

CAPÍTULO 7

ARQUITETURAS PARA BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS

“Quid est corporis pulchritudo? Congruentia partium cum quadam coloris suavitate.”

(O que é a beleza do corpo ? É a proporção das partes acompanhada por uma certa doçura de colorido).

Sto. Agostinho

7.1 VISÃO GERAL

Nos três capítulos anteriores, analisamos os bancos de dados geográficos numa visão externa, ao discutir as questões de modelo de dados, operações e linguagens. Neste capítulo e no próximo, estaremos preocupados com questões de arquitetura de sistemas e de implementação.

Este capítulo analisa as arquiteturas de bancos de dados geográficos. A seção 7.2 apresenta uma breve revisão da literatura sobre o assunto. Na seção 7.3, descrevemos um modelo de referência para bancos de dados geográficos, que separa as funções de armazenamento, manipulação e visualização. Na seção 7.4, discutimos as diferentes estratégias para implementação da arquitetura de referência em ambientes cliente-servidor e classificamos, de maneira coerente, os SIGs disponíveis comercialmente ou propostos como protótipos. A seção 7.5 apresenta uma discussão sobre a implementação da arquitetura de referência num ambiente distribuído.

7.2 BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Uma revisão geral sobre o problema de arquiteturas em SIGs é apresentada em Pissinou et al. (1993) e Casanova et. al. (1993). A literatura recente apresenta um significativo conjunto de projetos de pesquisa, que utilizam tecnologias emergentes de bancos de dados (Cattell, 1991) para projetar sistemas de gerência de bancos de dados geográficos. Destes projetos, cabe mencionar:

- GEO++ (Vijbrief and Oosterom, 1992), desenvolvido sobre o SGBD pós-relacional POSTGRES (Stonebraker and Kemnitz, 1991). O sistema POSTGRES é uma extensão ampla da tecnologia relacional e dispõe de algumas ferramentas para manuseio de dados gráficos, incluindo o suporte para *árvores-R*, estrutura de indexação espacial com bom desempenho e tipos de dados *ponto*, *segmento de linha*, *polilinhas* e *retângulo envolvente* ("box"). O sistema GEO++ é escrito em C++ e estende os tipos de dados geométricos do POSTGRES, além de rotinas de acesso aos dados.
- PARADISE (DeWitt et al., 1993; DeWitt et al., 1994) - O projeto PARADISE (**Parallel Data Information System**) tem o objetivo de aplicar as tecnologias de orientação-a-objetos e bancos de dados paralelos para desenvolver um SIG capaz de gerenciar grandes bases de dados espaciais. Como gerenciador persistente de objetos, PARADISE utiliza SHORE (Carey et al., 1994), também desenvolvido pelo grupo da Universidade de Wisconsin.
- SEQUOIA 2000 - O projeto SEQUOIA 2000 (Stonebraker and Dozier, 1992), é um projeto de longo prazo com o propósito de dar suporte a estudos de mudanças globais. O projeto está baseado no SGBD POSTGRES e envolve ainda aspectos de armazenamento, redes e visualização (Gardels, 1993).
- GODOT - (**Geographic Data Management with Object-oriented Techniques**): protótipo desenvolvido pela Universidade de Ulm

(Alemanha) que utiliza o sistema OBJECTSTORE, adicionando classes e métodos (Günther and Riekert, 1993);

- GEO₂: desenvolvido pelo Instituto Geográfico Nacional da França com suporte do O₂. (David et al., 1993). O modelo de dados utilizado, distingue entre a semântica dos dados geográficos (atributos e localização) e sua representação (polígonos, redes e mapas). Os autores apontam alguns problemas do SGBD O₂ neste contexto¹.
- Milne *et al.* (1993) discutem a construção de um SIG baseado no sistema ONTOS. Os autores utilizam o modelo de dados SDTS (Spatial Data Transfer Standard) como base para definição das classes de objetos espaciais. O SGBD ONTOS provê uma biblioteca de classes em C++, que os autores estendem com uma interface gráfica, apresentação de mapas e construção de um banco de dados geográfico. Os autores comparam o desempenho do sistema ao recuperar objetos complexos, com os ambientes SIRO_DBMS (Abel, 1989) e ORACLE, e indicam um ganho significativo de desempenho.

No caso de centros de dados ambientais, o principal conjunto de trabalhos são os estudos que estão sendo realizados para o projeto EOSDIS (Earth Observation System Data and Information System). O EOSDIS representa o mais ambicioso sistema de informação ambiental já construído pela NASA e seu objetivo é prover a comunidade internacional de cientistas com o mais completo acervo de dados disponível sobre a Terra (Asrar and Dozier, 1994).

¹De acordo com informações prestadas pela prof. Cláudia Bauzer Medeiros, o SGBD O₂ está sendo estendido pela O₂ Technology para incluir métodos de acesso para dados espaciais.

7.3 UMA ARQUITETURA DE REFERÊNCIA PARA GERÊNCIA DE OBJETOS GEOGRÁFICOS

Para tratar de todos os tipos de dados geográficos e em função de requisitos gerais como os apresentados no capítulo 3, Hemerly et al. (1994) propõem um arquitetura em camadas para sistemas de gerência de bancos de dados geográficos, com uma visão abrangente do problema. A arquitetura introduz subsistemas especializados para cada tipo de dado geográfico e está apresentada na figura 7.1.

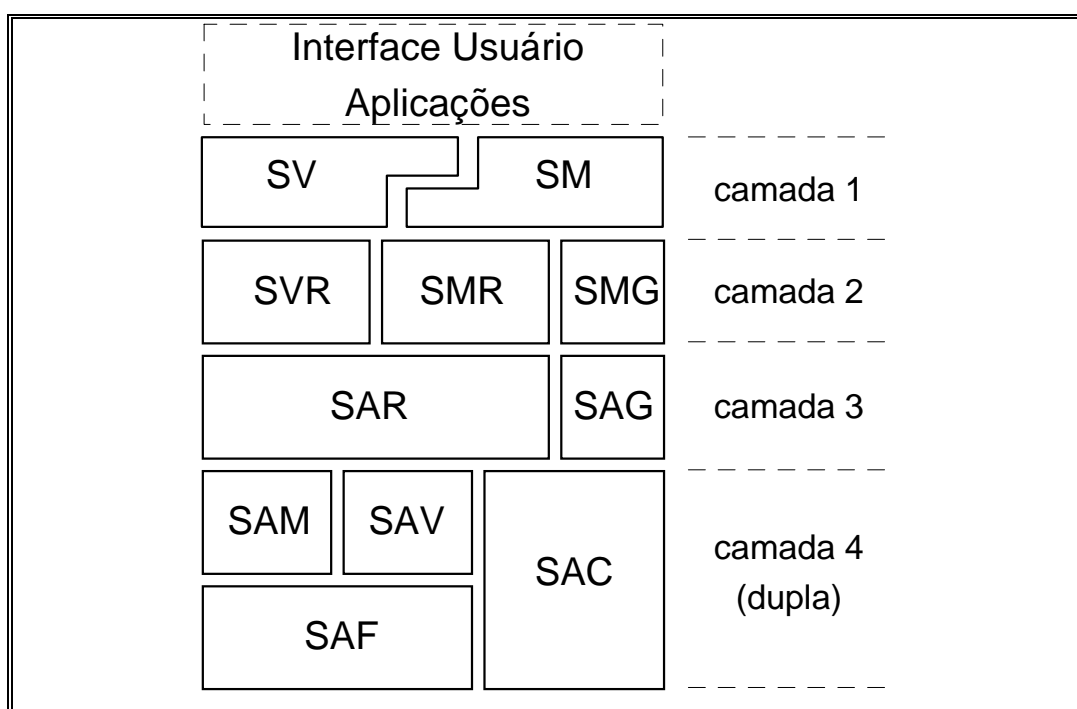


Figura 7.1 - Arquitetura de referência para Gerência de Dados Geográficos

SV - Sistema de Visualização	SM - Sistema de Manipulação
SVR - Visual. de Representações	SMR - Manip.de Representações
	SMG - Manip. de Geo-Objetos e Campos
SAR - Armazen. de Representações	SAG - Armazenam. Geo-Objetos/Campos
SAM - Armazen. Matricial	SAV - Armaz. Vetorial
SAF - Armazen. Físico	SAC - Arm. Convenc.

A descrição destas camadas é feita em Tocantins e Casanova (1995), como segue.

No nível superior, não especificado pela arquitetura, encontram-se as aplicações de geoprocessamento e módulos de interface com o usuário.

A primeira camada separa as questões de visualização das funções de manipulação e oferece as abstrações correspondentes a *geo-objetos*, *geo-campos* e *mapas de geo-objetos* (conforme o modelo de dados apresentado no capítulo 4), além de métodos para manipular e visualizar estes tipos de dados e suas extensões. O *subsistema de visualização* (SV) oferece funções básicas para apresentação de objetos, tipicamente mais complexas que as necessárias para dados convencionais. O *sub-sistema de manipulação* (SM) oferece funções para definição e manipulação de geo-objetos, geo-campos, mapas de geo-objetos e suas representações, procurando esconder do usuário os problemas de representação geométrica (matrizes x vetores).

A segunda camada desce um degrau na escala de abstração, e separa os componentes espacial e convencional dos dados geográficos. Oferece serviços de visualização e manipulação de alto nível para representações geométricas, através do *sub-sistema de visualização de representações* (SVR) e do *sub-sistema de manipulação de representações* (SMR), e serviços de manipulação dos atributos convencionais dos geo-objetos e de geo-campos, através do *sub-sistema de manipulação de geo-objetos e geo-campos* (SMG).

A terceira camada cobre serviços de armazenamento e manipulação elementar para representações, através do *sub-sistema de armazenamento de representações* (SAR), e para atributos convencionais, através do *sub-sistema de armazenamento de geo-objetos* (SAG). Estes sistemas são responsáveis pelo armazenamento persistente e edição elementar desses tipos de objetos.

A quarta camada implementa as formas de armazenamento - matricial, vetorial e convencional através do *sub-sistema de armazenamento matricial* (SAM), *sub-sistema de armazenamento vetorial* (SAV) e *sub-sistema de armazenamento convencional* (SAC). Os dois primeiros subsistemas fazem uso do serviço de armazenamento de páginas físicas disponível no *sub-sistema de armazenamento físico* (SAF).

O restante deste capítulo discute alternativas para implementação desta arquitetura, com análise dos ambientes cliente-servidor (seção 7.4) e distribuídos (seção 7.5). No que segue, o leitor deverá ter sempre em mente a figura 7.1 e as abreviaturas utilizadas.

7.4 IMPLEMENTAÇÃO EM AMBIENTES CLIENTE-SERVIDOR

Apresentamos nesta seção diferentes estratégias de implementação para a arquitetura de referência, baseadas em sistemas de gerência de bancos de dados com graus crescentes de funcionalidade. A taxonomia proposta nos permite classificar, de maneira coerente, vários SIG disponíveis comercialmente ou propostos como protótipos.

As estratégias de implementação aqui discutidas utilizam um servidor único, responsável pelo armazenamento e recuperação dos atributos convencionais, e diferem essencialmente no tratamento da parte espacial dos objetos geográficos. A classificação apresentada está baseada no trabalho de Vijbrief e vanOosterom (1992).

7.4.1 ESTRATÉGIA DUAL

Em linhas gerais, um SIG implementado com a estratégia dual utiliza um SGBD relacional para armazenar os atributos convencionais dos objetos geográficos (na forma de tabelas) e arquivos para guardar as representações geométricas destes objetos. Um *identificador comum* liga os componentes geométrico e convencional do objeto geográfico. Para recuperar um objeto, os dois subsistemas devem ser pesquisados e a resposta é uma composição de resultados. Esta estratégia é ilustrada na figura 7.2.

Em termos da arquitetura de referência, idealmente esta estratégia estaria limitada a implementar o SAC sobre um SGBD relacional e o SAM e o SAV sobre o sistema de arquivos do sistema operacional. A maior parte das soluções disponíveis comercialmente para Geoprocessamento utiliza esta abordagem e os produtos disponíveis levam a dualidade até as camadas superiores. Exemplos de sistemas

comerciais baseados em estratégia dual são o ARC/INFO (Morehouse, 1992), MGE (Intergraph, 1990) e o SPRING (Câmara et al., 1993)².

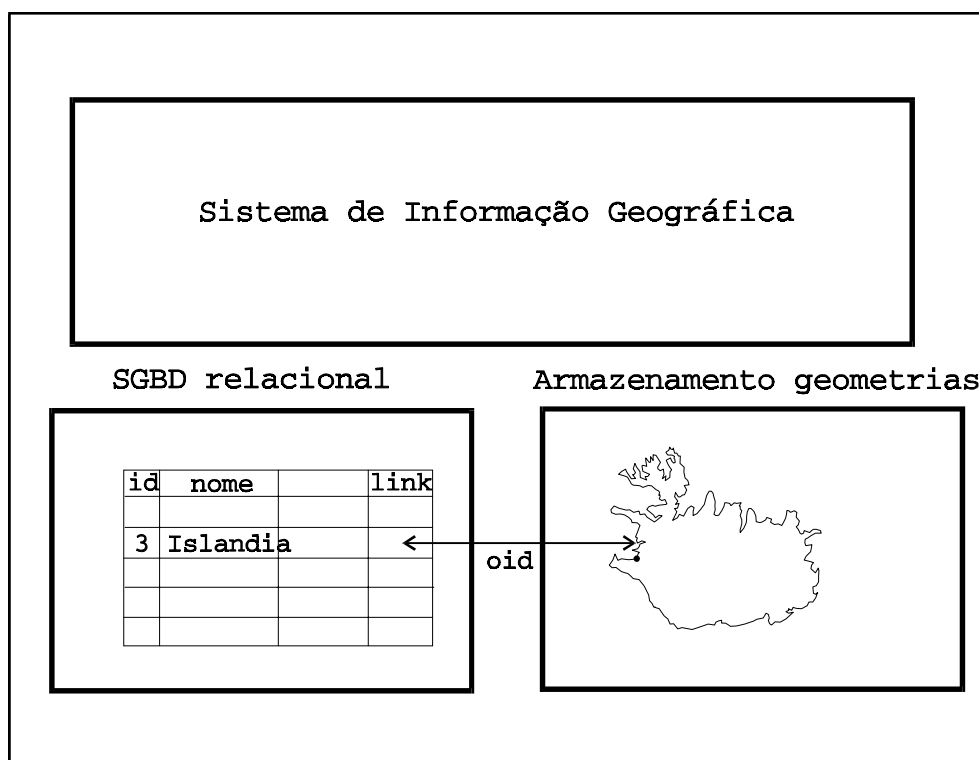


Figura 7.2 - Estratégia dual (adaptado de Vijbrief e vanOosterom (1992)).

A principal vantagem desta estratégia é poder utilizar os SGBDs relacionais de mercado. No entanto, como as representações geométricas dos objetos espaciais estão fora do controle do SGBD, esta estrutura dificulta o equacionamento das questões de otimização de consultas, gerência de transações e controle de integridade e de concorrência. Estes problemas só podem ser resolvidos através de implementações sofisticadas das camadas superiores da arquitetura genérica, que operem coordenadamente com o SGBD convencional.

²O SPRING procura esconder do usuário tal dualidade, por meio de seu modelo de dados.

Esta alternativa exige ainda a construção do SAM e do SAV apenas a partir dos construtores oferecidos pelo sistema operacional, em geral muito mais pobres que os oferecidos pelo SGBD.

A execução de uma consulta em um ambiente dual tipicamente segue um plano rígido: a parte convencional da consulta é processada pelo SGBD relacional, em separado das restrições espaciais, que são deixadas a cargo de subsistemas fora do SGBD. Tal rigidez na geração do plano de execução, embora conveniente para a implementação do SIG, geralmente leva a planos sub-ótimos.

Adicionalmente, é possível que a indicação da representação geométrica do objeto geográfico (tipicamente um nome de arquivo) permaneça registrada no banco de dados convencional, embora o arquivo contendo o componente geométrico deste objeto tenha sido removido (inadvertidamente ou por interrupção indevida do processamento).

Para resolver completamente o problema de controle da integridade, é necessário implementar as camadas inferiores da arquitetura genérica de forma inacessível ao sistema operacional. Por exemplo, em UNIX, os dados teriam de ser colocados numa “raw partition” (partição da qual o sistema operacional não conhece a estrutura interna), deixando para o SAF a tarefa de guardar informações como localizações de blocos e trilhas de disco, aonde estão armazenadas as representações geométricas.

7.4.2 ESTRATÉGIA BASEADA EM CAMPOS LONGOS

Esta estratégia baseia-se no uso de SGBDs relacionais com suporte para campos longos (um *campo longo* é uma cadeia binária aonde se pode armazenar informação gráfica, numérica ou pictórica). Fisicamente, o SGBD permite que um campo longo possa ter tamanho significativo (em alguns casos, da ordem de gigabytes), para que possa armazenar as representações geométricas associadas aos objetos geográficos, conforme ilustrado na figura 7.3.

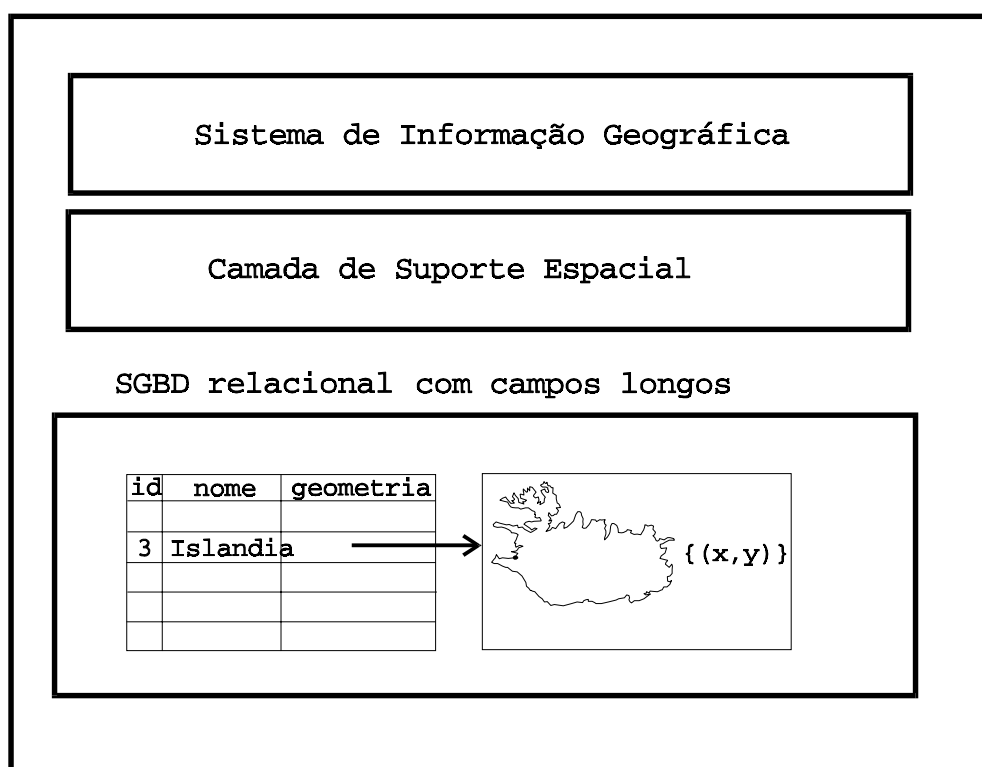


Figura 7.2 - Estratégia baseada em campos longos (adaptado de Vijbrief e vanOosterom (1992)).

As funções oferecidas por um SGBD para tratamento de campos longos são tipicamente limitadas ao acesso a partes do conteúdo do campo, especificando a posição de início e o tamanho do fragmento. Em alguns casos, possuem mecanismos de proteção de integridade física (usualmente *shadowing*).

Em termos da arquitetura de referência, tanto o SAC como o SAM e o SAV passam a ser implementados pelo SGBD relacional, pelo menos em parte. O acesso interno ao conteúdo dos campos longos é deixado a cargo de uma camada implementada sobre o SGBD.

A principal vantagem desta estratégia está em armazenar todos os objetos de um banco de dados geográfico através de um único SGBD, evitando os problemas de gerência de transações e de controle de integridade e de concorrência, típicos do ambiente dual. No entanto, como o SGBD trata um campo longo como uma cadeia binária, não conhece a semântica do seu conteúdo e, portanto, não possui mecanismos satisfatórios para seu tratamento. Deste modo, a implementação de um SIG utilizando esta estratégia requer que sejam incluídos métodos de acesso espacial e um otimizador de consultas que prepare planos de execução de acordo com tais métodos.

Adicionalmente, embora o padrão SQL, principal interface oferecida pelos SGBD relacionais, defina funções básicas para tratamento de campos longos, há variações nos mecanismos de fato disponíveis nas implementações comerciais. Como consequência, a implementação desta arquitetura pode ficar dependente do SGBD escolhido.

A estratégia de uso dos campos longos é mais freqüente como suporte a aplicações de redes ("facilities management"), aonde a maior parte das consultas é resolvida baseando-se apenas nos atributos não-espaciais. Neste caso, a parte gráfica dos dados é limitada, o que abrandando os requisitos de métodos eficientes de acesso aos dados espaciais. Um dos primeiros exemplos desta estratégia foi o protótipo SIRO-DBMS (Abel, 1989), construído por sobre o SGBD ORACLE. Os produtos comerciais que baseados em campos longos incluem o sistema SYSTEM 9 (van Eck e Uffer, 1989).

7.4.3 ESTRATÉGIA BASEADA EM MECANISMOS DE EXTENSÃO

Esta estratégia depende da adoção de um SGBD que disponha de mecanismos que permitam implementar os componentes de manuseio de dados espaciais através de extensões ao seu próprio ambiente. Exemplos de SGBD extensíveis são os sistemas chamados de pós-relacionais, como o POSTGRES (Stonebraker e Rowe, 1991) e o STARBURST (Haas e Cody, 1991) e orientados a objetos, como o O₂ (Bancilhon et al., 1991) e o OBJECTSTORE.

Através de sua interface de definição de dados, um SGBD extensível tipicamente permite a definição de novos tipos de objetos, como os utilizados em SIGs (esta estratégia é ilustrada na figura 7.4). A especificação de um novo tipo de dados inclui a definição dos atributos dos objetos e dos métodos associados. Este mecanismo é muito mais amplo que o uso de campos longos, pois permite capturar a semântica dos objetos.

Uma das dificuldades inicialmente encontradas para desenvolver aplicações sobre SGBD extensíveis foi a falta de uma padronização de mecanismos para definição e consulta. Reconhecendo esta necessidade, diversos fabricantes de SGBD orientados-a-objetos (incluindo companhias como Object Design, O₂ Technology, Objectivity e Ontos) formaram o ODMG (Object Data Management Group), que publicou o padrão ODMG-93 (Cattell, 1994). Este padrão inclui uma definição de uma linguagem de definição de objetos (ODL - *object definition language*) e de uma linguagem de consulta a objetos (OQL - *object query language*); as empresas participantes do ODMG comprometeram-se a adotar tais padrões a partir de 1995.

Dado o poder expressivo da nova geração de SGBD, há uma grande número de projetos de pesquisa que utilizam esta estratégia para implementar sistemas de Geoprocessamento, como apresentado na seção 7.2. Das implementações industriais, merecem menção os produtos SMALLWORLD (Batty, 1993), que utiliza seu próprio SGBD, e GEO₂ (David et al., 1993), que utiliza o SGBD O₂.

A grande questão em aberto com relação ao uso SGBDs extensíveis para Geoprocessamento reside em seu desempenho ao lidar com grandes volumes de dados. Para permitir a implementação eficiente de um SIG, o SGBD deveria estar aberto a extensões também em suas camadas mais internas e deveria permitir a definição de novos métodos de armazenamento e acesso, a adição de novas regras ao otimizador de consultas (para fazer bom uso dos novos métodos) e até a modificação da política de gerência de transações para adaptar o SGBD às necessidades das aplicações em Geoprocessamento. Em última instância, deveria ser possível implementar todos os subsistemas da arquitetura de referência como extensões do SGBD. Esta estratégia apresenta dificuldades técnicas, mas aumenta muito a funcionalidade e possivelmente o desempenho da aplicação resultante (Milne et al., 1993).

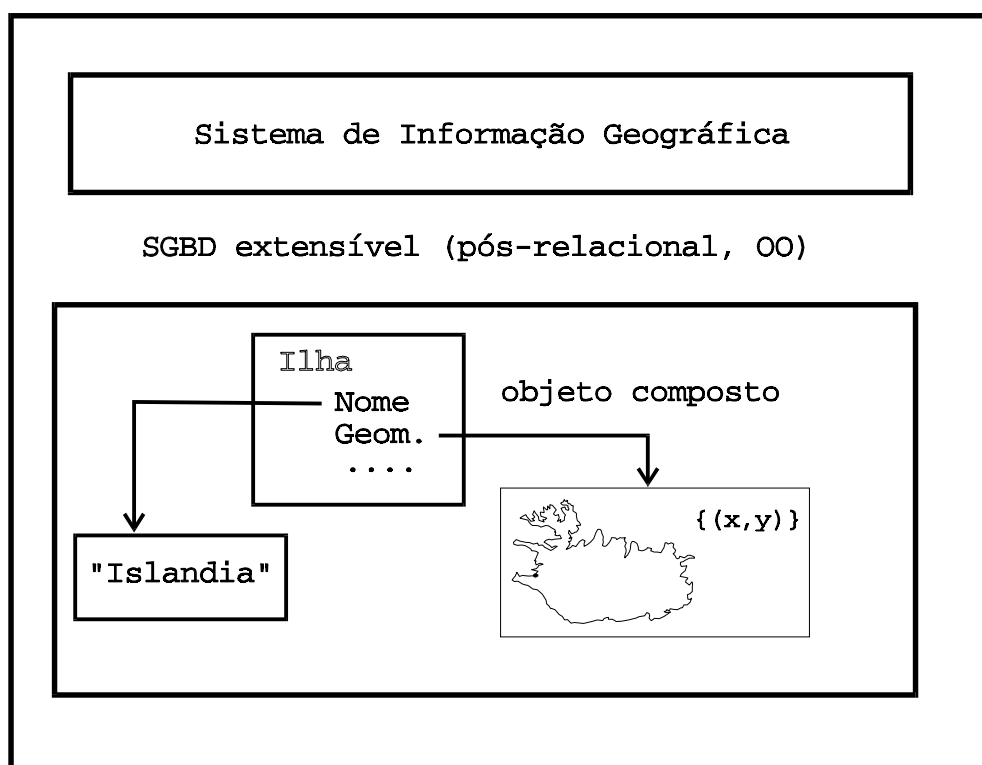


Figura 7.4 - Estratégia baseada em mecanismos de extensão.

7.4.4 RESUMO COMPARATIVO

Uma comparação das vantagens e desvantagens de cada tipo de arquitetura é apresentada na Tabela 7.1. Vale notar que a taxonomia apresentada é esquemática e esconde nuances: as vantagens completas da *arquitetura extensível* só ocorrem quando o SGBD utilizado for completamente extensível.

TABELA 7.1

COMPARAÇÃO ENTRE ESTRATÉGIAS PARA
BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS EM AMBIENTE CLIENTE-
SERVIDOR

<i>Estratégia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Problemas</i>
DUAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de SGBD relacionais de mercado 2. Independência de fabricantes de SGBD 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controle de integridade 2. Otimização de consultas
CAMPOS LONGOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controle de integridade 2. Uso de SGBD relacionais de mercado (com campos longos) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dependência de fabricantes de SGBD 2. Otimização de consultas
EXTENSÍVEL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controle de integridade 2. Otimização de consultas e métodos de acesso 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desempenho em grandes volumes de dados 2. Falta de compatibilidade com bancos de dados existentes

7.5 ARQUITETURAS DISTRIBUÍDAS

7.5.1 VISÃO GERAL

As arquiteturas distribuídas são uma importante alternativa para a organização tradicional de bancos de dados baseada na abordagem *cliente-servidor*.

Numa arquitetura cliente-servidor tradicional, a máquina cliente recebe comandos do usuário e executa aplicações, que requisitam dados pela rede de uma máquina servidora, tipicamente através de diretivas SQL. O processamento de consultas é realizado no servidor e os resultados enviados para a máquina cliente.

Com o grande aumento da capacidade computacional das estações de trabalho, a distinção entre os desempenhos dos ambientes cliente e servidor diminuiu bastante. Deste modo, é importante distribuir o processamento ao longo da rede, para aproveitar todo o potencial de uma rede de computadores.

Por esta razão, abordaremos nesta seção diferentes formas de implementação distribuída para SIGs, partindo da arquitetura em camadas da seção 7.3.

7.5.2 ARQUITETURAS ORIENTADAS A SERVIÇOS - INTRODUÇÃO

Numa arquitetura orientada a serviços, a hierarquia cliente-servidor tradicional é quebrada em três componentes: *clientes*, *provedores de serviços* e a *malha de interoperabilidade* (cf. Figura 7.5). A idéia é que os provedores de serviços são especializados em tarefas específicas, e que os diferentes componentes da arquitetura podem estar distribuídos em diferentes máquinas e até diferentes locais. Cada servidor tem apenas a informação necessária para sua operação, sem sobrecarga desnecessária. Os sistemas EOSDIS (Elkington et al., 1994) e METVIEW (Raoult et al., 1995) utilizam arquiteturas orientadas-a-serviços.

O coração desta arquitetura é um *malha de interoperabilidade* (“*request broker*”), responsável pela comunicação entre os clientes e os servidores e que

implementa um *modelo de objetos*, uma representação dos objetos que transcende os limites de um único aplicativo e uma única linguagem. Esta malha realiza vários tipos de operações:

- anúncio dos serviços disponíveis para os clientes.
- adequação entre o pedido dos usuários e os serviços disponíveis. Em muitos casos, uma solicitação do usuário pode envolver vários serviços disponíveis na rede.
- tradução e transferência de parâmetros e objetos entre máquinas, processos e espaços de endereçamento distintos.

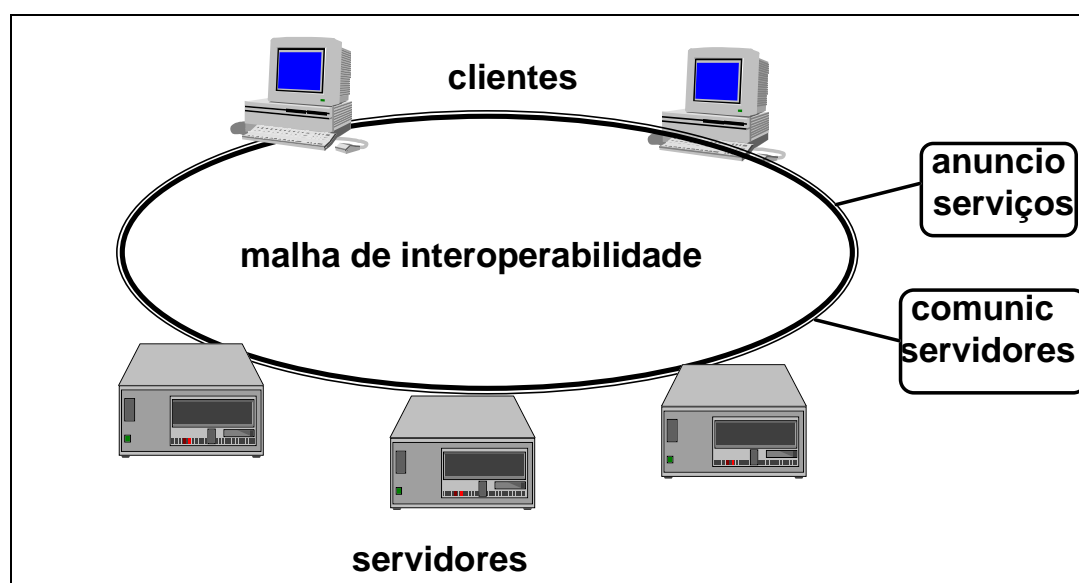


Figura 7.5 - Arquitetura orientada-a-serviços (adaptado de Elkington et al.,1994).

7.5.3 USO DE ARQUITETURAS ORIENTADA A SERVIÇOS PARA SIG

Os princípios de arquitetura orientada-a-serviços podem ser aplicados à arquitetura em camadas descrita na seção 7.3. Os critérios para divisão de serviços entre os clientes e os servidores no ambiente de SIG seguem alguns princípios gerais:

1. Cada servidor será especializado por tipo de representação associada aos objetos geográficos, não se considerando a possibilidade de fragmentar representações.
2. A divisão dos serviços deve levar em conta as enormes diferenças de comportamento e volume de dados entre os diferentes tipos de representação manipuladas por aplicações de Geoprocessamento.
3. Deve-se evitar o tráfego desnecessário de grandes massas de dados na rede. Por exemplo, se desejamos classificar uma imagem LANDSAT de 200 Mb e arquivar o resultado, o serviço de manipulação de imagens deverá estar fisicamente próximo ao serviço de armazenamento de imagens.

Seguindo os princípios acima, propomos a seguir uma possível implementação da arquitetura de referência num ambiente distribuído, seguindo o esquema tradicional de sistemas de gerência de bancos de dados distribuídos heterogêneos, com acoplamento fraco entre os nós (Sheth and Larson, 1990).

Propomos implementar o SAM, SAV e SAC como serviços independentes, especializados por tipo de objeto armazenado (matricial, vetorial ou convencional) em função das enormes diferenças de complexidade e volume entre as diferentes representações. Esta escolha é bastante conveniente quando o volume de dados é substancial. No caso extremo, cada servidor pode ser substituído por um conjunto de servidores, formando um *cluster*, ou ligados por uma rede local ou mesmo por uma rede de longo alcance.

Os servidores especializados (SAM, SAV e SAC) não conhecem a organização lógica do banco de dados geográfico e são responsáveis apenas por

serviços elementares de armazenamento e recuperação e pelos serviços locais de gerência de transações, controle de concorrência e controle de integridade.

Os serviços de acesso a representações geométricas (SAM e SAV) devem dispor de estruturas de dados de forma a garantir contigüidade física em memória secundária, condição essencial para se obter um bom desempenho no acesso a dados. Seu projeto deve ser transparente para o usuário, separando organização conceitual de organização física.

O SMR será então dividido em serviços de manipulação dedicados a cada tipo de representação (matricial e vetorial).

O serviço de otimização de consultas, e os serviços globais de gerência de transações, controle de concorrência e controle de integridade permanecem de responsabilidade do SMG, implementados (replicadamente) em cada cliente. Em particular, quando uma consulta é submetida a um cliente, a implementação local do SMG deverá estabelecer um plano ótimo de execução e coordenar a sua execução. Cada plano consistirá na execução de subconsultas que resultarão em acessos elementares a geometrias matriciais pelo SAM, geometrias vetoriais pelo SAV e atributos convencionais pelo SAC, repassados a cada um destes pela malha de interoperabilidade.

O subsistema de visualização (SV) será implementado por um serviço separado, em princípio no ambiente do cliente, embora do ponto de vista lógico nada impeça a criação de um servidor especializado em visualização.

Assim teremos os seguintes componentes na arquitetura distribuída:

- Um servidor de representações matriciais (imagens e grades), que implementa os serviços de armazenamento de matrizes (SAM) e de manipulação de matrizes (SMM).
- Um servidor de representações vetoriais (polígonos de geometrias complexas), que implementa os serviços de armazenamento de vetores (SAV) e de manipulação de vetores (SMV).

- Um servidor de atributos convencionais (SAC), que implementa os serviços típicos de um SGBD convencional.
- Um serviço de gerência e manipulação de objetos geográficos (SMG), responsável pelo controle de integridade, controle de concorrência e gerência de transações e pela montagem de planos de execução de consultas. Este serviço, por conveniência, será executado em conjunto com o interpretador de LEGAL.
- Serviços executados nos clientes, que incluem um interpretador de LEGAL um serviço de visualização, e uma interface com menus e mouse.

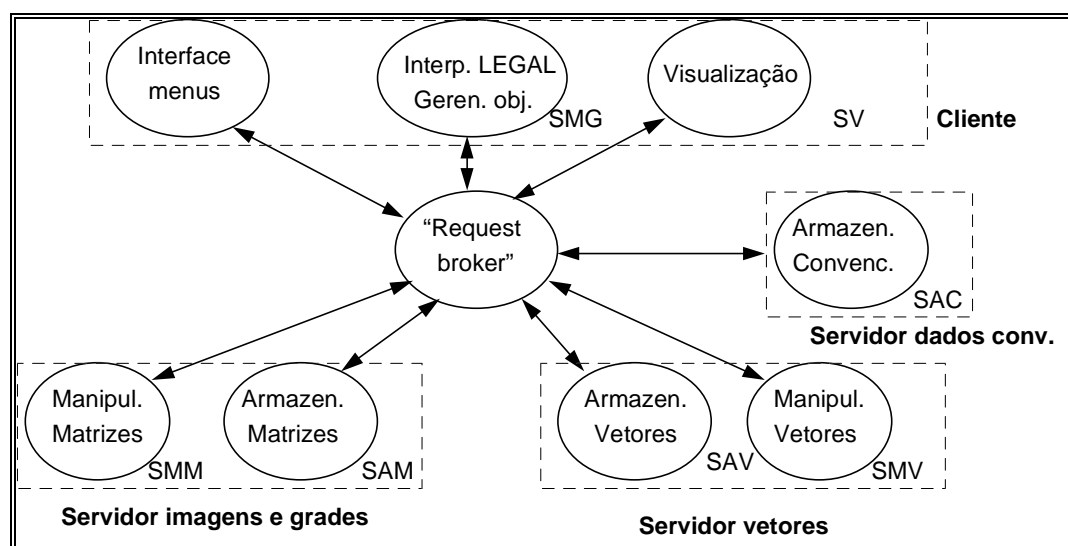


Figura 7.6 - Arquitetura multi-serviços para SIG.

A arquitetura proposta fornece um ambiente aonde cada serviço será executado pelo servidor mais conveniente. As vantagens deste tipo de arquitetura incluem dispor de um gerenciador especializado para cada tipo de aplicação, o que oferece a possibilidade de otimização global do acesso. Dependendo da implementação escolhida, esta arquitetura facilita ainda a ligação com um SGBD relacional convencional.

No próximo capítulo, trataremos da implementação da arquitetura multi-serviços apresentada nesta seção.