

# SPRING: CONCEPÇÃO, EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS

GILBERTO CÂMARA  
RICARDO CARTAXO MODESTO DE SOUZA  
UBIRAJARA MOURA FREITAS  
JOÃO ARGEMIRO PAIVA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Divisão de Processamento de Imagens  
Caixa Postal 515  
12201-970 São José dos Campos, SP, Brasil  
Tel. (0055) (0123) 41-8977 ramais 372/288  
Fax. (0055) (0123) 21-8743  
e-mail: gilberto@dpi.inpe.br

**Abstract:** This work describes the conception, evolution and perspectives for the SPRING system. SPRING is a GIS system for UNIX workstation, and combines image processing, geographical analysis and digital terrain modelling in a single environment. SPRING can be linked to relational data base management system, such as INGRES or ORACLE. A brief comparison with similar systems and a discussion on commercial and management aspects is also given.

## 1. MOTIVAÇÃO

A evolução das pesquisas e aplicações de Sensoriamento Remoto no Brasil está ligada de forma indissolúvel às técnicas de interpretação utilizadas. De início, a maior parte das aplicações baseava-se na interpretação visual das imagens de satélite. Com a disponibilidade dos sistemas computacionais, muitos estudos passaram a explorar técnicas de processamento digital de imagens. O reconhecimento de que as imagens são apenas fontes de informação adicional sobre o meio-ambiente motivou o uso de técnicas de Geoprocessamento, ampliando o escopo de atuação dos especialistas da área.

Para se beneficiar dos avanços tecnológicos, muitas organizações governamentais e privadas no Brasil estão instalando sistemas computacionais para Sensoriamento Remoto. É absolutamente estratégico que o país possua completo entendimento desta tecnologia, para apoiar seu uso da forma mais eficiente possível.

O INPE, através de sua Divisão de Processamento de Imagens, vem atuando desde 1982 na pesquisa e desenvolvimento na área de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Nossa motivação é múltipla:

(a) As tendências tecnológicas de "sistemas abertos", torna possível construir soluções competitivas internacionalmente, desde que nossas equipes disponham de acesso à plataformas de desenvolvimento adequadas.

(b) Os principais sistemas estrangeiros disponíveis no mercado brasileiro não possuem a capacidade de integrar completamente dados temáticos e de Sensoriamento Remoto (Ehlers et.al., 1989). Exige-se, desta forma, o licenciamento de dois sistemas distintos.

(c) Muitos sistemas disponíveis no mercado nacional apresentam alta complexidade de uso e requerem tempo de aprendizado muito longo. Aqueles baseados em linguagem de comandos, apresentam grandes barreiras ao usuário, que prefere ambientes mais amigáveis. Adicionalmente, alguns produtos ainda são comercializados no Brasil sem manuais em Português, em completo desacordo com nosso Código de Defesa do Consumidor.

(d) A integração completa do sistema de Processamento de Imagens a um banco de dados relacional é cada vez mais necessária. No entanto, tal capacidade não está disponível de modo amplo nos sistemas comercializados no Brasil.

## 2. OBJETIVOS

O SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) é um sistema de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para estações de trabalho UNIX, construído com técnicas no estado-da-arte da Informática: programação orientada-a-objetos, banco de dados relacional e sistema de interface "X-Window".

Os objetivos do sistema SPRING são:

- (a) Fornecer ao usuário um ambiente interativo para visualizar, manipular e editar imagens e dados cartográficos.
- (b) Estar integrado a um ambiente de banco de dados para arquivar e recuperar dados espaciais e seus atributos.
- (c) Dispor de uma biblioteca de classes em C++, para compor um sistema extensível para desenvolvimento de novas aplicações.

Um único ambiente combina processamento de imagens, análise geográfica e modelagem digital de terreno. A interface com o banco de dados modela a metodologia de trabalho de estudos do meio-ambiente, garantindo acesso e integridade em ambiente multi-usuário.

O SPRING preserva o investimento dos usuários dos sistemas SITIM e SGI, de vez que todos os dados gerados nestes sistemas podem ser totalmente aproveitados (inclusive a topologia).

Para atingir os objetivos propostos, o primeiro passo foi gerar um modelo de dados com poder expressivo e capacidade de abstração suficientes. Iniciou-se então o desenvolvimento das funções do sistema. Estes aspectos do sistema e sua evolução futura serão discutidos nas seções seguintes.

Uma descrição de arquitetura interna do SPRING pode ser encontrada em (Câmara et.al./1992).

## 3. CONCEPÇÃO - O MODELO DE DADOS DO SPRING

O modelo de dados é o conjunto de conceitos usado para estruturar os dados em um sistema de Geoprocessamento, e descreve como a realidade geográfica será representada. Muitas vezes implícito, o modelo de dados é responsável por limitações estruturais no sistema, que impedem a sua

evolução. Como observado por Goodchild (1992a), a indústria de Geoprocessamento já amadureceu a um ponto onde questões como algoritmos, estruturas de dados e funcionalidade estão se tornando padronizadas. A diferença entre sistemas passa a ser então dominada pelo modelo de dados utilizado.

A atual geração de software para Geoprocessamento apresenta uma relação estreita entre o modelo de dados e as estruturas internas (Goodchild, 1992b). Em muitas implementações comerciais, confundem-se os níveis de abstração ao se ligar diretamente o dado geográfico a uma estrutura de armazenamento. O usuário tem de se referir diretamente a estruturas do tipo "arco-nó", "grades" ou "árvores quaternárias" (quad-trees) para realizar as operações.

Nos sistemas de concepção mais recente, há uma tendência para prover modelos e esquemas conceituais que "quebrem" a dicotomia "raster-vector" e permitam uma abordagem mais genérica (NGCIA, 1989). Um esquema conceitual eficiente deve permitir ao usuário trabalhar em níveis lógicos que escondam - tanto quanto possível - os formatos internos e as geometrias utilizadas.

O modelo de dados do SPRING reflete as tendências de pesquisa recente e prevê um ambiente que integre os diferentes tipos de dados geográficos. Baseia-se em trabalhos anteriores (Alves, 1980; Erthal et.al., 1988).

### Concepção Geral

A arquitetura básica do SPRING, com relação ao banco de dados, é um ambiente dual. Esta estrutura permite o uso de SGBD relacionais convencionais e é utilizada em sistemas comerciais.

A informação descritiva é armazenada num SGBD relacional, enquanto que os dados espaciais são guardados num subsistema de tratamento de dados espaciais. Os componentes de cada objeto geográfico (descritivo e espacial) estão ligados por meio de um identificador de objeto.

### Geo-objetos

Uma base de dados georeferenciada é basicamente um conjunto de objetos geográficos, ou, abreviadamente, de geo-objetos. Os geo-objetos podem estar organizados segundo uma hierarquia de especialização, e um geo-objeto pode ser complexo, isto é, composto de uma agregação de outros geo-objetos. Pode-se especializar os

objetos de uma base de dados em mapas, modelos digitais de terreno e imagens de satélite. As imagens de satélite podem ser vistas como objetos complexos compostos de bandas espectrais.

Não se restringe a representação gráfica de um geo-objeto. Pode ser uma matriz de pontos ("pixels") para imagens de satélite, um conjunto de polígonos para uma cidade (região temática) ou uma grade de pontos para um modelo digital de terreno.

### Modelo geométrico

No SPRING, usa-se o termo modelo geométrico para denotar as várias formas de representação dos dados geográficos. Um geo-objeto pertence a um dos seguintes modelos geométricos:

(a) Modelo Temático: regiões geográficas definidas por um ou mais polígonos, onde cada região corresponde a um tema distinto. Um geo-objeto temático é um objeto complexo cujos componentes são nós, arcos, polígonos e centróides. A topologia, importante na análise espacial, é mantida.

(b) Modelo Numérico de Terreno: distribuição espacial de variáveis físicas (como topografia, aeromagnetismo e temperatura).

(c) Modelo Pontual: entidades localizadas, que indicam a um fenômeno pontual no espaço, como poços de petróleo.

(d) Modelo de Imagem: imagens medem a resposta espectral do solo em bandas do espectro selecionadas, organizadas como uma matriz de pontos ("pixels"). Podem ser geradas por satélites ou por aereolevanteamento.

(e) Modelo de Redes: redes são estruturas lineares conectadas, que guardam informação acerca dos fluxos entre diferentes localizações geográficas, como redes de água e saneamento.

### Atributos de geo-objetos

O geo-objeto tem um identificador único, e pode ter atributos não-espaciais. Dois atributos-chave definidos para cada geo-objeto são sua categoria e sua geo-classe. Cada categoria representa dados ambientais de uma dada natureza (p.ex., uso do solo, altimetria, aptidão agrícola) e está associada a várias geo-classes. A geo-classe é o atributo que particiona a categoria e que controla a

aparência visual do geo-objeto. Por exemplo, a categoria "uso do solo" pode ser particionada nas geo-classes "latossolo roxo", "latossolo espesso", entre outras. As noções de categoria e geo-classe modelam a metodologia típica dos trabalhos em Sensoriamento Remoto.

### Agrupamento de Geo-objetos

O SPRING agrupa os geo-objetos, para facilitar a interação com o sistema através dos conceitos de plano de informação e projeto. Um plano de informação agrega geo-objetos com atributos similares. Exemplos são:

(a) Uma imagem de satélite LANDSAT TM, adquirida numa certa data, com 7 bandas espectrais;

(b) Um mapa de divisão política de um estado, onde cada município corresponde a um geo-objeto distinto.

Um projeto contém um conjunto de planos de informação e corresponde a um conjunto de dados que o usuário quer analisar numa sessão de trabalho no SPRING, agrupados por área geográfica.

A figura 1 mostra o modelo de dados do SPRING.

## 4. EVOLUÇÃO DE FUNCIONALIDADE

O SPRING está sendo desenvolvido como um produto e não apenas como uma ferramenta de pesquisa. Seu desenvolvimento iniciou-se em 1990, com uma equipe de 15 pessoas em tempo integral, já tendo sido dispendidos mais de 50 homens-ano. Estão disponíveis versões para SUN SPARC Stations, Silicon Graphics IRIS 4D e IBM RISC/6000. Versões "beta" (para teste de campo) foram liberadas para usuários de universidades e centros de pesquisa a partir de junho de 1992. Segue uma descrição da versão 1.0, prevista para o segundo trimestre de 1993.

### Descrição da versão 1.0

#### \* Interface com usuário

A interface de usuário do SPRING consiste num conjunto de menus, usando o "X window system". As imagens e gráficos podem ser visualizadas em até quatro janelas. O uso dos conceitos do modelo simplificou o projeto da interface, pois as noções de "categoria" e "geo-classe" agem como filtros para selecionar os geo-objetos a ser usados para visualização e manipulação.

#### \* Entrada de dados

Dados podem estar em fita magnética (LANDSAT, SPOT, ERS-1 ou NOAA/AVHRR), ou serem digitalizados em tabletes. A edição e rotulação das entidades espaciais é altamente interativa. O SPRING mantém a topologia das entidades espaciais vetoriais e permite o casamento ("registro") entre imagens e mapas e entre imagens, através da localização interativa de pontos de controle.

#### \* Modelagem Digital de Terreno

Cálculos de modelagem digital de terreno incluem a plotagem de contornos, geração de mapas de declividade e aspecto, determinação de volumes e perfis, e visualização 3D (em aramado ou superposta a imagens ou mapas temáticos).

#### \* Análise Espacial e Acesso ao Banco de Dados

As funções de análise disponíveis no SPRING incluem tanto operações espaciais (tais como superposição de polígonos) quanto "queries" de atributos no banco de dados. O usuário pode definir relações de atributos no banco de dados, que pode ser usado para operações de "query" espaciais. A conversão "raster-to-vector" assegura o mapeamento entre a operação realizada no espaço de varredura e a representação topologicamente estruturada.

A interface com o Banco de Dados suporta os principais gerenciadores comerciais do mercado, como INGRES e ORACLE. Também está disponível a opção de um gerenciador interno ao sistema.

#### \* Processamento de Imagens

Funções completas de realce e tratamento de imagens multiespectrais estão disponíveis, incluindo: manipulação de histograma, filtragem espacial, classificadores de máxima verossimilhança e de segmentação, transformação IHS-RGB e análise de componentes principais.

As técnicas de segmentação de imagens são alternativa importante à classificação estatística convencional. Estes métodos procuram aproximar o comportamento de um analista ao fazer interpretação visual de imagens. Baseado na informação das bordas, os objetos presentes na imagem são reconhecidos automaticamente. Um classificador hierárquico atribui classes a cada objeto.

#### \* Visualização

A superposição de imagens e cartas no SPRING é completada por facilidades de "zooming" e navegação. Imagens multiespectrais são mostradas em "displays" padrão 8-bit usando um método sofisticado de compressão de cor. Um eficiente esquema de ordenação espacial ("r-trees") assegura um tempo de resposta rápido, mesmo para grandes volumes de dados.

#### \* Produção de mapas

A produção de mapas de alta qualidade é assegurada no SPRING por funções para composição e preparo de mapas, incluindo o gerenciamento de uma biblioteca de símbolos. Os símbolos podem ser importados de programas de CAD no formato DXF. O sistema gera saída gráfica para plotadoras eletrostáticas, de transferência térmica e de caneta e para dispositivos PostScript.

#### \* Projeções Cartográficas

Estão disponíveis 12 tipos de projeção. A transformação entre projeções é feita automaticamente pelo sistema sempre que necessário.

#### Melhorias para a versão 1.1

No segundo semestre de 1993, deverá estar disponível a versão 1.1 do SPRING, cujas melhorias principais são indicadas.

#### \* Tratamento de imagens de radar

Os novos sensores ativos de microondas abrem toda uma nova perspectiva de uso do Sensoriamento Remoto. No entanto, exigem algoritmos específicos para tratamento de imagens, incluindo remoção de ruído "speckle", correção de padrão de antena e análise de textura.

#### \* Manipulação Vetorial

Para completar a funcionalidade de Geoprocessamento do SPRING, as facilidades de manipulação no formato vetorial permitem o manuseio direto de cada geo-objeto temático, incluindo seus atributos não-espaciais e sua topologia, sem a necessidade de mudança de formato.

#### \* Interface "drag-and-drop"

Com base na experiência adquirida no beta-teste do SPRING, as próximas versões irão incorporar melhorias na interface, como a noção de "geo-objeto corrente" e de

"menus sensíveis ao contexto". O objetivo é incluir métodos para "drag-and-drop" (arrastar-e-soltar), o que aumentará ainda mais a facilidade de uso do sistema.

## 5. PERSPECTIVAS FUTURAS

O SPRING irá incorporar, em suas próximas versões, novas capacidades resultantes das pesquisas em processamento de imagens e bancos de dados espaciais da DPI/INPE, desenvolvidas com o apoio do Centro Científico IBM - Rio. As pesquisas estão orientadas em três grandes áreas: *manuseio de informação espacial, análise espacial e extração de informação em imagens.*

### Manuseio de Informação espacial

Com o aguçamento da percepção dos problemas ecológicos, urbanos e ambientais, cresce o número de projetos que procuram entender processos de mudanças de forma cada vez mais detalhada. Este tipo de análise requer sistemas de informação capazes de lidar, de forma flexível, com grandes massas de dados (Smith et al., 1987).

O novo paradigma de sistemas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto envolve, assim, o gerenciamento de grandes bases de dados espaciais, com capacidade de lidar com os diversos tipos de dados ambientais.

A evolução do SPRING para tratar grandes massas de dados envolve o desenvolvimento de um banco de dados espacial sem fronteiras ("seamless"), de interfaces e linguagens de consulta espaciais e de métodos de armazenamento e recuperação eficientes.

### Análise espacial

Os Sistemas de Informações Geográficas atuais, normalmente representam o mundo real em apenas um único nível de abstração. Este fato limita os processos de raciocínio, uma vez que o dado pode conter uma grande quantidade de informações não necessárias para uma determinada consulta. O modelo de dados em estudos para as novas versões do SPRING inclui *representações múltiplas* do mundo, de tal forma a facilitar processos de consulta e a otimizar formas de armazenamento e manipulação dos dados.

Um exemplo típico é a representação da divisão política de um país com os estados e municípios. Em uma

representação de apenas um nível todos os dados estariam agrupados, e consultas referentes apenas aos dados do país fariam uso das informações (desnecessárias) sobre os estados e municípios. Em uma representação de múltiplos níveis, as informações estariam hierarquicamente organizadas de tal forma que uma consulta referente ao país só levaria em consideração as informações relevantes. O resultado imediato desta organização é uma agilização no processo de consulta, assim como uma representação mais próxima de como os seres humanos vêem o mundo real.

### Extração de informação em imagens de satélite

Com o aumento cada vez maior da resolução dos satélites de observação da terra, o potencial de uso de suas imagens aumenta muito; aplicações como Planejamento Urbano, que sofriam restrições com imagens de 80 metros de resolução, podem ser viáveis com imagens de 10 ou até 5 metros de resolução, como previsto até o fim da década.

Estas imagens apresentam novos problemas, do ponto de vista técnico, pois os algoritmos estatísticos de extração de informação, como o classificador de máxima verossimilhança, partem de hipóteses (comportamento gaussiano de classes na imagens) que deixam de se verificar em imagens de alta resolução.

Assim, as tendências internacionais apontam para o desenvolvimento de métodos de segmentação, redes neuronais e representação de conhecimento. No INPE, reconhecendo a importância destas técnicas, foi desenvolvido um classificador de imagens que utiliza técnicas de segmentação e estão sendo conduzidos estudos em redes neuronais em conjunto com o Centro Científico IBM Rio.

Adicionalmente, o tratamento e a extração de informações em imagens de radar são uma frente importante de pesquisas. O tratamento de imagens de radar em várias bandas e múltiplas polarizações apresenta desafios teóricos importantes.

## 6. ASPECTOS ECONÔMICOS E GERENCIAIS

É possível ainda analisar o desenvolvimento do SPRING sob o ponto de vista econômico e gerencial. O mercado mundial de Geoprocessamento movimentou cerca de USD 2.4 bilhões em 1990 e estima-se que chegue a USD 9 bilhões em 1995. No caso brasileiro, as estimativas são de que o mercado seja da ordem de USD 5 a 8 milhões/ano. Cada cópia de sistema similar ao SPRING custa cerca de US\$ 50.000.

O uso extensivo de sistemas de Geoprocessamento demonstra que aplicações específicas necessitam apenas de um subconjunto das funções disponíveis. Esta experiência pode ser útil ao comparar sistemas, e permite formular duas regras básicas:

(a) Dada uma área de interesse, é fundamental verificar se o sistema em estudo tem o conjunto necessário de funções;

(b) Se dois sistemas possuem o mesmo conjunto básico, considerações como preço, suporte e facilidade de uso decidem a escolha. Não é produtivo pagar o preço de uma sofisticação desnecessária.

Deve-se ainda levar em conta o custo de estabelecer equipes treinadas e o suporte técnico necessário para correta operação do sistema. Os custos de treinamento e aprendizagem são muitas vezes subestimados ao se implantar a tecnologia de Geoprocessamento em uma organização. Trata-se de sistemas complexos, com muitos conceitos de lento aprendizado. O tempo para adquirir eficiência na operação leva de 6 meses a 2 anos.

Igual importância merecem os problemas de suporte técnico. Antes da compra, é importante verificar se o vendedor tem condições efetivas de apoiar o uso operacional do sistema. O melhor suporte é aquele que pode ser dado por aqueles que dominam integralmente a tecnologia e esta foi uma das principais motivações do INPE ao desenvolver o SPRING.

## 7. COMPARAÇÃO COM SISTEMAS SELECIONADOS

Para melhor ilustrar o SPRING, apresenta-se aqui uma comparação com alguns sistemas disponíveis no mercado nacional. A comparação foi feita com base em catálogos dos fabricantes, demonstrações, informações diretas de usuários e artigos em revistas especializadas. Eventuais imprecisões são inteiramente não-intencionais.

Os sistemas analisados são:

- ARC/INFO: desenvolvido pela ESRI (Redlands, EUA) possui vários módulos: ARC/EDIT, ARC/PLOT, TIN, NETWORK e LIBRARIAN. Possui um banco de dados próprio (INFO). Está disponível para ambientes UNIX (Sun, IBM RISC e HP) e possui versão PC, com parte dos módulos (o TIN não está disponível).

- EASI/PACE: sistema para processamento digital de imagens de satélite, desenvolvido pela PCI Remote Sensing Corp., do Canadá. Possui versões PC e UNIX.

- ERDAS: sistema de processamento digital de imagens, desenvolvido pela ERDAS Inc. (EUA). Possui versões PC e UNIX.

- ER Mapper: para processamento de imagens de satélite, desenvolvido pela Earth Resources Mapping Ltd., da Austrália. Disponível apenas no ambiente SUN.

- Modular GIS Environment (MGE): desenvolvido pela Integraph para estações de trabalho da própria empresa, possui vários módulos para as várias funções de Geoprocessamento.

- SPANS GIS: construído pela TYDAC (Canadá) e distribuído internacionalmente pela IBM. É um sistema de análise geográfica que utiliza "quad-trees". Disponível em ambientes OS/2 e IBM RISC.

TABELA 1

### FUNCIONALIDADE DE SIGs

Sistema	ANG	PDI	MNT	MAP
ARC-INFO	X+	-	X	X
EASI/PACE	(X)	X+	X	X
ERDAS	(X)	X	X	X
ER Mapper	-	X	X	(X)
MGE	X	X	X	X+
SPANS GIS	X+	-	X	(X)
SPRING	X	X+	X	X

Códigos:

ANG = análise geográfica

PDI = processamento digital de imagens

MNT = modelos numéricos de terreno

MAP = produção cartográfica

Legenda:

X+ = disponível com alguma vantagem técnica em relação aos concorrentes

X = disponível

(X) = disponível com limitações, planejado, solução especial

- = não disponível

## Comentários:

1. De uma maneira geral, os sistemas de processamento de imagens (ERDAS, ERMapper, EASI/PACE) são "stand-alone"; o resultado do processamento deve ser transformado para um sistema que realize análise geográfica (como o ARC-INFO ou SPANS) para combina-lo com mapas convencionais.

Imagens e Geoprocessamento. Este trabalho jamais poderia ter sucesso sem a colaboração diligente e dedicada dos usuários do sistemas produzidos pela DPI/INPE, dentro e fora da instituição. Sem a participação ativa da comunidade, os sistemas desenvolvidos não teriam evoluído.

TABELA 2

### SISTEMA DE ARMAZENAMENTO E RECUPERAÇÃO

Sistema	Sistema arquivos	Interf. relacional	Cliente-servidor	Linguagem consulta
ARC-INFO	-	x	-	INFO (1)
EASI-PACE	x	-	-	-
ERDAS	x	-	-	-
ERMapper	x	-	-	-
MGE	-	x	x	SQL (3)
SPANS	x	x	-	OS/2 DB (2)
SPRING	-	x	x	SQL (3)

#### Notas:

1. O ARC-INFO possui um banco de dados próprio (INFO) e permite a ligação com SGBD relacionais de mercado (ORACLE, INGRES). No entanto, as tabelas básicas de atributo de cada polígono são ainda mantidas no INFO. É preciso que o usuário estabeleça correspondência entre as tabelas do INFO e as tabelas do SGBD relacional para que o resultado de consultas possa ser utilizado para processamento posterior no ARC-INFO.

2. O SPANS tem interface relacional para o ambiente OS/2, e anunciou planos de tornar disponível esta interface para o ambiente UNIX.

3. A interface SQL do MGE e do SPRING permite a ligação direta com SGBD relacionais como INGRES e ORACLE. No caso do SPRING, os dados descritivos de cada elemento (polígonos ou imagens) são mantidos pelo próprio gerenciador de banco de dados relacional.

## 9. COMENTÁRIOS FINAIS

O desenvolvimento do SPRING marca a continuidade do esforço do INPE para dominar a tecnologia de Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de

## CRÉDITOS

O desenvolvimento de sistemas de Geoprocessamento é uma área de interface entre Computação Gráfica, Processamento de Imagens, Bancos de Dados não-convencionais, Geometria Computacional e Cartografia. É imprescindível reunir especialistas com perfil variado de conhecimento.

O SPRING é o resultado da cooperação entre a Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do INPE e o Núcleo de Tecnologia para Informática Agropecuária (NTIA) da EMBRAPA, com substancial apoio do Centro Científico IBM-Rio na área de bancos de dados georeferenciados.

SPRING é um esforço de equipe. O gerente do projeto e arquiteto-chefe é Ricardo Cartaxo Modesto de Souza, contando o time ainda com os seguintes analistas: Ana Paula Dutra de Aguiar, André Hiroshi Alves, Carlos Felgueiras, Cláudio Clemente Barbosa, Eduardo Camargo, Fernando Mitsuo Ii, Fernando Yamaguchi, Gilberto Câmara, Guaraci Erthal, Lauro Hara, Leila Fonseca, Leonardo Bins, João Argemiro Paiva, João Ricardo Oliveira, João Pedro Cordeiro, Juan Garrido, Júlio D'Alge, Marisa da Motta, Sérgio Rosim, Sílvia Shizue Ii, Ubirajara Moura de Freitas e Virgínia Ragoni Corrêa. Lygia Mammana, Maycira Costa e Silvana Amaral têm a responsabilidade de controle de qualidade do produto e confecção do manual.

A formulação do modelo conceitual contou com a participação dos pesquisadores Marco Antônio Casanova e Andréa Hemerly do Centro Científico IBM-Rio.

A Secretaria de Ciência e Tecnologia e CNPq tem apoiado o projeto, através do programa RHAE.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, D. S., Modelos de Dados para Sistemas de Informação Geográfica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1990.
- CÂMARA, G.; FREITAS, U.; SOUZA, R.C.M., CASANOVA, M.A.; "SPRING: Processamento de Imagens e Dados Georeferenciados", in: V Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens. Anais. Aguas de Lindoya, 1992.
- EHLERS, M., EDWARDS, G., BERARD, I. "Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: A Necessary Evolution", Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 55, No. 11, Nov. 1989, pp. 1619-1627.

- ERTHAL, G.; ALVES, D.S.; CÂMARA, G. "Modelo de Dados Geo-Relacional: Uma Visão Conceitual de um Sistema Geográfico de Informações". In: I SIMPOSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRAFICA E PROCESSAMENTO DE IMAGENS, Petrópolis(RJ), 1988. Anais, Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1988.
- GOODCHILD, M. Geographical information science. International Journal of Geographic Information Systems, 1992, Vol. 6, No.2.
- GOODCHILD, M. Geographical data modeling. Computers & Geosciences, 1992, Vol. 18, No.4, pp. 401-408.
- NCGIA, "The Research Plan for the NCGIA", International Journal of Geographic Information Systems, 1989, Vol. 3, No.2, pp. 117-136.
- SMITH, T.R.; MENON, S.; STAR, J. L. ESTES, J. "Requirements and principles for the implementation and construction of large-scale geographic information systems", International [Vijb92] Vijbrief, T. and Osterom, P.v., "The GEO++ System: An Extensible GIS". Proc. International Symposium on Spatial Data Handling, Arlington, VA, 1992.

Figura I



