

## AMO - Álgebra de Mapas Orientada por Objetos

Ivan Lucena<sup>1,2</sup>

Gilberto Câmara<sup>1</sup>

Mário A. Nascimento<sup>2</sup>

1 - DPI/INPE, Av. dos Astronautas, 1758,  
São José dos Campos SP, Brasil 12227-001  
{ivan,gilberto}@dpi.inpe.br

2 - CNPTIA/EMBRAPA, Caixa Postal 6041,  
Campinas SP, Brasil 13083-970  
{ivan,mario}@cnptia.embrapa.br

**Resumo:** Diagramas de fluxo de dados são uma forma eficiente de representar e documentar modelos de análise espacial, mostrando os dados e a seqüência de transformações até atingir um objetivo. Neste trabalho apresentamos o Ambiente de Álgebra de Mapas Orientada por Objetos - AMO, uma interface que oferece ao usuário de Sistemas de Informações Geográficas um ambiente interativo e produtivo para o desenvolvimento de análise espacial através de Diagramas de Fluxo. Nossa contribuição é utilizar a abordagem orientada por objetos como forma de enriquecer semanticamente os elementos do diagramas a fim de torna-los mais compreensíveis aos usuários, melhorando a velocidade de aprendizado e aproximando o sistema aos conceitos do domínio do usuário.

**Abstract:** Data flow diagram is a efficient way to represent and document spatial analysis models, showing the data and the sequence of transformations involved. In this work we present the Object-Oriented Map Algebra Environment – AMO, a computer-user interface that offers to geographical information systems users a interactive and productive environment to develop spatial analysis by graphical Data Flow Diagrams. Your contribution is the use object-orientation to richer the semantic of diagram's elements in a way to became more comprehensible to the user, improving the learn velocity and approximating the system to user domain concepts.

### 1. Introdução

Uma das principais características de um sistema de informação geográfica (SIG) é a capacidade de produzir novos dados a partir de procedimentos de manipulação e combinação do conteúdo de um banco de dados espacial. Estas manipulações são definidas a partir de uma metodologia de análise espacial específica para o problema em estudo (p.ex. zoneamento agro-pedológico, equação de perda de solos).

Deste modo, um SIG deve ser capaz de oferecer ao usuário o suporte adequado para a realização de procedimentos de combinação de dados, comumente chamado de "Álgebra de Mapas" (Tomlin, 1990). Estes procedimentos normalmente estão disponíveis na forma de um conjunto de operadores que produz novos mapas a partir de mapas existentes. Um exemplo é o operador de *reclassificação*, que gera um novo mapa temático a partir da combinação de temas de um mapa já existente.

Este trabalho apresenta uma interface interativa para Álgebra de Mapas, que permite a geração de modelos de análise espacial para o sistema SPRING, desenvolvido pelo INPE em convênio com a EMBRAPA (SPRING, 1998). Este ambiente, é chamado de AMO (Álgebra de Mapas Orientada por Objetos).

O objetivo final é incorporar AMO aos sistema SPRING, e utiliza-lo como gerador de código em LEGAL (Linguagem Espacial Geográfica Baseada em Álgebra), (Cordeiro et al.,1996) para execução efetiva de Modelos de Análise Espacial.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve os requisitos do AMO; a seção 3 oferece uma visão geral do modelo conceitual de Geoprocessamento utilizado no sistema SPRING, e que serviu de base para este estudo. Na seção 4 são apresentadas as características de AMO. Na seção 5 serão apresentados os materiais e métodos empregados. Na 6 seção estão as conclusões.

## **2. Requisitos de Interface para Álgebra de Mapas**

A forma mais comum de uso dos operadores de álgebra de mapas nos diferentes sistemas de informação geográfica é através de linguagens de comando, como o LEGAL, utilizado no sistema SPRING ( et al.,1996) e o GRID, parte do ambiente ARC/INFO (ESRI, 1992). Num trabalho anterior (Lucena et al., 1997) fizemos uma análise das questões envolvidas no uso de linguagens de comando; o principal problemas reside na dificuldade para que usuário memorize um grande número de funções e saiba fazer a escolha dos comandos adequados para realizar os procedimentos desejados.

Como alternativa ao uso de linguagens de comando para Álgebra de Mapas, Bruns e Egenhofer (1996) e et al. (1997) analisam interfaces para Álgebra de Mapas, classificando-as em quatro categorias: "*Linhas de Comandos e Linguagem de Programação*", "*Menus e Formulários*", "*Diagrama de Fluxo*" e "*Diagrama de Pilhas*". Estes dois trabalhos apresentam as vantagens e desvantagens de cada categoria analisando exemplos de SIGs comerciais e protótipos acadêmicos.

Estas duas análises nos permitem formular uma lista de requisitos para interfaces para Álgebra de Mapas, que complementem o uso de linguagens de comandos:

- R-1 - Facilitar o aprendizado utilizando metáforas adequadas com o domínio da aplicação.
- R-2 - Facilitar a construção de comandos corretos;
- R-3 - Selecionar o operador certo para a aplicação, oferecendo recursos de busca e seleção tanto de dados como de operadores;
- R-4 - Expressar com facilidade o modelo de análise espacial em desenvolvimento;
- R-5 - Documentar o modelo de análise para seu uso posterior, difusão ou publicação dos resultados e da metodologia.
- R-6 - Ambiente dinâmico e interativo;
- R-7 - Reduzir complexidades, sejam elas sintática ou gráfica, a fim de aproximar-se do domínio do problema do usuário;
- R-8 - Permitir a personalização de aplicações de SIG.

Este trabalho pretende apresentar as características principais do ambiente AMO, relacionado-as com o conjunto de requisitos acima apresentado. Sua contribuição é a aplicação de OO como benefício adicional ao diagrama de fluxos convencionais utilizados em Álgebra de Mapas.

### **Paradigmas de Interface Utilizados**

O ambiente AMO é uma combinação de quatro paradigmas de interface:

- Diagramas de Fluxo de Dados – utilizados para representar o "encadeamento de procedimento" de análise.
- Manipulação Direta: Uso dos conceitos de "agarrar e puxar" (*drag-and-drop*) para permitir a seleção dos dados e operadores.
- Orientação-por-objetos : os ícones da interface são entendidos como instâncias da classe e utilizados para garantir a consistência semântica do e simplificar a construção do modelo.
- "Notebook" – uma interface com uma única janela, e o uso de "pages" (idéia da "pasta-arquivo") para reduzir o número de janelas, evitando ao máximo a sobreposição.

A aplicação destes paradigmas é apresentado mais detalhadamente a seguir, na seção 4.

### 3. Modelo Conceitual

O ambiente AMO utiliza o modelo conceitual do SPRING, que modela a realidade geográfica segundo duas visões complementares: os modelos de *campos* e de *objetos* (Worboys, 1995). O modelo de campos (*field model*) enxerga o espaço geográfico como uma superfície contínua, sobre a qual variam os fenômenos a serem observados segundo diferentes distribuições. Por exemplo, um mapa de vegetação descreve uma distribuição que associa a cada ponto do mapa, um tipo específico de cobertura vegetal.

O modelo de objetos (*object model*) representa o espaço geográfico como uma coleção de entidades distintas e identificáveis. Por exemplo, um cadastro espacial dos lotes de um município identifica cada lote como um dado individual, com atributos que o distinguem dos demais.

O modelo de dados do SPRING contempla estas duas noções, através das classes básico geo-campo e geo-objeto. A classe geo-campo pode ser especializada em geo-campo temático (cujos valores são tomados em um conjunto finito enumerável: os *temas* de um mapa) e geo-campo numérico (ou *modelos digitais de terreno*), cujos valores são tomados no conjunto de reais  $\mathbb{R}$ . A classe dado de sensor remoto representa uma especialização de geo-campo numérico, cujos valores correspondem a imagens de satélite ou fotos aéreas. As instâncias da classe geo-objeto correspondem a elementos identificáveis, que possuem atributos descritivos (usualmente armazenados num banco de dados convencional), e que podem ter várias representações geométricas. Para permitir a associação de representações multi-projeções e multi-temporais a um único geo-objeto, e armazenar as relações de topologia entre os geo-objetos representados num mesmo mapa, o SPRING define uma classe cadastral (também chamado de mapa cadastral). As instâncias desta classe definem um mapeamento de geo-objetos para uma determinada região geográfica e projeção cartográfica.

O SPRING utiliza ainda a noção de plano de informação como um conceito geral que denota todos os diferentes tipos de mapas (temático, numérico, cadastral). O nível conceitual do modelo de dados está mostrado na Figura 1.

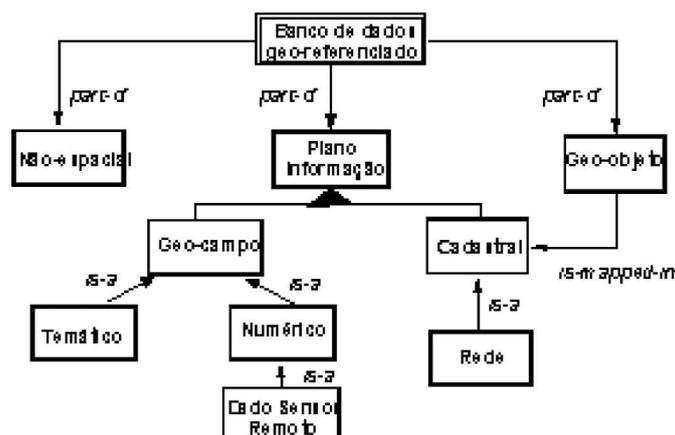


Figura 1- Modelo de Dados do SPRING (nível conceitual)

## 4. Apresentação de AMO

Em AMO adotamos o paradigma de *Diagrama de Fluxos* para representar o encadeamento de procedimentos necessário para realizar a metodologia de análise espacial requerida pelo usuário. O diagrama de fluxo é uma forma eficiente de se apresentar um modelo de análise mostrando os dados envolvidos e a sequência de transformação para atingir um objetivo. Esta opção está fortemente relacionada com os requisitos R-4 e R-5, discutidos na Seção 2. Adicionalmente, o ambiente AMO irá oferecer recursos específicos para a manutenção de diagramas extensos e complexos, atendendo ao requisito R-7.

A riqueza e complexidade do dados espaciais reside no fato de que existem muitas representações possíveis para cada tipo de dado, cada uma com características e comportamentos próprios. Podemos enxergar cada mapa como uma instância de uma classe de representação, p. ex.: mapa de solo como instância do tipo mapa temático. O que AMO propõe é que, como em orientação-por-objetos os comportamentos são mapeados em métodos de classe, os operadores de álgebra de mapas sejam elevados a categoria de métodos, pelo menos no contexto da interface, para facilitar a escolha de operadores, em conformidade com os requisitos R-3.

Mais especificamente, quando o usuário houver selecionado um dado na interface (p. ex., um mapa de declividade), somente as operações válidas para este tipo de dado estarão disponíveis. Por exemplo, o método *faite* é um método válido para o mapa de declividade, que é do tipo numérico. Escolhido este método, ele pode ser conectado com o dado e assim encadear um procedimento. A idéia é reduzir o risco de erros do usuário no momento da escolha dos operadores e da montagem do procedimento de análise e assim atender ao requisito R-2.

Em todo o ambiente de AMO dados e operadores são representados por ícones que tentam ser o mais representativos possíveis e podem ser configurados pelo usuário, atendendo aos requisitos R-1 e R-8, respectivamente. A interação do usuário com os elementos da interface está baseada no paradigma de interface de manipulação direta, ou seja, com o uso do mouse, os dados e operadores podem ser arrastados de uma região para outra conforme a intenção do operador. O objetivo é dar ao usuário sensação de controle sobre o sistema (Shneiderman, 1993) atendendo ao requisito R-6.

### 4.1 Janela Principal

Em sua janela principal, AMO apresenta duas regiões de desenho (Figura 2). A região da esquerda tem o nome de *Região de Seleção*, e a região da esquerda é chamada *Região de Edição*. A finalidade principal da *Região de Seleção* é permitir ao usuário a consulta hierárquica do seu dados no Banco de Dados Geográfico. A finalidade da *Região de Edição* é apresentar o diagrama de Álgebra de Mapas e permitir sua edição.

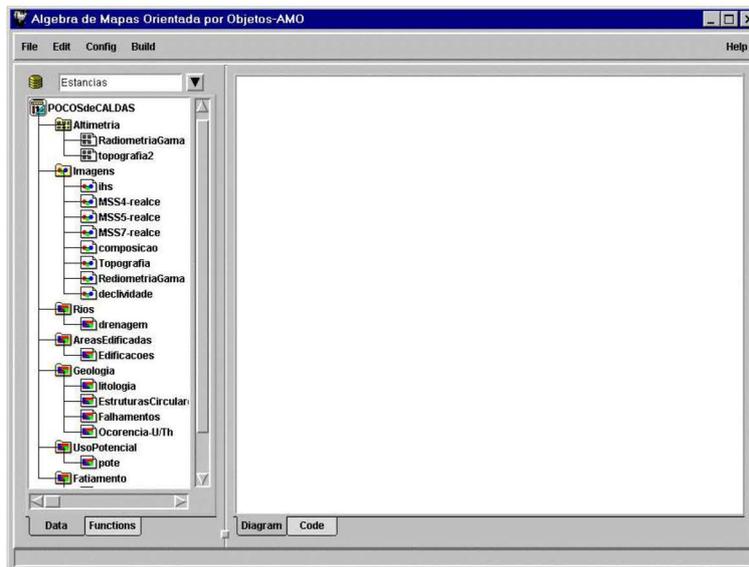


Figura 2 - Janela Principal do AMO

## Região de Seleção

A *Região de Seleção* possui duas páginas distintas. A primeira é semelhante a um gerenciador de arquivos, seu objetivo é permitir que o usuário percorra a hierarquia conceitual do seu banco de dados geográfico.

Neste exemplo, (Figura 1- a) que adota a hierarquia do modelo de dados do SPRING, o nível superior corresponde ao BANCO DE DADOS: "Estancias". No segundo nível está o nome do PROJETO: "POCOSdeCALDAS". No próximo nível estão as CATEGORIAS definidas pelo usuário como especializações do tipos básicos (Numérico, Temático e Imagem): "Altimetria", "Imagens" e "Rios" que são respectivamente do tipo Numérico, Temático e Imagem. As Categorias seguinte são todas do tipo Temático: "AreasEdificadas", "Geologia" e "Usopotencial". O último nível são os PLANOS DE INFORMAÇÃO, p. ex.: "RadiometriaGama" que são os mapas propriamente ditos.

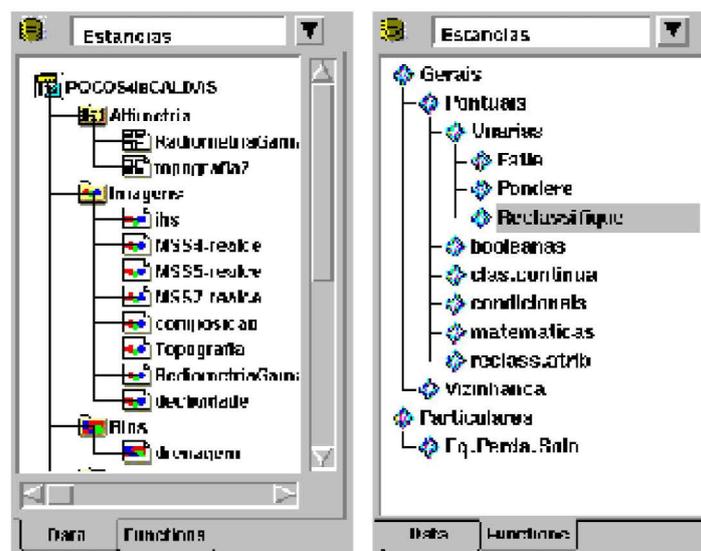


Figura 3 (a) Seleção de Dados (b) seleção de operadores

A segunda página da *Região de Seleção* (Figura 3 - b) oferece ao usuário uma visão organizada dos operadores. Os operadores "Gerais" são os originais do SIG, os operadores "Particulares" pertencem ao banco de dados "Estancias" e foram definidos pelo usuário.

## Região de Edição

A *Região de Edição* funciona como um editor de diagramas onde os ícones dos dados e dos operadores serão dispostos e conectados segundo a lógica de análise do usuário. Quando um PLANO DE INFORMAÇÃO é arrastado para a *Região de Edição* ele passa a ter um ícone próprio, composto de uma pequena amostra de sua imagem e seu (Figura 4). Em uma segunda página da *Região de Edição* pode ser visto o código gerado em linguagem LEGAL.

## Edição

Os dados e operadores são arrastados da *Região de Seleção* para a *Região de Edição*. Para estabelecer uma conexão selecionando-se um ícone de dado e em seguida um ícone de operador (ou vice-versa). Isto faz com que se estabeleça uma linha de fluxo de dados. Um clique-duplo no ícone de um operador faz com que uma janela de diálogo apresente os parâmetros do operador a serem preenchidos pelo usuário.

Quando um ícone de uma *Categoria* é arrastado da *Região de Seleção* para a *Região de Edição*, significa que será instanciado um novo PLANO DE INFORMAÇÃO e seu ícone irá fazer parte do diagrama possivelmente como saída de um operador.

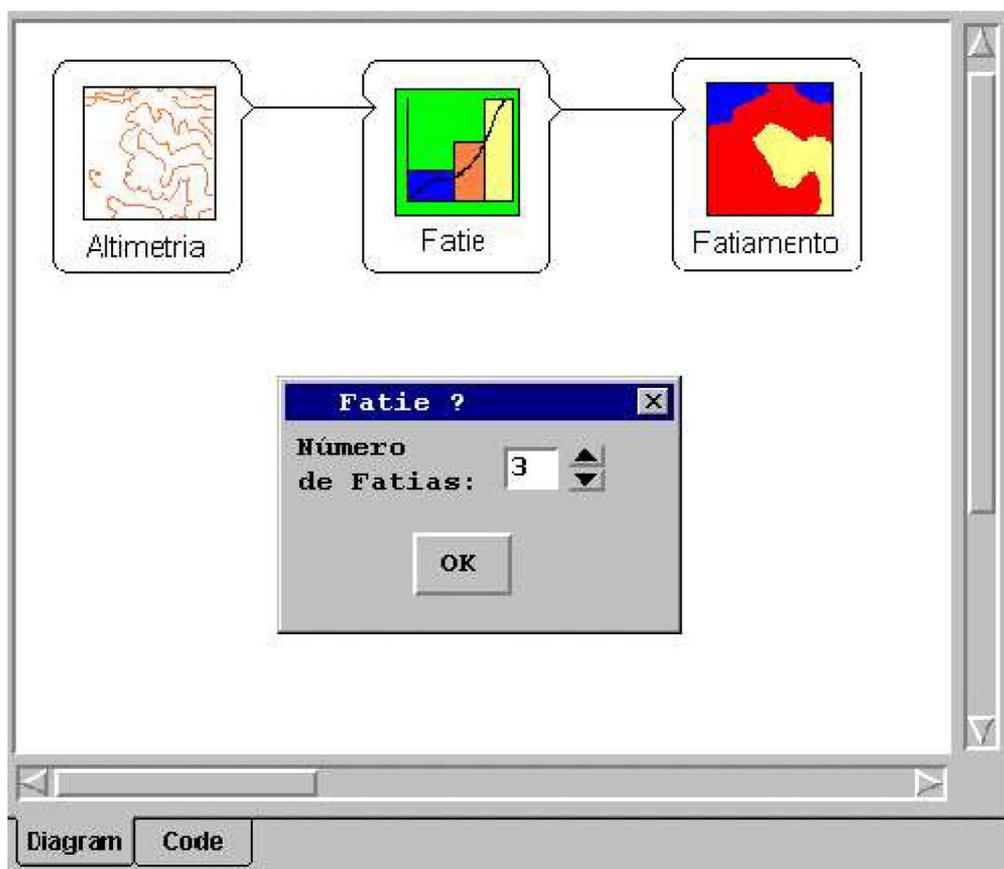


Figura 4 – Edição de Diagrama

## Salvando modelos como novos operadores

Um modelo de análise salvo fica armazenado na lista de operadores definidos pelo usuário (Item "Particulares" da Figura 3-b). Este artifício permite atender os requisitos R-7 já que modelos complexos podem ser divididos em modelos menores e serem carregados como um ícone no modelo principal. Atende também ao requisito R-8 por permitir que um usuário especialista possa definir seus próprios modelos como novos operadores do SIG, personalizando o sistema, podendo difundir a sua metodologia, p. ex., para equipes de trabalho operacionais (não-especialistas) de geoprocessamento.

## 5. Materiais e Métodos

Como sistemas de suporte ao desenvolvimento de interface gráficas, AMO utiliza o Tcl/Tk (Ousterhout 1994) originário da universidade de Berkley (E.U.A.). O Tcl/Tk foi escolhido devido a sua portabilidade (funciona em ambiente Windows, UNIX e Macintosh) pela sua alta produtividade em interfaces gráficas interativas, por ser facilmente configurável e por oferecer facilidade na integração de software. A extensão ao Tcl/Tk, [Incr Tcl] (MacLennan, 1996), é utilizada por oferecer suporte a programação orientada-a-objetos.

## 6. Conclusões

Seguindo a política de distribuição gratuita do SPRING na internet, AMO também está disponível no mesmo site do SPRING aguardando que seja efetivamente utilizado pela comunidade de usuário deste SIG como uma alternativa para o desenvolvimento de análise espacial em linguagem LEGAL. Devido as facilidades de configuração e integração com outros software é realista dizer que AMO possa ser facilmente aplicado em outros SIG o que ampliaria a sua contribuição.

## Referências Bibliográficas

- Tomlin, C. D. Geographic Information Systems and Cartographic Modeling. Englewood Cliff, NJ, Prentice-Hall. 1990.
- SPRING, Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas, INPE/DPI, MCT, <http://www.inpe.br/~spring>, 1998.
- Cordeiro, J. Amaral, S., Câmara, G. Álgebra de Geo-Campos e suas Aplicações, IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador 1996.
- ESRI, GRID User's Guide. Redlands, CA, Environmental Systems Research Institute, Inc. 1992.
- Lucena, I., Câmara, G., Nascimento, M. Interfaces Usuário-Computador para Álgebra de Mapas, GIS Brasil 1997.
- Bruns, T. e Egenhofer, M., Web-Top Interfaces for GIS Map Algebra. (<http://www.cs.umd.edu/projects/hcil/People/tbruns/gisjournal/webalgebra.htm>). fev 1996.
- Worboys, Michael F., GIS A Computing Perspective, Taylor & Frances, USA, 1995.
- Shneiderman, B. Designing the User Interface, Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Addison Wesley. 1993.
- Ousterhout, J. k., Tcl and the Tk Toolkit, Adison Wesley professional Computing Series. 1994.
- MacLennan, M. Object-Oriented Programing with [incr Tcl], Bell Labs Innovations for Lucent Technologies, 1994.

[Voltar](#)