MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Laboratório 4

Disciplina

Introdução ao Geoprocessamento – SER 300

Prof. Antonio Miguel Vieira Monteiro

INPE, São José dos Campos.

Maio, 2013.

Aluno: Gabriel Thomé Brochado

1. INTRODUÇÃO

Este documento visa relatar os procedimentos realizados na execução dos exercícios propostos no Laboratório 4 do Curso de Introdução ao Geoprocessamento (SER-300), bem como apresentar os resultados obtidos.

Foram foco do trabalho as atividades elencandas abaixo, as quais foram todas desenvolvidas no programa SPRING 4.3.3, utilizando dados de um estudo de caso na região de Pinheiros Altos, município de Piranga – MG.

1) Geração de grades de teores de cromo e cobalto;
2) Geraçao de uma grade ponderada de geologia;
3) Geração de grades fuzzy para os teores de cromo e cobalto;
4) Geração da grade de pontencial utilizando operadores fuzzy;
5) Geração da grade de potencial utilizando suporte à decisão (AHP);
6) Fatiamento das grades de potencial e
7) Comparação dos resultados.

No estudo de caso buscasse encontrar, por meio de técnicas de geoprocessamento, áreas com alto potencial para a extração de cromo, utillizando medições dos teores de cromo, cobalto e outros fatores geologicamente relevantes. Os teores de cobalto foram medidos porque a presença de cobalto é um indício indireto da presença de cromo, uma vez que a ocorrência de altos teores desses minerais está correlacionada.

2. DESENVOLVIMENTO

1) Geração de grades de teores de cromo e cobalto

Foram geradas grades regulares com resolução de 30 metros e interpolador média ponderada a partir das amostragem dos teores de cromo e cobalto (Figura 1).

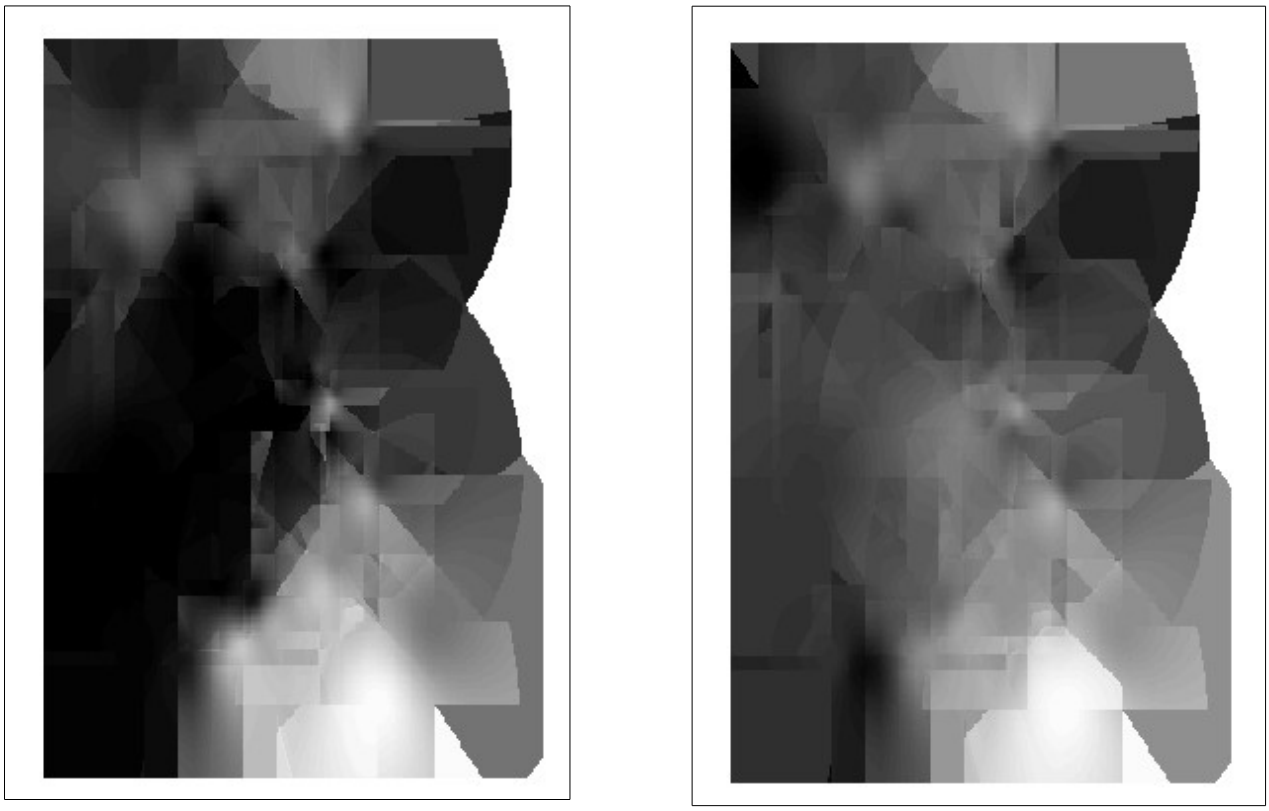


Figura 1 – Extratos das grades regulares de cromo (esquerda) e cobalto (direita)

2) Geraçao de uma grade ponderada de geologia

O PI temático deniminado ***Geologia*** foi utilizado para gerar uma grade numérica através de uma operação de ponderação de suas classes. Os pesos adotados estão elencados a seguir e o resultado da consta da Figura 2:

- Granito-Granodiorito: 0,
- Arvs - Unidade Superior : 0,

- Arvm - Unidade Media : 0.7,
- mv1 - Sto Antonio Pirapetinga : 1,
- mb - Sto Antonio Pirapetinga : 0.5 e
- Asap - Sto Antonio Pirapetinga : 0.7.

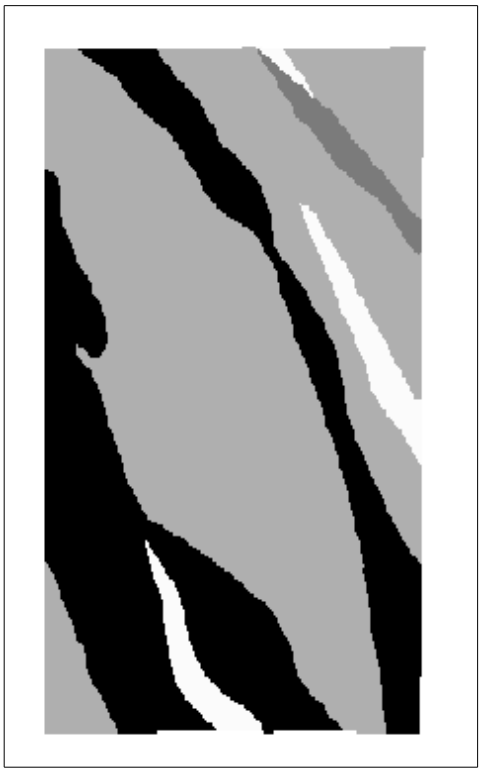


Figura 2 – Extrato da grade de geologia ponderada

3) Geração de grades fuzzy para os teores de cromo e cobalto

A criação das grades fuzzy foi efetuada por meio de álgebra de mapas programada na linguagem LEGAL. As funções utilizadas para modelar o nivel de pertinência fuzzy foram as seguintes, onde x e y são os teores de cromo e cobalto em cada pixel respectivamente.

$$f(x)=0, para\ x\in[-\infty;0{,}2];1, para\ x\in[1.855,+\infty];\frac{1}{(1+0{,}424(x-1{,}855)^2)}, para\ x\in[0{,}2;1{,}855]$$

$$f(y)=0, para\ y\in[-\infty;60];1, para\ y\in[150{,}92,+\infty];\frac{1}{(1+0{,}000198(y-1{,}855)^2)}, para\ y\in[0{,}2;1{,}855]$$

Os códigos utilizados para a criação das grades são muito similares e são estão expostos abaixo:

```
{
// Fuzzy cromo (ponto ideal com um teor de 1.855 % e ponto de cruzamento em 0.32)
//Declaração
Numerico cromo ("Amostras");
Numerico cromofuzzy ("Cromo_Fuzzy");
//Instanciação
cromo = Recupere ( Nome= "Teores_Cromo" );
cromofuzzy = Novo (Nome = "Cromo_Fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala=50000,
Min=0, Max=1);
//Operação
cromofuzzy = (cromo < 0.20)? 0 : (cromo > 1.855)? 1 : 1/(1 + (0.424 * ((cromo -
1.855)^2)));
}

{
// Fuzzy cobalto (ponto ideal com um teor de 150.92 ppm e ponto de cruzamento em
// 80ppm)
//Declaração
Numerico cobal ("Amostras");
Numerico cobalfuzzy ("Cobalto_Fuzzy");
//Instanciação
cobal = Recupere ( Nome= "Teores_Cobalto" );
cobalfuzzy = Novo( Nome = "Cobalto_Fuzzy" , ResX = 30, ResY = 30, Escala = 50000,
Min = 0, Max = 1 );
//Operação
cobalfuzzy= (cobal <60) ? 0 : (cobal>150.92)? 1 : 1/( 1 +(0.000198*((cobal - 150.92
)^2 ) ) );
}
```

As grades resultantes da classificação fuzzy estão representadas na Figura 3.

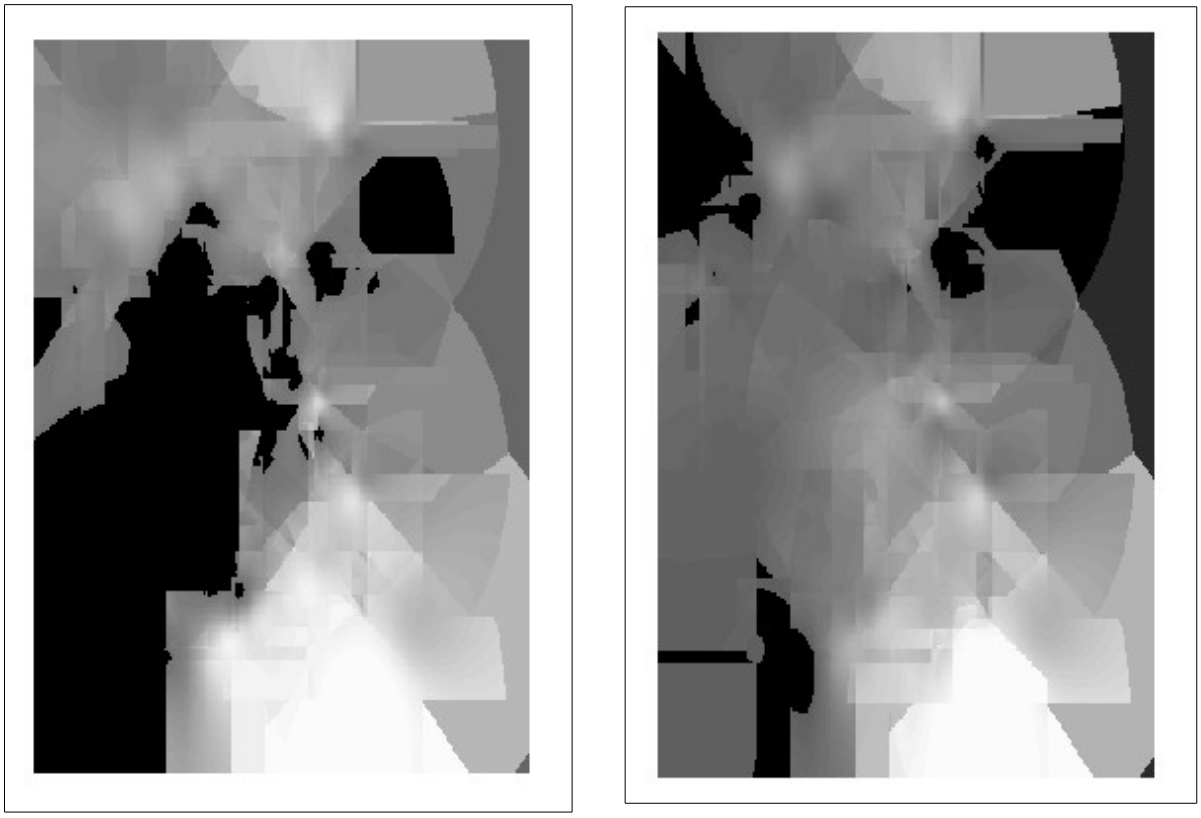


Figura 3 – Extrato das grades fuzzy de cromo (esquerda) e cobalto (direita)

4) Geração da grade de pontencial utilizando operadores fuzzy

Foi utilizado um operador fuzzy do tipo gama nas grades fuzzy de cromo e cobalto e na grade de geologia ponderada para geração de uma grade potencial de extração de cromo. A formulação do operador se dá por

$$\mu = (\text{soma algébrica Fuzzy})^{\gamma} * (\text{produto algébrico Fuzzy})^{1-\gamma}$$

Foi adotado $\gamma = 0{,}7$ e realizada a álgebra de mapa por meio da linguagem legal. O código está exposto abaixo e o resultado da operação está representado na Figura 4

```
{
//Declaração
Numerico cobal("Cobalto_Fuzzy"), cromo("Cromo_Fuzzy"), geol
("Geologia_Ponderada");
```

```
Numerico gama ("Gama_Fuzzy");
//Instanciação
cobal = Recupere (Nome= "Cobalto_Fuzzy");
cromo = Recupere (Nome= "Cromo_Fuzzy");
geol = Recupere (Nome= "Geologia_Ponderada");
gama=Novo (Nome="Gama_Fuzzy", ResX=30, ResY= 30, Escala=50000, Min=0,
Max=1);
//Operação
g=0.70;
gama = (cobal*cromo*geol)^(1 - g) * (1 - ( (1 - cobal) * (1- cromo) * (1- geol) )^g);
}
```

Figura 4 – Grade de potencial gama fuzzy

5) Geração da grade de potencial utilizando suporte à decisão (AHP)

Com objetivo de gerar uma grade a partir da média ponderada das classificações fuzzy de cromo e cobalto e da grade de geologia ponderada, utilizou-se a técnica AHP de apoio a decisão para determinar quais pesos deveriam ser utilizados. Os critérios de importância relativos adotados constam na Figura 5. Os critérios foram baseados no conhecimento prévio de que 1) onde há maior teor de cromo há maior chance de haver cromo; 2) onde há maior teor de cobalto há indícios de que haja alto teor de cromo, pois são correlacionados; 3) a variabilidade geológica é que menos influe

no processo dentre as três analisadas. Ao serem escolhidos os pesos dois a dois na interface do SPRING 4.3.3 é fornecido um valor de Razão de Consistência, o qual, segundo a literatura, deve ser menor do que 0,1. A razão de consistência obtida pelos valores dos pesos escolhidos foi de 0,081.

Figura 5 – Interface do SPRING para escolha dos pesos dois a dois

Como resultado o SPRING 4.3.3 gera um código na linguagem LEGAL que deve ser editado (abaixo) e processado para geração da grade de potencial de extração de cromo (Figura 6)

```
{
// Pesos a ser aplicados
// Cobalto_Fuzzy = 0.199
// Cromo_Fuzzy = 0.733
// Geologia_Ponderada = 0.068

// Razao de consistência
// CR = 0.081

// Programa em LEGAL
// Este programa deve ser completado
// pelo usuario para incluir os dados
// apresentados entre os sinais de <>

// Definicao dos dados de entrada

Numerico  var1  ("Cobalto_Fuzzy");
Numerico  var2  ("Cromo_Fuzzy");
Numerico  var3  ("Geologia_Ponderada");

// Definicao do dado de saida

Numerico  var4  ("Cromo_AHP");

// Recuperacao dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="Cobalto_Fuzzy");
var2 = Recupere (Nome="Cromo_Fuzzy");
var3 = Recupere (Nome="Geologia_Ponderada");

// Criacao do dado de saida

var4  =  Novo (Nome="Cromo_AHP", ResX=30, ResY=30, Escala=50000,
        Min=0, Max=1);
```

```
// Geracao da media ponderada

var4 = 0.199*var1 + 0.733*var2+ 0.068*var3;
}
```

Figura 6 – Grade de potencial AHP

6) Fatiamento das grades de potencial

As grades obtidas em 4) e 5) foram fatiadas nas classes abaixo. O resultado será discutido no em 7).

- [0.0, 0.2] : Background;
- [0.2, 0.5] : Baixo Potencial;
- [0.5, 0.7] : Medio Potencial e
- [0.7, 1.0] : Alto Potencial.

O fatiamento foi realizado por meio de álgebra de mapas implementada na linguagem

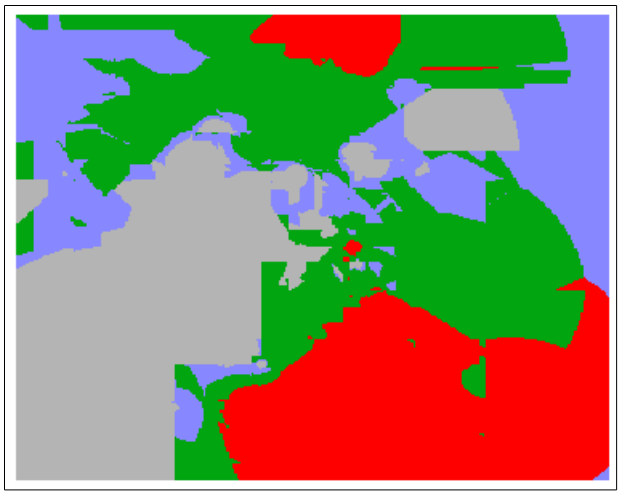
LEGAL. Os códigos seguem abaixo.

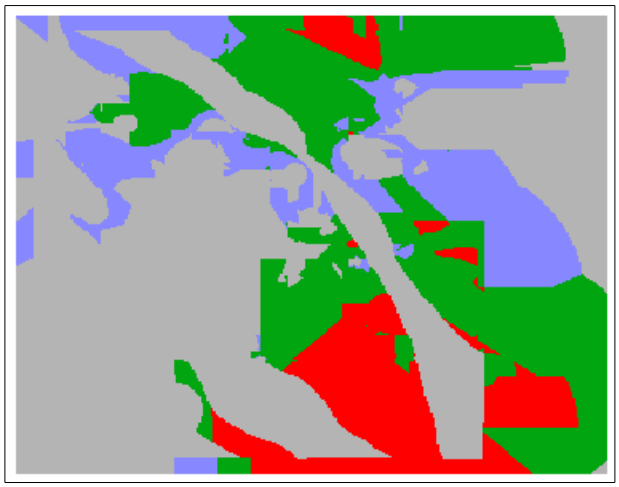
```
{
//Declarações
Numerico num ("Gama_Fuzzy");
Tematico tem ("Fatiamento");
Tabela
 tab(Fatiamento);
//Instanciações
num = Recupere (Nome = "Gama_Fuzzy");
tab = Novo (CategoriaFim = "Fatiamento",
[0.0, 0.2] : "Background",
[0.2, 0.5] : "Baixo Potencial",
[0.5, 0.7] : "Medio Potencial",
[0.7, 1.0] : "Alto Potencial" );
tem = Novo (Nome = "FAT_Gama_Fuzzy", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Operações
tem = Fatie (num, tab);
}
```

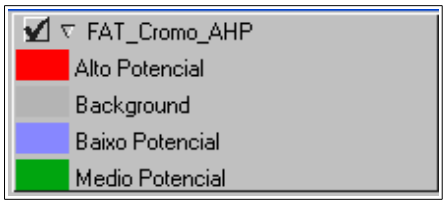
```
{
//Declarações
Numerico num ("Cromo_AHP");
Tematico tem ("Fatiamento");
Tabela
 tab(Fatiamento);
//Instanciações
num = Recupere (Nome = "Cromo_AHP");
tab = Novo (CategoriaFim = "Fatiamento",
[0.0, 0.2] : "Background",
[0.2, 0.5] : "Baixo Potencial",
[0.5, 0.7] : "Medio Potencial",
[0.7, 1.0] : "Alto Potencial" );
tem = Novo (Nome = "FAT_Cromo_AHP", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);
//Operações
tem = Fatie (num, tab);
}
```

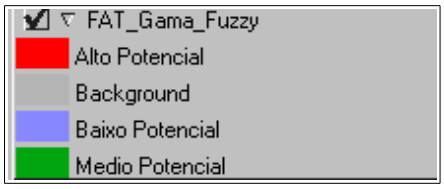
7) Comparação dos resultados

A partir de uma análise visual dos mapas de potencial gerados pelas duas técnicas, pode-se observar que o mapa pela operação gama fuzzy apresentou a classe *"background"* mais proeminente do que o mapa gerado por AHP, contudo o restante das classes está bastante semelhante.









3. CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido possibilitou a observação de exemplos práticos dos conceitos introduzidos no Curso de Introdução ao Geoprocessamento (SER-300), bem como da operação do SPRING 4.3.3 para a realização de inferências espaciais.