

Editado e organizado por:

Marco Antonio Casanova
Gilberto Câmara
Clodoveu A. Davis Jr.
Lúbia Vinhas
Gilberto Ribeiro de Queiroz

Bancos de Dados Geográficos

Maio, 2005

Copyright © Editora MundoGEO

Editora	MundoGEO
Coordenação Editorial	Gilberto Câmara
Revisão	Lúbia Vinhas
Produção gráfica, capa e editoração eletrônica	AR Comunicação
Impressão e acabamento	Gráfica Infante

B221b

Bancos de dados geográficos / Organizadores Marco Antonio Casanova et al. – Curitiba: MundoGEO, 2005.

506 p.

ISBN

1. Bancos de dados geográficos. 2. Aplicativos geográficos. 3. Geoinformação.

I. Casanova, Marco Antonio, 1951 – II. Câmara, Gilberto, 1956 – III. Davis Jr., Clodoveu A., 1963 – IV. Vinhas, Lúbia, 1969 – V. Queiroz, Gilberto Ribeiro de, 1976 – VI. Título.

CDD- 629.4

Todos os direitos desta edição são reservados
à Editora MundoGEO.

R. Desembargador Hugo Simas, 1231 – Escritório 03
Bom Retiro – Curitiba / PR – 80520-250
Tel.: (41) 3338-7789 Fax: (41) 3338-9237
www.mundogeo.com

Prefácio

Há quase duas décadas, bancos de dados tornaram-se o componente central de sistemas de informação, tanto do ponto de vista de projeto, quanto do ponto de vista de operação. Esta evolução foi possível graças a uma sólida tecnologia desenvolvida para armazenamento e manipulação de dados convencionais, notadamente os chamados sistemas de gerência de bancos de dados objeto-relacionais (SGBD-OR).

O projeto e operação de sistemas de informação geográfica vem seguindo o mesmo rumo, adotando bancos de dados geográficos (BDGs) como ponto central da arquitetura. A relativa demora na adoção de BDGs explica-se pela complexidade de representação e manipulação de dados geográficos. Tal complexidade exigiu desenvolvimentos adicionais da tecnologia dos SGBD-OR até que o nível de funcionalidade e o desempenho fossem satisfatórios para a plena adoção de BDGs.

Mais recentemente, o foco do desenvolvimento de sistemas de informação caminhou na direção de federações de sistemas fracamente acoplados. Os sistemas de informação geográfica acompanharam de perto esta evolução, oferecendo uma gama variada de serviços de intercâmbio e disseminação de dados geográficos, novamente fruto da maturação de novas tecnologias.

Este livro aborda bancos de dados geográficos dentro desta ampla perspectiva, cobrindo desde aspectos de representação dos dados geográficos até a sua disseminação na Internet. O livro está dividido em quatro partes, para facilitar a leitura.

A *Parte I - Fundamentos* examina os problemas básicos de representação computacional de dados geográficos, resume os principais algoritmos geométricos e representações topológicas e trata da modelagem de dados espaço-temporais em geral.

A *Parte II - Persistência e Acesso* apresenta uma visão geral das principais tecnologias especificamente desenvolvidas para sistemas de gerência de banco de dados geográficos. Inclui ainda exemplos de sistemas existentes que oferecem extensões espaciais.

A *Parte III - Interoperabilidade* cobre tecnologias relacionadas a integração e interoperabilidade, e inclui o tema de disseminação de dados geográficos na Internet. Apresenta também as propostas do Open Geospatial Consortium para interoperabilidade.

Por fim, a *Parte IV - TerraLib* descreve os aspectos mais relevantes da biblioteca TerraLib, incluindo o tratamento de dados matriciais. Apresenta ainda o *TerraLib Development Kit - Tdk*, cujo objetivo principal é facilitar o desenvolvimento de aplicativos geográficos que utilizem a TerraLib.

O conteúdo do livro foi balanceado para atender a diferentes comunidades:

- Gerentes de tecnologia de informação interessados em implantar bancos de dados geográficos em suas instituições podem se beneficiar da leitura dos Capítulos 1, 3, 5, 8, 10 e 11.
- Desenvolvedores de sistemas de informação geográfica têm acesso a material sobre o funcionamento interno dos bancos de dados geográficos (Capítulos 2, 6 e 7) e também uma descrição da TerraLib (Capítulos 12, 13 e 14).
- Alunos de pós-graduação podem encontrar uma introdução a temas no estado-da-arte nos Capítulos 4, 9 e 10.

Este livro é resultante da cooperação entre as equipes baseadas nos estados de São Paulo (INPE), Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Minas Gerais (UFMG e PUC Minas). Uma parte substancial dos resultados aqui apresentados resultou de projetos de pesquisa e desenvolvimento, teses e dissertações nessas instituições. Este livro serve como texto básico do

curso de pós-graduação em Bancos de Dados Geográficos ministrado no INPE (<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser303>) e nas disciplinas da Pós-Graduação em Informática da PUC Minas. Este livro também se encontra on-line, com material adicional, no sítio:

<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados>.

Agradecemos ao CNPq pelo apoio ao projeto TerraLib e o apoio parcial as pesquisas de Gilberto Câmara e Clodoveu Davis Jr; ao INPE pelo apoio na editoração deste livro; ao Dr. Antônio Miguel Vieira Monteiro, chefe da Divisão de Processamento de Imagens; ao TecGraf e seu coordenador Prof. Marcelo Gattass; à PRODABEL e PUC Minas; e, finalmente, à Terezinha Gomes dos Santos pelo apoio logístico.

Esperamos que a comunidade de geoinformação brasileira possa beneficiar-se de nossa experiência, que tentamos transmitir neste livro.

São José dos Campos, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, maio de 2005.

Os autores.

Sobre os autores

Alberto H. F. Laender é doutor em Ciência da Computação pela University of East Anglia (UK) e professor titular da UFMG.

Clodoveu A. Davis Jr. é doutor em Ciência da Computação pela UFMG e professor da PUC Minas.

Daniela Francisco Brauner é doutoranda em Informática na PUC-Rio.

Gilberto Câmara é doutor em Computação Aplicada pelo INPE, e pesquisador da Divisão de Processamento de Imagens do INPE.

Gilberto Ribeiro de Queiroz é mestre em Computação Aplicada pelo INPE e engenheiro da Divisão de Processamento de Imagens do INPE.

Karine Reis Ferreira é mestre em Computação Aplicada pelo INPE e engenheira da Divisão de Processamento de Imagens do INPE.

Karla A. V. Borges é doutoranda em Ciência da Computação na UFMG e analista da PRODABEL.

Ligiane Alves de Souza é mestrando em Ciência da Computação na UFMG.

Lúbia Vinhas é doutoranda em Computação Aplicada no INPE e engenheira da Divisão de Processamento de Imagens do INPE.

Marcelo Tílio Monteiro de Carvalho é pesquisador do Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica (TecGraf) da PUC-Rio.

Marco Antonio Casanova é doutor em Applied Mathematics pela Harvard University (EUA) e professor da PUC-Rio.

Mário de Sá Vera é pesquisador do Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica (TecGraf) da PUC-Rio.

Olga Fradico de Oliveira é doutoranda em Computação Aplicada no INPE.

Paulo de Oliveira Lima Junior é mestre em Computação Aplicada pelo INPE, professor e coordenador do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da UNIPAC (Conselheiro Lafaiete, MG).

Ricardo Cartaxo Modesto de Souza é engenheiro sênior da Divisão de Processamento de Imagens do INPE.

Taciana de Lemos Dias é doutoranda em Computação Aplicada no INPE, professora da PUC Minas e analista da PRODABEL.

Índice

1. Representação computacional de dados geográficos.....	11
2. Algoritmos geométricos e relacionamentos topológicos.....	53
3. Modelagem conceitual de dados geográficos.....	93
4. Modelos espaço-temporais.....	147
5. Arquiteturas e linguagens.....	181
6. Métodos de acesso para dados espaciais.....	213
7. Processamento de consultas e gerência de transações.....	233
8. SGBD com extensões espaciais.....	281
9. Integração e interoperabilidade.....	317
10. Disseminação de dados geográficos na Internet.....	353
11. O Open Geospatial Consortium.....	379
12. Descrição da TerraLib.....	397
13. Tratamento de dados matriciais na TerraLib.....	441
14. Desenvolvimento de aplicativos com a TerraLib.....	477