mais diferentes formas de REM em imagens de alta resolução que possibilitam feitos como o monitoramento de queimadas na Amazônia Legal e a "medição" do tamanho real do Rio Amazonas, considerado pelos cientistas brasileiros, e em fase de reconhecimento internacional como maior rio do mundo (http://www.mundogeo.com.br/noticias-diarias.php?id_noticia=5311 acessado em 07/09/2008).

A REM pode ser ordenada em função do seu comprimento de onda e sua frequência. A Figura X ilustra as principais regiões da REM, com seus respectivos intervalos de comprimento de onda. As unidades utilizadas são:

milímetro (mm):	$1\text{ mm} = 10^{-3}\text{ m};$
micrômetro (μm):	$1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{ mm};$
nanômetro (nm):	$1\text{ nm} = 10^{-3}\mu\text{m};$ e
Angstrom (\AA):	$1\text{\AA} = 10^{-1}\text{ nm}.$

A fração mais fácil de compreender é o micrômetro, que é a milésima parte do milímetro, ou a milionésima parte do metro. O sol emite radiação no intervalo de 0,28 a 4 micrômetros (μm), o qual é denominado de espectro solar. Notar que o intervalo no qual o olho humano tem sensibilidade (visível) corresponde a uma faixa relativamente estreita do espectro EM (0,39-0,77 μm), compreendida dentro do espectro solar. Além do visível, o espectro solar abrange parte do ultravioleta - UV - e parte do infravermelho (IV). A maior parte dos sensores de recursos terrestres opera nas seguintes regiões do espectro: visível, infravermelho e microondas. A REM é aproximadamente dividida em:





A emissão de ondas termais pela superfície terrestre é mais acentuada no intervalo de 7 μm a 15 μm, atingindo o seu máximo em 9,7 μm. A energia termal é derivada das seguintes fontes:

- fluxo de calor radiogênico do interior da terra;
- aquecimento da superfície pelo sol; e
- atividades humanas.

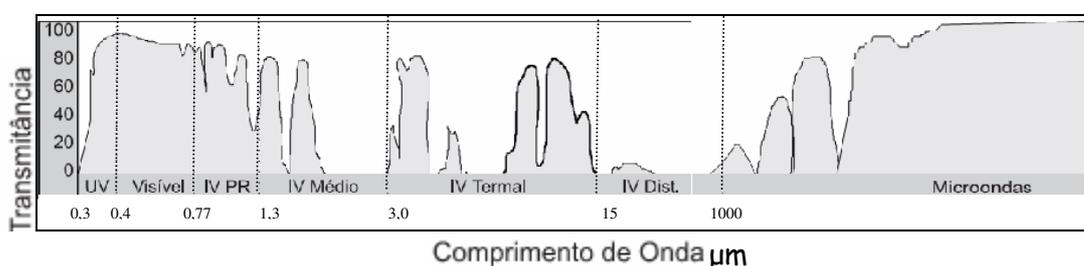
São denominadas de microondas as REM produzidas por sistemas eletrônicos no intervalo de 1 mm a 1 metro.

JANELAS ATMOSFÉRICAS

Como mencionado anteriormente, a REM é absorvida, transmitida ou refletida pelos corpos, inclusive pelos gases atmosféricos, de diferentes maneiras nas diferentes faixas da REM. Isto é, para cada corpo há uma determinada

transmitância/refletância em cada fração da REM. Essa característica física é responsável pela "passagem" de somente *uma fração de cada faixa da REM* pela atmosfera.

Antes de atingir o sensor instalado no satélite, a energia solar deve passar pela atmosfera terrestre duas vezes, uma no sentido sol-superfície da terra e outra no sentido superfície da terra-satélite. A atmosfera contém vários gases (vapor de água, ozônio e dióxido de carbono) que interagem com a REM produzindo a absorção da energia em algumas faixas do espectro. A transmitância da atmosfera, dada pela razão entre a REM que passa pelo total de energia incidente, varia com o comprimento de onda.



A Figura X mostra que aproximadamente 50% do espectro da REM não se presta ao SR orbital, já que a REM não consegue penetrar a atmosfera nestes intervalos. As faixas do espectro eletromagnético que permitem a passagem total ou parcial da REM são chamadas de janelas atmosféricas.

ASSINATURA ESPECTRAL

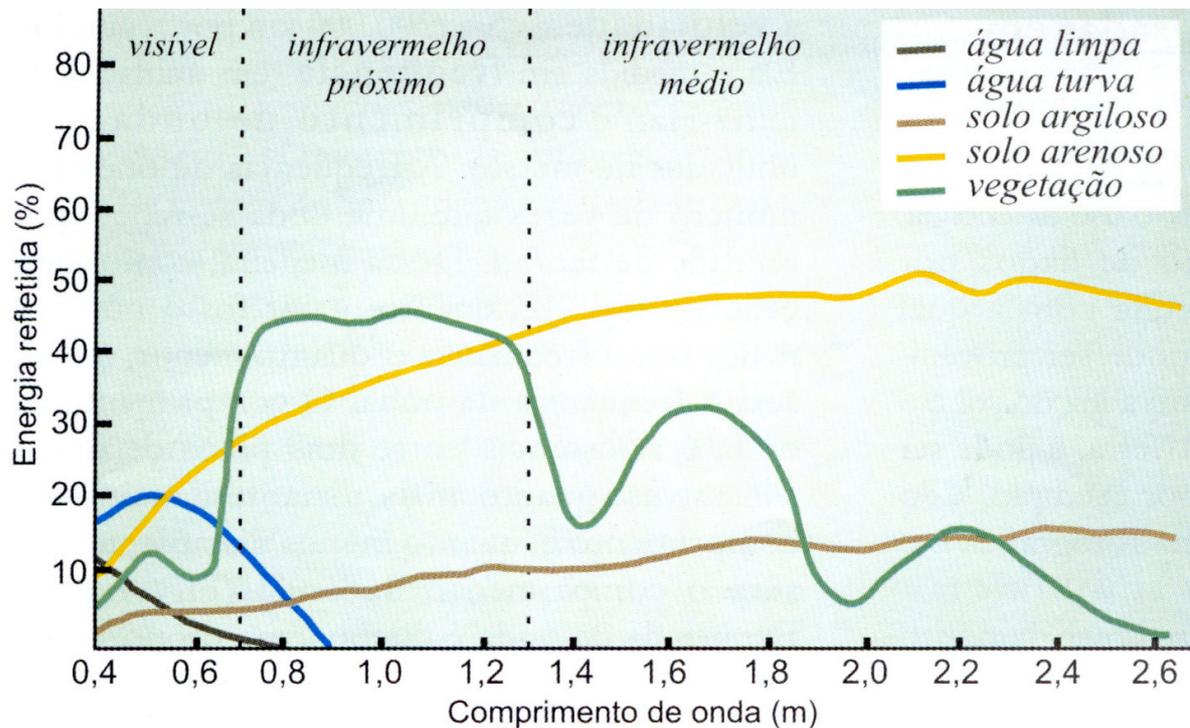
Se "para cada corpo há uma determinada transmitância/refletância em cada fração da REM", podemos concluir que cada corpo (cada tipo de solo, cada tipo de água, cada tipo de asfalto, vegetação, minério, gases ...) possui uma marca, uma impressão única.

Imagine um objeto recebendo a luz do sol, imagine várias cores dessa luz, digamos que cada cor é uma faixa da REM. Pense agora que esse objeto absorve uma parte da energia de cada faixa da REM e reflete outra parte, é isso que acontece. Acontece, mas você não vê. Abelhas, humanos e cachorros "enxergam" diferentes partes da REM. Se você usar um óculos militar que capta o infravermelho termal, conseguirá visualizar pessoas à noite mesmo na floresta ou através de lonas, devido à captação do calor que ele emite.

Bom, se cada corpo faz esse processo de forma única, podemos então identificar cada corpo por essa propriedade, a isso damos o nome de assinatura espectral. Se você conhece a assinatura espectral de um corpo, mesmo sem vê-lo realmente você pode determinar muitas propriedades como, por exemplo, a turbidez da água, tipo de vegetação, granulometria dos solos, tipos diferentes de asfalto. Essa é a finalidade de conhecermos a assinatura

espectral de diferentes corpos terrestres, gerar **estimativas** e quantificar algumas variáveis, sem o contato direto entre o sensor e o objeto.

Muitas vezes isso é imprescindível, tente imaginar como medir "em campo" toda a floresta amazônica, monitorar a qualidade do asfalto de todas as rodovias brasileiras ou avaliar a turbidez da água de todo o rio Doce. Mas é claro que uma medição indireta obtida por um sensor remoto dificilmente será tão precisa quanto medições reais, contudo nem sempre é possível medir tudo, o tempo todo. Observe a assinatura espectral de 5 corpos terrestres.



Como dito anteriormente e o próprio nome denota a assinatura espectral é única, porém, **dentro de um padrão conhecido**. Variações na curva da vegetação demonstram que algumas características daquele tipo de vegetação foram afetadas e isto pode indicar deficiência de água ou deficiência nutricional. Aplica-se este conhecimento no monitoramento de plantações de soja ou seringueiras. De forma análoga se faz o monitoramento do asfalto, constatando que está velho e quebradiço ou do solo indicando que determinado solo não é arenoso e sim argiloso ou está muito úmido.

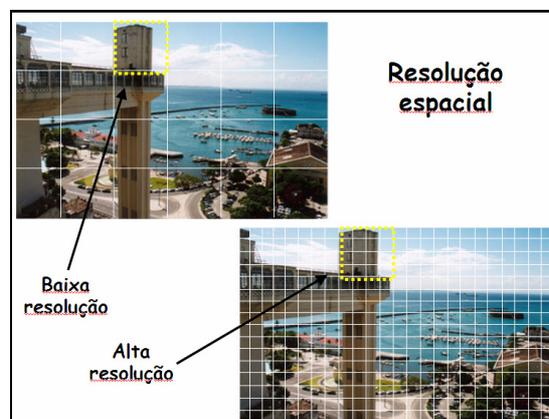
RESOLUÇÃO DAS IMAGENS

RESOLUÇÃO ESPACIAL



Cada sensor é projetado para fornecer dados a um determinado nível de detalhe espacial. Quanto menor o objeto possível de ser identificado, maior a resolução espacial. A resolução espacial pode ser definida como a habilidade que um sensor possui de distinguir objetos que são próximos espacialmente. A referência mais usada para a resolução espacial, é o tamanho do pixel. Em geral, só objetos maiores do que a área do pixel podem ser identificados, embora isso também dependa da reflectância e contraste entre os objetos próximos. O tamanho do pixel é definido pelo IFOV - instantaneous field of view - que é a área do terreno vista pelo sensor em um dado instante, O IFOV nominal é medido pelo ângulo do sistema ótico ou pela distância equivalente no terreno.

Um dos fatores mais importantes para a escolha da imagem mais adequada a um projeto de levantamento de recursos terrestres é a resolução espacial.



RESOLUÇÃO ESPECTRAL

A capacidade de discriminação dos materiais da superfície da terra por SR fundamenta-se no comportamento dos mesmos ao longo do espectro eletromagnético - assinatura espectral. Uma premissa fundamental em SR é a possibilidade de discriminar materiais pela sua resposta espectral característica em diferentes faixas de comprimento de onda. Diferentes materiais podem ter respostas espectrais semelhantes em um determinado intervalo de comprimento de onda e respostas distintas em outra faixa do espectro. Portanto, quanto maior o número de canais espectrais maior a capacidade discriminatória. A resolução espectral tem a ver com o número e com a "finura" dos canais espectrais, e é definida como a habilidade de separar coisas espectralmente semelhantes.

"Imagine que você pudesse escolher quantos olhos quer ter, e que cada olho pudesse captar uma largura específica da REM. Quantos mais olhos você pudesse ter mais



corpos seria capaz de enxergar e maior será a sua capacidade de discernir uns objetos dos outros. Isto é a resolução espectral."

"Lembra do objeto que capta várias "cores" da luz? Agora imagine-se vendo aquele objeto com vários olhos, cada olho captando uma luz diferente. Quantos mais olhos você tiver, mais cores enxergará. Maior será a sua resolução espectral"

RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA

A resolução radiométrica refere-se, aos níveis digitais, representados por níveis de cinza (NC) possíveis numa imagem e é expressa pelo número de dígitos binários (bits) necessários para armazenar o valor máximo de NC dos pixels. Por exemplo, para armazenar 64 níveis são necessários 6 bits ($2^6 = 64$); a resolução de 8 bits (1 byte) permite representar 256 níveis ($2^8 = 256$). A resolução radiométrica implica diretamente no tamanho dos arquivos de imagem. Para imagens com resolução de 8 bits, é necessário um byte para cada pixel. Uma cena inteira do satélite LANDSAT é formada por aproximadamente 41 000 000 pixels (6 200 linhas por 6 600 colunas), resultando um arquivo de aproximadamente 41 Mb.

"Voltando ao exemplo do olho observando objeto, é como se cada um dos olhos (resolução espectral), que captam somente uma cor da luz (cada espectro da REM) pudessem dentro de cada espectro, distinguir vários tons da mesma cor (níveis digitais, por exemplo $2^8 = 256$ tons diferentes de cinza, ou de verde, ou rosa, se preferir, a cor que vemos na imagem final acaba sendo um mero detalhe)."

RESOLUÇÃO TEMPORAL

Refere-se à frequência com que o sensor imageia uma determinada área. É também referida como periodicidade ou repetitividade. A resolução temporal do LANDSAT/TM é de 16 dias, enquanto a resolução temporal do SPOT é de 26 dias. A repetitividade é geralmente considerada em relação à posição de nadir, ou seja, a tomada da cena verticalmente abaixo do sensor. Os sensores com capacidade de imageamento lateral, formando um certo ângulo com a vertical, portanto, fora da posição de nadir, apresentam a possibilidade de repetir o imageamento de uma certa área em um tempo menor do que em posição de nadir. Esta propriedade do sensor é referida como capacidade de revisita, ou seja, o tempo que o satélite (sensor) demora em passar novamente sobre o mesmo ponto da superfície terrestre.

TIPOS DE ÓRBITA



Geoestacionária - mantém uma posição fixa em relação a um ponto na superfície da terra.

Polar - circular de direção norte-sul, formando ângulo próximo de 90° com a linha do equador.

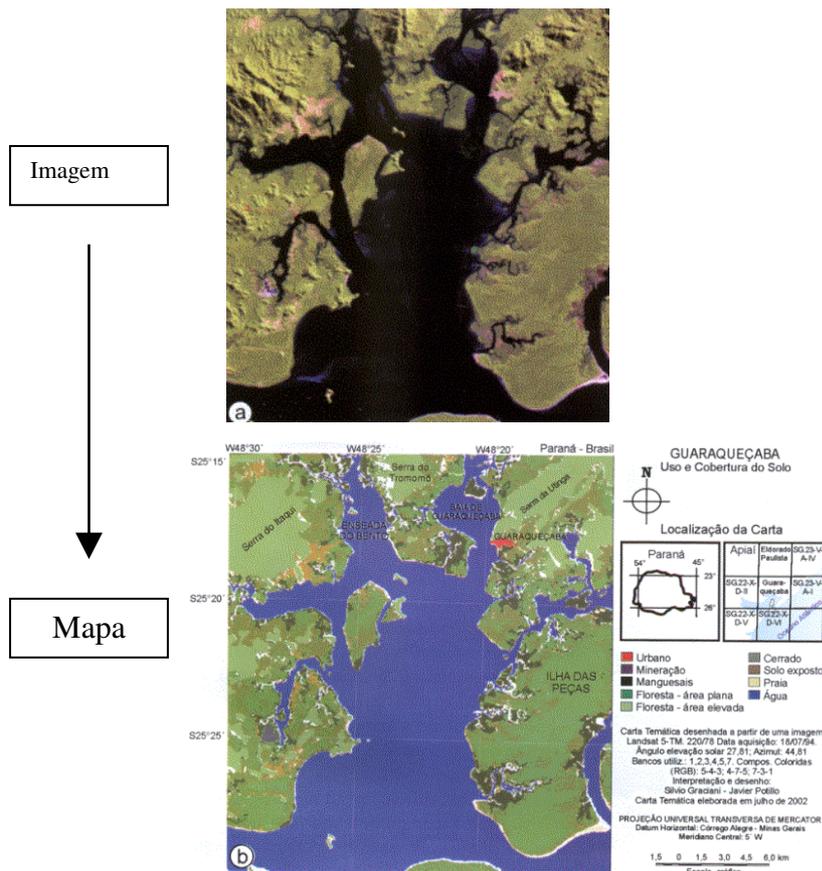
Sincronizada com o Sol ou Sol-síncrona - é uma órbita quase-polar que mantém um ângulo constante entre o Sol, a Terra e o satélite, o que garante condições semelhantes de iluminação nas áreas de mesma latitude. Cruzam sempre o equador no mesmo horário solar.

Interpretação de Imagens de Satélite

Interpretar uma imagem é identificar os objetos ou feições na superfície terrestre a partir de diversas técnicas, com o auxílio de programas computacionais. Logicamente que, quanto maior a resolução do sensor mais fácil e precisa será a classificação da imagem o que resulta em melhor produto.

Na maioria dos casos o interesse dos trabalhos é gerar um mapa de uso atual do solo a partir de uma imagem de satélite da região. Pode-se dizer que, os mapas contêm as informações e as imagens obtidas por meio de sensores remotos contêm os dados brutos.





Fonte: Florenzano (2002).

A tabela abaixo relaciona os preços de algumas imagens de satélites disponíveis no mercado.

Satélite	Preço por km ² em REAIS para pagamento A VISTA.	Preço por km ² em REAIS para pagamento parcelado	em Resolução espacial
IKONOS	38,00 Reais	43,00 Reais	1 m
LANDSAT	3,8 Reais	3,8 Reais	30 m
CBERS	Gratuita	Gratuita	20, 80 e 260 m

Referências Bibliográficas

Apostila Noções de Geoprocessamento - Coordenadoria do curso de Transportes - CEFETES. 2008.

Introdução ao processamento digital de imagens - IBGE. Manuais Técnicos em Geociências - número 9 p 13 - 34. Rio de Janeiro. 2000.



6. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOREFERENCIADAS

EVOLUÇÃO INTERNACIONAL

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Dada a precariedade da informática na época, e a especificidade das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), estes sistemas ainda não podem ser classificados como "sistemas de informação".

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima. Não existiam soluções comerciais prontas para uso, e cada interessado precisava desenvolver seus próprios programas, o que demandava muito tempo e, naturalmente, muito dinheiro.

Além disto, a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas. Ao longo dos anos 70 foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de hardware, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System* foi criada. Foi também nesta época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (Computer Aided Design, ou projeto assistido por computador), que melhoraram em muito as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia, e serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Também nos anos 70 foram desenvolvidos alguns fundamentos matemáticos voltados para a cartografia, incluindo questões de geometria computacional. No entanto, devido aos custos e ao fato destes proto-sistemas ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande porte, apenas grandes organizações tinham acesso à tecnologia.

A década de 80 representa o momento quando a tecnologia de sistemas de informação geográfica inicia um período de acelerado crescimento que dura até os dias de hoje. Até então limitados pelo alto custo do hardware e pela pouca quantidade de pesquisa específica sobre o tema, os GIS se beneficiaram grandemente da massificação causada pelos avanços da microinformática e do estabelecimento de centros de estudos sobre o assunto. Nos EUA, a criação



dos centros de pesquisa que formam o NCGIA - National Centre for Geographical Information and Analysis (NCGIA, 1989) marca o estabelecimento do Geoprocessamento como disciplina científica independente.

No decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de GIS. A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações de GIS. Na década atual, observa-se um grande crescimento do ritmo de penetração do GIS nas organizações, sempre alavancado pelos custos decrescentes do hardware e do software, e também pelo surgimento de alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficas.

DESENVOLVIMENTOS NO BRASIL

A introdução do Geoprocessamento no Brasil inicia-se a partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 80. A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais podemos citar:

- UFRJ: O grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do professor Jorge Xavier, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental). O SAGA tem seu forte na capacidade de análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso com veículo de estudos e pesquisas.
- MaxiDATA: os então responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevantamento AeroSul criaram, em meados dos anos 80, um sistema para automatização de processos cartográficos. Posteriormente, constituíram empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, software largamente utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de Mapeamento por Computador. Mais recentemente, o produto dbMapa permitiu a junção de bancos de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para "desktop mapping" para aplicações cadastrais.
- CPqD/TELEBRÁS: O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de



Gerência da Rede Externa), uma extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor de telefonia. Construído com base num ambiente de um SIG (VISION) com um banco de dados cliente-servidor (ORACLE), o SAGRE envolve um significativo desenvolvimento e personalização de software.

· INPE: Em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens - DPI). De 1984 a 1990 a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas), para ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o SPRING (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows.

O SITIM/SGI foi suporte de um conjunto significativo de projetos ambientais, podendo-se citar: (a) o levantamento dos remanescentes da Mata Atlântica Brasileira (cerca de 100 cartas), desenvolvido pela IMAGEM Sensoriamento Remoto, sob contrato do SOS Mata Atlântica; (b) a cartografia fito-ecológica de Fernando de Noronha, realizada pelo NMA/EMBRAPA; (c) o mapeamento das áreas de risco para plantio para toda a Região Sul do Brasil, para as culturas de milho, trigo e soja, realizado pelo CPAC/EMBRAPA; (d) o estudo das características geológicas da bacia do Recôncavo, através da integração de dados geofísicos, altimétricos e de sensoriamento remoto, conduzido pelo CENPES/Petrobrás. Assad e Sano (1998) apresentam um conjunto significativo de resultados do SITIM/SGI na área agrícola.

O SPRING unifica o tratamento de imagens de Sensoriamento Remoto (ópticas e microondas), mapas temáticos, mapas cadastrais, redes e modelos numéricos de terreno. A partir de 1997, o SPRING passou a ser distribuído via Internet e pode ser obtido através do website <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

Praticamente todo o texto, exceto alguns acréscimos com intuito de facilitar o entendimento, abordado nessa apostila é parte do livro Introdução a Ciência da Geoinformação. O capítulo utilizado é o seguinte:

Capítulo 1 - "Introdução". Autor: Câmara, G. e Davis, C.

TRADUZINDO A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA O COMPUTADOR

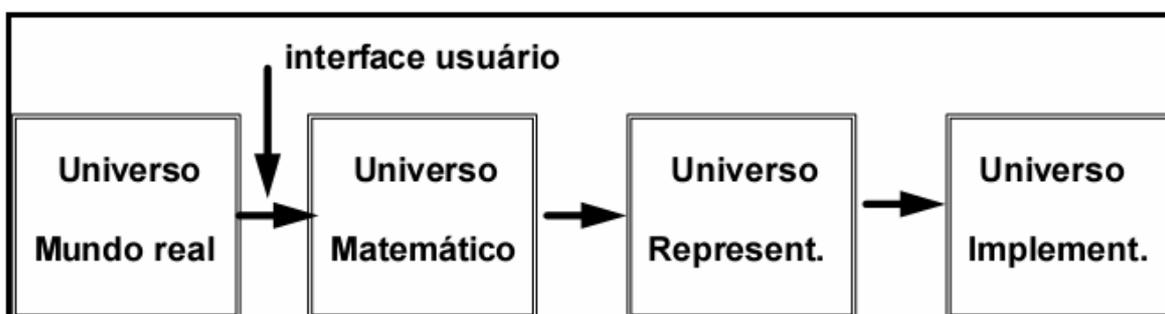


O problema fundamental do geoprocessamento agora deve ser observado mais detalhadamente. Como representar o mundo real (três dimensões) em um ambiente computacional?

Para abordar o problema fundamental do Ciência da Geoinformação (o entendimento das representações computacionais do espaço), estaremos utilizando, um arcabouço conceitual para entender o processo traduzir o mundo real para o ambiente computacional: o "paradigma dos quatro universos" (Gomes e Velho, 1995), que distingue:

- **o universo do mundo real**, que inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema;
- **o universo matemático (conceitual)**, que inclui uma definição matemática (formal) das entidades a serem representadas;
- **o universo de representação**, onde as diversas entidades formais são mapeadas para representações geométricas e alfanuméricas no computador;
- **o universo de implementação**, onde as estruturas de dados e algoritmos são escolhidos, baseados em considerações como desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. É neste nível que acontece a codificação.

A visão deste paradigma está ilustrada abaixo



A visão apresentada não se limita a sistemas de Geoprocessamento, mas representa uma perspectiva unificadora aos problemas de Computação Gráfica e Processamento de Imagens. Sua aplicação ao problema de Geoprocessamento é particularmente apropriada pois permite equacionar os problemas da área, como se pode constatar:

- no universo do mundo real encontram-se os fenômenos a serem representados (tipos de solo, cadastro urbano e rural, dados geofísicos e topográficos);

- no universo conceitual (matemático) pode-se distinguir entre as grandes classes formais de dados geográficos (dados contínuos e objetos individualizáveis) e especializar estas classes nos tipos de dados geográficos utilizados comumente (dados temáticos e cadastrais, modelos numéricos de terreno, dados de sensoriamento remoto);
- no universo de representação as entidades formais definidas no universo conceitual são associadas a diferentes representações geométricas, que podem variar conforme a escala e a projeção cartográfica escolhida e a época de aquisição do dado. aqui se distingue entre as representações matricial e vetorial, que podem ainda ser especializadas;
- o universo de implementação é onde ocorre a realização do modelo de dados através de linguagens de programação. Neste universo, escolhem-se

Capítulo 2 - conceitos - do livro do Gilberto câmara, INPE.

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIG

A tecnologia SIG tem tido um enorme impacto em virtualmente todos os campos que gerenciam e analisam dados espacialmente distribuídos. Para aqueles que não estão familiarizados com a tecnologia é fácil vê-la como uma "caixa mágica". Entretanto, para analistas experimentados, a filosofia de SIG é muito diferente, pois com a experiência o SIG torna-se uma simples extensão do pensamento analítico. O sistema não tem respostas inerentes, apenas àquelas do analista. É somente uma ferramenta, assim como a estatística é uma ferramenta. *É uma ferramenta para pensar.*

Investir em SIG requer muito mais que um investimento em *hardware* e *software*. Um dos investimentos menos considerados, embora dos mais importantes, relaciona-se aos analistas que irão usar o sistema. O sistema e o analista não podem ser separados, um é simplesmente uma extensão para o outro.

Em muitos casos aprender SIG envolve aprender a pensar, aprender a pensar sobre padrões, sobre espaços e sobre processos que atuam no espaço. Explore, desafie o que você vê. O que você aprenderá vai muito além do que um pacote de software pode oferecer.

DEFINIÇÃO DE SIG

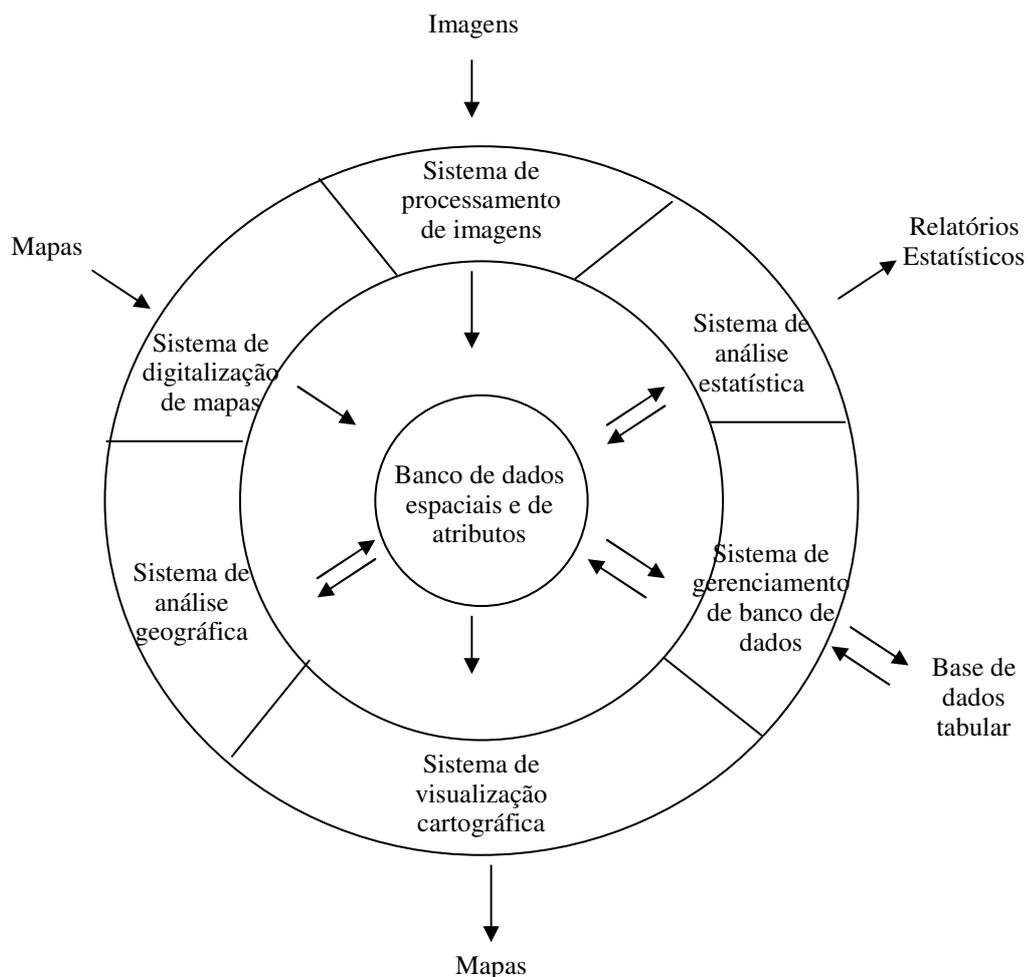
O termo SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento



computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferece ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum -- a localização geográfica. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar *georeferenciados*, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

COMPONENTES DE UM SIG

Embora imaginemos um SIG como uma peça de *software* única, ele é composto por uma variedade de elementos distintos. A figura 1 dá uma visão geral dos componentes encontrados num SIG. Nem todos os sistemas têm todos esses elementos, mas para ser um verdadeiro SIG, um grupo essencial deve estar presente.



Banco de dados espacial e de atributos

No centro do sistema está o banco de dados, uma coleção de mapas e informações associadas na forma digital. Como o banco de dados trata feições da superfície terrestre, ele compreende dois elementos, um descrevendo a geografia (forma e posição) das feições e outro descrevendo as características ou qualidades dessas feições. Em alguns sistemas, os bancos de dados são rigidamente separados um do outro, enquanto em outros estão integrados em uma única entidade.

Sistema de visualização cartográfica

O sistema de visualização cartográfica permite, a partir de elementos selecionados do banco de dados, produzir mapas de saída na tela ou em alguns dispositivos de saída em meio sólido como uma impressora ou plotter.

Sistema de digitalização de mapas

Com um sistema de digitalização de mapas pode-se converter mapas existentes em papel para uma forma digital, desenvolvendo mais o banco de dados. No método mais comum de digitalização, o mapa em papel é fixado sobre uma mesa digitalizadora, traçando-se depois as feições de interesse com um cursor. Os *scanners* também podem ser usados para digitalizar dados, como fotografias aéreas, por exemplo.

Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD

Este componente se refere a um sistema que é usado para entrada, gerenciamento e análise de dados de atributo. Com um SGBD, é possível introduzir dados de atributo como informação tabular e estatística e subsequentemente extrair tabulações especializadas e sumários estatísticos para gerar novos relatórios tabulares.

Sistema de análise geográfica

Com um sistema de análise geográfica, ampliamos as possibilidades de consulta a bancos de dados tradicionais para incluir a possibilidade de analisar dados baseados em sua posição geográfica. O exemplo mais simples disso é considerar o que acontece quando estamos envolvidos com a ocorrência concomitante de feições com distribuição espacial diferente. A possibilidade de comparar feições diferentes baseadas em sua ocorrência espacial comum é a marca registrada dos SIG.

Sistema de processamento de imagens



Alguns sistemas de *softwares* incluem também a possibilidade de analisar imagens de sensoriamento remoto e oferecem análises estatísticas específicas. O sistema de processamento de imagens permite tomar uma imagem de sensoriamento remoto e convertê-las em dados interpretados na forma de mapa de acordo com vários procedimentos de classificação.

Sistema de análise estatística

Rotinas específicas para descrição de dados espaciais, em parte pelo caráter especial dos dados espaciais, mas também porque os dados espaciais colocam problemas especiais com relação a inferência descritas a partir de procedimentos estatísticos. Um exemplo de desses procedimentos é a análise geoestatística de dados espaciais.

Sistema de apoio à decisão

São módulos que incorporam o erro no processo, ajudam na construção de mapas de aptidão através de critérios múltiplos e atendem decisões sobre localização quando objetivos múltiplos estão envolvidos.

TIPOS DE DADOS EM GEOPROCESSAMENTO

DADOS TEMÁTICOS

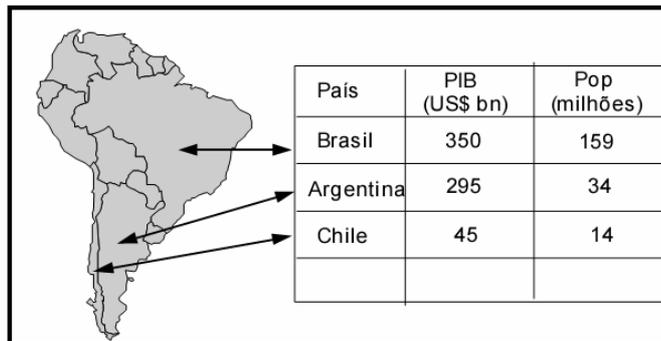
Dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa, como os mapas de pedologia e a aptidão agrícola de uma região. Estes dados, obtidos a partir de levantamento de campo, são inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens.

DADOS CADASTRAIS

Um dado cadastral distingue-se de um temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, os lotes de uma cidade são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (dono, localização, valor venal, IPTU devido, etc.) e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. Os atributos estão armazenados num sistema gerenciador de banco de dados.

Logo abaixo é possível visualizar um exemplo de dado cadastral da América do Sul, onde os países possuem atributos não-gráficos (PIB e população).





Dados cadastrais: Países da América do Sul.

REDES

Em geoprocessamento, o conceito de "rede" denota as informações associadas a: Serviços de utilidade pública, como água, luz e telefone; Redes de drenagem (bacias hidrográficas); Rodovias. No caso de redes, cada objeto geográfico (e.g: cabo telefônico, transformador localização geográfica exata de rede elétrica, cano de água) possui uma e está sempre associado a atributos descritivos presentes no banco de dados.

MODELOS NUMÉRICOS DE TERRENO

O termo modelo numérico de terreno (ou MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como teor de minerais, ou propriedades do solo ou subsolo, como aeromagnetismo.

Entre os usos de modelos numéricos de terreno, pode-se citar (Burrough,1986):

- (a) Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;
- (b) Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;
- (c) Cômputo de mapas de declividade e exposição para apoio a análises de geomorfologia e erodibilidade;
- (d) Análise de variáveis geofísicas e geoquímicas;
- (e) Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Um MNT pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x,y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície. Um exemplo de MNT é apresentado na figura 2. Curvas de nível obtidas a partir de levantamento planialtimétrico

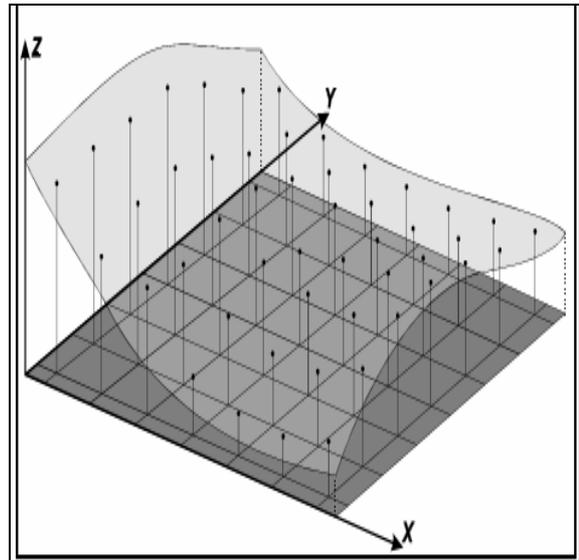


Figura 2. Diferentes representações para o terreno real 3d. Isolinhas (curvas de nível) à esquerda e grade regular à direita.

IMAGENS

Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou "scanners" aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem (denominado "pixel") tem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente. A Figura 3 mostra uma composição colorida falsa cor das bandas 3 (associada a cor Azul), 4 (Verde) e 5 (Vermelha) do satélite TM-Landsat, para a região de Manaus (AM).

Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem, sendo necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-los.

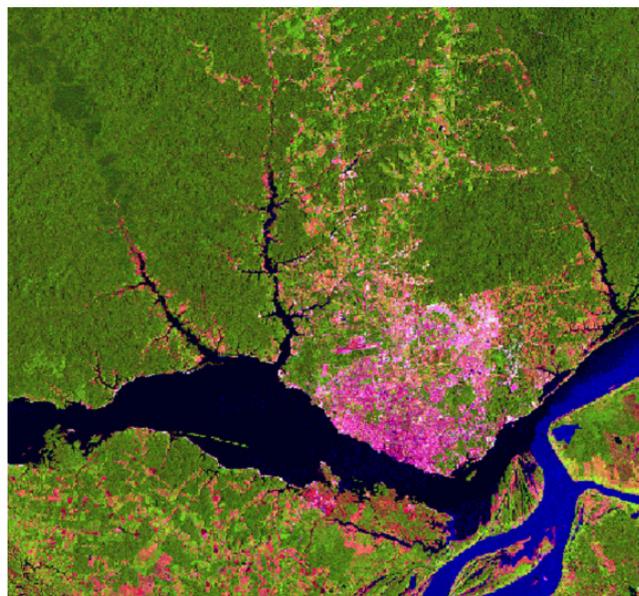


Figura 3 - Exemplo de Imagem (composição colorida TM/LANDSAT para a região de Manaus.

Características importantes de imagens de satélite são: o número e a largura resolução espectral de bandas do espectro eletromagnético imageadas (), a menor resolução área da superfície terrestre observada instantaneamente por cada sensor (espacial resolução), o nível de quantização registrado pelo sistema sensor (radiométrica) e o intervalo entre duas passagens do satélite pelo mesmo ponto resolução temporal.

REPRESENTAÇÕES DO MUNDO REAL NO AMBIENTE COMPUTACIONAL.

Inicialmente, devem-se considerar as duas grandes classes de representações geométricas: REPRESENTAÇÃO VETORIAL e REPRESENTAÇÃO MATRICIAL.

Na representação vetorial, a representação de um elemento ou objeto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. Qualquer entidade ou elemento gráfico de um mapa é reduzido a três formas básicas: pontos, linhas, áreas ou polígonos.

A representação matricial consiste no uso de uma malha quadriculada regular sobre a qual se constrói, célula a célula, o elemento que está sendo representado. A cada célula, atribui-se um código referente ao atributo estudado, de tal forma que o computador saiba a que elemento ou objeto pertence determinada célula. Vale ressaltar que as representações estão associadas aos tipos de dados anteriormente discutidos, a saber:

dados temáticos: admitem tanto representação matricial quanto vetorial;

dados cadastrais: sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados;

redes: sua parte gráfica é armazenada em forma de coordenadas vetoriais, com a topologia arco-nó e seus atributos não gráficos são guardados em um banco de dados;

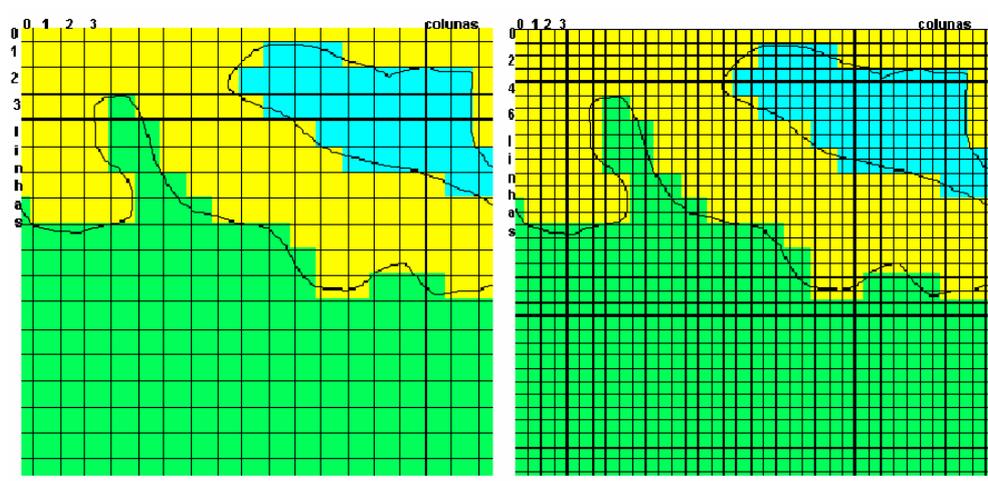
imagens de sensoriamento remoto: armazenadas em representação matricial;

modelos numéricos de terreno: podem ser armazenados em grades regulares ou grades triangulares (representação matricial).



REPRESENTAÇÃO MATRICIAL

Nesta representação, o espaço é representado como uma matriz $P(m, n)$ composto de m colunas e n linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo estudado e cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. A representação matricial supõe que o espaço pode ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. A resolução do sistema é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno. A Figura 2.10 mostra um mesmo mapa representado por células de diferentes tamanhos (diferentes resoluções), representando diferentes áreas no terreno.



Diferentes representações matriciais para um mapa.

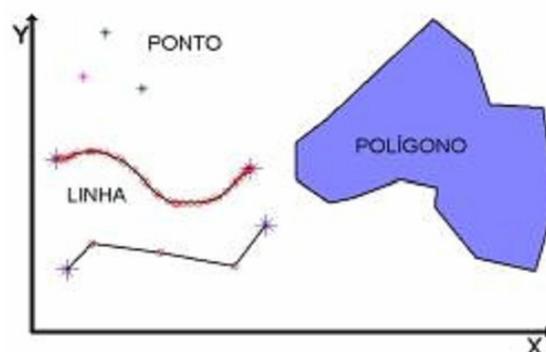
Como o mapa do lado esquerdo possui uma resolução quatro vezes menor que o do mapa do lado direito, as avaliações de áreas e distâncias serão bem menos exatas que no primeiro. Em contrapartida, o espaço de armazenamento necessário para o mapa da direita será quatro vezes maior que o da esquerda.

Os dados são codificados, célula a célula, atribuindo a cada uma o código correspondente à uma classe referente ao fenômeno estudado. Para fazer isto, é necessário estabelecer um critério a ser obedecido em toda a operação. Pode-se, por exemplo, atribuir a cada célula o código da classe sobre a qual estiver o centro da quadrícula. Outra possibilidade é adotar-se o critério da maior ocorrência. Neste caso, o código corresponde ao da classe que ocupar a maior parte da célula.

REPRESENTAÇÃO VETORIAL

No modelo vetorial, a localização e a aparência gráfica de cada objeto são representadas por um ou mais pares de coordenadas. Este tipo de

representação não é exclusivo do GIS: sistemas CAD e outros tipos de sistemas gráficos também utilizam representações vetoriais. Isto porque o modelo vetorial é bastante intuitivo para engenheiros e projetistas, embora estes nem sempre utilizem sistemas de coordenadas ajustados à superfície da Terra para realizar seus projetos, pois para estas aplicações um simples sistema de coordenadas cartesianas é suficiente. Mas o uso de vetores em GIS é bem mais sofisticado do que o uso em CAD, pois em geral GIS envolve volumes de dados bem maiores, e conta com recursos para tratamento de topologia, associação de atributos alfanuméricos e indexação espacial. No caso de representação vetorial, consideram-se três elementos gráficos: ponto (x, y) ponto, linha poligonal e área (polígono). Um é um par ordenado de coordenadas espaciais. Além das coordenadas, outros dados não-espaciais (atributos) podem ser arquivados para indicar de que tipo de ponto se está tratando. As linhas poligonais, arcos, ou elementos lineares são um conjunto de pontos conectados. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, deve-se armazenar informação que indique de que tipo de linha se está tratando, ou seja, a que atributo ela está associada. Um polígono é a região do plano limitada por uma ou mais linhas poligonais conectadas de tal forma que o último ponto de uma linha seja idêntico ao primeiro da próxima.



Elementos da representação vetorial

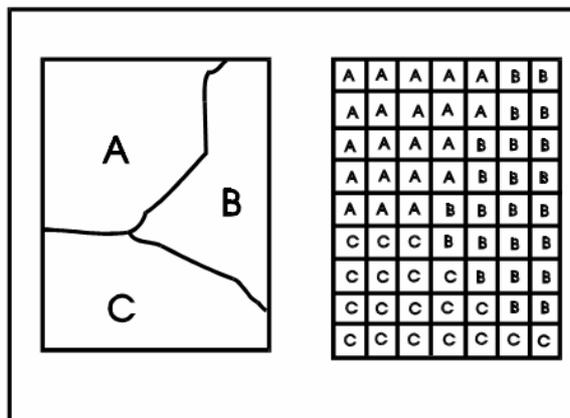
Observe-se também que o polígono divide o plano em duas regiões: o interior, que convencionalmente inclui a fronteira (a poligonal fechada) e o exterior.

Assim, quando utilizamos a expressão vetores, estamos nos referindo a alguma combinação de pontos, linhas poligonais e polígonos, conforme definidos acima.

COMPARAÇÃO ENTRE REPRESENTAÇÕES MATRICIAL E VETORIAL

Como observamos anteriormente, dados temáticos admitem tanto a representação matricial quanto a vetorial; deste modo, é relevante compará-las. Para a produção de cartas e em operações onde se requer maior precisão, a representação vetorial é mais adequada. As operações de álgebra de mapas

são mais facilmente realizadas no formato matricial. No entanto, para um mesmo grau de precisão, o espaço de armazenamento requerido por uma representação matricial é substancialmente maior.



Representação vetorial e matricial de um mapa temático.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre as vantagens e desvantagens de armazenamento matricial e vetorial para mapas temáticos. Esta comparação leva em conta os vários aspectos: relacionamentos espaciais, análise, armazenamento. Nesta tabela, o formato mais vantajoso para cada caso é apresentado em destaque.

COMPARAÇÃO ENTRE REPRESENTAÇÕES PARA MAPAS TEMÁTICOS

Aspecto	Representação Vetorial	Representação Matricial
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas a classes do mapa
Análise, Simulação e Modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos Álgebra de mapas é limitada	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço Simulação e modelagem mais fáceis
Escalas de trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para pequenas escalas (1:25.000 e menores)
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente.
Armazenamento	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes

Referências Bibliográficas

Texto completo na íntegra em: *CONCEITOS BÁSICOS EM CIÊNCIA DA GEOINFORMAÇÃO*. Gilberto Câmara & Antônio Miguel Vieira Monteiro. INPE.

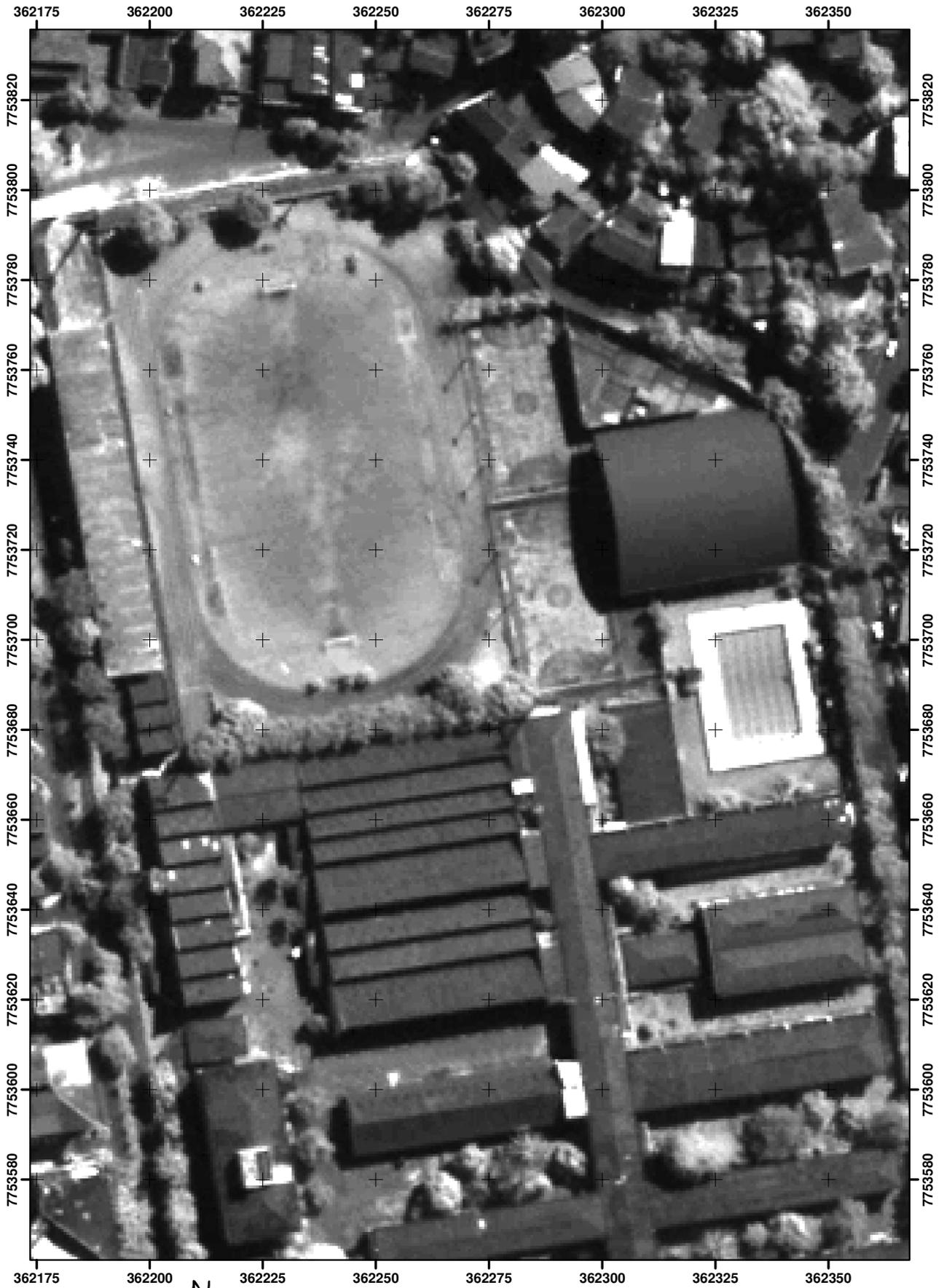
Apostila *Noções de Geoprocessamento - Coordenadoria do curso de Transportes - CEFETES*.

Anexos:



01. **Determine a escala da imagem (próxima página)?**
02. **Quais as coordenadas dos vértices da piscina?**
03. **Qual a área da piscina? Apresente as medidas e cálculos.**
04. **Quais as coordenadas dos vértices do campo de futebol?**
05. **Qual a área do campo de futebol? Apresente as medidas e cálculos**
06. **A escala gráfica está correta? Confira se é compatível com a escala que você determinou.**
07. **Se você quisesse que a piscina medisse exatamente 3 cm de comprimento no papel, qual seria a nova escala ?**
08. **Defina uma rota para um visitante se deslocar das arquibancadas até a entrada principal de visitantes. Calcule sua distância.**
09. **Defina uma rota para esse mesmo visitante, que agora se encontra na piscina, se deslocar até o portão de veículos. Calcule sua distância.**





Datum WGS 84
Zona 24 Sul



1. Cite os 3 segmentos que compõem o sistema de posicionamento global NAVSTAR-GPS.
2. Quais são os sistemas de navegação que existiram no passado e qual entrará em operação até 2010?
3. Cite 5 características do sistema NAVSTAR.
4. Descreva os principais erros do sistema GPS (multicaminhamento, relógio receptor, ionosfera, geometria dos satélites e outros)?
5. Quais são as diferenças básicas entre o gps de navegação e o gps de precisão?
6. Comente os termos chave em negrito da seguinte afirmativa: "A precisão de um ponto obtido com gps varia em função do **tempo de observação**, do **relógio do receptor**, da **geometria dos satélites** e da **técnica empregada** (método de levantamento)."
7. Qual a importância do segmento "controle terrestre" para o sistema GPS?
8. O Que são efemérides?
9. Qual o datum "padrão" dos receptores gps? Qual a importância deste conhecimento quando seu objetivo é trabalhar com diversos mapas diferentes?
10. O que é altitude elipsoidal? A altitude que um GPS (não barométrico) informa é a mesma que conhecemos como "altitude acima do nível do mar"?

SENSORIAMENTO REMOTO

1. O Que é Sensoriamento Remoto (SR) e para que serve?
2. Que tipos de informações podemos obter de uma imagem de satélite?
3. Dê 3 exemplos atuais de aplicações do SR (pesquise em revistas, internet, jornais, atualize-se). Seja o mais ilustrativo possível, citando nomes e datas se possível.
4. Cite 3 sistemas sensores e suas principais características. (pesquise em revistas, internet, jornais, atualize-se)
5. Existem distâncias mínima e máxima para aplicação do SR?
6. O Que significa dizer que uma imagem possui resolução espacial de 30m x 30m ?
7. O Que significa dizer que uma imagem possui resolução temporal de 15 dias ?
8. Diferencie resolução espectral de resolução radiométrica.
9. Qual a diferença entre uma fotografia aérea e uma imagem de satélite, em termos de Radiação Eletromagnética - REM?
10. Que vantagens pode se ter com sensores que captam espectros da REM diferentes daqueles da faixa do visível (0,4 a 0,7 micrômetros)?

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOREFERENCIADAS

1. Qual o objetivo dos SIG's?
2. Faça uma definição própria (pessoal) do que é um SIG.
3. Sig pode ser definido como "Conjunto poderoso de ferramentas para **coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar** dados sobre o mundo real". Comente as palavras em negrito.
4. Cite e descreva rapidamente algumas operações realizadas pelos SIG's.
5. Cite o nome de 3 SIG's.
6. Diferencie dados espaciais de dados não espaciais.
7. De que forma mapas em papel podem ser "introduzidos" para o software SIG?
8. O que é e como é formado e mantido o banco de dados do SIG?
9. Cite 5 argumentos a favor e 5 contra o uso de SIG em instituições públicas e privadas.
10. Cite 5 áreas profissionais que utilizam o SIG como ferramenta, exemplifique cada um dos 5 casos. (Ex.: saúde; pode utilizar o SIG como ferramenta para o controle de endemias e problemas de saúde pública como combate à dengue ou espacialização (produção de mapas) da desnutrição em bairros carentes).

