

Introdução ao Geoprocessamento:

Aula 14 - Inferência Geográfica

Cláudio Barbosa
claudio@dpi.inpe.br

Aula 14 - Álgebra de Mapas

Aula 15 - Linguagem LEGAL

Aula 16 - Classificação contínua

Processo Analítico Hierárquico

Inferência Bayesiana

O problema



- Colocar informação antiga num novo contexto
- Produzir novas informações ao combinar dados de diferentes fontes

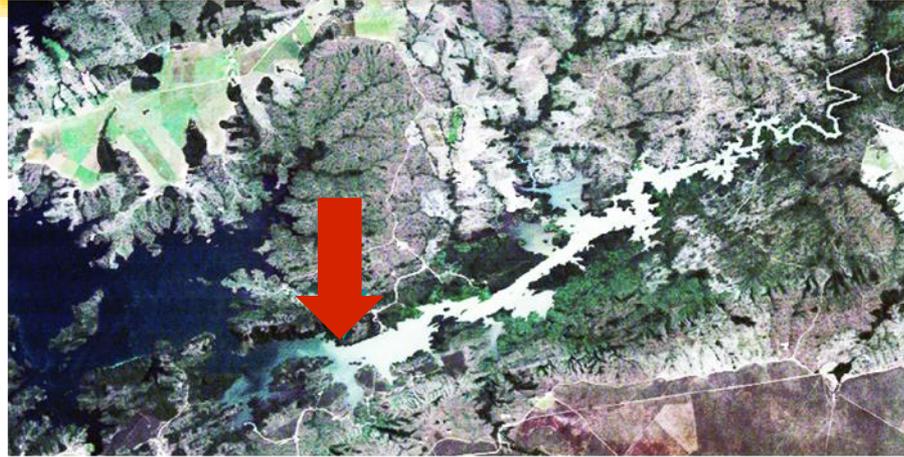
Ferramentas de geoprocessamento

→ Principal atributo

Exemplo



Exemplo ressuspensão



Inferência Geográfica: Combinando dados espaciais

■ Expressar o problema em termos espaciais

- Propor local para uma nova usina de lixo
- Delimitar uma área de proteção ambiental
- Estabelecer quais regiões são favoráveis a uma certa cultura
- Localizar um novo supermercado em uma determinada cidade
- Estimar a distribuição do dengue em São Paulo

→ **Restrições e condições (Variáveis)**

■ Coletar informação relevante

- Organizar num banco de dados geográfico

→ **Escala de medidas**



■ Procedimento de inferência geográfica

- Dados A,B,C (dados de entrada)...estime D (regiões que satisfazem a um critério)

Exemplo

Secretaria de Meio-Ambiente, está procurando selecionar locais para instalar um depósito de lixo nocivo a saúde (hospitalar e químico). Especialistas elaboram uma série de critérios para *excluir* áreas que não tem condições de abrigar o depósito de lixo. As **regras de exclusão** são:

Declividade maior que 15% em mais de 70% da área;

- 50% área tem solos com mais de 35% de argila;
- Áreas a menos de 300m do leito dos rios;
- Distância menor que 25km das estradas de grande tráfego;
- Manter distância menor que 50 km de áreas de preservação ambiental (APAs) ou parques.

Tipos de Inferência Geográfica

- Resultado só depende de um dado de entrada
 1. Declividade (depende apenas da altimetria)
 - Transforma altimetria em declividade
 - (Procedimento determinístico)
 2. Teor de argila (depende apenas dos perfis de solo)
 - Transformação dos perfis em teor de argila
 - Procedimento geoestatístico
 - O que se assume nas interpolações?

Tipos de Inferência Geográfica

- Resultado depende de vários dados de entrada
 - Ex. depósito de lixo

- Regras de combinação dos dados de entrada
 - Regras são lógicas (E,OU,NÃO) ou matemáticas (SOMA, MEDIA)
 - Álgebra de Mapas (operadores)
 - Linguagem que expressa tais regras (SQL, LEGAL)
 - Procedimento determinístico multivariado

Exemplo

Obtenção de um mapa de áreas vulneráveis a erosão, a partir dos seguintes dados de entrada:

- Mapa de uso atual do solo (obtido por interpretação de imagens).
 - Mapa de Declividade.
- **Procedimento 1:** Realizamos uma intersecção (overlay) entre os dados, a partir de um procedimento de análise booleana (lógica), onde, a cada combinação de classes de entrada, indicamos a classe de saída.
- **Procedimento 2:** Cada mapa temático é transformado num modelo numérico de terreno, e os mapas resultantes são combinados a partir de uma média ponderada. O resultado final será fatiado para produzir um mapa temático final.

Procedimentos

□ Procedimento 1: Booleano

- **SE** o uso é "Residencial" **E** a declividade é maior que 15%, **ENTÃO** trata-se uma área de risco.
- **SE** o uso é "Sem_vegetação" **E** a declividade é maior que 5%, **ENTÃO** trata-se de uma área de "Médio Risco".
- **SE** o uso é "Vegetação" **OU** o uso é "Residencial", **ENTÃO** trata-se de uma área de "Baixo_Risco"

□ Procedimento 2: Média ponderada

$$\text{Risco}[0..1] = 0.25 * \text{USO}[0..1] + 0.75 * \text{DECLIVIDADE}[0..1]$$

- Risco (Temático) = Separar RISCO[0..1] em classes de risco

Resumindo: **Inferência**

Inferência: ferramentas necessárias

□ Modelagem;



□ Operações sobre dados espaciais

- Álgebras de mapas : **booleana**, **classificação continua (fuzzy)**, **estatísticas** (geoestatística e bayseana)

□ Abordagens distintas

- Combinações de dados e operações;

□ Avaliação de critérios

- Suporte a decisão

Classes de modelos

- Prescritivo: Usado em processos de seleção. → aplicação de um conjunto de critérios, construídos a partir de uma mistura fatores científicos, econômicos e sociais. **Para sugerir/indicar**
Ex: Local de uma nova usina de lixo.
- Preditivo: Identificação de potenciais. → combinação de pesos e múltiplas fontes de evidências construídas a partir de dados coletados e conhecimentos científicos sobre os processos.
Ex: predição do potencial mineral.

Modelos e Tipos

Modelos (combinação de um conjunto de dados)

$$\text{Saída} = f(\text{dados de entrada})$$

A função f expressa relacionamentos com base em conhecimentos teóricos ou empíricos ou na combinação de ambos.

Teóricos: baseiam-se em princípios físicos/químicos, ou seja, em equações que expressam esses princípios (**T. radiativa**)

Ex: modelo de circulação de águas de um lago (profundidade, declividade, fluxos de entrada e saída, etc)

Semi-empíricos: baseiam-se em equações teóricas, mas os termos das equações são estimados por métodos empíricos (regressão).

Ex: Transporte de sedimentos (equações de transporte, declividade e estabilidade)

Modelos -cont.

Empíricos: Quando princípios físicos/químicos que ditam os processos, são complexos demais para serem expressos somente por equações matemáticas teóricas. (formação de um depósito mineral)

Demanda a existência de dados ou conhecimento suficientes para estimar a contribuição dos atributos no processo de modelagem.

Ex: *predição do potencial mineral*

□ Outra classificação

- Baseados em *conhecimento*

Opinião de especialistas

(*lógicas Booleana, Fuzzy e métodos Bayesianos*)

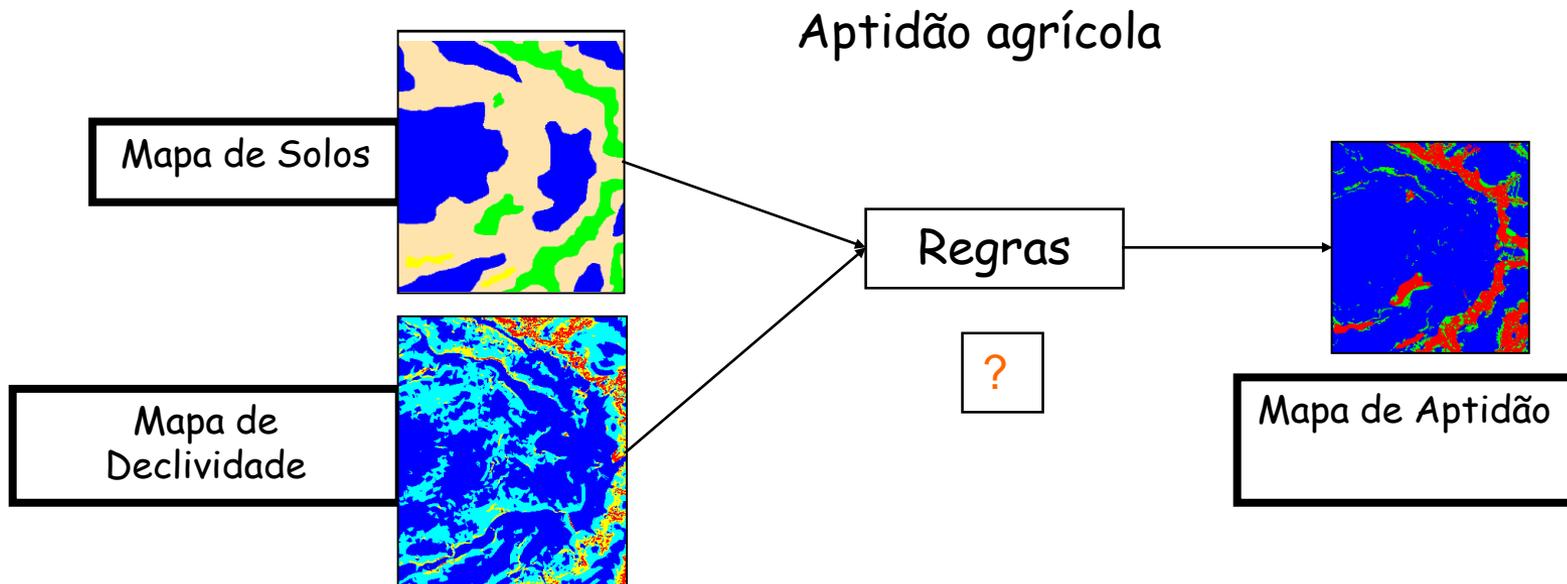
- Baseados em *dados observados* ("empíricos")

Critério (relacionamentos) estatístico

(*Regressões, pesos de evidências e métodos Bayesianos*)

Procedimento: Abordagem booleana

- Dispõe de informações de entrada e de uma metodologia a fim de encontrar zonas que satisfazem um conjunto de critérios
- Se os critérios são regras determinísticas:
 - ✓ Método : operações booleanas sobre os dados
 - ✓ Resultado: mapa de maior potencialidade em áreas com maior número de interseção de evidências



Procedimento: Abordagem Bayesiana

- Principal conceito: **Probabilidade a priori e a posteriori**

Ocorrência de chuva no dia seguinte dado média 80 dias de chuva por ano

- probabilidade a priori : $P(\text{chuva}) = 80/365$

Refinamento: dada uma certa época do ano

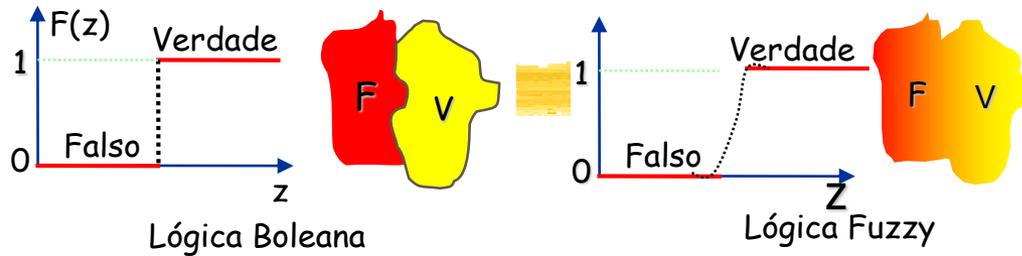
- a posteriori : Fator época do ano (Fépoca do ano)

➤ $P(\text{chuva} | \text{época do ano}) = P(\text{chuva}) * (\text{Fépoca do ano})$

- Outras evidências: choveu ontem, choveu hoje

- $P(\text{chuva} | \text{evidência}) = \underline{P(\text{chuva})} * (F_{\text{época do ano}}) * F_{\text{dia anterior}} * F_{\text{dia hoje}}$

Procedimento: Abordagem Classificação contínua



- ❑ Análise tradicional: Áreas com declividade de 9,9% serão classificadas diferentemente de áreas com inclinação de 10,1%, não importando as demais condições
- ❑ Classificação contínua: Ao invés de rígidos, obtém-se uma superfície de decisão contínua.
- ❑ Os dados são transformados para o espaço de referência $[0,1]$ e processados por combinação numérica, através de média ponderada ou inferência "fuzzy"
- ❑ Isto permite construir cenários (por exemplo, risco de 10%, 20% ou 40%), que indicam os diferentes compromissos de tomada de decisão => maior flexibilidade e um entendimento muito maior sobre os problemas espaciais

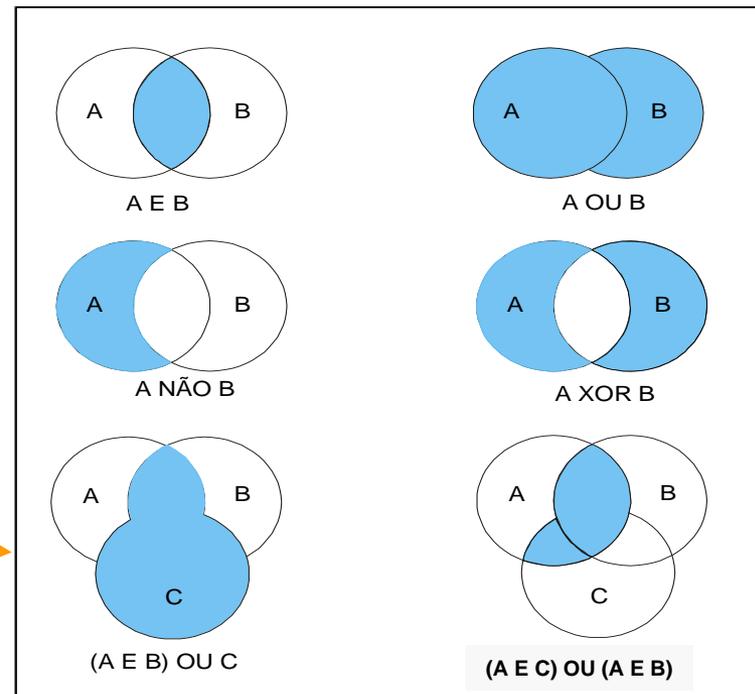
Abordagens



- **Lógica Booleana**
- **Lógica Fuzzy**
- **Média Ponderada**

Abordagem Booleana

- Combinação lógica de mapas binários através de operadores condicionais
- Resultado satisfaz ou não à condição, não há talvez
- Operadores E (AND), OU (OR), Ou EXCLUSIVO (XOR) e NÃO (NOT)
- Resultado de operadores lógicos pode ser visto através do diagrama de Venn



Expressões Booleanas

- Sequência de operações sobre operandos que podem assumir um entre dois valores possíveis: Verdadeiro (V) e Falso (F)

- Operadores relacionais:
 - ✓ > (maior) Ex. $1 > 2 = F$ e $12 > 10 = V$
 - ✓ < (menor) Ex. $1 < 2 = V$ e $12 < 10 = F$
 - ✓ >= (maior ou igual) Ex. $2 > 2 = F$ e $2 >= 2 = V$
 - ✓ <= (menor or igual) Ex. $2 < 2 = F$ e $2 <= 2 = V$

 - ✓ == (igual) Ex. $A == A = \underline{V}$ e $A == B = \underline{F}$
 - ✓ != (diferente) Ex. $1 != 2 = \underline{V}$ e $1 != 1 = \underline{F}$

- Operadores lógicos booleanos
 - ✓ NOT
 - ✓ AND
 - ✓ OR XOR

Expressões booleanas

□ Tabela Verdade da operação NOT

✓ $\text{NOT } \underline{V} = \underline{F}$

✓ $\text{NOT } \underline{F} = \underline{V}$

□ Tabela Verdade da operação AND

✓ $\underline{V} \text{ AND } \underline{V} = \underline{V}$

✓ $\underline{V} \text{ AND } \underline{F} = \underline{F}$

✓ $\underline{F} \text{ AND } \underline{V} = \underline{F}$

✓ $\underline{F} \text{ AND } \underline{F} = \underline{F}$

□ Tabela Verdade da operação OR

✓ $\underline{V} \text{ OR } \underline{V} = \underline{V}$

✓ $\underline{V} \text{ OR } \underline{F} = \underline{V}$

✓ $\underline{F} \text{ OR } \underline{V} = \underline{V}$

✓ $\underline{F} \text{ OR } \underline{F} = \underline{F}$

□ Tabela Verdade da operação XOR

✓ $\underline{V} \text{ OR } \underline{V} = \underline{F}$

✓ $\underline{V} \text{ OR } \underline{F} = \underline{V}$

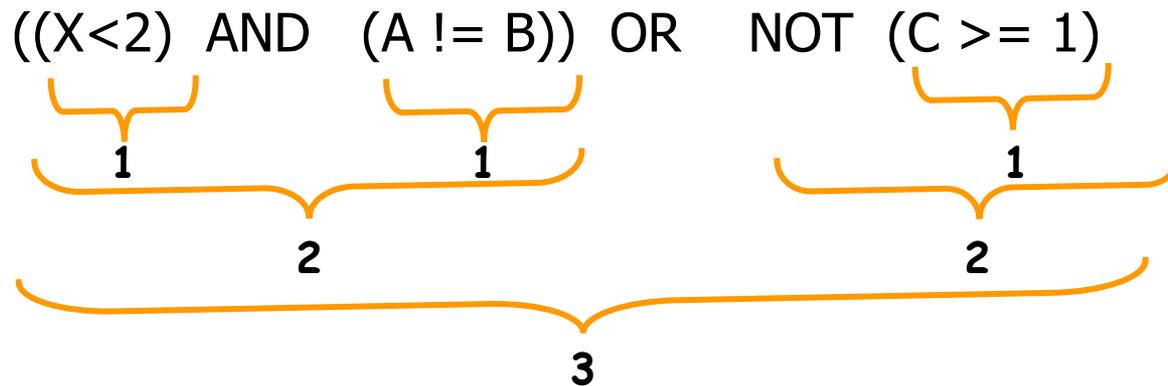
✓ $\underline{F} \text{ OR } \underline{V} = \underline{V}$

✓ $\underline{F} \text{ OR } \underline{F} = \underline{F}$

Expressões Booleanas

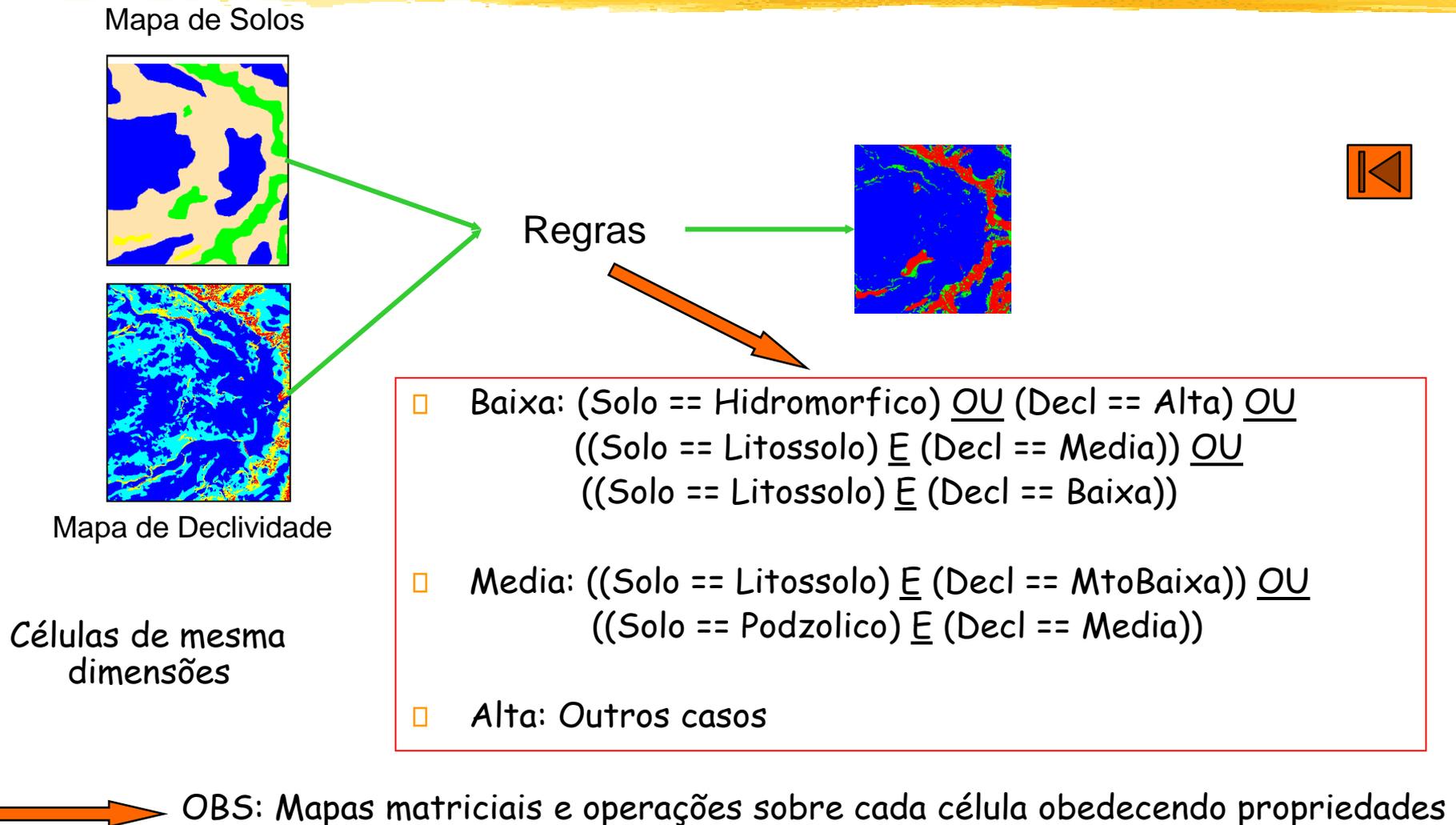
- Combinções dos operadores relacionais e booleanas, respeitando a precedência de operações

$((X < 2) \text{ AND } (A \neq B)) \text{ OR NOT}(C \geq 1)$



- Primeiro resolve parênteses
- Operador unário
- Esquerda para direita

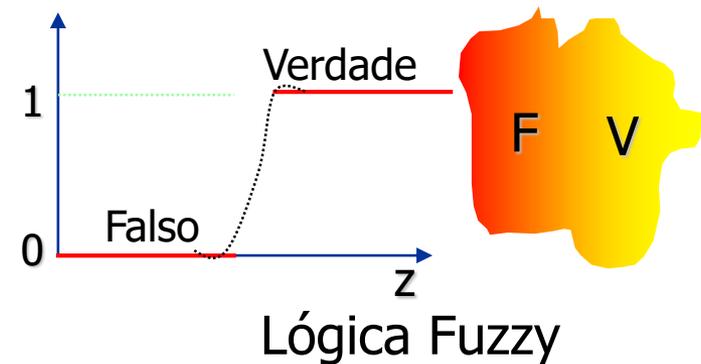
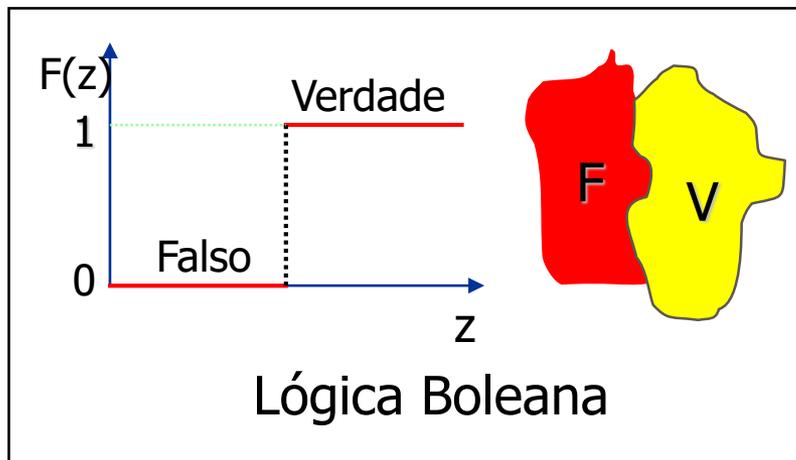
Inferência Booleana (voltando ao Ex.)



Abordagem Fuzzy:

Classificação contínua

- ❑ Lógica Fuzzy: Introduzida por Lofti Zadeh (1960s), como um meio de modelar incertezas da linguagem natural
- ❑ Fuzzy Logic" é uma extensão da lógica Booleana, que tem sido estendida para manipular o conceito de "verdade parcial", isto é, valores compreendidos entre "completamente verdadeiro" e "completamente falso".

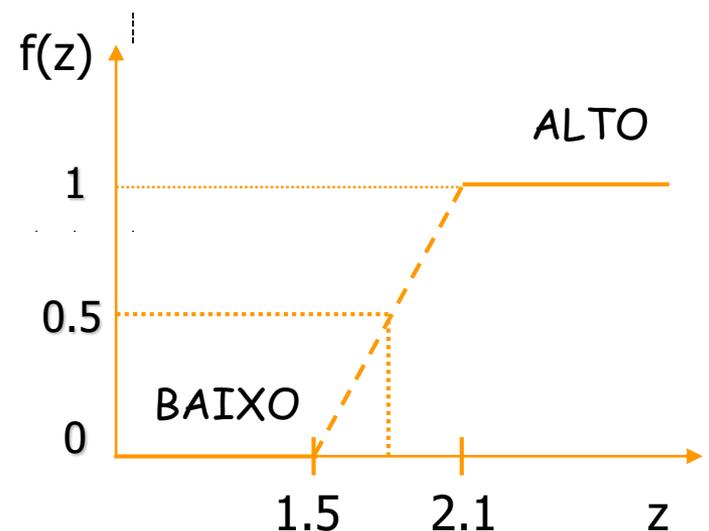


Conjuntos Fuzzy

- ✓ Exemplo: Altura de Pessoas
 - ✓ S um conjunto fuzzy ALTO, que responderá a pergunta:
 - ✓ " a que grau uma pessoa "z" é alta?
 - ✓ $Z : S = (z, f(z))$ especialistas

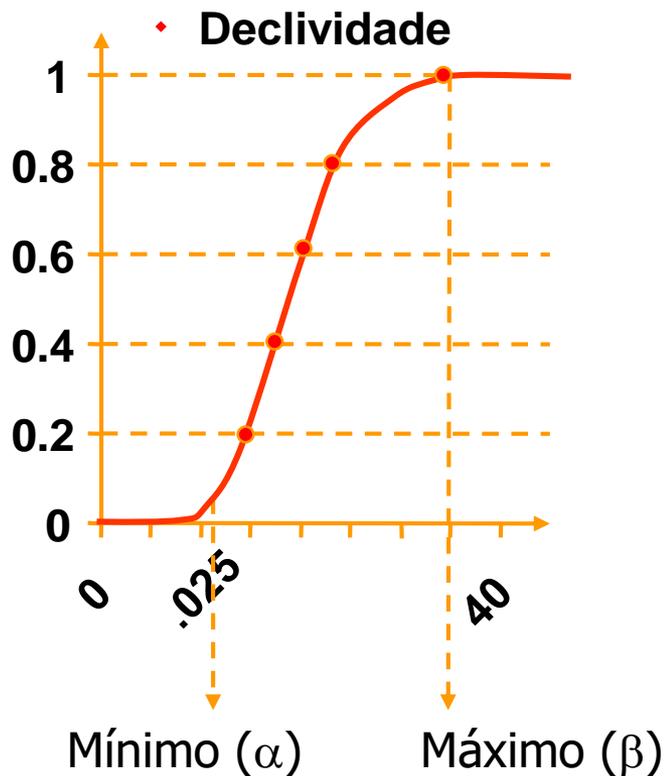
$$f(z) = \begin{cases} 0, & \text{se } z \leq 1.5 \\ (z - 1.5) / 0.6 & \text{se } 1.5 < z < 2.1 \\ 1, & \text{se } z \geq 2.1 \end{cases}$$

- Exemplo: "João é 0.38 ALTO"



Conjuntos Fuzzy

□ Outro exemplo - Declividade



$$f(z) = 0 \quad \text{se } z \leq \alpha$$

$$f(z) = 1/[1 + \alpha(z - \beta)^2] \quad \text{se } \alpha < z < \beta$$

$$f(z) = 1 \quad \text{se } z \geq \beta$$

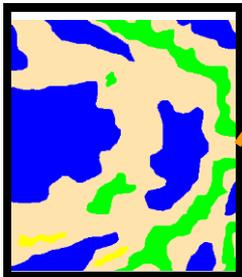
$$f(z) = 0 \quad \text{se } z \leq 0.025$$

$$f(z) = 1/[1 + 0.025(z - 40)^2] \quad \text{se } \alpha < z < 40$$

$$f(z) = 1, \quad \text{se } z \geq 40$$

Abordagem Média Ponderada

Mapa de Solos

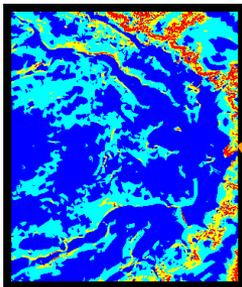


Latossolo: 0.7
Podzolico: 0.5
Litossolo: 0.3
Hidromorfico: 0.1

Regras

$$\text{Aptidão} = 0.4 * \text{Declividade} + 0.6 * \text{Solo}$$

Mapa de Declividade



Declividade:
[0...1]

1130.4	1096.2	1077.9	1062.0	1041.7	1008.9	1000.0
+	+	+	+	+	+	+
1137.6	1129.5	1113.1	1097.7	1065.1	1035.0	1012.5
+	+	+	+	+	+	+
1158.2	1156.1	1124.9	1096.7	1054.4	1030.1	1000.0
+	+	+	+	+	+	+
1158.4	1141.7	1127.4	1105.6	1073.2	1048.5	1030.9
+	+	+	+	+	+	+
1124.0	1117.1	1120.0	1095.2	1067.7	1051.2	1044.4
+	+	+	+	+	+	+
1087.7	1100.7	1094.4	1079.6	1044.8	1037.1	1027.1
+	+	+	+	+	+	+
1078.7	1071.9	1058.8	1027.2	1000.0	1000.0	1000.0
+	+	+	+	+	+	+

Abordagem Média Ponderada



- ✓ Mais utilizada para análise espacial
- ✓ Cada evidência (mapa) tem um peso diferente, dependendo da importância para a hipótese considerada
- ✓ Cada classe dentro dos mapas de evidência também tem um peso diferente
- ✓ Resultado: mapa do grau de importância relativa, com valores numéricos de saída
- ✓ Atribuição dos pesos é fundamental
- ✓ Desvantagem : caráter linear de adição das evidências

Modelo de Dados em SIG

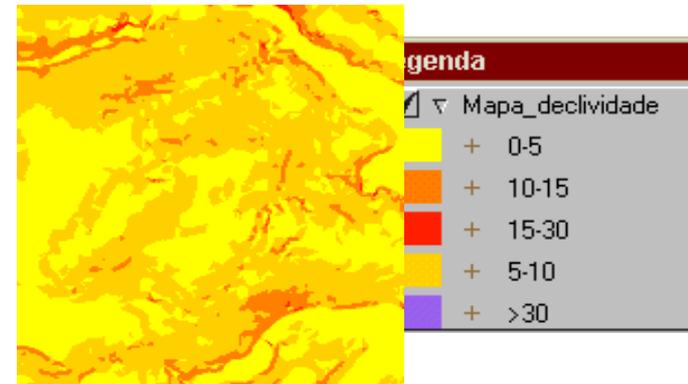


Para que estas manipulações sejam realizadas e sejam consistentes, é necessário que os dados estejam representados e organizados em uma base de dados consistente e de fácil recuperação.

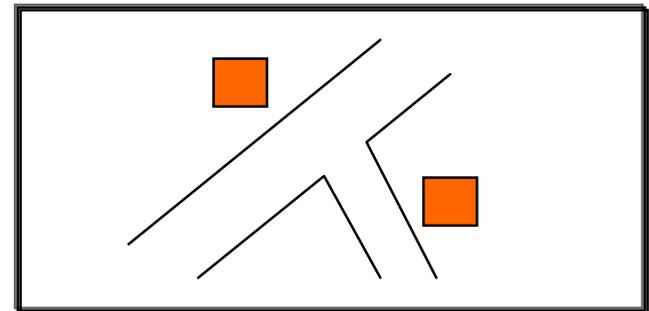
Além disto é necessário definir operações formais (uma álgebra)

Modelo de Dados Geográficos

- ✓ **Campos** (variáveis contínuas)
 - ✓ "distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica."
 - ✓ topografia, poluição num lago, desmatamento na Amazônia (**única variável**)

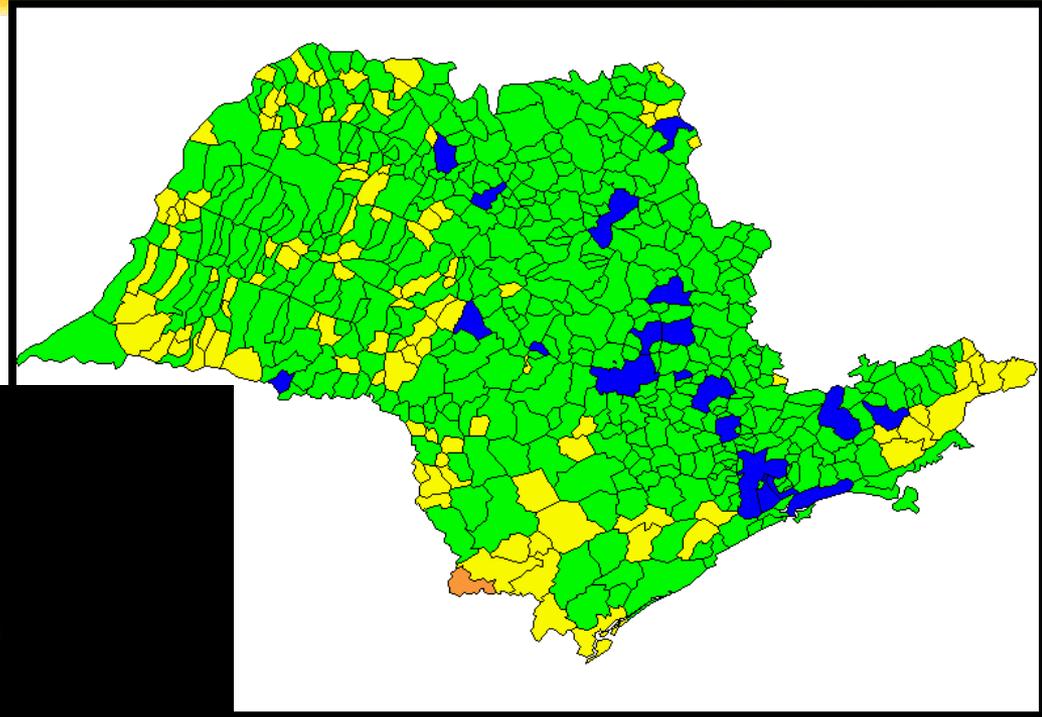


- ✓ **Objetos** (entidades individuais)
 - ✓ "elemento único cuja localização pretende ser exata e possui **atributos** característicos."
 - ✓ lotes, municípios, linhas de transmissão

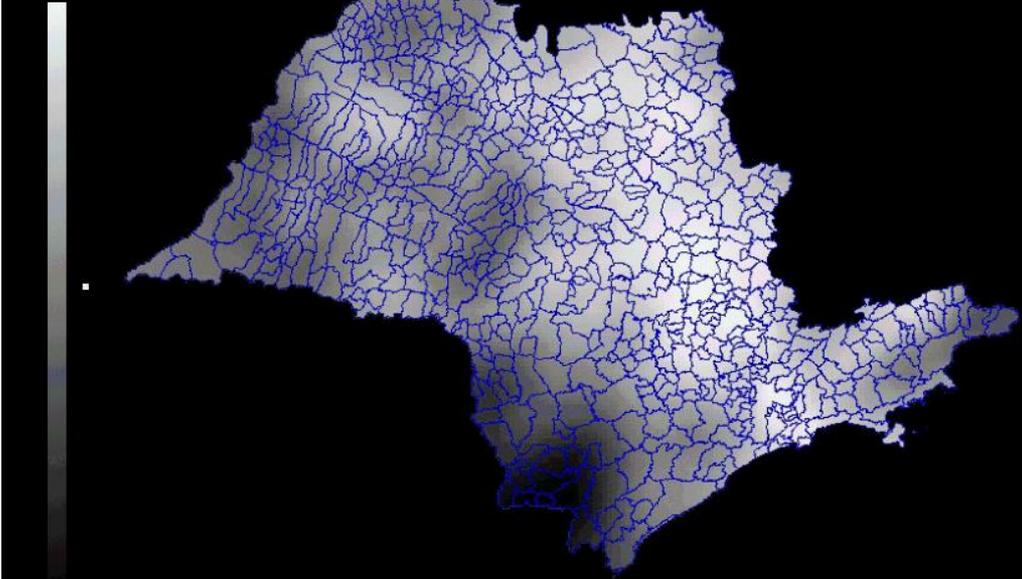


Percepções do Espaço

Conjunto de objetos



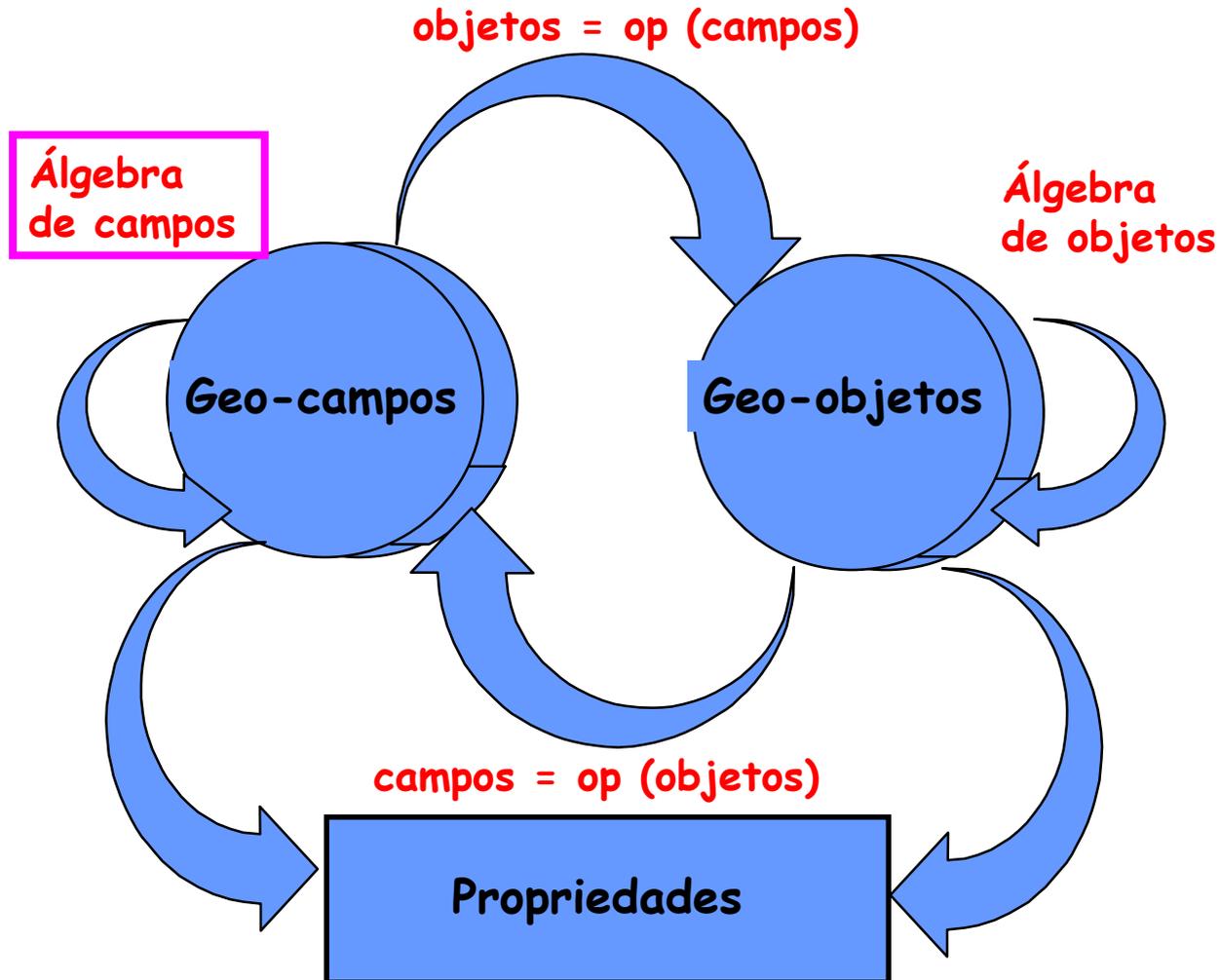
IDH = 1



IDH = 0

Distribuição contínua

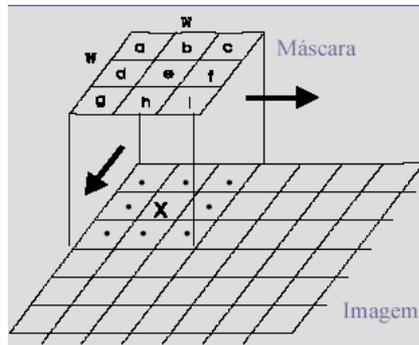
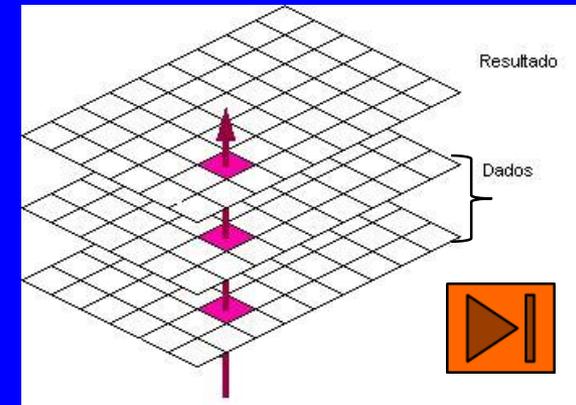
Álgebra geográfica



Álgebra de geo-campos

□ Pontuais

- Referem-se a um ponto.
 - Independente da vizinhança
- Operações complexas feitas por encadeamento
 - Sobreposição de mapas

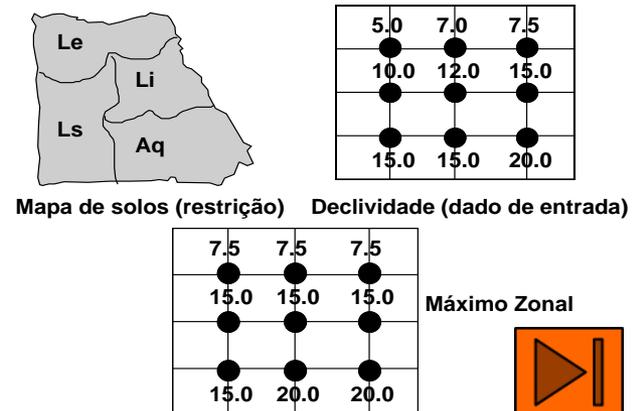


□ Locais ou de vizinhança

- valor do ponto é função de uma vizinhança específica
- filtragem em imagens, declividade em MNT

□ Zonais

- Função de uma zona delimitada por outro mapa
- Declividade máxima de cada tipo de solo



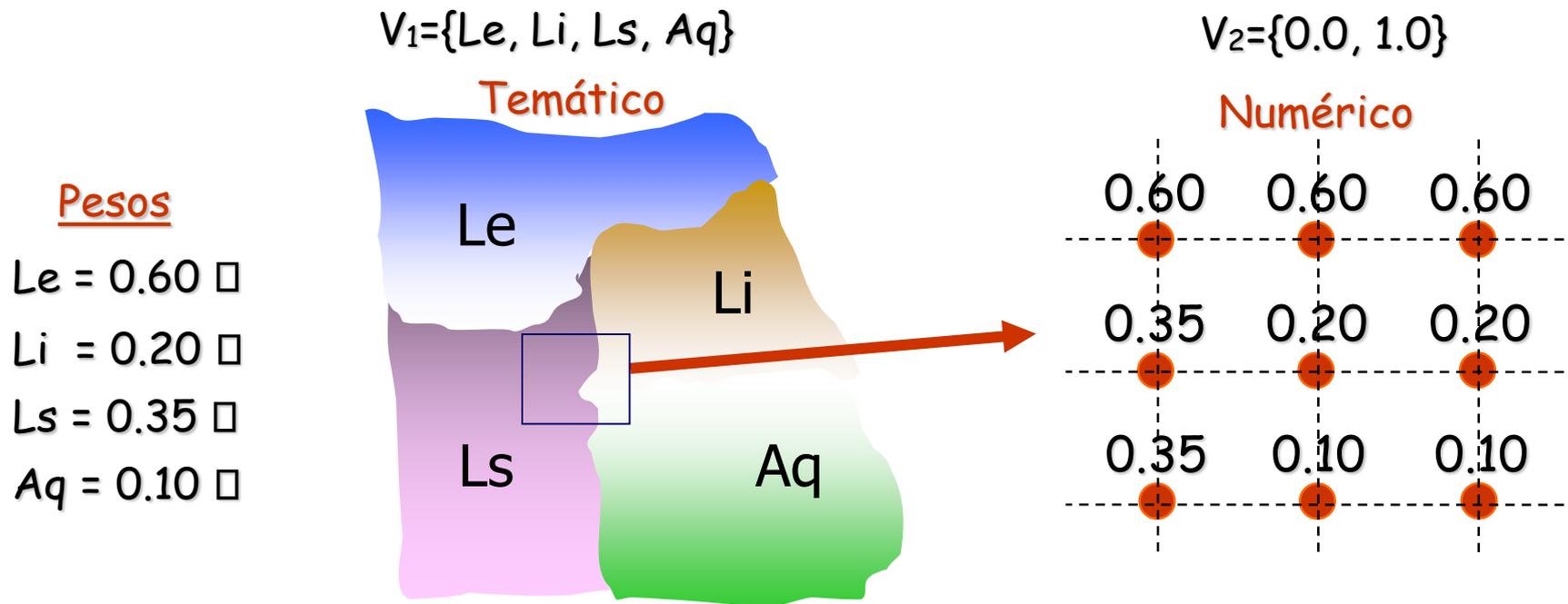
Operações sobre Geo-campos: PONTUAIS

- ✓ Unárias ou de Transformação:
 - ✓ Entrada é um único geo-campo, equivale a um mapeamento entre os geo-campos de entrada e saída. (**usada para preparação dos dados, antes da análise**)
- ✓ Booleanas:
 - ✓ são utilizadas em análise espacial qualitativa e geram um TEMÁTICO a partir de regras aplicadas a geo-campos.
- ✓ Matemáticas:
 - ✓ Funções aritméticas, logarítmicas e trigonométricas, aplicadas aos modelos Numérico e Imagem.
- ✓ Exemplos
 - ✓ reclassificação, fatiamento, classificação
 - ✓ operações booleanas e aritméticas

Operação pontual sobre geo-campo: **Ponderação**

Unária ou de Transformação

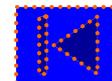
Transforma de temático para numérico: reflete a importância relativa de cada tema em uma determinada análise numérica



1



→ 2 Representações
Matriz e vetor

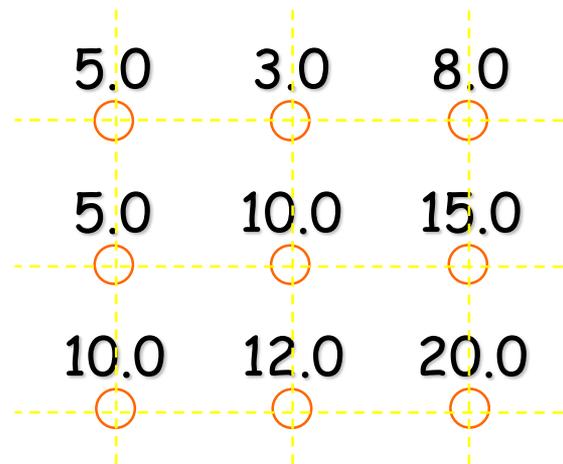


→ 1 Representações
Grade pontos

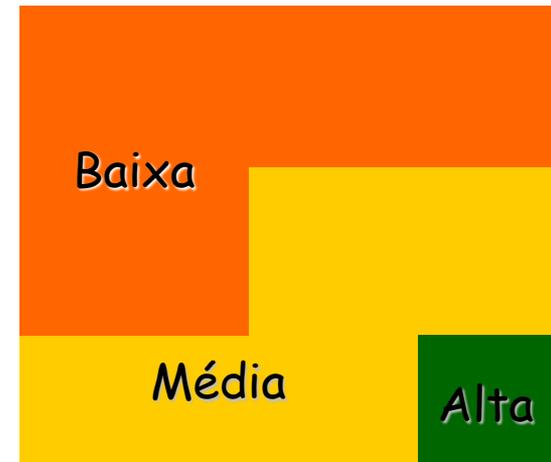
Operação pontual sobre geo-campo : **Fatiamento**

Unária ou de Transformação

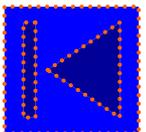
Classes de declividade:- Baixa: 0 - 9% Média: 10 - 19% Alta: $\geq 20\%$



Numérico



Temático

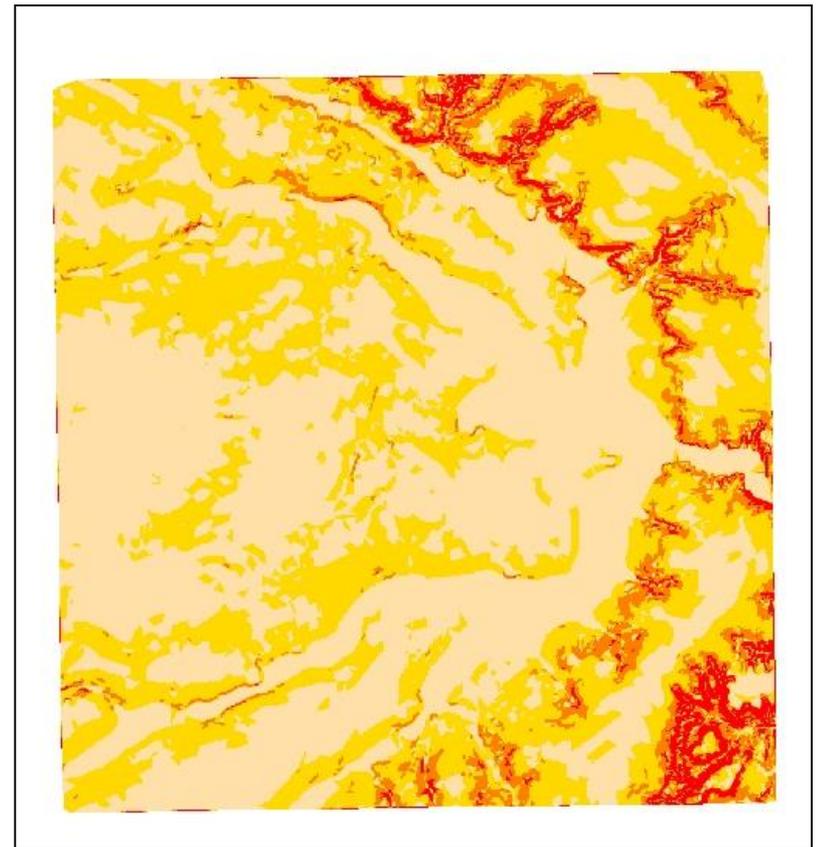


Exemplo: Fatiamento de grade declividade

Grade de declividade

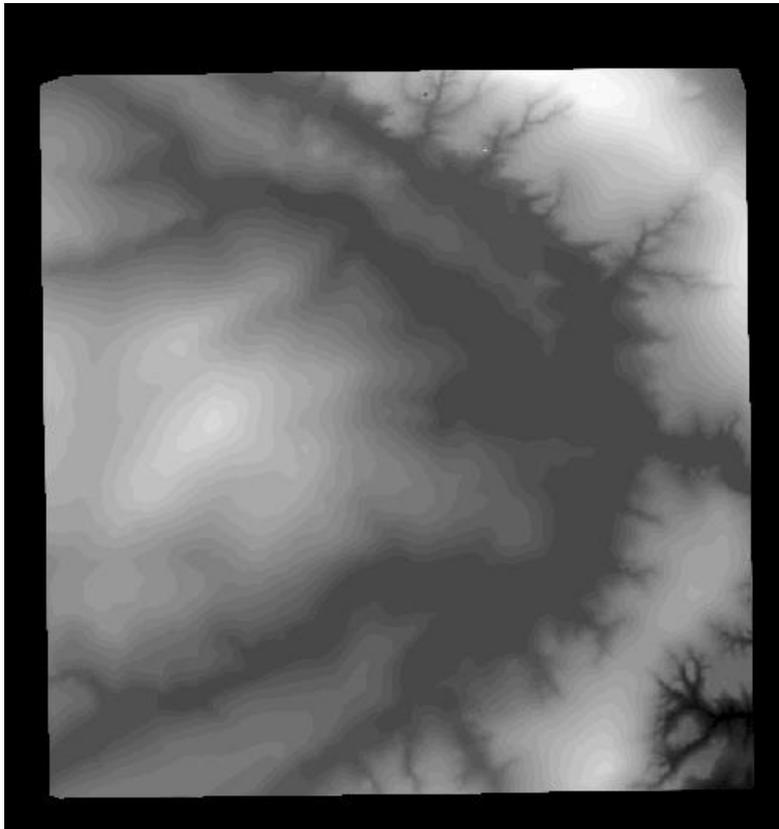
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.776	2.211	2.717	2.147	4.004	2.457	5.100	5.984	3.245	2.662	2.435	4.751
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.832	3.563	0,0	0,0	3.133	2.678	0,0	2.686	2.716	1.327	3.898	3.030
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.562	3.802	2.598	1.808	2.258	0,0	2.011	2.079	2.857	5.785	3.354	2.613
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.216	1.988	2.797	1.878	2.724	1.833	0,0	3.134	1.462	2.631	2.117	8.9e-001
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.609	1.164	6.9e-001	3.028	2.415	2.674	1.067	0,0	1.897	3.503	1.576	2.106
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9.5e-001	8.8e-001	1.294	1.762	1.513	1.631	3.078	0,0	0,0	0,0	2.089	8.327
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4.1e-001	1.423	2.049	1.246	1.286	2.210	1.101	5.7e-001	1.306	0,0	5.032	0,0
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1.362	1.644	1.550	1.278	1.958	2.919	2.290	2.170	2.638	3.336	1.614	2.203
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0,0	9.5e-001	1.507	1.656	3.236	1.494	0,0	0,0	0,0	4.522	4.0e-002	5.640
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.4e-001	2.427	1.084	0,0	2.815	1.162	0,0	1.822	4.486	2.907	10.7	3.312
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2.568	0,0	5.420	1.368	8.8e-001	3.953	2.118	2.666	2.252	1.328	5.917	3.781
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3.108	1.348	0,0	6.4e-001	1.309	7.139	1.613	2.952	2.116	4.405	28.3	3.059
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Declividade fatiada

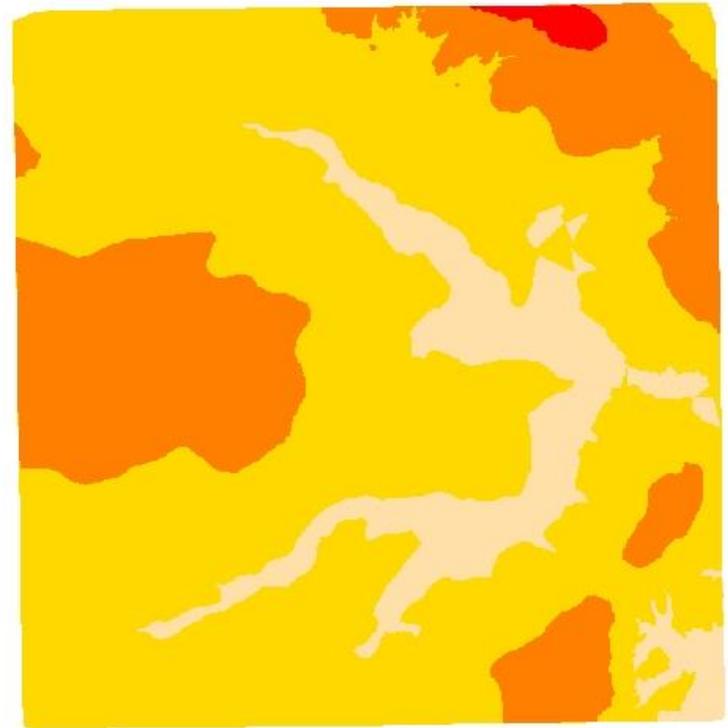


Fatiamento de grade de altimetria

Imagem MNT



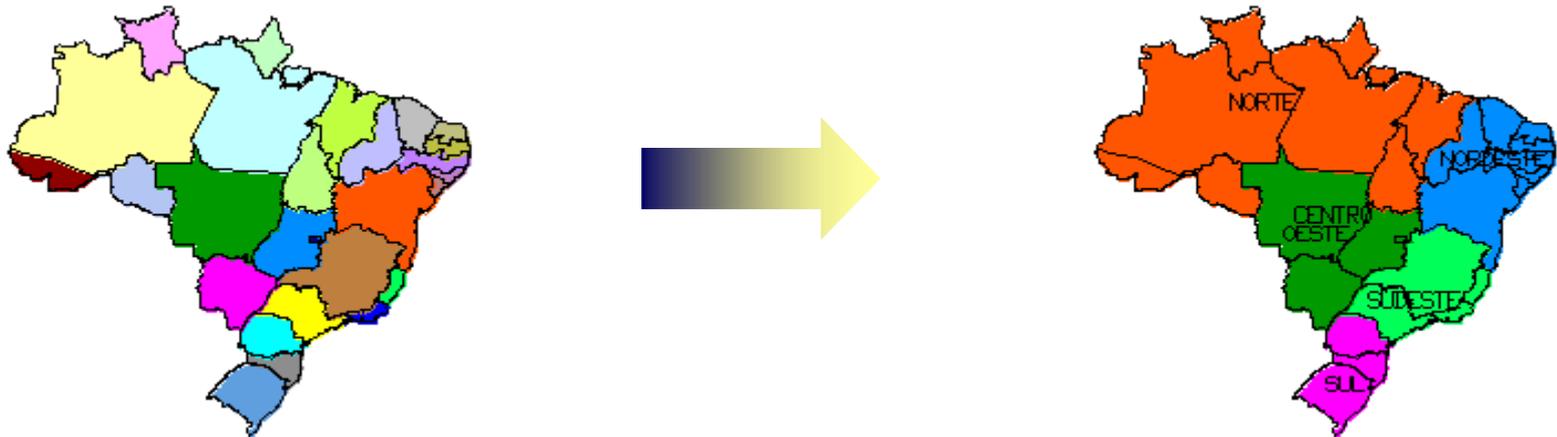
MNT fatiado



Operação pontual sobre geo-campo : **Reclassificação**

Unária ou de Transformação

- Reclassificação: mudança de atributos
 - união de classes com **atributos comuns**
 - **generalização** do conjunto espacial
 - exemplo: classificação do Brasil em regiões



Operações Pontuais: síntese

□ Operações Unárias ou de Transformação

ENTRADA	SAÍDA	NOME DA OPERAÇÃO
TEMÁTICO	MNT	PONDERAÇÃO
TEMÁTICO	TEMÁTICO	RECLASSIFICAÇÃO
IMAGEM	TEMÁTICO	FATIAMENTO
MNT	TEMÁTICO	FATIAMENTO DE CLASSES

Operações sobre Geo-campos: **BOOLEANAS**

- Utilizam operadores lógicos: **AND, NOT, OR e XOR** :

- Entrada : Dois ou mais geo-campo.

⇒ M_1 **AND** M_2 → intersecção de M_1 e M_2 .

⇒ M_1 **NOT** M_2 → retorna somente os elementos contidos exclusivamente em M_1 .

⇒ M_1 **OR** M_2 → união de M_1 e M_2 .

⇒ M_1 **XOR** M_2 → retorna todos elementos contidos em M_1 e M_2 não incluídos na intersecção.

Operação pontuais sobre geo-campo : Booleanas

- Expressões booleanas podem ser usadas como regras para combinação lógica dados geográficos (metodologia do especialista)
- Ex: Combinar Tipo de Solo, Precipitação Mensal e Declividade para produzir Classes de Aptidão Agrícola

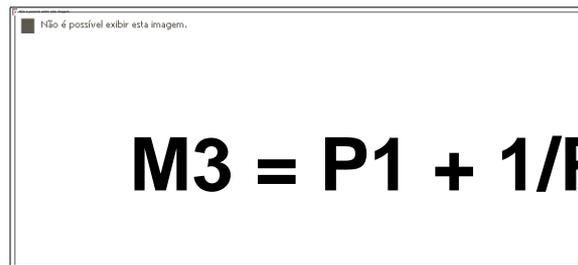
Aptidão Agrícola	<i>PI Temático</i> Solos	<i>PI Numérico</i> Precipitação média mensal	<i>PI Numérico</i> Declividade
Boa	Latossolos	> 100mm	0 - 3.5%
Média	Podzólicos	100 - 50mm	3.5 - 12%
Inapto	Litólicos	< 50mm	> 12%

Operação pontuais sobre geo-campo : Matemáticas

- Combinação de mapas numéricos por funções matemáticas: **refletem modelos e funções conhecidas pelo especialista**

- Ex: equação universal de perda de solo
$$P = (\text{erosividade}) * (\text{erodibilidade}) * (\text{declividade}) * (\text{comp. encosta}) * (\text{cobertura solo}) * (\text{índice proteção})$$
- Média ponderada para combinar declividade e solo para achar adequação

adequação =


$$M3 = P1 + 1/P2$$

Operação pontuais sobre geo-campo : Matemáticas

P1 = PI de uso de solos ponderado

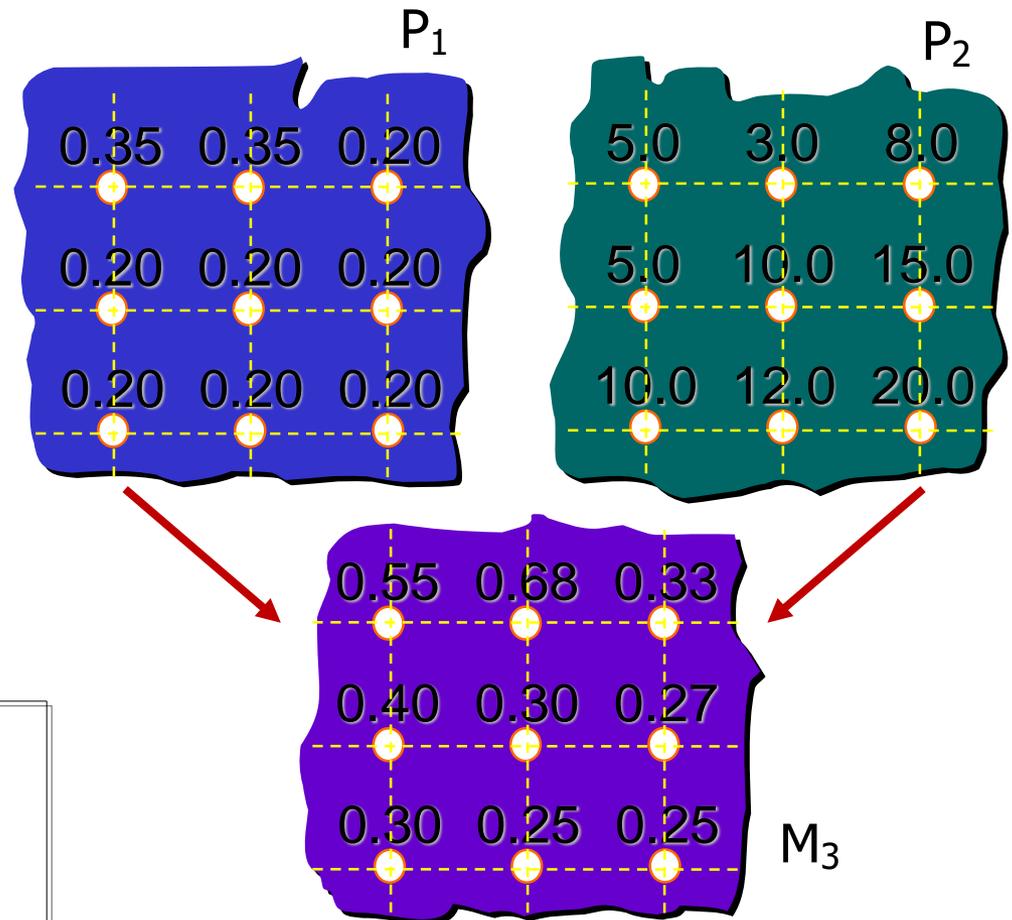
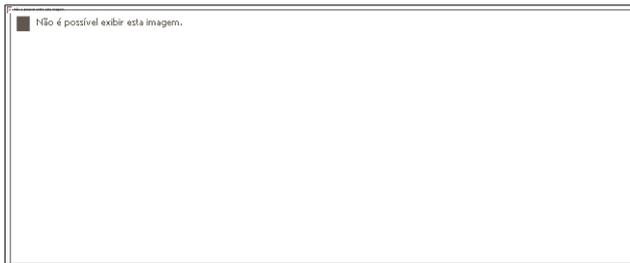
P2 = PI de declividade

$$M3 = P1 + 1/P2$$

onde:

p localização (ponto).

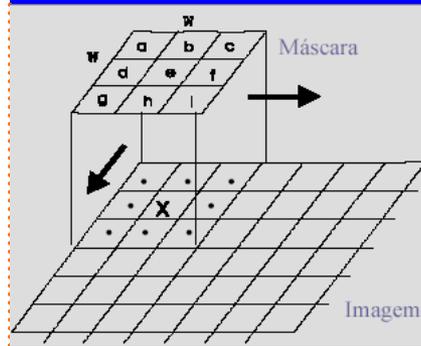
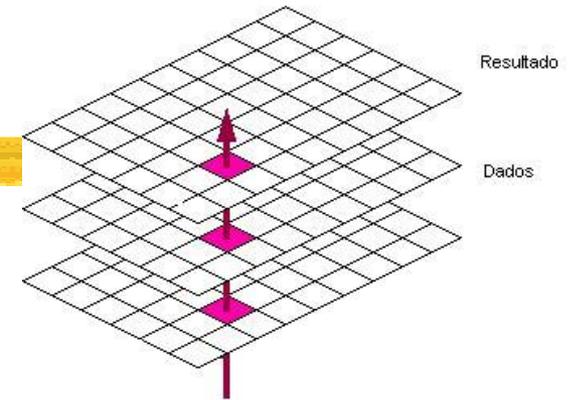
λ o peso local.



Álgebra de geo-campos

□ Pontuais

- Referem-se a um ponto.
 - Independente da vizinhança
- Operações complexas feitas por encadeamento
 - Sobreposição de mapas

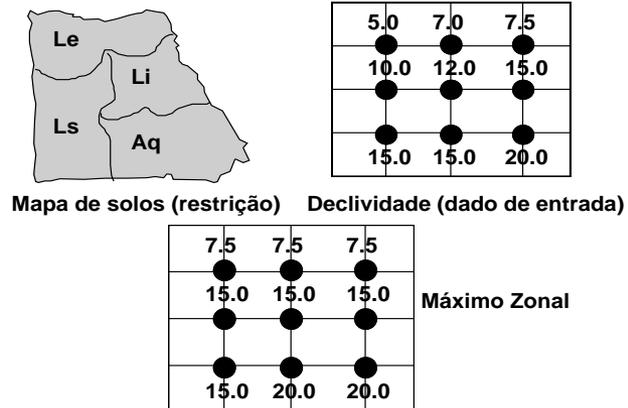


□ Locais ou de vizinhança

- valor do ponto é função de uma vizinhança específica
- filtragem em imagens, declividade em MNT

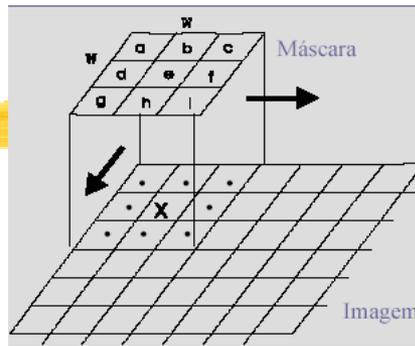
□ Zonais

- Função de uma zona delimitada por outro mapa
- Declividade máxima de cada tipo de solo

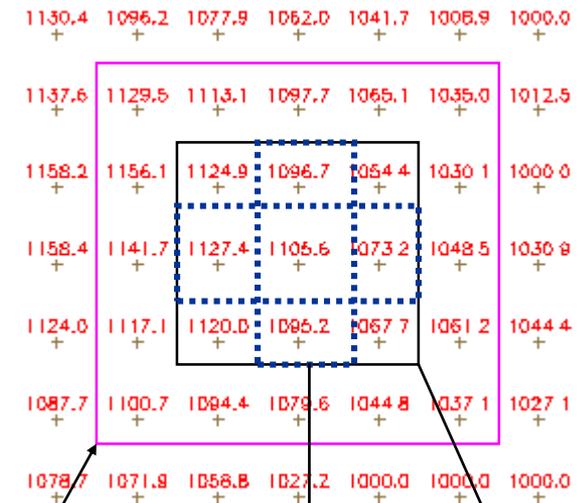


Operações Locais sobre geo-campo

OPERAÇÕES DE VIZINHANÇA



- Os cálculos são realizados com base na dimensão e forma de uma vizinhança em torno de cada localização.
- Exemplos típicos são:
 - ✓ Máximo, mínimo, média, moda
 - ✓ Filtros de imagens
 - ✓ Métodos de interpolação
 - ✓ Mapas de declividade e exposição para MNT
 - ✓ Índices de diversidade para Temático.



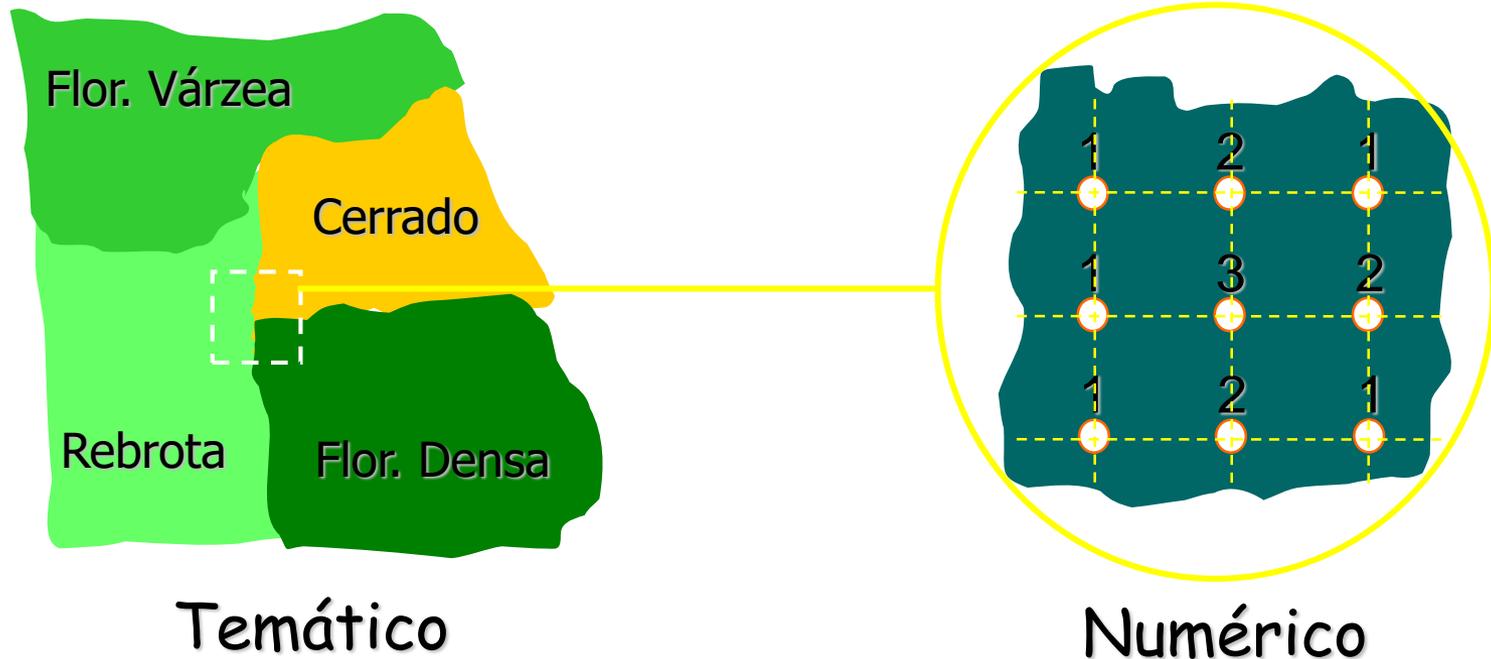
Vizinhança
5x5

Vizinhança
+

Vizinhança
3x3

Operação Local sobre geo-campo: Índice de diversidade

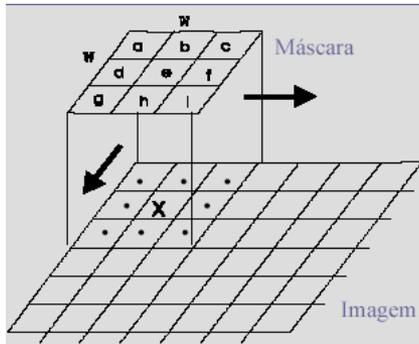
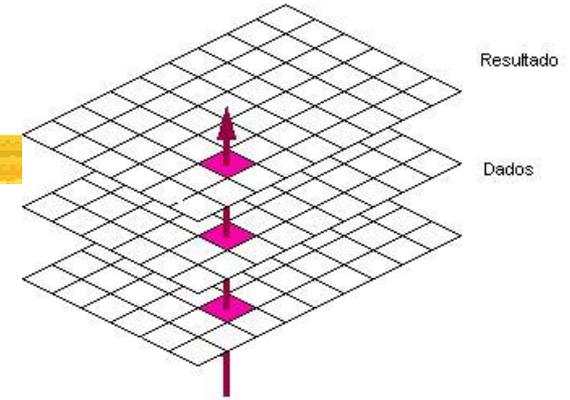
- EXEMPLO: Diversidade de vegetação de uma região, computado a partir de uma vizinhança 3x3 em torno de cada ponto.



Álgebra de geo-campos

□ Pontuais

- Referem-se a um ponto.
 - Independente da vizinhança
- Operações complexas feitas por encadeamento
 - Sobreposição de mapas

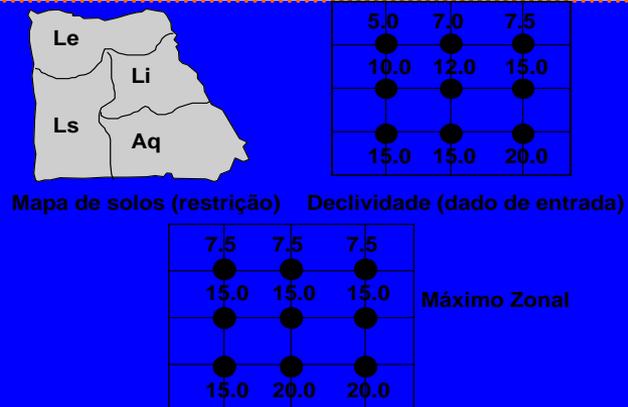


□ Locais ou de vizinhança

- valor do ponto é função de uma vizinhança específica
- filtragem em imagens, declividade em MNT

□ Zonais

- Função de uma zona delimitada por outro mapa
- Declividade máxima de cada tipo de solo



Operações Zonais sobre geo-campo

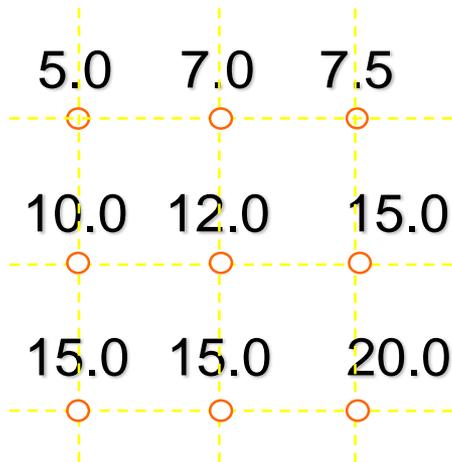
- São definidas sobre regiões específicas de um geo-campo de entrada, onde as restrições espaciais (zonas) são fornecidas por um outro geo-campo temático ou cadastral.

- Os operadores zonais incluem:
 - ✓ média,
 - ✓ máximo,
 - ✓ mínimo,
 - ✓ desvio padrão,
 - ✓ Índice de diversidade, dos valores sobre uma região especificada.

Operação Zocal sobre geo-campo: **Máximo zonal**

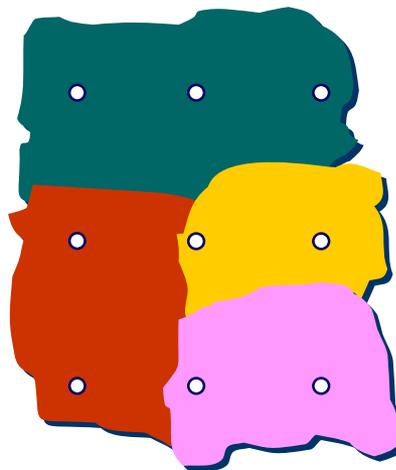
Exemplo: Máximo Zonal de um numérico com restrição especificada por um temático.

Entrada:
grade de declividade



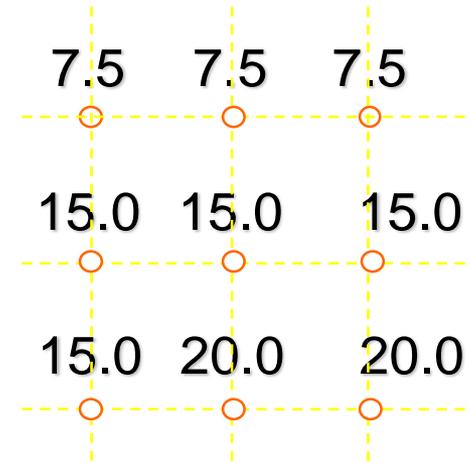
Numérico

Restrição:
mapa solos

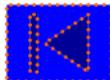


Temático

Saída:
máximo zonal



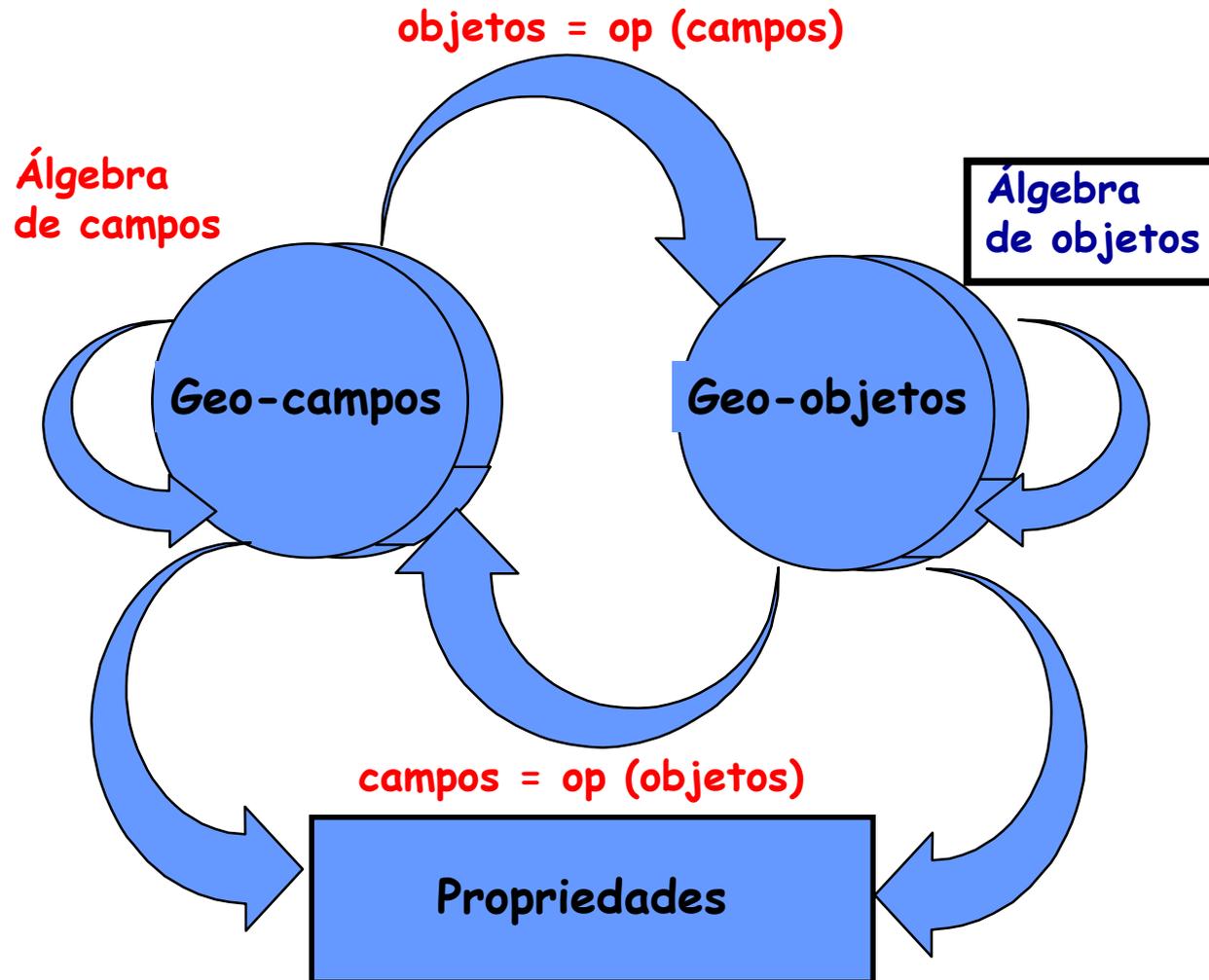
Numérico



Operações sobre geo-campos: síntese

TIPOS			
● PONTUAIS	OPERAÇÕES	ENTRADA	SAÍDA
	TRANSFORMAÇÃO		
	● PONDERAÇÃO	TEMÁTICO	NUMÉRICO
	● RECLASSIFICAÇÃO	TEMÁTICO	TEMÁTICO
	● FATIAMENTO	NUMÉRICO	TEMÁTICO
	BOOLEANAS		
	● AND/NOT/OR/XOR	TEMÁTICO/NUMÉRICO	TEMÁTICO
	MATEMÁTICA		
	● FUNÇÃO	NUMÉRICO	NUMÉRICO
● VIZINHANÇA	OPERAÇÕES		
	● Filtros de Imagens	TEMÁTICO	NUMÉRICO
	● Métodos de Interpol., etc	NUMÉRICO	NUMÉRICO
● ZONAIIS	OPERAÇÕES		
<i>RESTRIÇÃO TEMÁTICO</i>	● MÉDIA, MÁX., MÍN. ● DESV.PADRÃO, etc	NUMÉRICO	NUMÉRICO

Álgebra geográfica



Conceitos das operações da álgebra de geo-objetos

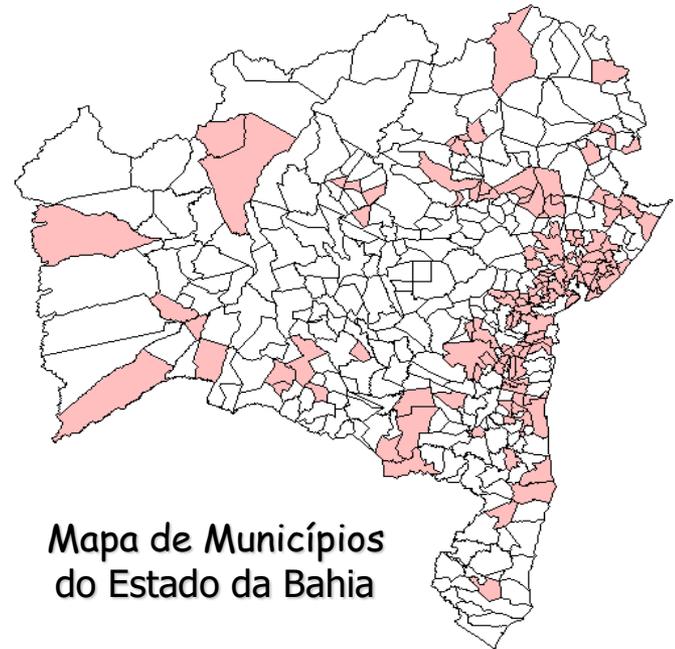
- Operações da álgebra de geo-objetos envolvem relacionamentos (entre geo-objetos) baseados em atributos **descritivos ou espaciais**.
- **Seleção por atributos**
 - A restrição baseia-se somente em atributos descritivos
 - ✓ Ex: "selecione todos os municípios de São Paulo com densidade populacional maior que 40hab/km²".
- **Restrições espaciais** (relacionamentos)
 - **Topológicas** (toca, dentro de, cruza, adjacente, etc)
 - ✓ **escolas municipais do bairro Jardim Satélite**
 - **Direção** (norte, sul, leste, oeste, noroeste, etc..)
 - ✓ **bairros a leste do rio Paraíba**
 - **Métricas** (envolve distâncias entre objetos)
 - ✓ **hospitais a 2km da via Dutra**

Álgebra de geo-objetos: Operações

Restrição baseada em atributos descritivo

Seleção de um conjunto de geo-objetos, dada uma restrição baseada apenas nos atributos descritivos. Gera como resultado um sub-conjunto (coleção), cujos membros satisfazem a restrição.

Ex: "Selecione todos os municípios da Bahia com **densidade populacional** maior que $20\text{hab}/\text{km}^2$ ".



Operação: Geo-objetos → Geo-campos

Reclassificação por atributos (inteiros/reais)

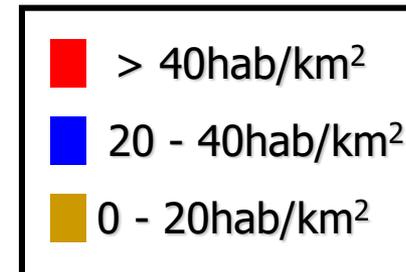
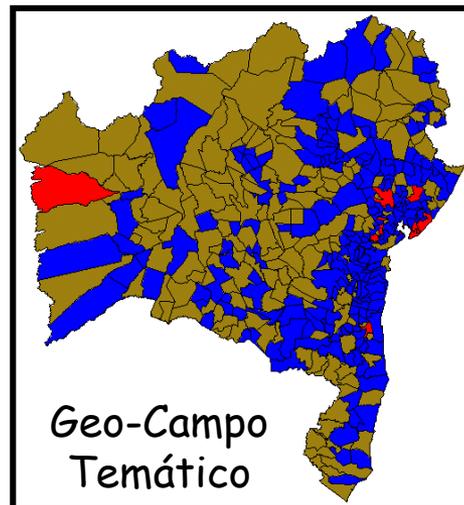
Espacialização

ID	NOME	DS_POP
2	Abaré	7.57000000
1	Abaira	24.59000000
3	Acajutiba	49.45000000
4	Adustina	16.78000000
7	Aiquara	9.65000000
8	Alagoinhas	641.31000000
9	Alcobaça	22.40000000
10	Almadina	4.87000000
11	Amargosa	127.43000000
12	Amélia Rodrigues	55.07000000

Tabela de Atributos



Densidade Populacional



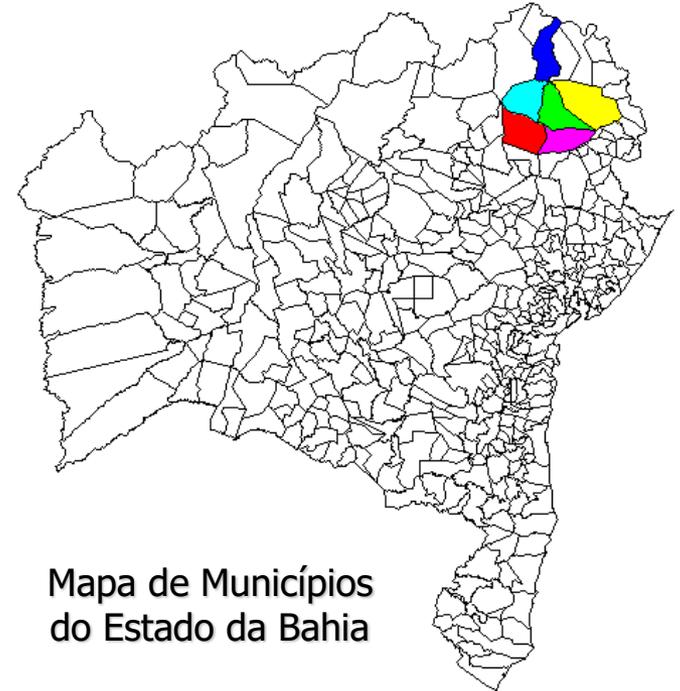
Álgebra de geo-objetos: Restrições espaciais

Seleção espaciais

Seleção de um conjunto de geo-objetos, dada uma restrição baseada apenas nos atributos espaciais. Gera como resultado um sub-conjunto (coleção), cujos membros satisfazem a restrição.

- topológicas
- direção
- métricas

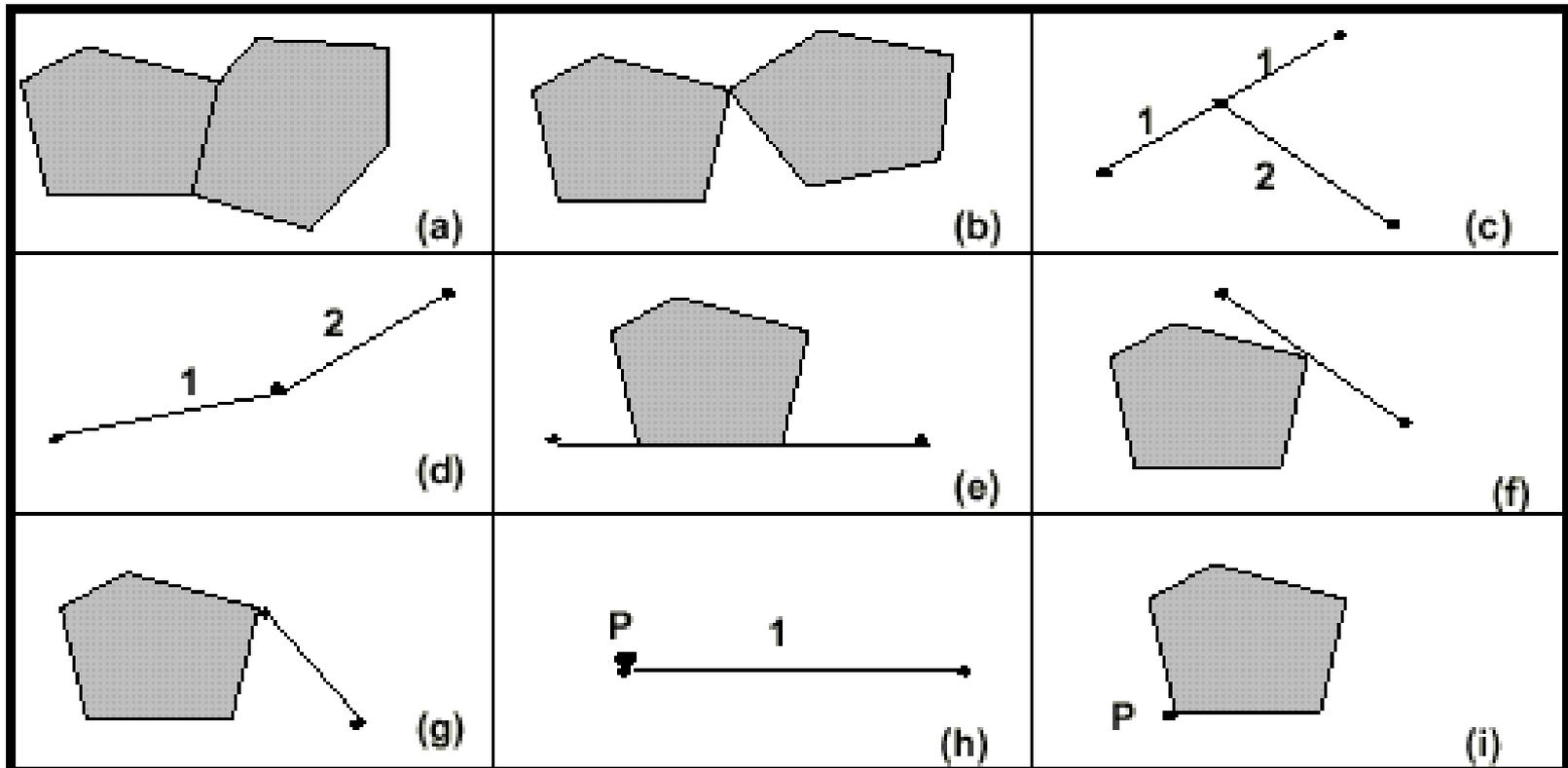
Ex: "Selecione todos os municípios da Bahia vizinhos ao município de Canudos". (Topológica)



Relacionamentos Espaciais entre Geo-objetos

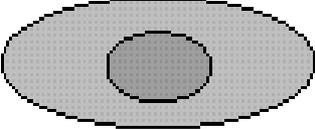
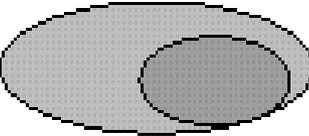
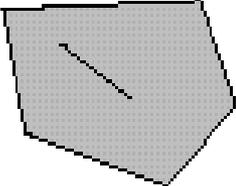
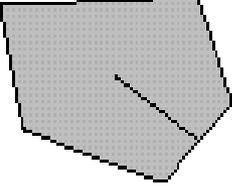
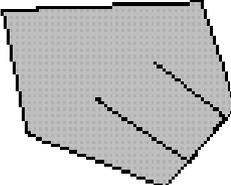
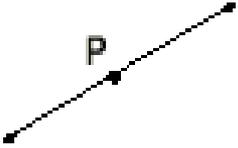
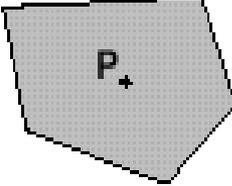
Formalização

Relacionamento topológico: "Toca".



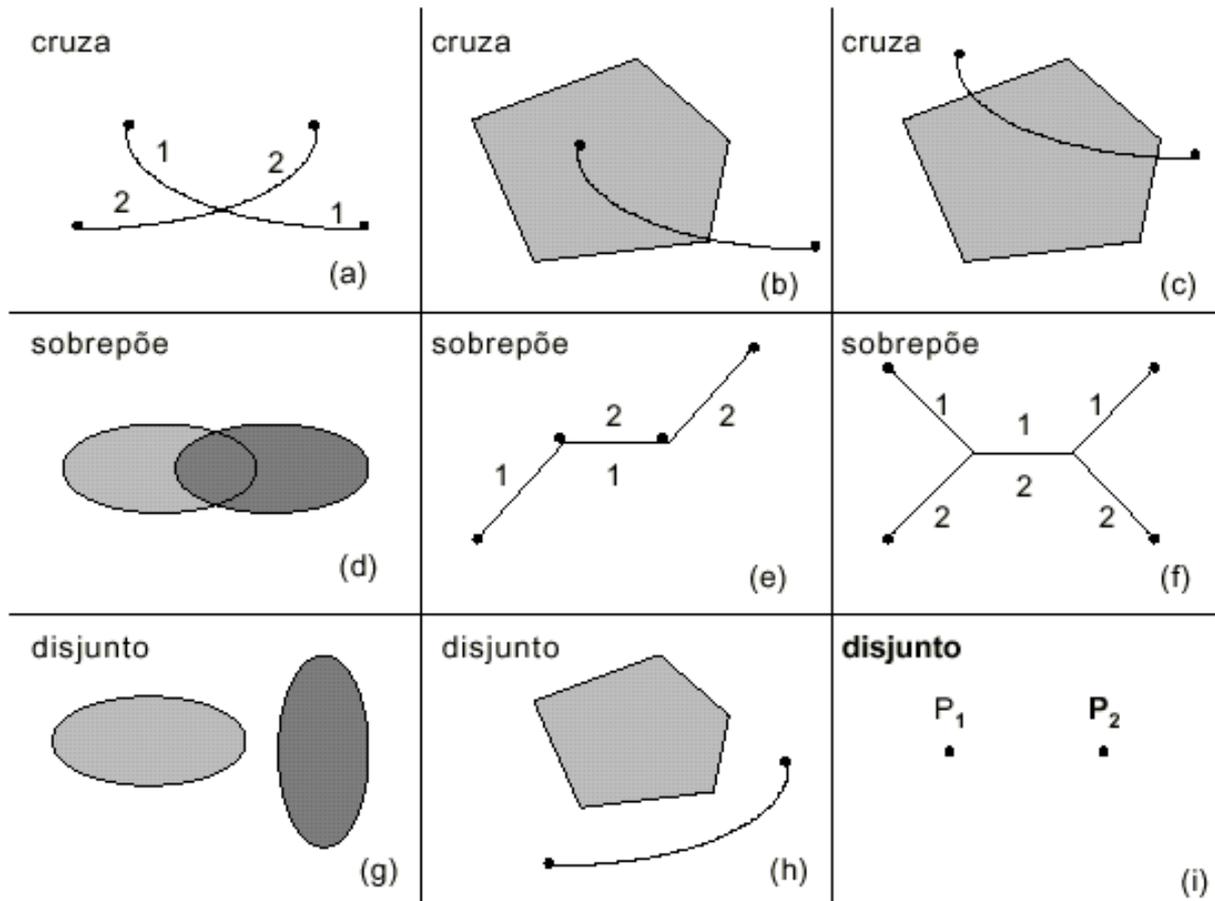
Relacionamentos Espaciais entre Geo-objetos

Relacionamento topológico: "Dentro de".

Relacionamentos Espaciais entre Geo-objetos

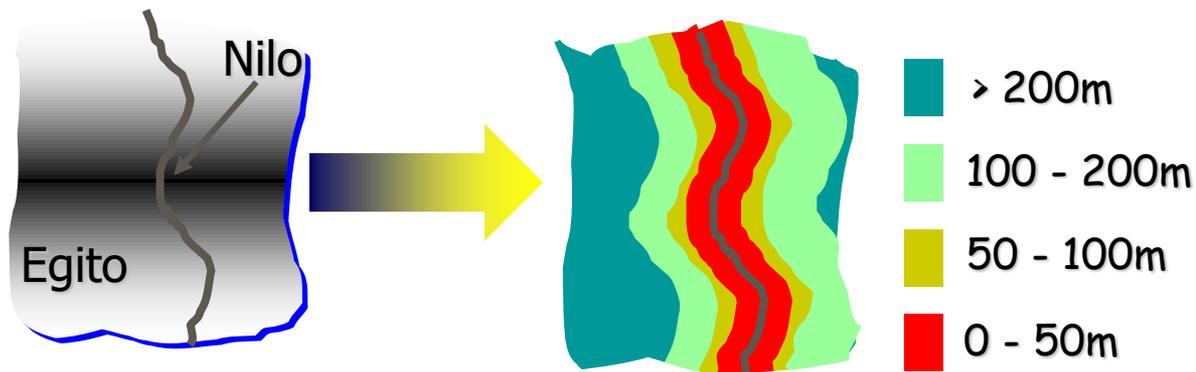
Relacionamento topológico: "Cruza", "Sobreposição" e "Disjunto".



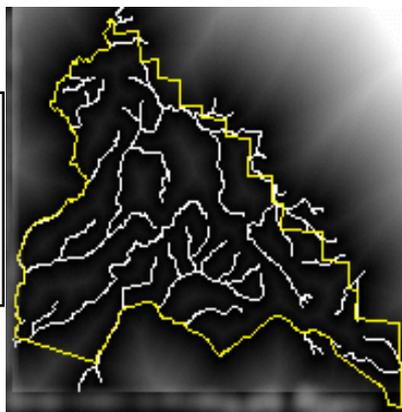
Álgebra de geo-objetos: Restrição métrica

■ Mapas de distância (*Geo-objetos* → *Geo-campo*)

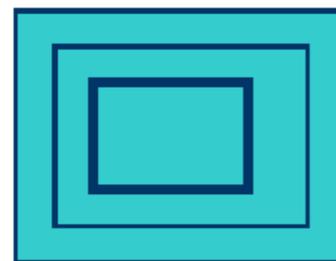
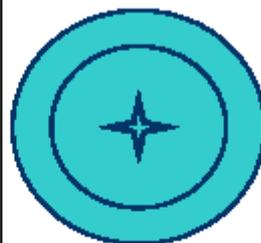
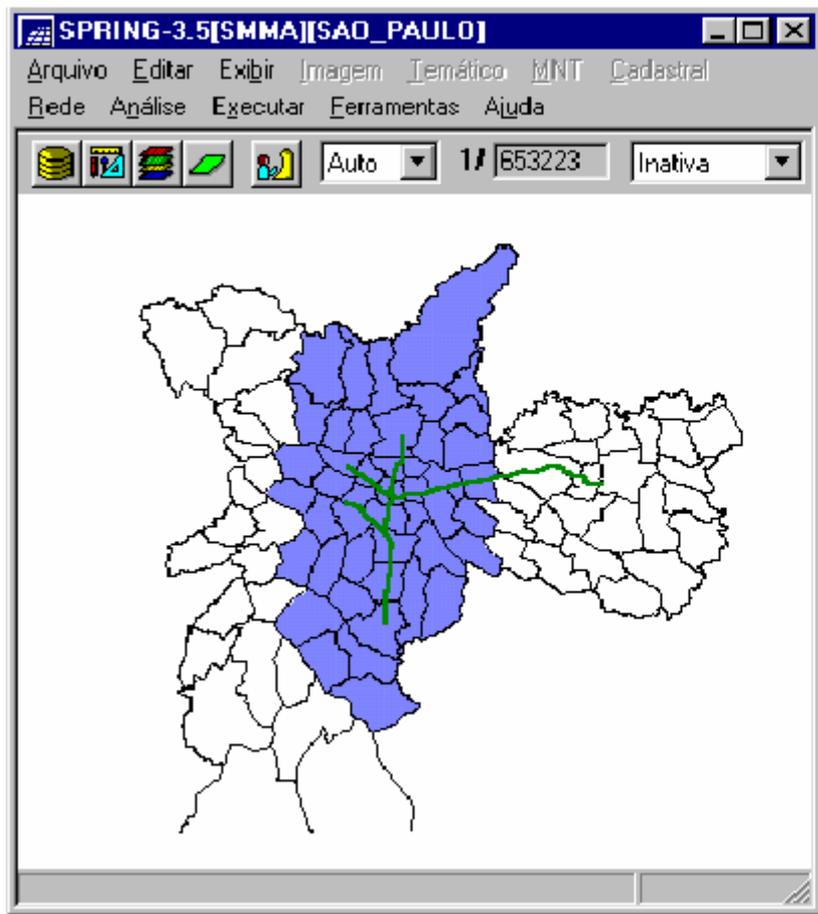
Gera um mapa de geo-campos contendo as distâncias de cada ponto do mapa a um(s) geo-objeto(s) de referência (ponto, linha ou região)



Determine uma faixa de terra de 200 metros ao longo das margens dos rios



Restrição métrica: *Geo-objetos* → *Geo-objetos*



Ex: Quais os distritos de SP estão a uma distância de 6000 metros da linha norte-sul do metrô ?

Álgebra de geo-objetos: **Junção espacial**

Esta operação produz como resultado uma **coleção de pares de objetos** que satisfazem a uma restrição espacial.

□ Exemplos:

- ✓ "Para cada estrada da Amazônia, encontre as reservas indígenas a menos de 5Km de uma estrada".

Resp: conjunto de pares (reserva, estrada)

- ✓ "Para as cidades do sertão cearense, ache quais estão a menos de 10Km de algum açude com capacidade de mais de 50.000m³ de água".

Resp: conjunto de pares (cidade, açude)

Operações complexas: geo-campos e geo-objetos

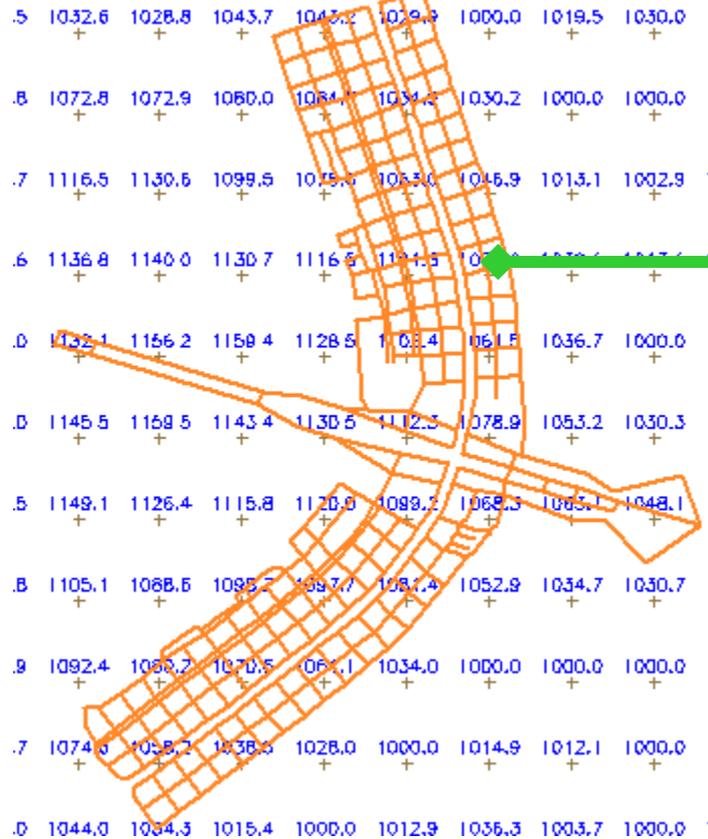
Operação: atualizar atributo de geo-objetos em tabela.

- Considere o seguinte exemplo:
 - ✓ Um mapa de quadras de uma cidade, onde cada quadra é modelada como um geo-objetos (atributos das quadras em tabela)
 - ✓ Um mapa de declividade da região da cidade (geo-campo).

- Nesta situação, pode ser útil responder a seguinte questão:
 - ✓ "Dado a declividade e o mapa de quadras, calcule a declividade média de cada quadra e atualize esta informação no banco de dados, criando um novo atributo (decmedia) para o objeto quadra".

- ✓ Operador complexo: Atualize → LEGAL

LEGAL: Atualize



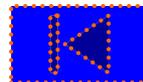
Atualização do atributo declividade média de cada quadra do eixo central de Brasília



Tabela: Quadras

Arquivo Mostrar Ajuda

	NOME	ASA	DECMEDIA	
1	SQN-102	NORTE		
2	SQN-103	NORTE		
3	SQN-104	NORTE		
4	SQN-105	NORTE		
5	SQN-106	NORTE		
6	SQN-107	NORTE		
7	SQN-108	NORTE		
8	SQN-109	NORTE		
9	SQN-110	NORTE		
10	SQN-111	NORTE		
11	SQN-112	NORTE		
12	SQN-113	NORTE		
13	SQN-114	NORTE		



Operações complexas: Atualize

Funcionamento conceitual

Utiliza-se a geometria de cada objeto como restrição espacial e um operador/função aritmética/estatística gera o valor de atributo para o objeto

- Ex: Calcular a declividade média de cada quadra de uma cidade
 - **Dados de entrada :**
 - ✓ o mapa de quadras (geo-objeto) e um grade de declividade da cidade (geo-campo)
 - **Restrição espacial :** o polígono que delimita a quadra
 - **Atributo :** valor da declividade
 - **Função estatística :** média

- **Saída**
 - ✓ Uma coluna atualizada na tabela de atributos dos objetos

Operações complexas: geo-campos e geo-objetos

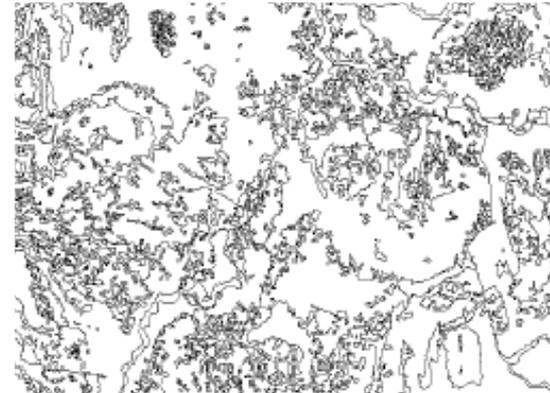
Operação: espacializar atributo de geo-objetos em tabela gerando geo-campo.

- Considere o seguinte exemplo:
 - ✓ Um mapa de unidades de paisagem, onde cada paisagem é modelada como um geo-objeto, e possuindo atributos como geomorfologia, tipos de solos, geologia e vegetação.
- Gere um mapa de solos desta região.
 - ✓ Operador complexo: Espacialize → LEGAL

LEGAL: Espacialize

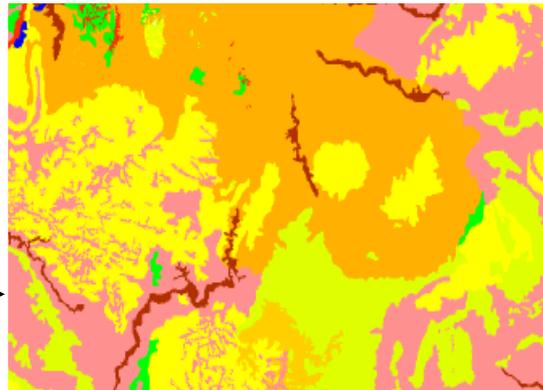
TABELA Atributos

NUM.	VAL.	CR.	VAL.	VAL.	VAL.	VAL.
1	1.0000	01	1.0000	001	1.0000	01
2	2.0000	02	1.0000	002	1.0000	02
3	3.0000	03	1.7000	003	1.0000	03
4	4.0000	04	1.0000	004	1.0000	04
5	5.0000	05	1.0000	005	1.0000	05
6	6.0000	06	1.7000	006	2.0000	06
7	7.0000	07	1.0000	007	2.0000	07
8	8.0000	08	2.7000	008	2.0000	08
9	9.0000	09	1.0000	009	2.0000	09
10	10.0000	10	1.0000	010	2.0000	10
11	11.0000	11	1.0000	011	2.0000	11
12	12.0000	12	1.0000	012	2.0000	12
13	13.0000	13	1.7000	013	1.0000	13
14	14.0000	14	2.1000	014	1.0000	14
15	15.0000	15	1.0000	015	1.0000	15
16	16.0000	16	1.0000	016	1.0000	16
17	17.0000	17	1.0000	017	1.0000	17
18	18.0000	18	1.7000	018	1.0000	18
19	19.0000	19	1.0000	019	1.0000	19
20	20.0000	20	1.0000	020	1.0000	20



Geo-Objetos

Espacialização do atributo tipo de solos



Geo-Campo resultante



Resumo das Operações

<i>Operação</i>	<i>Entrada</i>	<i>Modificador</i>	<i>Saída</i>	<i>Restrição</i>
Ponderação	TEMÁTICO		NUMÉRICO	(função unária)
Fatiamento	NUMÉRICO		TEMÁTICO	(função unária)
Reclassificação	TEMÁTICO		TEMÁTICO	(função unária)
Booleana	NUMÉRICO, TEMÁTICO		TEMÁTICO	(regras)
Matemática	NUMÉRICO		NUMÉRICO	(fórmula)
Zonais	NUMÉRICO	TEMÁTICO	NUMÉRICO	
Atualização	GEO-OBJETO	NUMÉRICO (OU TEMÁTICO)	GEO-OBJETO (atributo)	
Espacialização	GEO-OBJETO (ATRIBUTO)		NUMÉRICO, TEMÁTICO	
Reclassificação por Atributo	GEO-OBJETO (ATRIBUTO)		TEMÁTICO	(regras de classificação)
Mapa de Distância ("buffer")	GEO-OBJETO		NUMÉRICO	
Seleção Espacial	GEO-OBJETO (conjunto)	CADASTRAL	GEO-OBJETO (conjunto)	(predicado espacial)
Junção Espacial	GEO-OBJETO (conjuntos)	CADASTRAL	GEO-OBJETO e VALORES (conjunto)	(predicado espacial)

Conceitos da álgebra de mapas: **Duvidas??**

- Álgebra de geo-campos 31-50
 - Tipos de operações

- Álgebra de geo-objetos 52-61
 - Tipos de operações

- Operações complexas: geo-campos e geo-objetos 62-66
 - Tipos de operações

Resumo das Operações

<i>Operação</i>	<i>Entrada</i>	<i>Modificador</i>	<i>Saída</i>	<i>Restrição</i>
Ponderação	Temático		Numerico	
Fatiamento	Numerico		Temático	
Reclassificação	Temático		Temático	
Booleana				
Matemática				
Zonais	Numerico	Temático	Numerico	
Atualização				
Espacialização				
Reclassificação por Atributo				
Mapa de Distância ("buffer")				
Seleção Espacial				
Junção Espacial				



Síntese do Modelo de Dados do SPRING

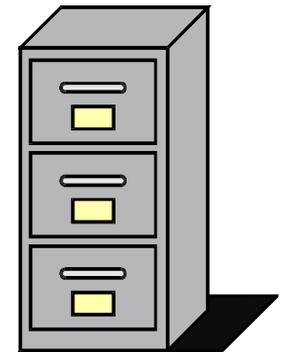
BANCO DE DADOS

Modelo de dados do SPRING



- Repositório de informações do SPRING
 - Pode-se definir vários BD (apenas um ativo)
 - Não está relacionado a uma área geográfica
 - Pode conter mais de um Projeto
-
- C:\springdb\Banco
 - um sub-diretório (pasta) no sistema de arquivos.

Nota: O sistema ativa automaticamente o último banco manipulado ou um pré determinado

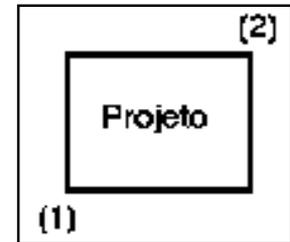


PROJETO

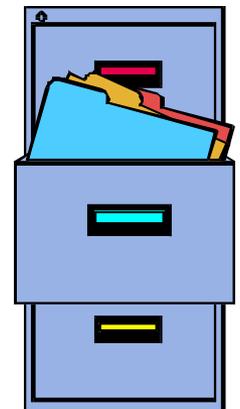
Modelo de dados do SPRING



- Define a região de interesse:
 - Área geográfica definida pelos pontos 1 e 2
 - Projeção cartográfica e
 - Contém dados com escalas específicas
- Contém um conjunto de Planos de Informações (PI's) sobre a região geográfica (**variáveis**)
 - Mapa de solo;
 - Imagens Landsat;
 - Mapa altimétrico, etc.
- C:\springdb\Banco\Projeto
 - um sub-diretório (pasta) do diretório do banco



Nota: O sistema ativa automaticamente o último projeto manipulado ou um pré determinado.

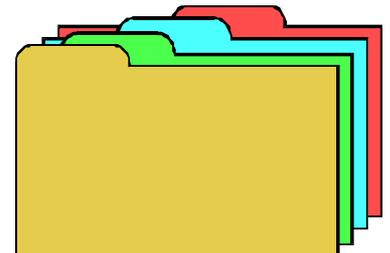


PLANO DE INFORMAÇÃO

Modelo de dados do SPRING



- Representa o espaço geográfico com características básicas comuns definidas pela categoria do dado
- Condição: existência de um Projeto e da Categoria do Dado
- Cada PI está associado apenas a uma categoria
- Uma **categoria** define o tipo de dado de vários PI's
 - Ex: - Mapas de Uso de 1970 e 1980 (Temático)
 - Bandas 3, 4 e 5 do Landsat (Imagem)
 - Mapa altimétrico (Numérico)
 - Mapa de fazendas (Cadastral)



- C:\springdb\Banco\Projeto\PI.lin
 - corresponde a arquivos debaixo do diretório do projeto

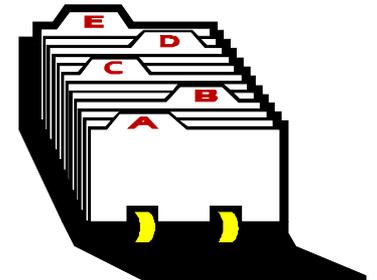
*** Sempre existirá um PI ativo no Painel de Controle.**

MODELO DE DADOS

Modelo de dados do SPRING



- Define os diversos tipos de dados (ou categorias de dados)
- Agrupa grandezas geográficas semelhantes em um único modelo.
- Uma categoria é comum aos vários Projetos criados no Banco de Dados.
 - Uso_Terra (Temático), Solo (Temático)
 - Imagem_TM (Imagem), Foto_8000 (Imagem)
 - Altimetria (Numérico)
 - Cadastro_Rural (Cadastral)
 - Fazenda (Objeto) - representado em um PI cadastral
- C:\springdb\Banco\Categorias
 - arquivos (tabelas) debaixo do diretório do banco



CLASSE TEMÁTICA

Modelo de dados do SPRING

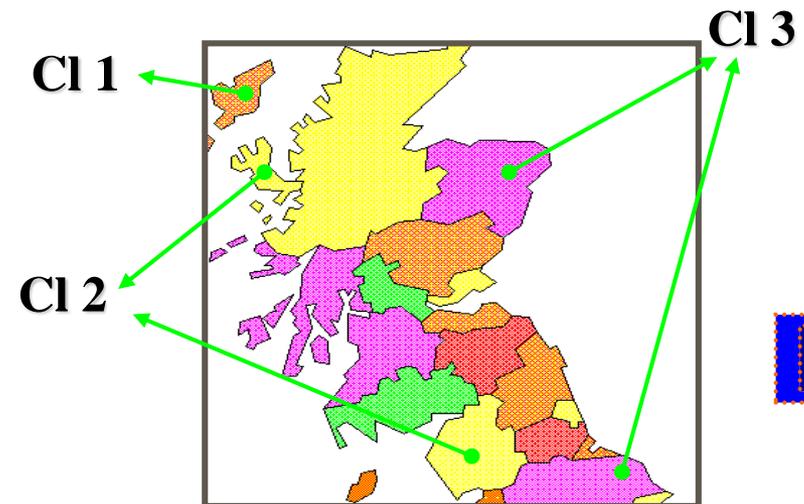


- Define uma subdivisão específica de uma categoria do modelo temático
- Armazena atributos de apresentação (cor e preenchimento)
- Todas as Classes de uma categoria são comuns a quantos projetos existirem no banco de dados

Ex:

- Classes de Uso_Terra (Mata, Capoeira, etc)
 - Drenagem (Principais, Secundários, etc)
 - Solo (Podzólico, Latosolo)

* Se alterar o visual de uma classe temática, todos PI's de qualquer projeto do mesmo banco sofrerão a alteração.

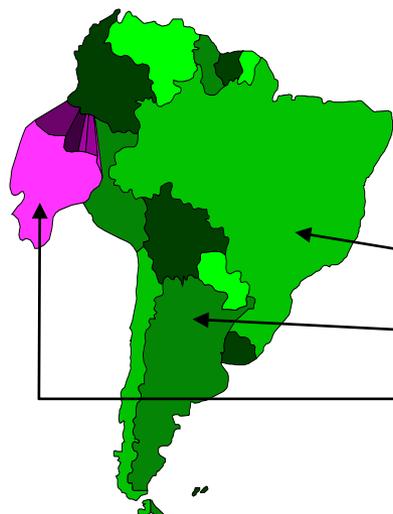


OBJETO

Modelo de dados do SPRING



- Define a localização de objetos do mundo real (e.g. países, lotes, etc.)
- Dados individualizáveis
- Atributos descritivos
- Várias representações gráficas



País	PIB (Us\$ bn)	Popul.(milhões)
Brasil	350	159
Argentina	295	34
Equador	45	14

* Cada objeto tem seu visual definido e seus atributos em uma tabela de banco de dados.



Principal

PI Disponíveis PI Selecionados

- Categoria / Plano de Informação
- C () CAT_Cadastral
 - () fev-total
 - () jun-total
 - () nov-total
 - () set-total
 - I (V) CAT_Imagem
 - () jun03
 - (M) jun03R
 - T () mascaras
 - () jun3
 - M () pH
 - ph-fev_P2D
 - () ph-jun_P2D
 - () ph-nov_P2D

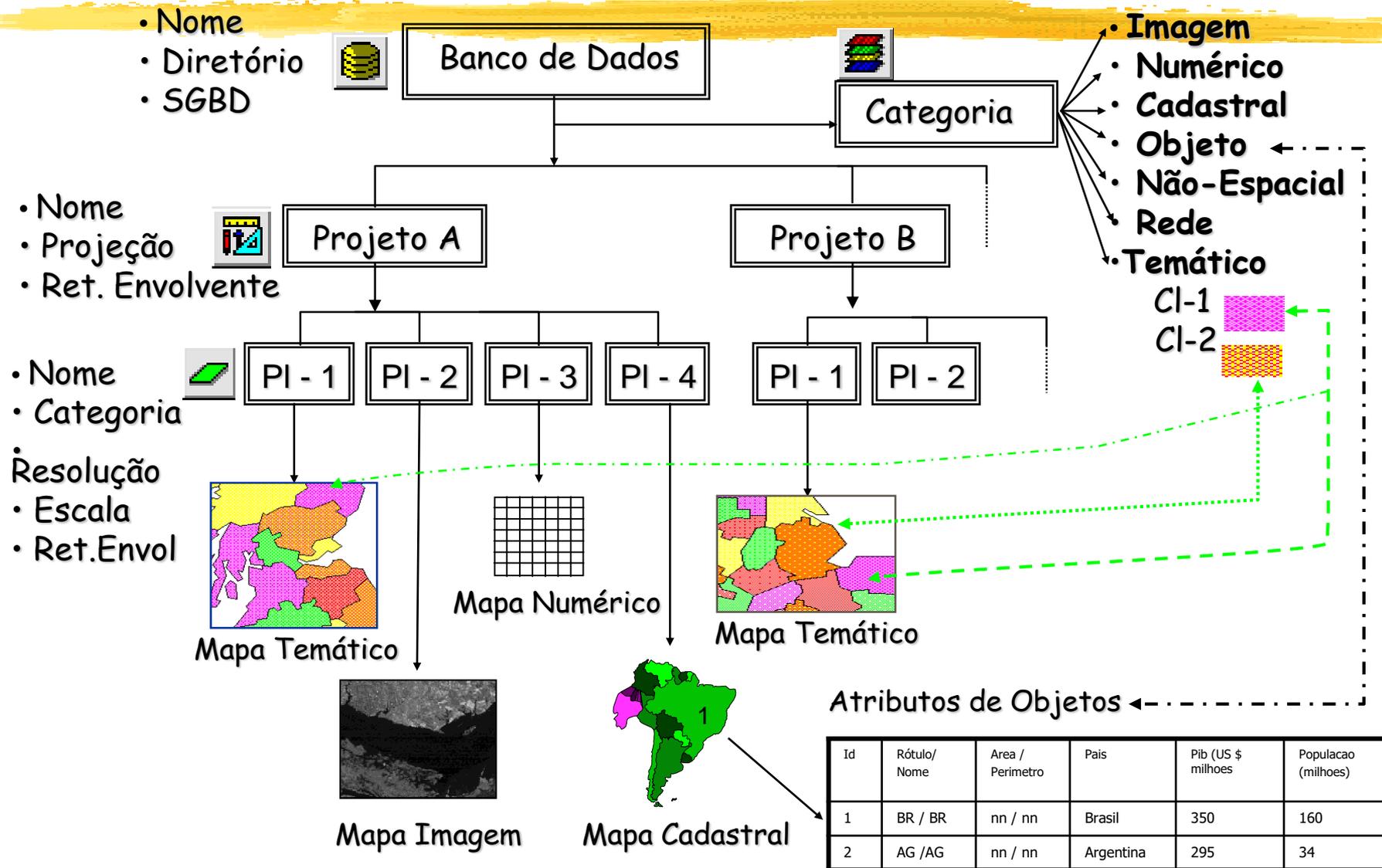


- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Amostras | <input type="checkbox"/> Isolinhas |
| <input type="checkbox"/> Grade | <input type="checkbox"/> Texto |
| <input type="checkbox"/> TIN | <input type="checkbox"/> Imagem |

Apresentação de dados SPRING

Abrir SPRING

RESUMO DO MODELO DE DADOS SPRING



Menus versus linguagens



- Menus hierárquicos
 - mais fáceis de usar
 - menos flexíveis, autocontidos

- Linguagens de comandos
 - mais flexíveis
 - tradução de ações em palavras
 - automatização de sequências
 - documentação de histórico

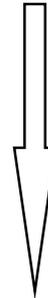
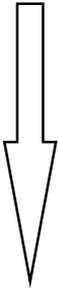
Linguagem de comandos

Componentes

Verbo
(ação)

Substantivo
(elemento)

Modificador
(ajuste)



Recuperere

Linha

Horizontal

Conceito de Álgebra

- Álgebra é um conjunto de dados, operadores e propriedades
- Álgebra aritmética:

$$a = b + c$$


operador de soma

operador de atribuição

$$a = c + b \text{ (propriedade)}$$

Conceito de Álgebra

$a = b + c;$

se $b = 23$ e $c = 5$

$a = ?$

```
{  
  // Declaração de variáveis  
  inteiro a, b, c ;  
  
  // Instanciação das variáveis  
  b = 23;  
  c = 5;  
  a = ?  
  
  // Operação com variáveis  
  a = b + c;  
  Imprima a;  
}
```

A linguagem LEGAL



LEGAL

"Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico"

Implementa a Álgebra de mapas no SPRING

A linguagem LEGAL

Implementação das operações da Álgebra de mapas a partir do modelo de dados definidos no SPRING.

LEGAL - "Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico"

□ Operações

- Operações sobre geo-campos,
- Operações sobre geo-objetos,
- Operações de transformação entre geo-campos e geo-objetos,
- Operações mistas entre geo-campos e geo-objetos.

Sintaxe da linguagem LEGAL

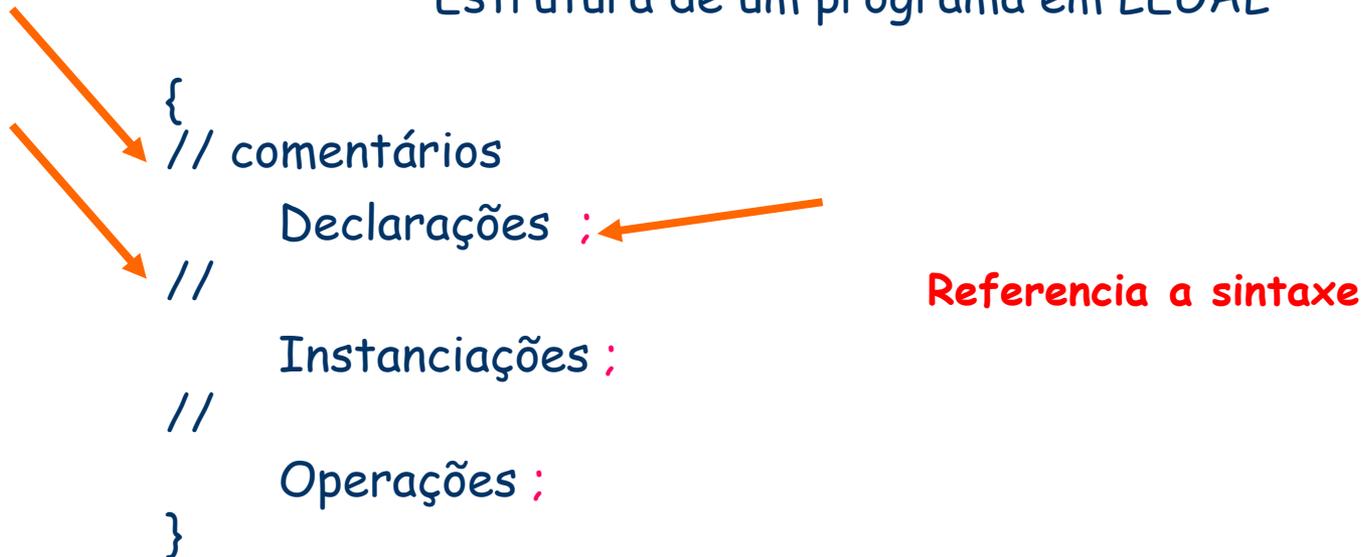
Um programa em LEGAL é estruturado em três partes:

- ✓ Declarações 
- ✓ Instanciações 
- ✓ Operações 

Estrutura de um programa em LEGAL

```
{  
// comentários  
  Declarações ;  
//  
  Instanciações ;  
//  
  Operações ;  
}
```

Referencia a sintaxe



Sintaxe da linguagem LEGAL - Declarações

- Similar a outras linguagens de programação, LEGAL também possui um conjunto de palavras reservadas. **Estas palavras devem ser escritas exatamente conforme mostradas no manual.**
 - **Cadastral** → Não **cadastral**
- *Similar a outras linguagens de programação, toda variável em LEGAL deve ser **declarada** antes de ser utilizada, como segue:*

int a , b **Define-se o tipo de cada variável**

float c



Cadastral <var> ("**<categoria>**"); ← variável tipo cadastral

Exemplos: **formas distintas**

Cadastral cad ("Cadastro_Urbano");

Cadastral mapa1, mapa2, mapa3 ("Estado");

Cadastral mapa1 ("Estado"), mapa2 ("Paises");

Sintaxe da linguagem LEGAL - Declarações

Objeto <var> ("**<categoria>**"); ← variável tipo objeto

Exemplos:

- ⇒ **Objeto** quadras ("Bairros");
- ⇒ **Objeto** Lote1, lote2, lote3 ("Lotes_Urbanos");
- ⇒ **Objeto** cidade ("Estado"), fazenda ("Fazendas");

Tematico <var> ("**<categoria>**");

Exemplos:

- ⇒ **Tematico** mapa_solos ("Solos");
- ⇒ **Tematico** mapa1, mapa2, mapa3 ("Uso_Terra");
- ⇒ **Tematico** geo ("Geologia"), veg ("Vegetacao");

Sintaxe da linguagem LEGAL - Declarações

Imagem <var> ("**<categoria>**");

Exemplo

- ⇒ **Imagem** TM3 ("Imagens TM");
- ⇒ **Imagem** B3, B4, B5 ("Landsat");
- ⇒ **Imagem** B3 ("Landsat"), xp2 ("Spot");

Número var> ("**<categoria>**");

Exemplos:

- ⇒ **Número** grade_decl ("Declividade");
- ⇒ **Número** grd1, grd2, grd3 ("Altimetria");
- ⇒ **Número** temp ("Temperatura"), exp ("Exposicao");

Sintaxe da linguagem LEGAL - Declarações

Tabela <var> (<nome>); ← variável tipo tabela

⇒ **Tabela** uso1, uso2, uso3 (**Reclassificação**); // exemplos

⇒ **Tabela** solo1 (**Ponderação**);

⇒ **Tabela** altimetria (**Fatiamento**);

Atributo <var> ("<categoria objeto>", "<atributo>");

Exemplos:

⇒ **Atributo** valores ("Lotes", "IPTU");

⇒ **Atributo** dp ("Municipios", "DensidadePopulacional");

⇒ **Atributo** nasc ("Bairros", "NascimentoPorBairro");

Sintaxe da linguagem LEGAL -Instanciações

As instanciações são caracterizadas pelos operadores **Recupere** e **Novo**

Recupere:- associa um plano de informação (**PI**) existente do projeto corrente a uma **variável** previamente declarada.

Novo:- cria um novo **PI** no banco de dados e requer parâmetros, dependendo da representação geométrica associada.

⇒ Sintaxe: variável = **Recupere** (**Nome**="Nome_do_PI");

Exemplos:

```
// Exemplos de declarações
Tematico Solos ("TIPOS_SOLOS");
Numerico topo ("ALTIMETRIA"),
Imagem banda3 ("LANDSAT"),
// Exemplos de instanciações das declarações acima
Solos = Recupere(Nome = "solos_vale_paraiba");
topo = Recupere(Nome = "altimetria_sjc");
banda3 = Recupere(Nome = "TM3_SJC");
```

Nome do PI



Sintaxe da linguagem LEGAL - Instanciações

- Novo:- cria um novo PI no banco de dados e requer parâmetros, dependendo da representação geométrica associada. **Associa o PI a uma variável já declarada**

- Sintaxe para tipo **Imagem**:

variável= Novo (**Nome**="nome_do_PI", **ResX**=valor, **ResY**=valor, **Nbits**=valor);

Exemplo: ima = Novo (**Nome** = "Ima_Final", **ResX**=30, **ResY**=30, **Nbits**=8);

- Sintaxe para tipo **Temático**:

variável= Novo (**Nome** = "nome_do_PI", **ResX** = valor, **ResY** = valor,
Escala = valor, **Repres** = **Vetor ou Raster**);

Exemplo: tipo_solos = Novo (**Nome** = "Solos", **ResX**=50, **ResY**=50,
Escala=25000,
Repres=**Raster**);

Sintaxe da Linguagem LEGAL -Instanciações

- Sintaxe para tipo Numérico:

variavel= Novo (Nome="nome_do_PI", ResX=valor, ResY=valor,
Escala=valor, Min=valor, Max=valor, Repres=Grade ou
Amostra) ; <----- indicador de final de linha de comando

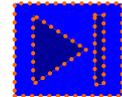
Exemplo:

```
alti = Novo (Nome = "Altimetria", ResX=30, ResY=30,  
Escala=1000, Min=25, Max=80, Repres=Grade) ;
```

Sintaxe da Linguagem LEGAL -Instanciações

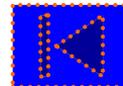
- Sintaxe para tipo **Tabela de Ponderação**:

```
variavel= Novo (CategoriaIni="nome_da_categoria",  
               "geoclasse" : valor,  
               "geoclasse" : valor,  
               :  
               :  
               Outros      : valor) ; <----- opcional.
```



Exemplo:

```
pond = Novo (CategoriaIni = "Tipos_de_solos",  
            Le : 0.60,  
            Li : 0.20,  
            Ls : 0.35,  
            Aq : 0.10) ; <----- indicador de final de linha
```



Sintaxe da Linguagem LEGAL - Instanciações

- Sintaxe para tipo **Tabela de Fatiamento**:

```
variavel= Novo (CategoriaFim = "nome_da_categoria",  
               [valorI, valorF] : "geoclasse",  
               [valorI, valorF] : "geoclasse",  
               ⋮                ⋮  
               Outros          : valor) ;
```

Exemplo:

```
pond = Novo (CategoriaFim = "Faixas_de_declividade",  
            [0.0, 5.0] : "baixa",  
            [5.0, 15.0] : "media",  
            [15.0, 45.0] : "alta" );
```

Sintaxe da Linguagem LEGAL - Instanciações

- Sintaxe para tipo **Tabela de Reclassificação**:



```
variavel= Novo (CategoriaIni = "nome_da_categoria",  
                CategoriaFim = "nome_da_categoria",  
                "geoclasse" : "geoclasse",  
                "geoclasse" : "geoclasse",  
                :  
                :  
                "geoclasse" : Outros ); <----- opcional.
```

Exemplo:

```
reclass = Novo (CategoriaIni = "Uso solo",  
                CategoriaFim = "Desmatamento",  
                "Floresta_densa" : "Floresta",  
                "Floresta_Varzea" : "Floresta",  
                "Rebrota" : "Desmatamento",  
                "Area_Desmatada" : "Desmatamento" );
```



SINTAXE DA LINGUAGEM LEGAL- *Operações*

□ OPERAÇÕES:

- Atribua
- Fatie
- Pondere
- Reclassifique
- ReclAtrib
- MediaZonal, MaxZonal, MinZonal, VariedadeZonal, FaixaZonal
- Espacialize
- Atualize
- *Operador condicional (IF)*

Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO **Atribua**

Gera um plano de informação temático efetuando o mapeamento de **geoclasses** com bases em resultados de expressões lógicas (Booleanas).
É uma operação pontual.



Operadores Lógicos

&&	→ E lógico, interseção		→ OU lógico, união
~	→ NEGAÇÃO, complemento	!=	→ diferente
==	→ igual	<=	→ maior ou igual

Exemplo:

```
temas = Atribua (CategoriaFim = "AptidaoAgricola")
{
  "Bom" : (solos.tema == "Le" && decl >= 0.05),
  "Medio" : (solos.tema == "Aq" || decl >= 0.10),
  "Ruim" : (solos.tema == "Aq" && decl >= 0.10),
  "fundo" : Outros ;
};
```

← Tem Não tem

Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO **Fatie**

Gera um plano de informação (PI) temático a partir de um PI numérico. As regras de processamento são baseadas em uma tabela de fatiamento criada através do operador **Novo**.



Exemplo:

```
// Inicio de programa
// Declarações
Tematico classes_decl ("Faixas_de_Declividade");
Numerico decli ("Declividade");
Tabela fatia(Fatiamento); ←
// Instanciações
fatia = Novo (CategoriaFim = "Faixas_de_Declividade",
             [0.0, 5.0] : "baixa",
             [5.0, 15.0] : "media",
             [15.0,45.0] : "alta");

decli = Recupere(Nome = "grade_declividade");
classes_decl = Novo(Nome="decli_fat", ResX = 40,
                   ResY = 40, Escala = 100000);

// Operação
classes_decl = Fatie(decli,fatia);
// Final de programa
```

Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO **Pondere**

Gera um PI numérico a partir de um PI temático. As regras de processamento são baseadas em uma tabela de ponderação criada através do operador **Novo**.

Exemplo:

```
// Inicio de programa
// Declarações
Tematico geom      ("Geomorfologia");
Numerico fragil   ("fragilidade");
Tabela  tab_geo  (ponderacao); ←

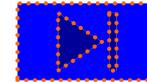
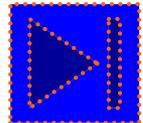
// Instanciações
fragil = Novo (Nome = "fragilidade_solo", ResX = 50,
              ResY = 50, Escala = 100000);

tab_geo = Novo (CategoriaIni = "Geomorfologia",
               "SEpt" : 1.2,
               "Espp" : 1.1,
               "Estb" : 1.3,
               "dk"   : 2.4);

geom = recupere (Nome = "Geomorf_RADAM");

// Operação
fragil = 0.5 * Pondere (geom, tab_geo);

// Final de programa
```



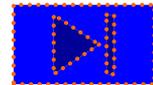
Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO **Reclassifique**

Remapeia um PI temático para um outro PI temático. Este remapeamento é realizado segundo uma tabela de Reclassificação.
(colocar figura remapeada).

Exemplos:

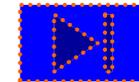
```
{
// inicio do programa
// Declarações
Tematico cobertura ("Floresta");
Tematico desmat ("Desmatamento");
Tabela tab_reclass(Reclassicao);
// Instanciações
tab_reclass = Novo (CategoriaIni = "Floresta",
                    CategoriaFim = "Desmatamento",
                    "Floresta_Densa" : "Floresta",
                    "Floresta_Varzea" : "Floresta",
                    "Rebrota" : "Desmatamento",
                    "Area_Desmatada" : "Desmatamento");

cobertura = Recupere(Nome = "tipos_cobertura");
desmat = Novo (Nome = "desmatamento",
              ResX = 30, ResY = 30, Escala = 100000);
// Operação
desmat = Reclassifique (cobertura,tab_reclass);
// Final de programa
}
```



OPERAÇÃO - Reclassificação por atributo

Gera um PI temático em função dos atributos definidos para objetos representados em PI cadastral.



Exemplos:

```
{  
Atributo   pop ("Comunidades_O", "populacao");  
Objeto     com ("Comunidades_O");  
Cadastral  cad ("Mapa_de_Comunidades");  
Tematico   tem ("Faixas_tematicas");  
Tabela     fat (Fatiamento);  
}
```

```
cad = Recupere (Nome = "mapa_de_comunidades");  
tem = Novo (Nome = "populacao", ResX =100, ResY =100,  
Escala =100000, Repres =Raster);
```

```
fat = Novo (      CategoriaFim= "Populacao",  
              [1000, 2000]      : "Baixa",  
              [2000, 5000]      : "Media",  
              [5000, 10000]     : "Alta"   );
```

Faixas_tematicas

```
tem = ReclAtrib (com, pop, fat) OnMap cad;  
}
```

Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO MédiaZonal

Calcula o valor médio dentro de cada zona (região) de um PI.

Sintaxe:

- Resultado em grade Numérica
`pis = MediaZonal (pie, lista_de_zonas)`
Resultado em um único valor numérico
`vr = MediaZonal (pie, zona)`
- Resultado numérico em Tabela de Atributos de Objetos
`Objeto."atr" = MediaZonal (pie, objeto OnMap pic)`



Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO MédiaZonal

Exemplo:

Estima o pH médio de cada tipo de solo.

Gera um geocampo numérico

Exemplos:

```
{
// Início de programa
// Declarações
Tematico zonas          ("Solos_vale_paraiba");
Numerico ph             ("ph_solos_vale_paraiba");
Numerico ph_medio      ("grade_media_zonais_10x10");
Float    ph_terra_roxa;

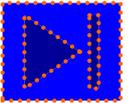
// Instanciações
// Dados de entrada
ph      = Recupere(Nome = "ph_solos_sjc");
zonas   = Recupere(Nome = "solos_sjc");
ph_medio = Novo(Nome = "ph_medio_solos_sjc", ResX= 10,
                ResY= 10, Escala = 100000, Min = 0, Max =
20);

// Operação
// Resultado em campo Numérico para algumas regiões
especificas.
ph_medio = MediaZonal(ph,zonas.Classe == "terra_roxa",
                      zonas.Classe   == "latosolo_vermelho",
                      zonas.Classe   == "solos_hidromorficos");

// Resultado em campo Numérico para as classe temáticas
// presentes no plano de informação temático "solos_sjc".
// Neste caso cada tipo de solo define uma região.

ph_medio = MediaZonal(ph,zonas.Classe * );

// Resultado em um único valor numérico
ph_terra_roxa = MediaZonal(ph,zonas.Classe ==
"terra_roxa");
}
```



Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO MédiaZonal

Exemplo: Estima a altitude média de cada município.
Notar diferença do anterior

```
// Programa de media zonal que atualiza tabela de atributos
{
  // Inicio de programa
  // Declarações
  Objeto          regioes ("municipios");
  Cadastral       mapamunicipios ("mapacad");
  Digital          altimetria("altime");

  mapamunicipios = Recupere (Nome = "municipios");
  altimetria     = Recupere (Nome = "alt");

  // Resultado numérico em Tabela de Atributos de Objetos
  regioes."altitudeM" = MediaZonal (altimetria,regioes OnMap
  mapamunicipios);
}
```

Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO **Espacialize**

Permite que os valores referentes a um certo atributo sejam espacializados em um geocampo Temático ou Numérico.

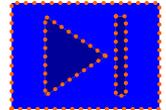
Exemplo:

```
{
  // Inicio de programa
  // Declarando os nomes das variáveis usadas
  Objeto      limites ("talhoes");
  Cadastral   fazendas ("mapadefazendas");
  Tematico    tem ("solos");
  Numerico    ph_solos("grade_ph")

  // Instanciações
  //Dados de entrada
  fazendas = Recuperar (Nome = "mt");
  tem = Novo (Nome="mapa_de_solos", ResX =30, ResY =30,
  Escala =10000, Repres =Vetor);

  Resultado em geo-campo Temático
  tem = Espacialize (limites."SOLO" OnMap fazendas);

  Resultado em campo Numérico
  ph_solos = Espacialize (limites."ph" OnMap fazendas);
}
```



Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO **Atualize**

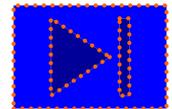
Atualiza um atributo dos objetos, previamente associados a entidades em um mapa cadastral, a partir de valores obtidos pela aplicação de operadores zonais sobre um plano de informação de referência.

```
// Programa Atualiza tabela com operacao de media zonal
{
Objeto          regioes ("municipios");
Cadastral      mapamunicipios ("mapacad");
Digital        altimetria("altime");

mapamunicipios = Recuperere (Nome = "municipios");
altimetria = Recuperere (Nome = "alt");
regioes."Altitudemedia" = Atualize ( altimetria,regioes OnMap
mapamunicipios, MedZ) ;
}

// Programa Atualiza tabela com operacao de maximo zonal
{
Objeto          regioes ("municipios");
Cadastral      mapamunicipios ("mapacad");
Digital        altimetria("altime");

mapamunicipios = Recuperere (Nome = "municipios");
altimetria = Recuperere (Nome = "alt");
                regioes."Altitudemaxima" = Atualize ( altimetria,regioes
OnMap
                mapamunicipios, MaxZ);
}
```

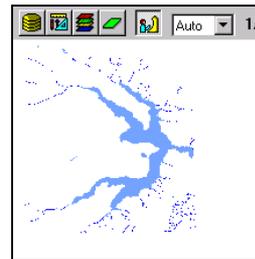
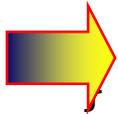


Exemplo em LEGAL

Duplicar um PI temático de drenagem

```
□ {  
  // declaração de variáveis  
  // dren1 e dren2 do modelo temático  
  
  Tematico dren1, dren2 ("Drenagem");  
  
  // Instanciando as variáveis  
  dren1 = Recuperar (Nome="Mapa_rios");  
  dren2 = Novo(Nome="Mapa_rios_copia",  
              ResX=10, ResY=10, Escala = 50000);
```

```
// copiando o PI  
dren2 = dren1;
```



Linguagem LEGAL - OPERAÇÃO ? :

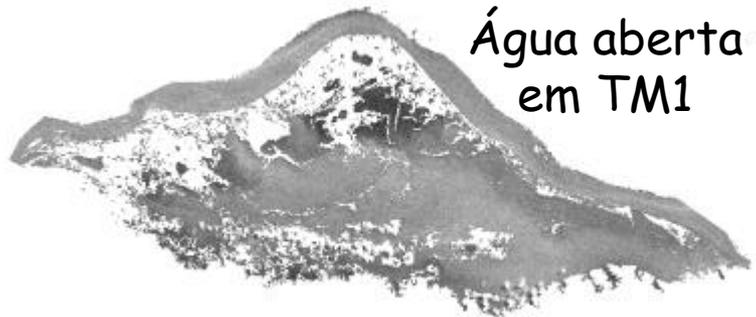
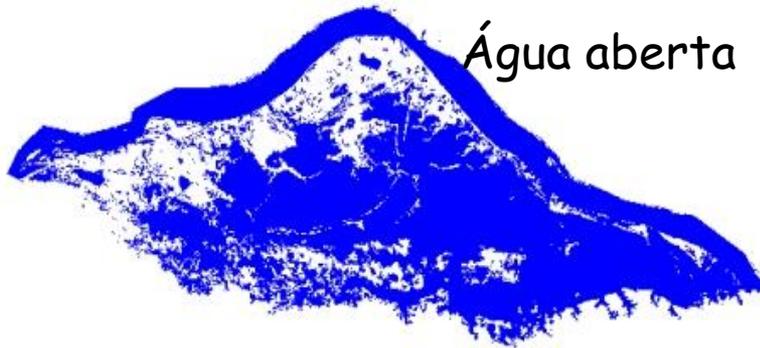
variável = expressao_booleana ? expressao1 : expressao2 ;

Implementa uma expressão condicional a partir do resultado de uma expressão booleana avaliada antes do sinal ?. Se o resultado da expressão booleana for verdadeira atribui-se para a variável de saída o resultado da expressão antes do ":", caso contrário atribui-se o resultado da expressão que vem depois do ":".

Consideração:

O tipo da variável de saída e o da expressão1 e expressao2 devem ser compatível.

Recorte de imagens



Recorte de imagens

```
{
  Imagem      tm1,tm2,tm3,saida1,saida2,saida3("tm");
  Tematico    mascaraagua ("mascara");

  tm1 = Recupere (Nome = "tm1_160799");
  tm2 = Recupere (Nome = "tm2_160799");
  tm3 = Recupere (Nome = "tm3_160799");

  saida1 = Novo (Nome="tm1_160799r", ResX=25, ResY=25);
  saida2 = Novo (Nome="tm2_160799r", ResX=25, ResY=25);
  saida3 = Novo (Nome="tm3_160799r", ResX=25, ResY=25);

  mascaraagua = Recupere (Nome = "mascara_160799");

  saida1 = mascaraagua.Class == "agua" ? tm1 : 255;
  saida2 = mascaraagua.Class == "agua" ? tm2 : 255;
  saida3 = mascaraagua.Class == "agua" ? tm3 : 255;
}
```

OPERAÇÃO ? :

variável = expressao_booleana ? expressao1 : expressao2 ;

variável = expressao_booleana ? expressao1 : (bool ? Exp1 : exp2) ;

{

//Declaração

Numerico cromo ("Amostras");

Numerico cromofuzzy ("Cromo_Fuzzy");

//Instanciação

cromo = Recuperar (Nome= "Teores_Cromo");

cromofuzzy = Novo (Nome = "Cromo_Fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala=50000, Min=0,
Max=1);

//Operação

cromofuzzy = (cromo < 0.20) ? 0 :

expressao1

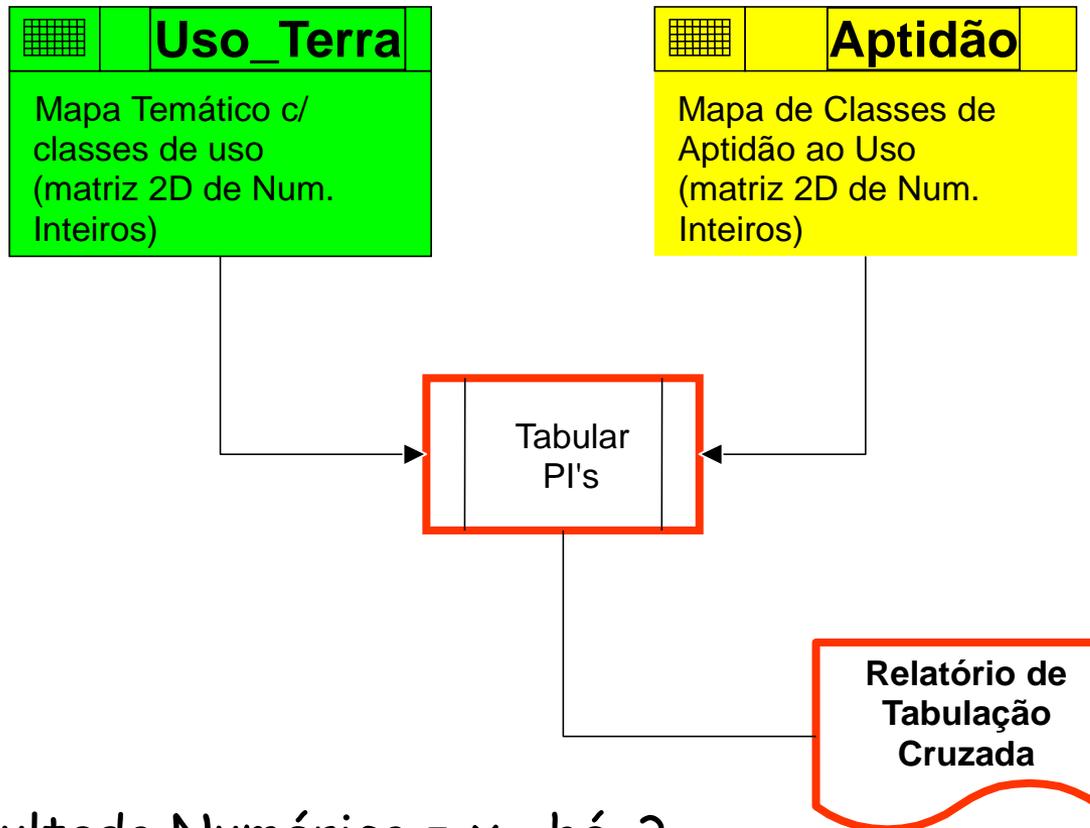


(cromo > 1.855) ? 1 : 1/(1 + (0.424 * ((cromo - 1.855)^2)));

expressao2

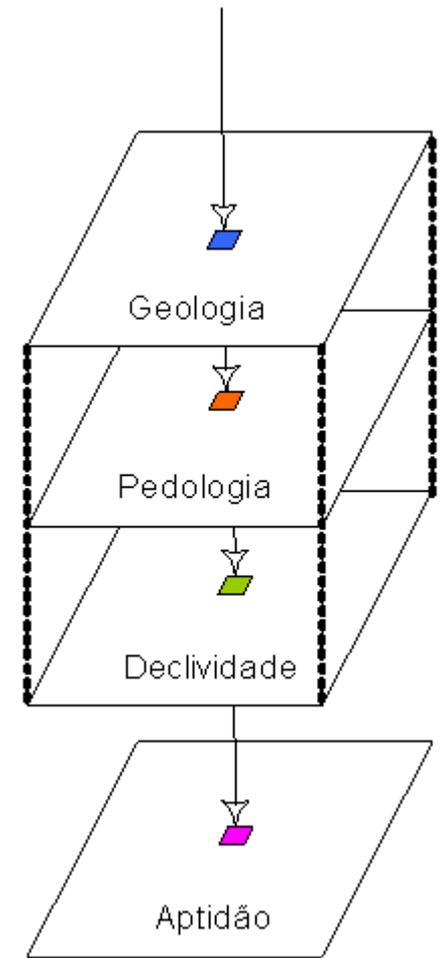
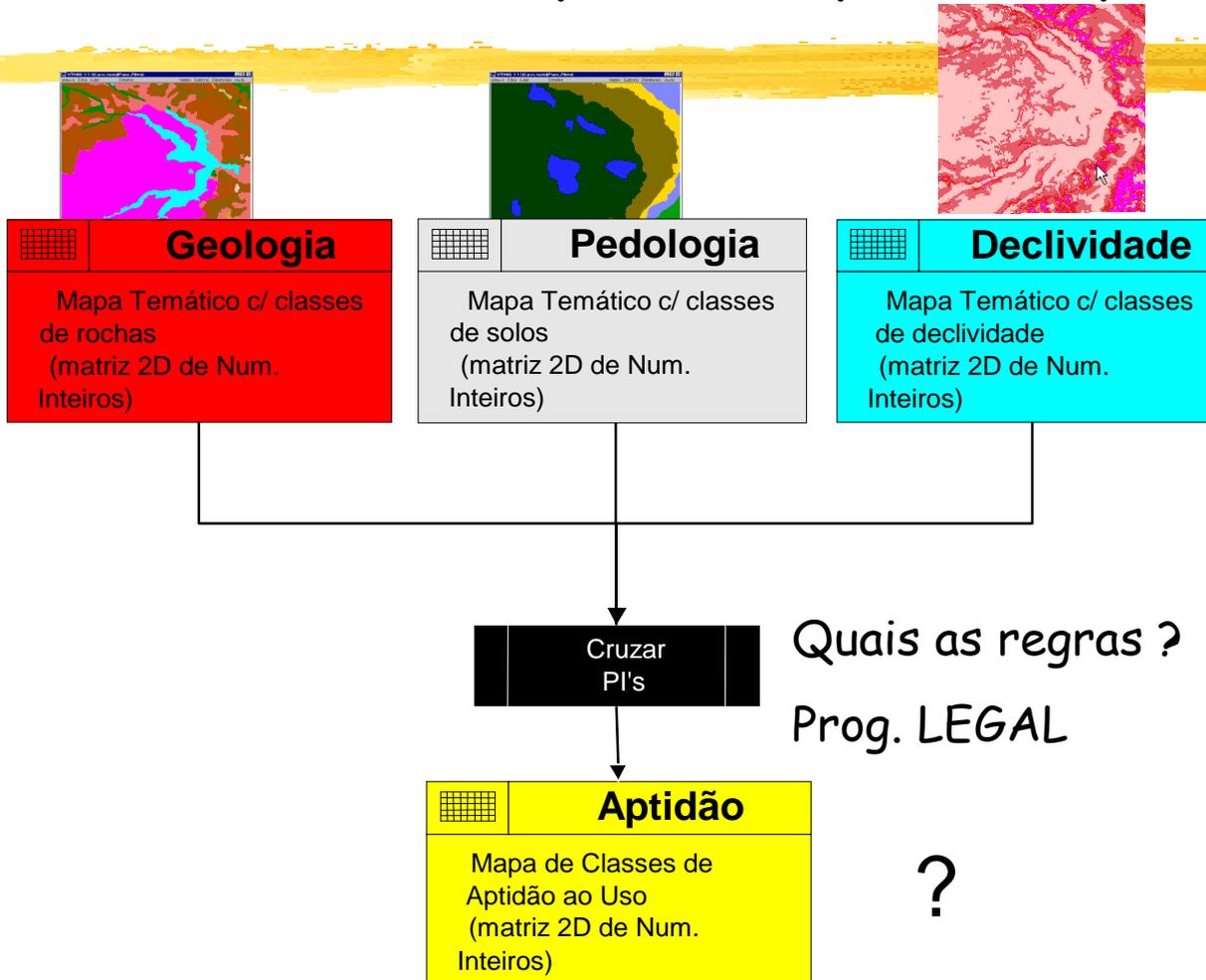
Pergunta ???

"Quanto da área urbana de Brasília encontra-se em uma classe de baixa aptidão ao uso ?"



Resultado Numérico = x há ?

Exemplo - Mapa de Aptidão



"overlay" matricial

Características das classes de pedologia

SIGLA	TEXTURA	DESCRIÇÃO	DRENAGEM	PROFUNDIDADE
AQd	Arenosa	Areias Quartzosas	Excessivamente Drenados	Profundos
Cd	Argilosa/Media	Cambissolo	Bem Drenados	Rasos
BV	Argilosa	Brunizem Avermelhado	Bem/Moderadamente Drenados	Medianamente Profundos
HLd	Argilosa/Media/ Arenosa	Laterita Hidromorfica Distrofica-A + Solos Hidromorficos Indiscriminados	Mal Drenados	Rasos
LEd	Argilosa/Media	Latossolo Vermelho-Escuro	Bem/Acentuadamente Drenados	Muito Profundos
LVd	Argilosa/Media	Latossolo Vermelho-Amarelo	Bem/Acentuadamente Drenados	Profundos
HPd	Arenosa	Podzol Hidromorfico Alico A + Laterita Hidromorfica Distrofica	Mal/Imperfeitamente Drenados	Medianamente Profundos
PV	Argilosa/Media	Podzolico Vermelho-Amarelo	Bem Drenados	Profundos
PE	Argilosa a Siltosa	Podzolico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrofico	Bem Drenados	Profundos
Ade	Variavel	Solos Aluviais	Mal/Imperfeitamente Drenados	Variaveis
Hi	Argilosa	Solos Hidromorficos	Imperfeitamente/Mal Drenados	Medianamente Profundos
TRe	Argilosa	Terra Roxa Estruturada Similar	Bem Drenados	Medianamente Profundos/Profundos
Urbano	Area Urbana	Areas Urbanas	Areas Urbanas	Areas Urbanas
Ag	Lago	Lagoa	Represa	Lago

Características das classes de geologia

UNIDADE	GRUPO	DESCRIÇÃO
lentes	Paranoá	Calcário
MNPccf	Canastra	Clorita xistos, sericita clorita xistos, calcifilitos e raras lentes de mármore e quartzitos
MNPcf	Canastra	Sericita filitos, qz sericita filitos com ocasionais ocorrências de filitos ricos de matéria orgânica
MNPpa	Paranoa	Unidade ardósia: ardósia roxas quando alteradas e cinza quando frescas e raras lentes arenosas
MNPppc	Paranoa	Unidade psamopelito carbonatada: metargilitos metassiltitos artilosos com lentes de calcário (ca) e dolomita e intercalações de quartzitos grossos a conglomeráticos
MNPpq3	Paranoa	Unidade quartzito médios: quartzito cinza a branco, silicificados ricos em estratos cruzados
MNPpr3	Paranoa	Unidade metarritmito arenoso: intercalações de bancos métricos a centimétricos de quartzitos e níveis delgados de metassiltitos e metargilitos
MNPps	Paranoa	Unidade metassilitito: metassiltitos maciços com metarritmitos na base e no topo
NPa	Araxa	Micaxistos, muscovita-qz xistos, musc.biotita clorita xistos
NPb	Bambui	Metapelitos, metargilitos, metassiltitos argilosos

Mapa de Aptidão (operação Booleano)

Programa em LEGAL

```
{  
// Declaração das variáveis temáticas  
Tematico solo ("Pedologia"), decl ("Declividade"),  
    geo ("Uni_Geologica"), aptidao("Aptidao");  
  
// Instanciações das variáveis temáticas  
solo = Recuperar(Nome="Mapa_Pedolico-PP");  
geo = Recuperar(Nome="Mapa_Uni_Geologicas-PP");  
decl = Recuperar(Nome="Mapa_Declividade-graus");  
aptidao = Novo(Nome="Mapa_aptidao", ResX=30, ResY=30,  
    Escala=25000);  
  
...
```

Mapa de Aptidão (operação Booleano) Programa em LEGAL

```
Atribua CategoriaFim = "Aptidao
{
"Urbano Implantado" : solo.Classe == "Urbano",
"Corpos de água": solo.Classe == "Ag",

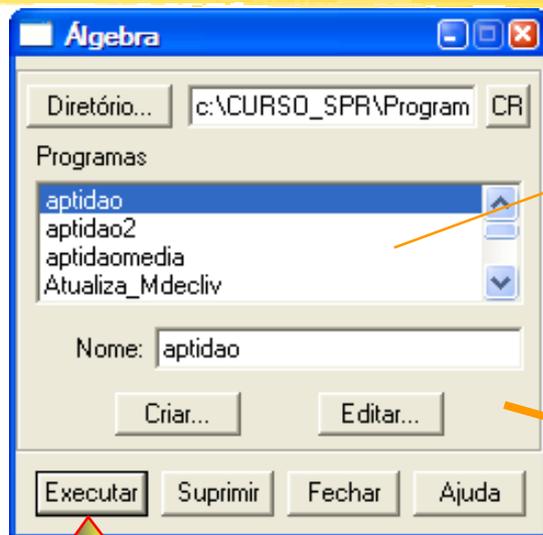
"Baixa" : (solo.Classe == "Cd || solo.Classe == "LVd") &&
           (decl.Classe == "> 8 graus" || decl.Classe == "4-8 graus") &&
           (geo.Classe == "MNPpr4" || geo.Classe == "MNPpr3"),

"Média" : (solo.Classe == "Cd" && geo.Classe == "MNPpa" && decl.Classe ==
           "2-4 graus") || (solo.Classe == "Cd" && geo.Classe == "MNPpa" &&
           decl.Classe == "0-2 graus") || (solo.Classe == "LEd" && geo.Classe ==
           "MNPpa" && decl.Classe == "2-4 graus" ),

"Alta" : Outros
}; ←
}
```

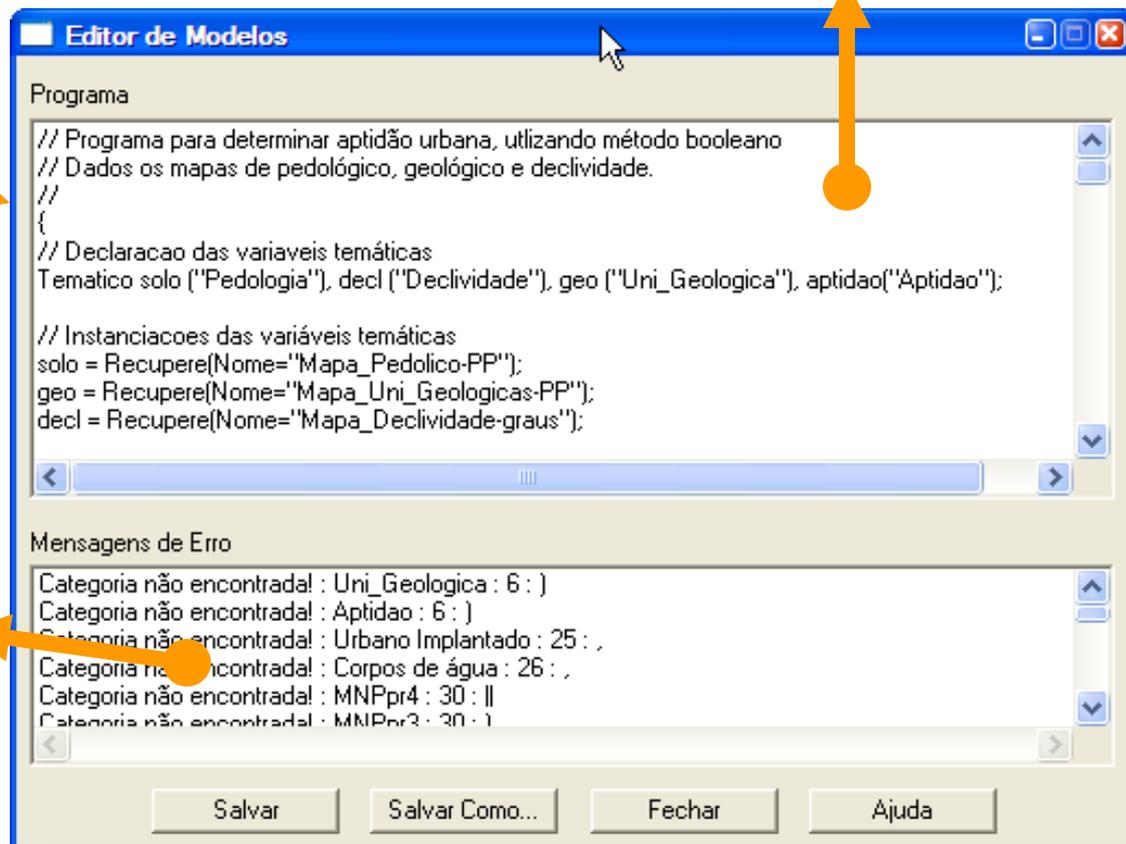
LEGAL - interfaces

Menu [Análise][LEGAL...]



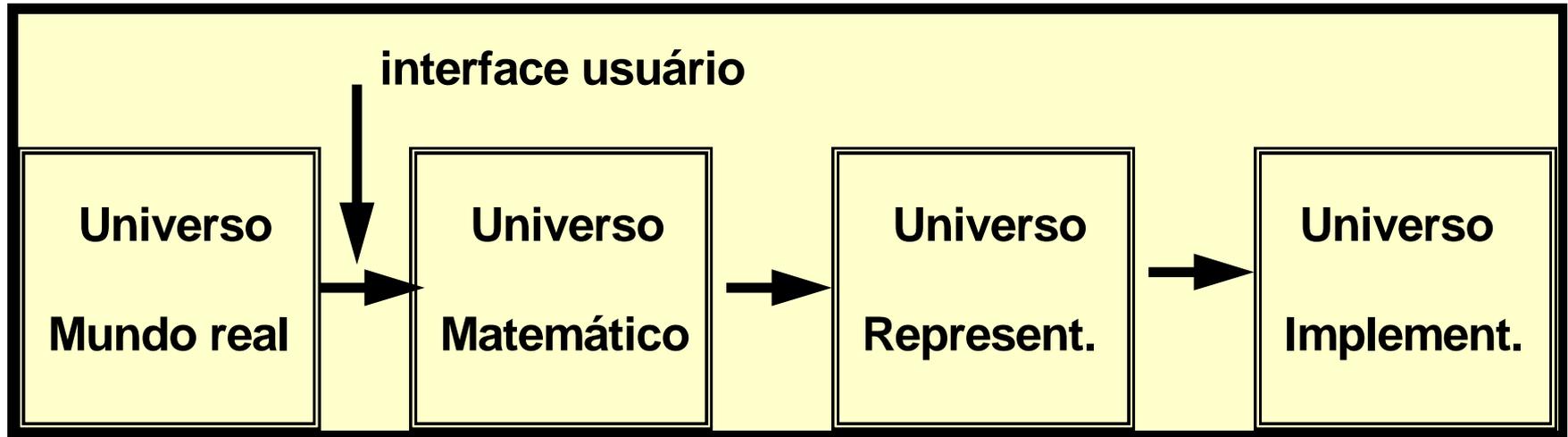
- Arquivos ASCII sem formatação com extensão *.alg

Editar e corrigir erros



Duplo clique na linha de mensagem destaca a linha do programa

Níveis de abstração em modelagem



□ Níveis de abstração

- mundo real: cadastro urbano, vegetação, solos
- matemático: campos e objetos
- representação: matrizes x vetores
- implementação: R-trees, quad-trees



1



2

UNIVERSO DO MUNDO REAL

Modelagem de Dados em Geoprocessamento

- O que temos no mundo real para modelar e representar no sistema?
 - mapas de solos, geologia, geomorfologia, vegetação, etc
 - cadastro urbano e rural
 - dados geofísicos
 - fotos aéreas
 - imagens de satélite
 - dados de altimetria e topográficos

UNIVERSO MATEMÁTICO (CONCEITUAL)

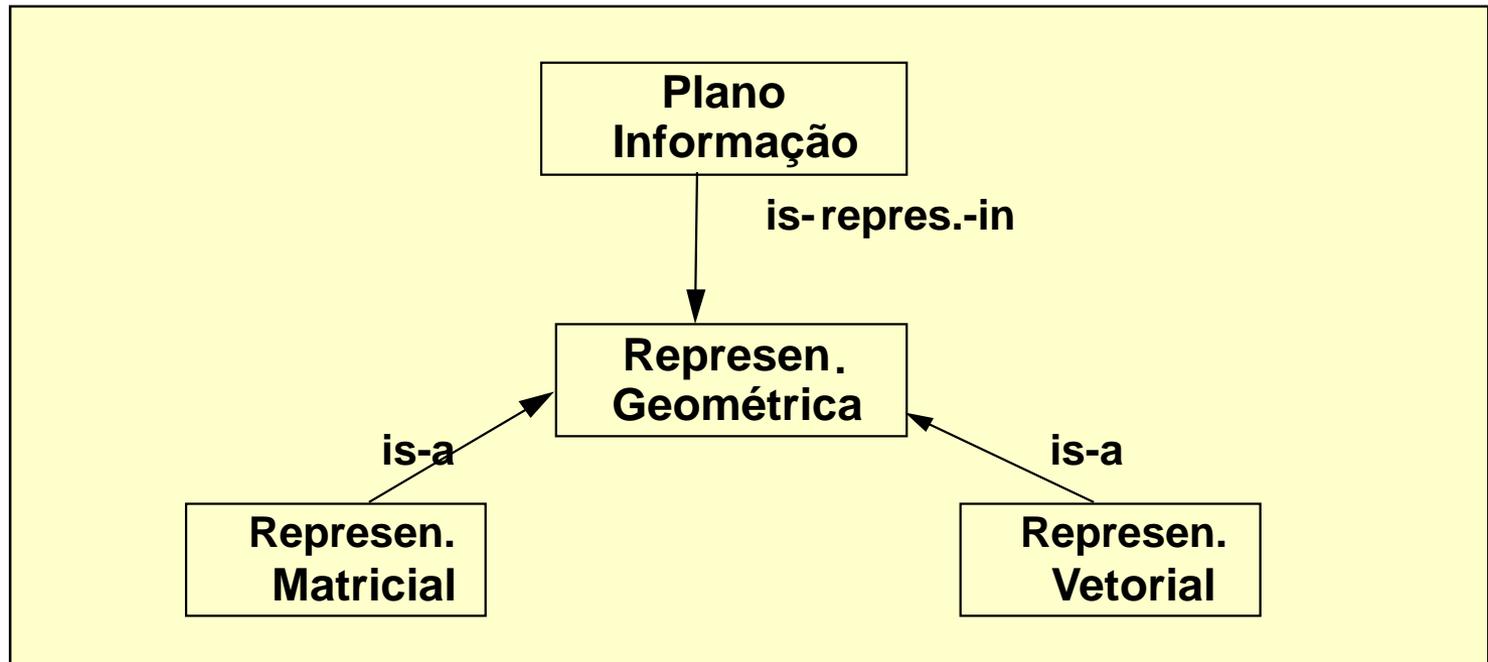
Modelagem de Dados em Geoprocessamento

- Modela o mundo real através de duas entidades formais:
 - *Geo-Campos* - "representam a distribuição espacial de uma variável que possui valores em todos os pontos pertencentes a uma região geográfica." - Ex: mapas temáticos, modelos numéricos de terreno e imagens
 - *Geo-Objeto*
 - é um elemento único que possui atributos não espaciais
 - pode estar associado a múltiplas localizações geográficas
 - a localização pretende ser exata
 - o objeto é distinguível de seu entorno (mapas cadastrais e redes)

UNIVERSO DE REPRESENTAÇÃO

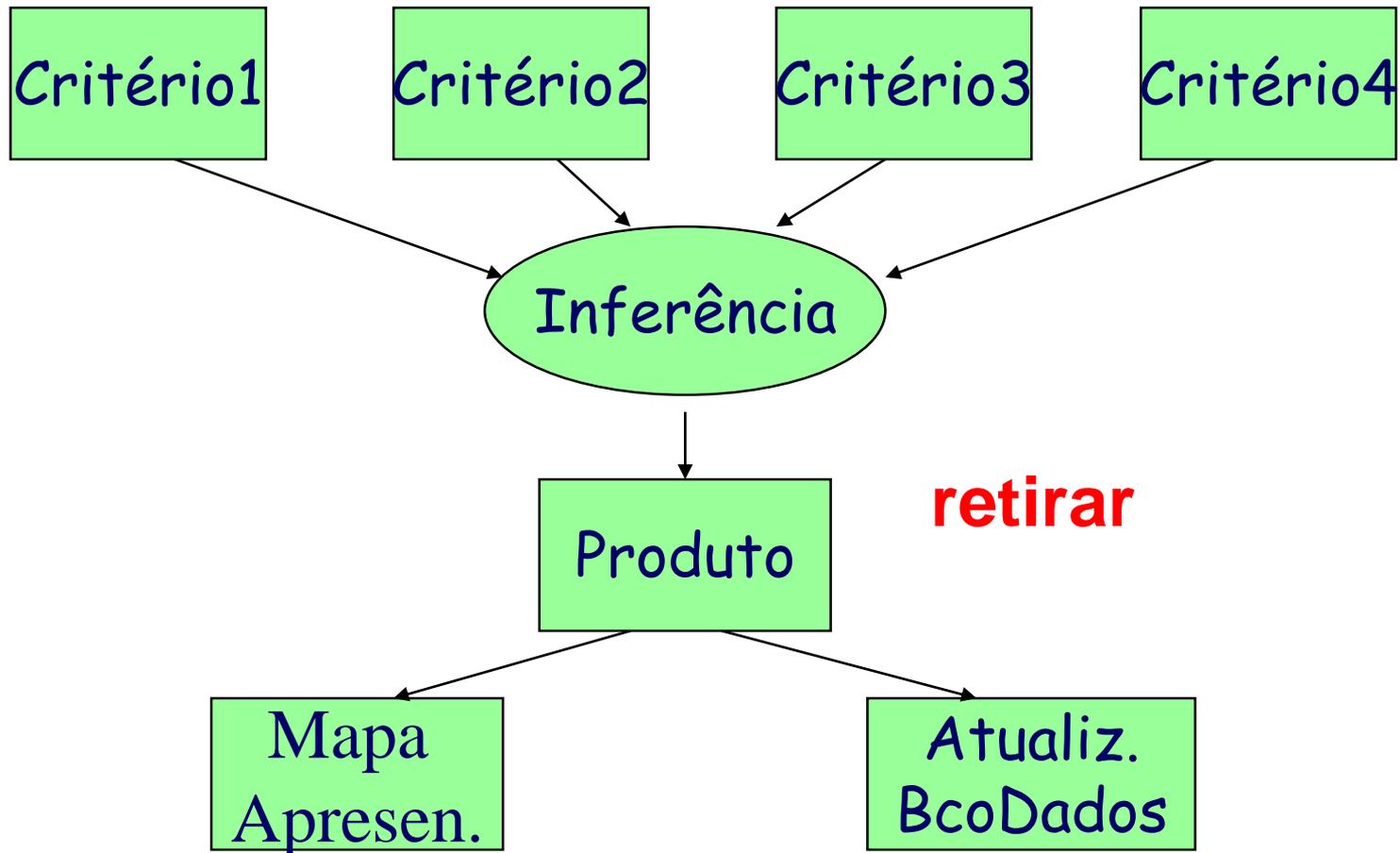
Modelagem de Dados em Geoprocessamento

- As entidades formais são mapeadas para representações gráficas (geométrica) utilizadas no modelo
- As entidades podem ser especializadas entre as representações matricial ("raster") e vetorial.



Suporte a inferência geográfica: Análise Multi-Critério

Investigar um número de alternativas, considerando múltiplos critérios e objetivos em conflito



Apresentação de dados SPRING



- 1 - Selecionar uma Categoria
- 2 - Selecionar um Plano de Informação
- 3 - Selecionar uma representação disponível
- 4 - Desenhar na tela ativa

- Duplo clique no PI desmarca o mesmo
- Duplo clique na Categoria desmarca PI's
- Cada alteração no Painel é necessário clicar em Desenhar



- **Importante** - Definir a prioridade quando mais de um PI selecionado - quanto > prioridade é apresentado a posteriori