

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS E CADASTRAIS: UMA VISÃO GERAL

Gilberto Câmara

Divisão de Processamento de Imagens - DPI
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

com a colaboração de

Manoel Jimenez Ortiz

IMAGEM Sensoriamento Remoto

1. APRESENTAÇÃO

Neste documento, apresenta-se uma visão geral dos sistemas de informação geográfica, discutindo sua anatomia e funcionalidade. Desenvolve-se uma taxonomia para os componentes da estrutura interna de um SIG, o que permite entender seu funcionamento e avaliar suas potencialidades e limitações. Num campo aonde a diversidade é a regra (não há um SIG comercial exatamente igual ao outro), o estudo propõe uma metodologia para a análise das características técnicas dos sistemas.

São apresentadas, nos apêndices “A e B”, tabelas indicando as características dos sistemas disponíveis no Brasil, com base na metodologia proposta. Conclui o estudo uma análise de aspectos gerenciais que devem ser levados em consideração para a escolha de sistemas, além das características técnicas.

2. CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS PARA GEOPROCESSAMENTO

O termo geoprocessamento surgiu com a introdução dos conceitos de manipulação de dados espaciais georreferenciados dentro de sistemas computadorizados, através das ferramentas denominadas Sistemas de Informações Geográficas - SIG's, (Ortiz, 1993).

Um SIG é constituído por um conjunto de "ferramentas" especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, pH, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG

pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real, (Burrough, 1986).

Um SIG pode, ainda, ser definido como um sistema provido de quatro grupos de aptidões para manusear dados georreferenciados: entrada, gerenciamento, manipulação e análise, e saída. Os dados são georreferenciados quando estes possuem basicamente duas características: dimensão física e localização espacial, (Aronoff 1989).

Em resumo, as principais características de SIG's são:

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

Os dados tratados em SIG's incluem: *imagens de satélite, modelos numéricos de terreno, mapas temáticos, redes e dados tabulares.*

Uma característica básica e geral num SIG é sua capacidade de tratar as relações espaciais entre os objetos geográficos. Denota-se por *topologia* a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos. Armazenar a topologia de um mapa é uma das características básicas que fazem um SIG se distinguir de um sistema CAD. A outra diferença fundamental é a capacidade de tratar as diversas projeções cartográficas. Para aplicações em análise geográfica e redes, o armazenamento da topologia permite o desenvolvimento de consultas a um banco de dados espacial, que não seriam possíveis de outra maneira.

3. ANATOMIA INTERNA DE UM SIG

Para permitir um melhor entendimento da operação de um SIG, esta seção contém uma análise da arquitetura interna deste tipo de sistema.

Numa visão abrangente, pode-se indicar que um SIG tem os seguintes componentes:

- Interface com usuário
- Entrada e integração de dados
- Funções de processamento gráfico e de imagens
- Visualização e plotagem
- Banco de dados geográficos

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de entrada, processamento, visualização e saída de dados espaciais. No nível mais interno do sistema, um banco de dados geográficos lida com os dados espaciais e seus atributos.

De uma forma geral, as funções do SIG operam sobre dados em uma *área de trabalho* em memória principal. Os dados são recuperados dos arquivos em disco (que podem ser controlados por um sistema gerenciador de bases de dados -SGBD) e carregados em memória, a partir da definição de uma região geográfica de interesse. A figura 3.1., indica o interrelacionamento dos principais componentes. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados estão presentes num SIG.

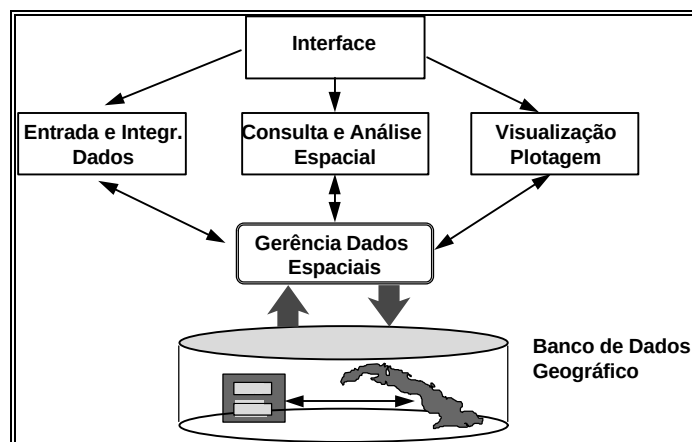


Figura 3.1. – Estrutura Interna de um SIG.

3.1. INTERFACE COM O USUÁRIO

Historicamente, o primeiro tipo de interface a ser utilizado nos vários sistemas foi a *linguagem de comandos*, que possui grande poder expressivo (se a linguagem for poderosa, qualquer tarefa pode ser expressa num número reduzido de comandos). No entanto, à medida que aumenta a funcionalidade do sistema, cresce a complexidade da linguagem e aumenta em muito a dificuldade de uso. Para contornar este problema, muitos sistemas dispõem de facilidades de criação de *macro-comandos*.

A disponibilidade de ambientes computacionais interativos deu origem às interfaces baseadas em *menu*. Mais fáceis de operar, estas interfaces tendem a ter menor poder expressivo. Sua vantagem é que o usuário não tem que aprender uma linguagem complexa, pois o ambiente já está pronto. O problema com este tipo de sistema é a dificuldade de personalizar o ambiente, o que pode gerar soluções incompletas ou de uso restrito.

Alguns sistemas baseados em linguagem de comando (como Arc/Info), estão em processo de migração de suas funcionalidades para interfaces baseadas em *menus*. Estas alterações, visam atender uma tendência de mercado mundial.

3.2. ENTRADA E INTEGRAÇÃO DE DADOS

Existem quatro modos principais de entrada de dados: digitalização em mesa, digitalização ótica, entrada de dados via caderneta de campo e leitura de dados na forma digital. Neste último caso, está incluída a importação de dados em outros formatos.

A *digitalização em mesa* é processo custoso e demorado, envolve os passos de: digitalização de linhas, ajuste de nós, geração da topologia e rotulação (identificação) de cada objeto geográfico. Nos melhores sistemas, a topologia é armazenada de forma dinâmica. Deste modo, uma alteração em um nó não implica em ter de gerar novamente toda a topologia do mapa digitalizado.

A *digitalização ótica* por instrumentos de varredura ("scanners") é atualmente a forma de entrada mais utilizada, em ambientes de produção. A tecnologia mais usual é baseada em câmaras CCD ("charge coupled devices") sendo necessário o uso de dispositivos de alta qualidade (com pelo menos 600 dpi) para obter resultados aceitáveis, e algoritmos de conversão de formato matricial para vetor requerem intervenção humana parcial.

Historicamente, muitos levantamentos topográficos utilizam *cadernetas de campo* para armazenar os resultados. Quando se dispõe deste tipo de dado, é fundamental poder inseri-lo no sistema, com as devidas checagens e correções. O advento do GPS ("Global Positioning System"), sistema de posicionamento geodésico baseado numa rede de satélites, permite a realização de trabalhos de campo com alto

grau de acurácia e com registro digital direto. Atualmente, todos os SIG's de mercado possuem interface para importar dados oriundos de sistemas GPS .

No caso de *importação de dados digitais*, é muito importante aproveitar o investimento já feito por outras instituições no Brasil, na coleta e armazenamento de dados geográficos. As principais fontes de dados são as fitas do INPE (imagens TM e SPOT), dados digitais do IBGE e do Centro de Cartografia Automatizada do Exército (CeCAu/EX) e dados disponíveis nos formatos DXF (AutoCAD), SGI/INPE, ARC/INFO, ARC/VIEW, IDRISI, MGE e MAXICAD.

A *integração de dados* é fundamental para aplicações como redes, onde deseja-se gerar uma base cartográfica contínua a partir de informações dispersas em vários mapas. Usualmente, as redes (elétrica, de telefonia e de água e esgoto) estão interligadas em toda a malha urbana. Poucos sistemas conseguem armazená-las de forma contínua, dando origem a particionamentos que não refletem a realidade e que dificultam a realização de análises e simulações.

3.3. VISUALIZAÇÃO E PLOTAGEM

Os ambientes de visualização são uma consequência direta da escolha feita para a interface. O caso mais usual é dispor de interface com janelas (Windows 95/NT ou X Window System) onde uma ou mais telas estão à disposição do usuário.

No caso de plotagem, algumas SIG's dispõem de ferramentas para produção de cartas, com recursos muitas vezes altamente sofisticados de apresentação gráfica. Estas ferramentas permitem a definição interativa de uma área de plotagem, colocar legendas, textos explicativos e notas de crédito. Uma biblioteca de símbolos é também atributo fundamental de um sistema de produção. Os pacotes mais sofisticados dispõem de controladores para dispositivos de gravação eletrônica a laser, o que assegura a produção de mapas de alta qualidade.

3.4. BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Um Banco de Dados Geográficos é o repositório de dados de um SIG, que armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como as informações descritivas (atributos não-espaciais).

Tradicionalmente, os SIG's armazenavam os dados geográficos e seus atributos em arquivos internos. Este tipo de solução vem sendo substituído pelo uso cada vez maior de sistemas de gerência de banco de dados (SGBD), para satisfazer à demanda do tratamento eficiente de bases de dados espaciais cada vez maiores.

Um SGBD apresenta os dados numa visão independente dos sistemas aplicativos, além de garantir três requisitos importantes: *eficiência* (acesso e modificações de grandes volumes de dados); *integridade* (controle de acesso por múltiplos usuários); e *persistência* (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessem o dado). O uso de SGBD permite ainda realizar, com maior facilidade, a interligação de banco de dados já existente com o sistema de Geoprocessamento.

A interligação de um SGBD convencional com um SIG dá origem a um ambiente "dual": os atributos convencionais são guardados no banco de dados (na forma de tabelas) e os dados espaciais são tratados por um sistema dedicado. A conexão é feita por identificadores de objetos.

Para usar eficientemente a tecnologia de banco de dados, um sistema de Geoprocessamento deve ter sido concebido e projetado para funcionar em conjunto com um SGBD. Soluções "a posteriori" são sempre insuficientes.

3.5. ANÁLISE ESPACIAL E FUNÇÕES DE CONSULTA

O objetivo principal do Geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenómeno geográfico e as interrelações entre diferentes fenómenos. Tomemos um exemplo: ao analisar uma região geográfica para fins de zoneamento agrícola, é necessário escolher as variáveis explicativas (p.ex., o solo, a vegetação e a geomorfologia) e determinar qual a contribuição de cada uma delas para a obtenção de um mapa resultante. Alguns exemplos dos processos de análise espacial típicos de um sig estão apresentados na tabela abaixo (adaptada de Maguire, 1991).

Tabela 3.1.- Exemplo de Análise Espacial

ANÁLISE	PERGUNTA GERAL	EXEMPLO
Condição	“O que está...?”	“Qual a população desta cidade?”
Localizaç	“Onde está...?”	“Quais as áreas com declividade acima de 20%?”
Tendência	“O que mudou...?”	“Esta terra era produtiva há 5 anos atrás?”
Roteamen	“Por onde ir...?”	“Qual o melhor caminho para o metrô?”
Padrões	“Qual o padrão...?”	“Qual a distribuição da dengue em fortaleza?”
Modelos	“O que acontece	“Qual o impacto no clima se desmatarmos a

Já as funções de processamento gráfico e de imagens podem ser agrupadas de acordo com o tipo de dado tratado (correspondente a uma geometria distinta): *análise geográfica, processamento de imagens, modelagem de terreno, redes, geodésia e fotogrametria*, produção cartográfica. A seguir apresentaremos uma breve descrição destas funções e mais adiante (item 5 e no anexo “A”) a indicação da sua disponibilidade nos sistemas considerados.

- *Análise Geográfica*: permite a combinação de informações temáticas. Pode ser realizada no domínio vetorial ou domínio matricial (“raster”). Um conjunto importante de procedimentos de análise geográfica foi definido por Tomlin (1990). Denominado “Álgebra de Mapas”, estas definições são a base de implementações de operadores de análise em diferentes sistemas.

Estas funções incluem:

- Reclassificação;
 - Intersecção (“overlay”);
 - Operações, booleanas e matemáticas entre mapas; e
 - Consulta ao banco de dados.
- *Processamento Digital de Imagens*: tratamento de imagens de satélite e de “scanners”. Com o advento de Satélites de Alta Resolução e de técnicas de Fotogrametria Digital, as imagens de satélite e aerotransportadas estão se transformando cada vez mais úteis para estudos ambientais e cadastrais. Entre as funções necessárias estão:
 - Realce por modificação de histograma;
 - Filtragem espacial;

- Classificação estatística por máxima verossimilhança;
 - Rotação espectral (componentes principais);
 - Transformação IHS-RGB; e
 - Registro.
- *Modelagem Numérica do Terreno*: Permite cálculo de declividade, volume, cortes transversais, linha de visada. Fundamental para aplicações de engenharia, o conjunto básico consta de:
 - Determinação do modelo (grade regular ou triangular) a partir de pontos esparsos ou linhas;
 - Geração de mapas de contorno (isolinhas);
 - Geração de mapas de declividade e de aspecto;
 - Visualização 3D (com imagens e temas);
 - Cálculo de volumes; e
 - Análise de perfis.
- *Geodésia e Fotogrametria*: Permite a realização, por software, de procedimentos de restituição e ortorectificação digital, antes, executados por equipamentos analógicos. Fundamental para uso em aplicações de cartografia automatizada e atualização de mapeamentos.
- *Produção Cartográfica*: Sistemas para produção de cartas, com recursos muitas vezes altamente sofisticados de apresentação gráfica. Este sistema deve permitir a definição interativa de de uma área de plotagem, colocar legendas, textos explicativos e notas de crédito. Uma biblioteca de símbolos é também atributo fundamental de um sistema de produção.
 Os pacotes mais sofisticados dispõem de controladores para dispositivos de gravação eletrônica a laser, o que assegura a produção de mapas de alta qualidade.
- *Modelagem de Redes*: Redes são estruturas lineares conectadas que armazenam informações sobre os recursos que fluem entre localizações geográficas distintas. Cada nó de cada arco tem características próprias, armazenadas no banco de dados. O pacote mínimo disponível nos sistemas comerciais consiste tipicamente de cálculo de caminho ótimo e crítico. Este pacote básico é insuficiente para a realização da maioria das aplicações, pois cada usuário tem necessidades completamente distintas. No caso de um sistema telefônico, uma questão pode ser: “quais são todos os telefones servidos por uma dada caixa terminal?”. Já para uma rede de água, pode-se perguntar: “Se injetarmos uma dada porcentagem de cloro na caixa d’água de um bairro, qual a concentração final nas casas?”.

Deste modo, um sistema de modelagem de redes só terá utilidade para o cliente depois de devidamente adaptado às suas necessidades. Esta adaptação pode levar de seis meses a vários anos. Isto impõe uma característica básica para esta aplicação, ou seja, os sistemas devem ser versáteis, maleáveis, e adaptáveis.

No caso das aplicações de redes, a ligação com banco de dados é fundamental. Toda a informação descritiva está guardada no banco de dados, pois os dados espaciais têm formatos relativamente simples. Mais do que em outras aplicações de SIG's, é na área de redes que o uso de soluções mais modernas como SGBD's orientados-a-objetos está se impondo.

4. *NECESSIDADES DE APLICAÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO*****

Numa visão bastante geral, podemos dividir o setor de Geoprocessamento no Brasil em seis segmentos:

- *Cadastral*: aplicações de cadastro urbano e rural, realizadas tipicamente por Prefeituras, em escalas que usualmente variam de 1:1.000 a 1:20.000. A capacidade básica de SIG's para atender este setor é dispor de funções de consulta a bancos de dados espaciais e apresentação de mapas e imagens.
- *Cartografia Automatizada*: realizada por instituições produtoras de mapeamento básico e temático. Neste caso, é essencial dispor de ferramentas de aerofotogrametria digital e técnicas sofisticadas de entrada de dados (como digitalizadores ópticos) e de produção de mapas (como gravadores de filme de alta resolução).
- *Ambiental*: instituições ligadas às áreas de Agricultura, Meio-Ambiente, Ecologia e Planejamento Regional, que lidam com escalas típicas de 1:10.000 a 1:500.000. As capacidades básicas do SIG's para atender a este segmento são: integração de dados, gerenciamento e conversão entre projeções cartográficas, modelagem numérica de terreno, processamento de imagens e geração de cartas.
- *Concessionárias/Redes*: neste segmento, temos as concessionárias de serviços (Água, Energia Elétrica, Telefonia). As escalas de trabalho típicas variam entre 1:1.000 a 1:5.000. Cada aplicação de rede tem características próprias e com alta dependência de cada usuário. Os SIG's para redes devem apresentar duas características básicas: a forte ligação com bancos de dados relacionais e a capacidade de adaptação e personalização. O pacote básico disponível com os SIG's deste segmento é insuficiente para a realização da maioria das aplicações, pois cada usuário tem necessidades completamente distintas. Assim, os usuários deste setor realizam significativos desenvolvimentos nas linguagens de aplicação do SIG escolhido.

- *Planejamento Rural*: neste segmento, temos as empresas agropecuárias que necessitam planejar a produção e distribuição de seus produtos. As escalas de trabalho típicas variam entre 1:1.000 a 1:50.000. Cada aplicação tem características próprias e com alta dependência de cada usuário. Os SIG's devem apresentar duas características básicas: a forte ligação com bancos de dados relacionais e a capacidade de adaptação. O pacote básico disponível com os SIG's deste segmento é insuficiente para a realização da maioria das aplicações, pois cada usuário tem necessidades completamente distintas. Assim, os usuários deste setor realizam significativos desenvolvimentos nas linguagens de aplicação do SIG escolhido.
- *Business Geographic*: neste segmento, temos as empresas que necessitam distribuir equipes de vendas e promoção ou localizar novos nichos de mercado. As escalas de trabalho típicas variam entre 1:1.000 a 1:10.000. Cada aplicação tem características próprias e com alta dependência de cada usuário. As ferramentas de SIG devem prover meios de apresentação dos bancos de dados espaciais para fins de planejamento de negócios. Em especial, os SIG's devem ser adaptados ao cliente, com ferramentas de particionamento e segmentação do espaço para a localização de novos negócios e alocação de equipes.

Pode-se constatar que cada segmento apresenta características próprias e requer soluções específicas, fato nem sempre compreendido pelos usuários. Na área de Geoprocessamento, a distância entre a compra do software e um resultado operacional por parte do usuário é muito grande, pois envolve aspectos como a geração de dados geográficos, disponibilidade de metodologias de trabalho adequadas e mecanismos de divulgação dos resultados obtidos.

Com base na discussão apresentada nesta seção, a Tabela 4.1. apresenta os requisitos típicos de cada grupo de usuário, considerando grandes áreas de aplicação. Não é supérfluo advertir de que se trata de uma indicação de caráter geral e que cada usuário deverá examinar em detalhe suas necessidades e compará-las com as características dos sistemas disponíveis no mercado.

Tabela 4.1.
Necessidades típicas de
aplicações de Geoprocessamento

APLICAÇÃO	AN G	PD I	MN T	RE D	BD G	MA P	GE O
Cadastral	-	✓	✓	-	✓	✓	(✓)
Cartografia	-	✓	✓	-	(✓)	✓	✓
Ambiental	✓	✓	✓	(✓)	(✓)	✓	(✓)
Concession.	-	-	-	✓	✓	-	(✓)
Rural	-	✓	✓	(✓)	✓	✓	-
Business	-	-	-	✓	✓	✓	-

Códigos:

ANG = análise geográfica

PDI = processamento digital de imagens

MNT = modelos numéricos de terreno

RED = modelagem de redes

BDG = consulta a BD. georreferenciados

MAP = produção cartográfica

GEO = geodésia e fotogrametria

Legenda: ✓ = normalmente necessário - = usualmente não necessário.

(✓) = necessário para usos específicos .

5. ANÁLISE DE FUNCIONALIDADE

Esta seção ilustra os conceitos de arquitetura interna de um SIG a partir da apresentação das características dos diversos sistemas disponíveis no mercado. A análise foi feita com base em catálogos dos fabricantes, demonstrações, informações diretas de usuários e artigos em revistas especializadas. Em especial, utilizamos o “Survey of Data Handling Technology”, compilado pelo UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio-Ambiente).

Com base na experiência dos autores, considerou-se apenas os sistemas que atendem os requisitos de aplicações ambientais e cadastrais, procurando-se apresentar informações atualizadas, onde eventuais imprecisões são inteiramente não-intencionais. Os sistemas analisados são:

- **ARC/INFO**: desenvolvido pela ESRI (Redlands, EUA – www.esri.com). O pacote básico é composto de subsistemas (ARCEDIT, ARCPLOT, TABLES, LIBRARIAN), que possibilitam a importação de diversos formatos matriciais e vetoriais, ferramentas de edição e gerência de base de dados espaciais, relacionamentos de tabelas, análises e gerências de dados raster, gerenciador de banco de dados geográficos, vetorizador semi-automático, análise de modelo de elevação digital entre outros. Esta disponível em ambiente UNIX e Windows NT, com as mesmas funcionalidades.

- ARC/VIEW: desenvolvido pela ESRI, para ambientes PC/Windows, originalmente com uma interface dirigida para apresentação de dados produzidos no ARC/INFO, e cuja funcionalidade vem sendo continuamente aprimorada pelo fabricante. Atualmente as extensões disponíveis pelo fabricante, são diversas: análise matricial, análise de rede, digitalização, leitura de imagens, análise 3D, business-geographic.
- AutoCadMap; sistema para mapeamento cadastral, desenvolvido pela Autodesk (EUA), com base na funcionalidade do AutoCAD.
- EASI/PACE: sistema para processamento digital de imagens de satélite, desenvolvido pela PCI Remote Sensing Corp., do Canadá. Possui versões PC e UNIX.
- ERDAS: É um sistema modular de processamento digital de imagens e análise espacial, desenvolvido pela ERDAS Inc. (EUA), com os seguintes módulos principais: Viewer, Import, Image Catalog, Image Interpreter, Data Prep, Vector, Map Composer, Model Maker. Possui versões PC e UNIX.
- ER Mapper: para processamento de imagens de satélite, desenvolvido pela Earth Resources Mapping Ltd., da Austrália. Disponível em ambientes UNIX e PC.
- Idrisi: sistema de análise geográfica e processamento de imagens para ambiente PC, desenvolvido pela Clark University (EUA).
- MapInfo: software de para ambientes PC/Windows, desenvolvido pela MapInfo Corp., EUA, com módulos: consulta a banco de dados geográficos, “business-geographic”, modelagem numérica de terreno.
- Modular GIS Environment (MGE): desenvolvido pela Integrgraph, possui vários módulos para as várias funções de Geoprocessamento e disponível para ambientes Windows NT.
- SPRING: desenvolvido pelo INPE para o ambientes Windows 95/NT e UNIX (incluindo Linux).

A tabela abaixo descreve a funcionalidade dos diversos sistemas.

TABELA 5.1.

FUNCIONALIDADE DE SIG's

SISTEMA	ANG	PDI	MNT	RED	BDG	MAP	GEO
ARC/VIEW	✓*	✓*	✓*	✓*	✓	✓	-
ARC/INFO	✓✓	-	✓	✓	✓✓	✓	-
AutoCad Map	-	-	-	✓	✓	✓	-
EASI/PACE	-	✓✓	-	-	-	✓	✓
ENVI	-	✓	-	-	-	(✓)	-
ERDAS	✓	✓	✓	-	-	✓	✓
ER-Mapper	-	✓	-	-	-	✓	-
Idrisi	✓	✓	-	-	✓	(✓)	-
MapInfo	✓	-	✓*	-	✓	-	-
MGE	✓	✓	✓	✓	✓✓	✓✓	✓
SPRING	✓	✓✓	✓	-	✓	✓	-

Códigos:

ANG = análise geográfica

MNT = modelos numéricos de terreno

MAP = produção cartográfica

BDG = consulta a bancos de dados georreferenciados.

PDI = processamento digital de imagens

RED = modelagem de redes

GEO = geodésia e fotogrametria

Legenda:

✓✓ = disponível com vantagem técnica

✓ = disponível (pacote básico)

✓* = disponível em módulos adicionais

(✓) = disponível com limitações, solução especial

- = não disponível

6. ASPECTOS GERENCIAIS NA ESCOLHA DE SISTEMAS

A comparação entre os atributos de cada sistema não deve ser o único fator na escolha de um ambiente de Geoprocessamento. É preciso levar em conta o custo do software e hardware, de estabelecer equipes treinadas e de aquisição de dados.

Os custos de treinamento e aprendizagem são muitas vezes subestimados ao se planejar a implantação de Geoprocessamento em uma organização. Os SIG's são sistemas complexos, com muitos conceitos de lento aprendizado. Estima-se que o tempo para adquirir eficiência na operação de um GIS leve de 6 meses a 2 anos.

É importante levar em conta os problemas de suporte técnico. Dada a complexidade de um SIG, é importante verificar se o vendedor tem condições efetivas de apoiar o uso operacional do sistema.

A aquisição de dados é o maior componente de custos, uma vez estabelecido o ambiente computacional. Como o trabalho de digitalização manual ainda é o fator limitante para aplicações de Geoprocessamento em larga escala, é fundamental considerar alternativas de digitalização automática por "scanners".

Levando em conta todos estes fatores e baseado na experiência dos autores no uso e implantação de sistemas de Geoprocessamento, pode-se apontar as seguintes considerações, na escolha de ambiente para GIS:

- para uma empresa iniciante em GIS, a forma mais rápida e barata de ganhar familiaridade com Geoprocessamento é através da utilização de sistemas baseados em PC, em ambiente Windows95. Quando a produção de dados for considerável ou houver necessidades de se processar grande volume de informações, normalmente o sistema mais adequado a ser utilizado é o WindowsNT.

No caso onde as aplicações solicitarem a configuração Cliente/Servidor, aconselha-se estudar a possibilidade da adoção de sistemas UNIX.

- ao escolher um sistema, levar em conta os custos de treinamento, aquisição de dados e a importância do suporte técnico adequado.

Finalmente, em função do público-alvo, pode ser preferível dispor de sistemas com interfaces e documentação em Português.

7. BIBLIOGRAFIA

Como leitura complementar a este artigo, recomenda-se a leitura do livro de Burrough (1998), por causa de seu excelente tratamento da questão de análise espacial e o livro de Assad e Sano (1993), por sua apresentação muito didática de exemplos reais. Uma introdução básica ao Geoprocessamento pode ser encontrada em Aronoff (1997).

Uma introdução ao assunto em Português pode ser encontrada em Câmara e Medeiros (1998), e o livro de Ferrari (1997) discute aspectos gerenciais da implantação do Geoprocessamento em empresas.

Para os mais versados na área de informática, recomenda-se o texto de Câmara et al. (1996a). A álgebra de mapas para análise espacial está descrita em Tomlin (1990) e Barbosa (1997). Finalmente, a coletânea de Maguire, Goodchild e Rhind (1991) é um livro de referência, sempre útil para consulta sobre questões específicas.

- ARONOFF, S. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa, WDL Publications, 1989. 295 p.
- ARONOFF, S. *Geographical Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, WDI Publications, 1989.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. *Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura*. Brasília, EMBRAPA, 1993.
- BARBOSA, C.C.F. “*Álgebra de Mapas e Suas Aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento*”. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto, INPE, 1997. Disponível na Internet: <http://www.dpi.inpe.br/dpi/teses/claudio>.
- BURROUGH, P.A. *Principles of geographical information systems for land resouces assessment*. Oxford, Clarendon Press, 1986. 193 p.
- BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R.A. *Principles of geographical information systems*. Oxford, Oxford University Press, 1998.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Curitiba, SAGRES Editora, 1997.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. “*Geoprocessamento em Projetos Ambientais*”. Tutorial Apresentado no Congresso GIS Brasil 98. Disponível na Internet: www.dpi.inpe.br/cursos/gisbrasil/
- FERRARI, R. *Viagem ao SIG*. Curitiba, Sagres Editora, 1997.
- MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. (eds.) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. New York, John Wiley and Sons, 1991.
- TOMLIN, D. *Geographic information systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, New York, 1990.
- FATOR GIS 97.:*Anuário Fator GIS 97*. Editora Sagres, revista Fator GIS, b1 – b2 p. Curitiba, PR. 1997.

APÊNDICE A

DESCRIÇÃO DE FUNCIONALIDADE

Neste apêndice, apresentamos uma lista não-exaustiva das diferentes técnicas de análise espacial disponíveis em alguns SIG's do mercado, indicando as funções disponíveis em cada caso.

ANÁLISE GEOGRÁFICA

Permite a combinação de informações temáticas. Pode ser realizada no domínio vetorial ou no domínio matricial ("raster"). O conjunto básico de funções está listado na tabela A.1.

TABELA A.1

	ARC View	ARC INFO	EASI PACE	ENVI	ERDAS	ER Mapp	IDRI SI	MAP INFO	MGE	SPRING
Edição Vetorial	✓	✓	-	(✓)	(✓)	-	✓	-	✓	✓
Geração de Topologia	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓
Junção de Mapas	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓
Conversão Matriz-Vetor	✓*	✓	-	(✓)	(✓)	-	✓	-	✓	✓
Determinac. corredores	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓
Superposição Vetorial	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	-
Álgebra de Mapas Matricial	✓*	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓	✓
Análise multi-critério	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-
MNT por grades regulares	✓*	✓	-	✓	✓	-	✓	✓*	✓	✓
MNT por triangulação	✓*	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	✓
Operações sobre MNT	✓*	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓	✓
Consulta a banco dados	✓	✓	-	(✓)	-	-	✓	✓	✓	✓
Consulta espacial	-	-	-	-	-	-	-	(✓)	✓	-

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

A tabela A.2 indica as principais funcionalidades na área de processamento de imagens e sua disponibilidade para os sistemas considerados.

TABELA A.2

	ARC View	ARC INFO	EASI PACE	ENVI	ERDAS	ER Mapp	IDRISI	MAP INFO	MGE	SPRING
Realce	✓ *	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Mosaico de imagens	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Filtragem espacial	✓ *	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Conversão matriz-vetor	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Componentes principais	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Análise de Fourier		-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
Classificação por “pixels”	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Segmentação	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
Classificação por regiões	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
Modelos de mistura	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓
Imagens de Radar	-	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
Restauração	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓
Ortoretific.	-	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-
Geração Mapas	-	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓
Restituição	-	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-
Imagem hiperespectr.	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-

