



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Divisão de Sensoriamento Remoto

Geoprocessamento

Relatório do Laboratório 4: Análise Multi Critério e LEGAL

Fátima Lorena Benítez Ramírez

Professores Responsáveis: Dr. Miguel Viera Monteiro

Dr. Cláudio Barbosa

Docente Colaborador: Dr. João Pedro Cordeiro

São José dos Campos

Maio, 2013



Sumario

1. INTRODUÇÃO	4
2. MATERIAIS	4
3. DESENVOLVIMENTO DO LABORATÓRIO 4: Análise Multi-critério	4
3.1. Modelagem do Banco de Dados Piranga	4
3.2. Geração de Grades Regulares	5
3.3. Geração de Mapa Ponderado de Geologia	5
3.4. Geração de mapas utilizando a lógica Fuzzy	6
3.5. Geração de Mapa Cromo_AHP utilizando a técnica de suporte à decisão AHP	9
3.6. Fatiamento dos Resultados	10
4. DESENVOLVIMENTO DO LABORATÓRIO 4: LEGAL	12
4.1. Visualização dos dados do projeto RIPASA	12
4.2. Programas em LEGAL	13
4.2.1. Espacialização dos atributos AREA_BAS e H_M	13
4.2.2. Geração do PI Volume	15
4.2.3. Atualizar o Atributo Volume na tabela de Atributos do PI Talhoes	16
4.2.4. Atualizar o Atributo ND na tabela de Atributos do PI Talhões	17
4.2.5. Verificar Correlação dos Atributos Volume e ND	18
5. CONCLUSÃO	19



Tabela de Ilustrações

Ilustração 1: Grade Regular: Teores de Cromo	5
Ilustração 2: Grade Regular: Teores de Cobalto	5
Ilustração 3: Mapa Geológico	6
Ilustração 4: Mapa Geológico Ponderado.....	6
Ilustração 5: Cromo Fuzzy	7
Ilustração 6: Cobalto Fuzzy.....	8
Ilustração 7: Mapa resultante da técnica Fuzzy Gamma	8
Ilustração 8: Janela de Suporte à decisão (AHP)	9
Ilustração 9: Mapa resultante da técnica AHP.....	10
Ilustração 10: Mapa de Potencialidade de Cromo pelo método Fuzzy	11
Ilustração 11: Mapa de Potencialidade de Cromo pelo método AHP	11
Ilustração 12: Mapa de Talhões sobre a fotografia aérea da área de estudo	12
Ilustração 13: Tabela de atributos do PI: Talhões	12
Ilustração 14: Espacialização da Área Basal. PI Área Basal	14
Ilustração 15: Espacialização da Altura. PI Altura	14
Ilustração 16: Visualização do PI Volume.....	15
Ilustração 17: Tabela de Atributos atualizada com informação de Volume	16
Ilustração 18: Tabela de Atributos atualizada com informação de ND	17
Ilustração 19: Gráfico de Correlação Volumem VS ND	18



1. INTRODUÇÃO

As técnicas de geoprocessamento permitem combinar dados espaciais para descrever um fenômeno e analisar as interações das diversas variáveis que estão intrínsecas nele, de modo a fazer previsões através de modelos prospectivos empíricos e fornecer apoio nas decisões tomadas por especialistas.

A análise multi-critérios é uma análise multidimensional quantitativa, dependendo do contexto da decisão, que procura a opção de melhor desempenho, a melhor avaliação, o melhor acordo entre as expectativas do “decisor” e as suas disponibilidades considerando a relação entre elementos objectivos e subjectivos (a subjectividade é o motor de decisão) num sistema aberto.

A análise multicritério segundo Baasch, (1995) surgiu enquanto crítica ao modelo racional da Teoria da Decisão, fundamentada na concepção de um único decisor, único critério, com informação perfeita.

A linguagem LEGAL, o que foi proposto pela Câmara Neto (1995), tem como objetivo proporcionar um ambiente geral para análise geográfica, incluindo operações de movimentação (álgebra dita campos), as operações de consulta espacial e operações de informação e gestão de consulta.

2. MATERIAIS

Para o exercício de Análise de Multi-Critério, os dados que serão analisados, são dados geológicos e geoquímicos do projeto Piranga. Os dados geológicos referem-se a o mapa geológico e para os dados geoquímicos foram considerados os teores de cromo e cobalto.

Enquanto, para o exercício de LEGAL, os dados usados referem-se aos do projeto Ripasa, indústria de Celulose e Papel.

3. DESENVOLVIMENTO DO LABORATÓRIO 4: Análise Multi-critério

3.1. Modelagem do Banco de Dados Piranga

Este exercício foi desenvolvido na plataforma de Spring 4.3. Foram utilizadas as seguintes categorias com as características descritas a continuação:

Nome da Categoria	Modelo
Amostras	MNT
Cromo_Fuzzy	MNT
Cobalto_Fuzzy	MNT
Gama_Fuzzy	MNT
Cromo_AHP	MNT
Geologia_Ponderada	MNT



Nome da Categoria	Modelo	Classes Temáticas
Drenagem	Temático	drenagens
Recorte	Temático	cl_recorte
Fatiamento	Temático	Alto Potencial
		Medio Potencial
		Baixo Potencial
		Background
Geologia	Temático	Asap – Sto Antonio Pirapetinga
		Arvs – Unidade Superior
		Granito - Granodiorito
		Arvm – Unidade Media
		mv1 – Sto Antonio Pirapetinga
		MB – Sto Antonio Pirapetinga

3.2. Geração de Grades Regulares

São criadas grades regulares para os PI: Teores_Cromo e Teores_Cobalto a partir das amostras.

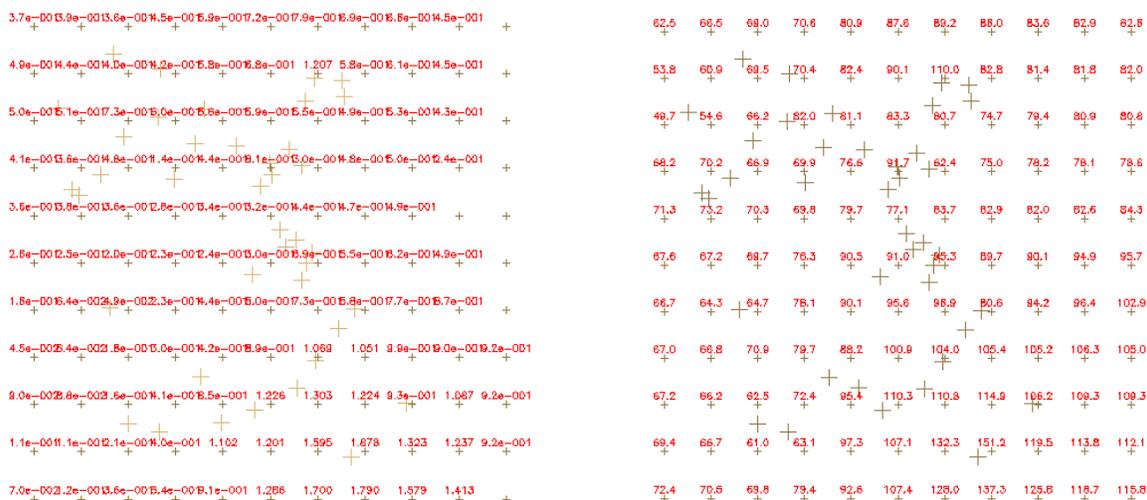


Ilustração 1: Grade Regular: Teores de Cromo

Ilustração 2: Grade Regular: Teores de Cobalto

3.3. Geração de Mapa Ponderado de Geologia

Utilizando a linguagem LEGAL, cada classe do mapa geológico do projeto é ponderada com os valores detalhados a continuação:

Classe	Valor (Ponderação)
Asap – Sto Antonio Pirapetinga	0.7
Arvs – Unidade Superior	0
Granito - Granodiorito	0

Arvm – Unidade Media	0.7
mv1 – Sto Antonio Pirapetinga	1
mb – Sto Antonio Pirapetinga	0.5



Ilustração 3: Mapa Geológico



Ilustração 4: Mapa Geológico Ponderado

3.4. Geração de mapas utilizando a lógica Fuzzy

Os conjuntos fuzzy podem ser manipulados utilizando métodos lógicos para selecionar e combinar dados provenientes de vários conjuntos. As operações básicas sobre subconjuntos fuzzy são similares e, são uma generalização das operações básica da lógica binária.

A continuação se realizará uma análise das variáveis utilizando a lógica Fuzzy. Para isso, são criados MNT, aplicando as seguintes operações a cada uma das grades regulares geradas para os Teores de Cromo e Cobalto, utilizando a linguagem LEGAL.

Fuzzy Cromo: ponto ideal com um teor de 1.855% e ponto de cruzamento em 0.32.

Cromofuzzy = Se, $\text{cromo} < 0.20 \rightarrow 0$; caso contrario

$\text{cromo} > 1.855 \rightarrow 1$; caso contrario

$1/(1+(0.424*((\text{cromo} - 1.855)^2)))$.

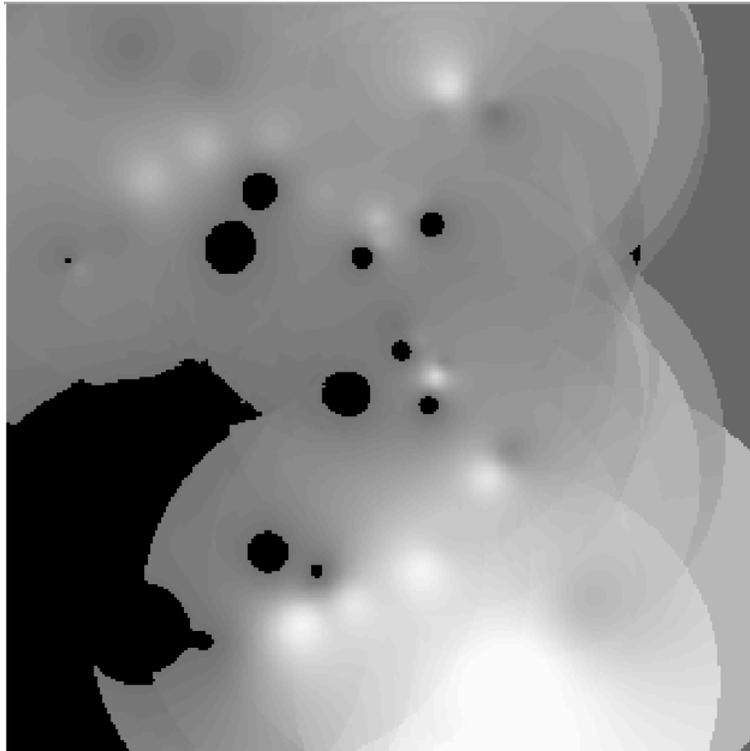


Ilustração 5: Cromo Fuzzy

Fuzzy Cobalto: ponto ideal com um teor de 150.92 ppm e ponto de cruzamento em 80 ppm.

Cobaltofuzzy = Se, cromo < 60 → 0; caso contrario

cromo > 150.92 → 1; caso contrario

$1/(1+(0.000198*((cobal - 150.92)^2)))$.

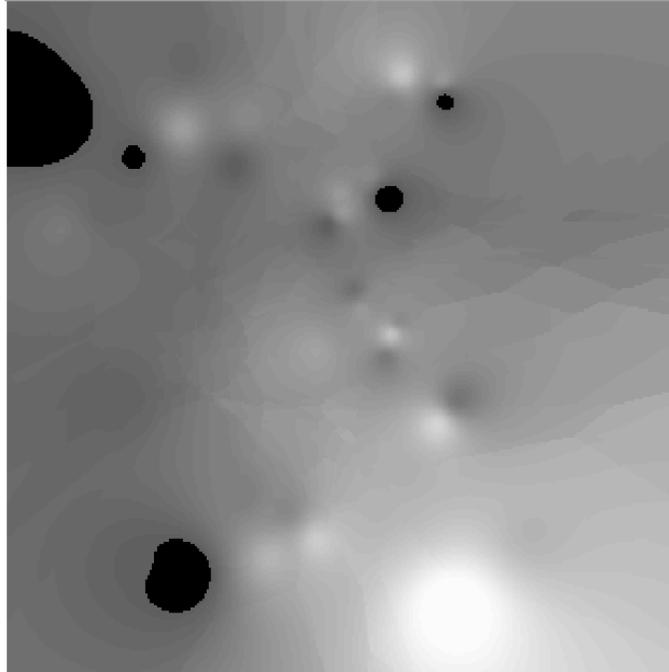


Ilustração 6: Cobalto Fuzzy

Para terminar com este análise se cruzam os dois resultados anteriores com o mapa de geologia ponderado utilizando a função Fuzzy Gama, utilizando a seguinte operação:

$$\text{gama} = (\text{cobal} * \text{cromo} * \text{geol})^{(1-g)} * (1 - ((1-\text{cobal}) * (1-\text{cromo}) * (1-\text{geol}))^g), \text{ onde } g = 0.70$$

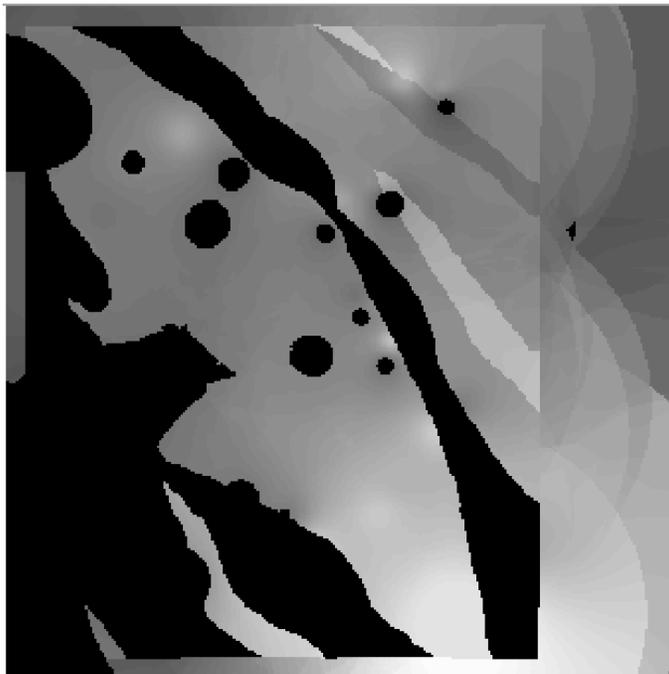


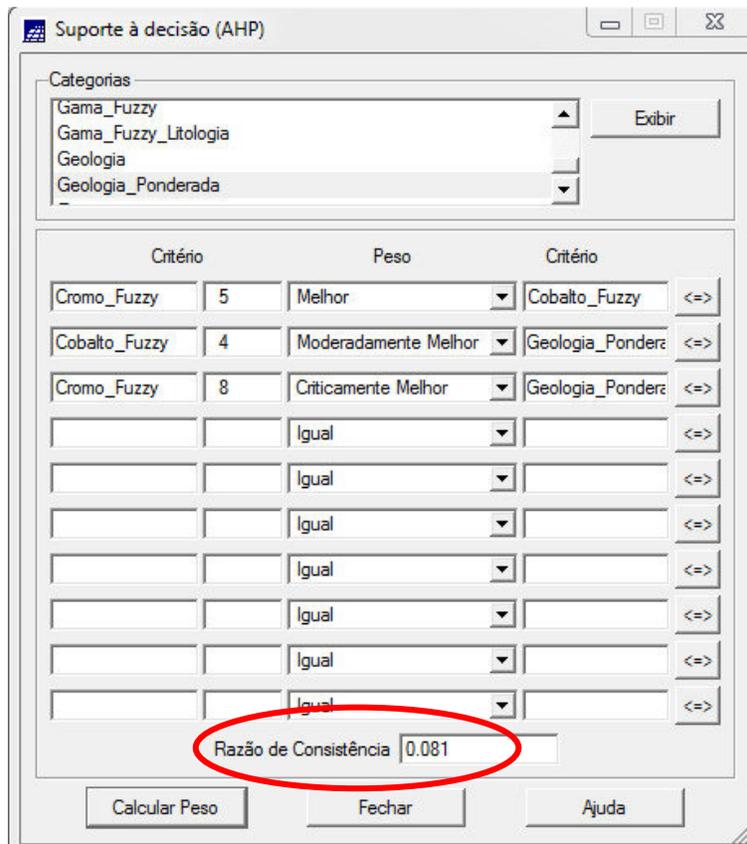
Ilustração 7: Mapa resultante da técnica Fuzzy Gamma

3.5. Geração de Mapa Cromo_AHP utilizando a técnica de suporte à decisão AHP

Esta técnica é utilizada quando diferentes fatores contribuem para a toma de decisão. Neste procedimento, os diferentes fatores que influencia, a tomada de decisão são comparados dois-a-dois, e um critério de importância relativa é atribuído ao relacionamento entre estes fatores, conforme uma escala pré-definida.

A AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos.

Após selecionar quais os fatores que deseja combinar e estabelecer a importância relativa de cada um deles, o sistema fornecerá uma indicação da consistência do julgamento (razão de consistência). Segundo os especialistas em AHP, é aconselhável que o índice de consistência seja sempre menor que 0,1.



Critério	Peso	Critério	
Cromo_Fuzzy	5	Melhor	Cobalto_Fuzzy
Cobalto_Fuzzy	4	Moderadamente Melhor	Geologia_Ponderada
Cromo_Fuzzy	8	Criticamente Melhor	Geologia_Ponderada
		Igual	

Razão de Consistência: 0.081

Ilustração 8: Janela de Suporte à decisão (AHP)

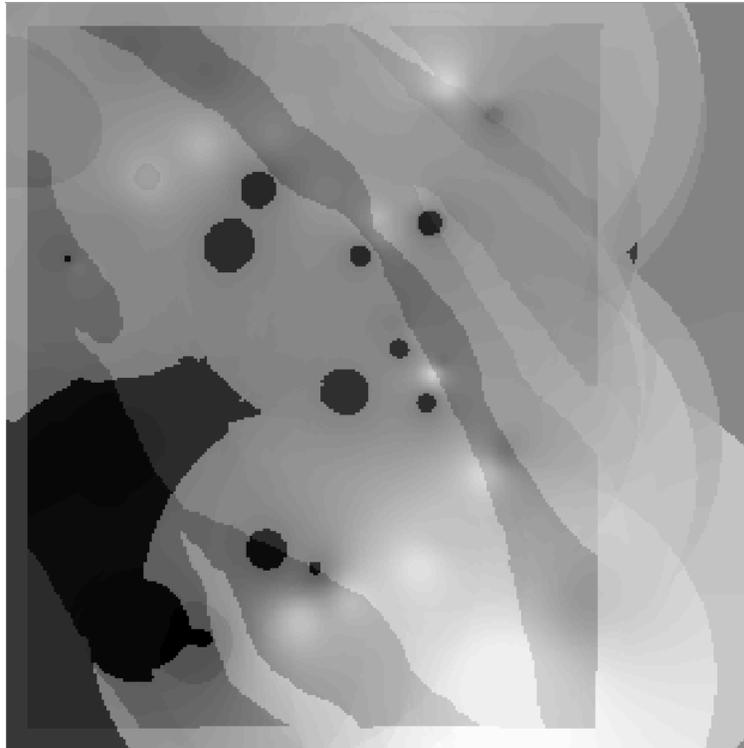


Ilustração 9: Mapa resultante da técnica AHP

3.6. Fatiamento dos Resultados

Finalmente, para comparar os resultados das duas técnicas utilizadas, se realizará o fatiamento de cada um, de acordo com os seguintes intervalos:

Classe	Intervalo
Background	0.0, 0.2
Baixo Potencial	0.2, 0.5
Medio Potencial	0.5, 0.7
Alto Potencial	0.7, 1.0

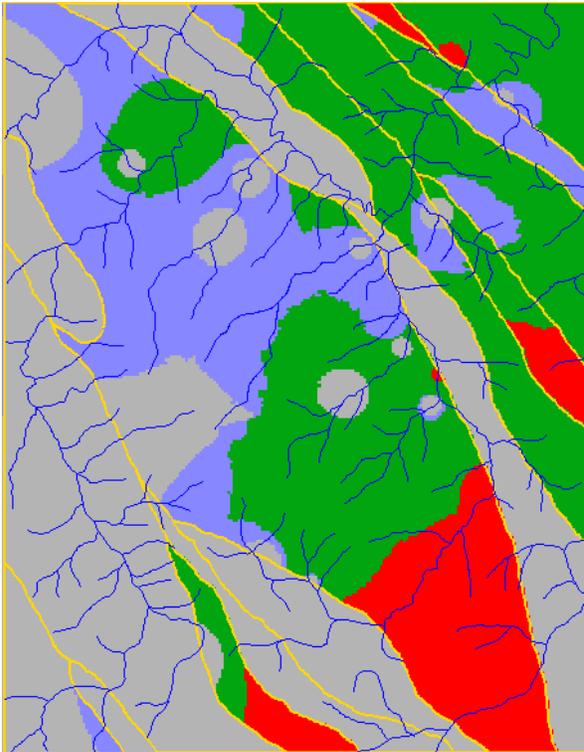


Ilustração 10: Mapa de Potencialidade de Cromo pelo método Fuzzy

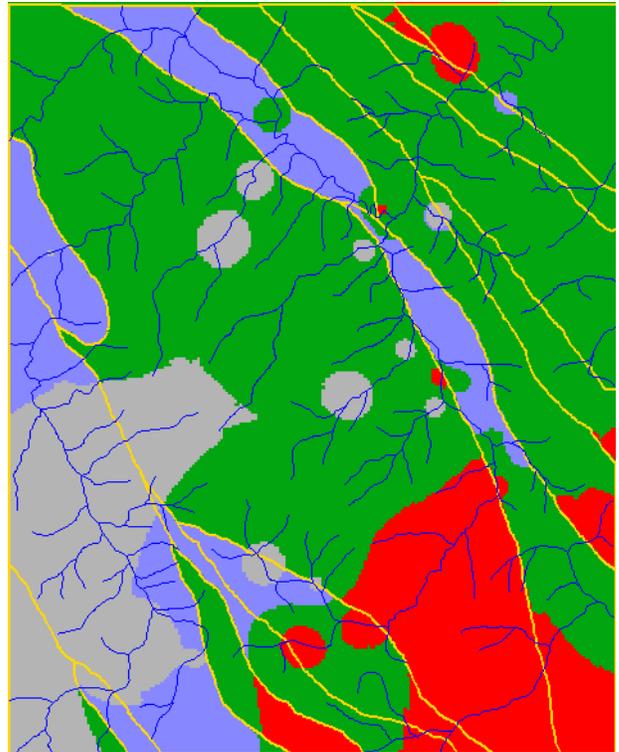


Ilustração 11: Mapa de Potencialidade de Cromo pelo método AHP

Legenda

	Alto Potencial
	Background
	Baixo Potencial
	Medio Potencial

4. DESENVOLVIMENTO DO LABORATÓRIO 4: LEGAL

4.1. Visualização dos dados do projeto RIPASA

Dentro do projeto pode-se observar a seguinte informação:

- ✓ Fotografia aérea da área de estudo de tipo Imagem
- ✓ Mapa de Talhões de tipo Cadastral



Ilustração 12: Mapa de Talhões sobre a fotografia aérea da área de estudo

	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	AREA_BAS	H_M	VOLUME	ND
1	00147	00147	99980.640625	1640.463623	0.132030	15.000000		
2	00148	00148	258878.171875	2087.608887	0.567450	30.000000		
3	00149	00149	166919.453125	1839.979248	0.188570	17.000000		
4	00150	00150	305097.750000	2251.301025	0.321700	23.000000		
5	00151	00151	251226.093750	2069.339355	0.331830	24.000000		
6	00152	00152	155830.140625	1767.469360	0.395920	26.000000		
7	00153	00153	323924.031250	2863.955322	0.331830	24.000000		

Ilustração 13: Tabela de atributos do PI: Talhões



4.2. Programas em LEGAL

Para atualizar a tabela do PI Talhões serão escritos vários programas na linguagem LEGAL, segundo os requerimentos.

4.2.1. Espacialização dos atributos AREA_BAS e H_M

```
// ESPACIALIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS AREA_BAS E H_M
```

```
{
```

```
//DECLARAÇÕES
```

```
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
```

```
Objeto objT ("Talhoes");
```

```
Numerico aba ("Numerico");
```

```
Numerico alt ("Numerico");
```

```
// INSTANCIÇÕES
```

```
// Recupera o PI Cadastral a ser utilizado
```

```
cadT = Recupere (Nome = "talhoes");
```

```
// Cria os PIs Numericos de saída
```

```
aba = Novo (Nome = "Area_Basal", ResX=10, ResY=10, Escala = 10000, Min= 0.0, Max= 100.0);
```

```
alt = Novo (Nome = "Altura", ResX=10, ResY=10, Escala = 10000, Min= 0.0, Max= 100.0);
```

```
//OPERAÇÕES
```

```
aba = Espacialize ( objT."AREA_BAS" OnMap cadT);
```

```
alt = Espacialize ( objT."H_m" OnMap cadT);
```

```
}
```

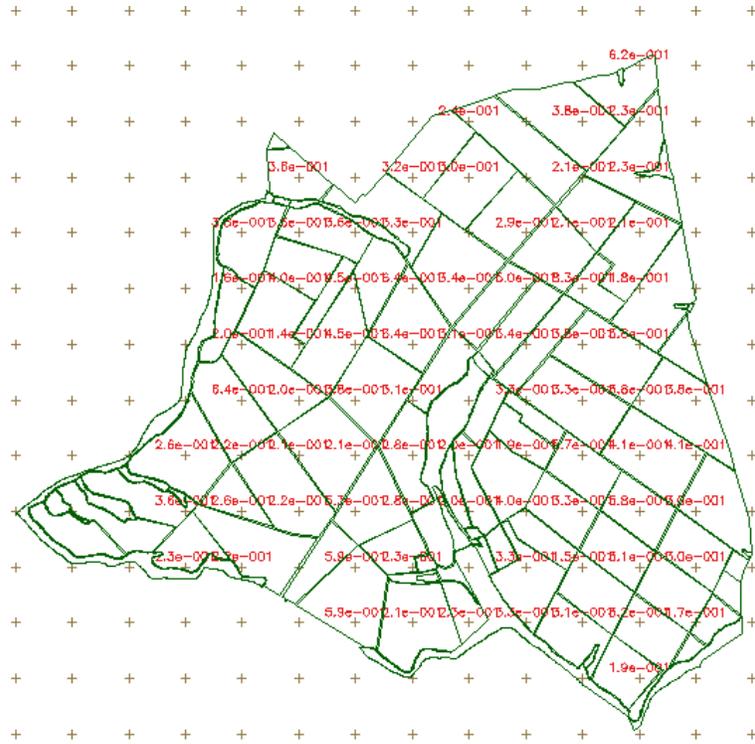


Ilustração 14: Espacialização da Área Basal. PI Área Basal

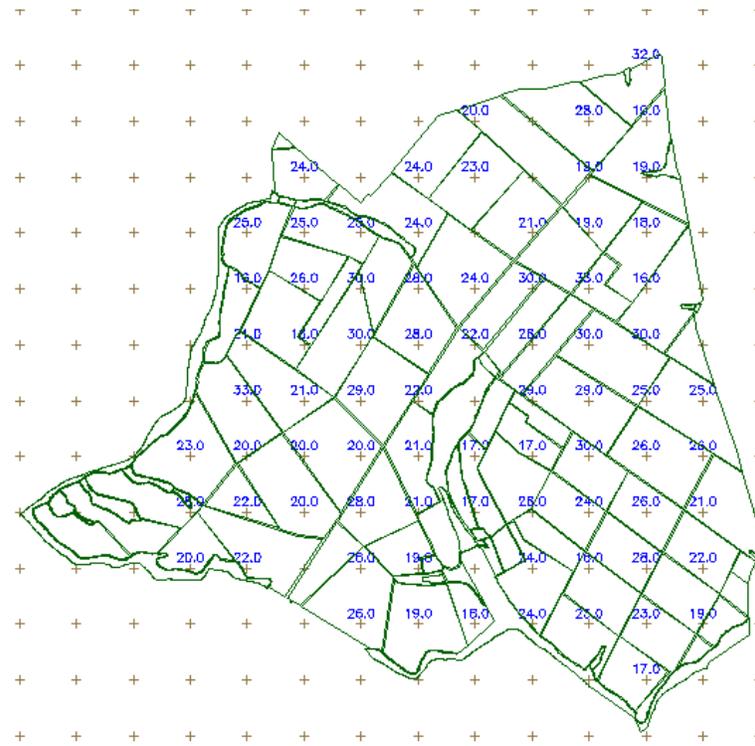


Ilustração 15: Espacialização da Altura. PI Área Basal

4.2.2. Geração do PI Volume

O volume é calculado a partir da multiplicação da área basal e a altura.

```
// GERAÇÃO DO PLANO DE INFORMAÇÃO VOLUME
```

```
{
```

```
//DECLARAÇÕES
```

```
Numerico aba ("Numerico");
```

```
Numerico alt ("Numerico");
```

```
Numerico vol ("Numerico");
```

```
// INSTANCIAMENTOS
```

```
// Recupera os Pis a serem utilizados
```

```
aba = Recupere (Nome = "Area_Basal");
```

```
alt = Recupere (Nome = "Altura");
```

```
// Cria o PI Numérico de saída, com nome Volume
```

```
vol = Novo (Nome = "Volume", ResX=10, ResY=10, Escala = 10000, Min= 0.0, Max= 3000.0);
```

```
// OPERAÇÕES
```

```
vol = aba * alt;
```

```
}
```

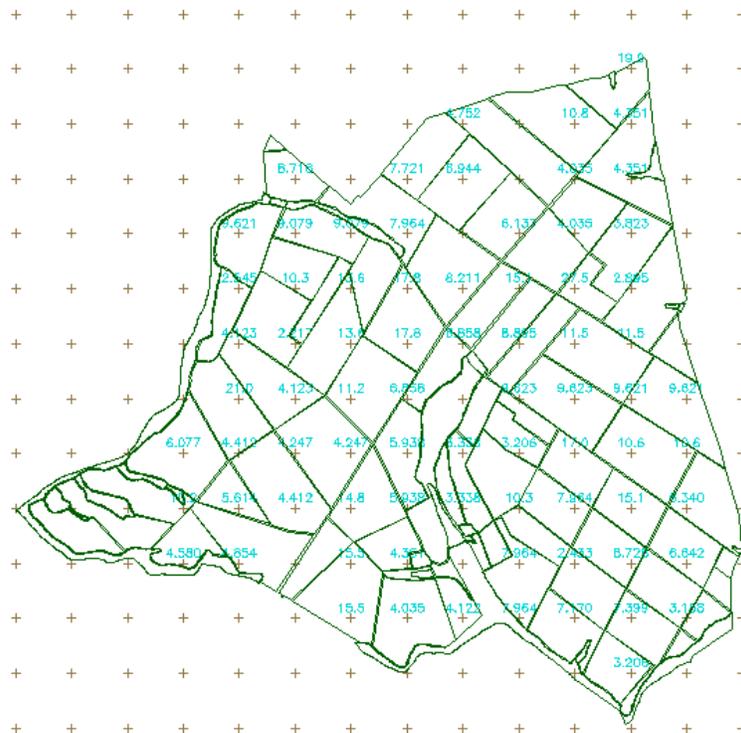


Ilustração 16: Visualização do PI Volume



4.2.3. Atualizar o Atributo Volume na tabela de Atributos do PI Talhoes

Para calcular o atributo Volumem para cada talhão é utilizado o operador de media zonal.

```
//ATUALIZAÇÃO DO ATRIBUTO VOLUME NO BANCO DE DADOS
```

```
//COM A UTILIZAÇÃO DO OPERADOR DE MÉDIA ZONAL
```

```
{
```

```
//DECLARAÇÕES
```

```
Numerico vol ("Numerico");
```

```
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
```

```
Objeto objT ("Talhoes");
```

```
//INSTANCIAMENTOS
```

```
// Recupera os Pis a serem utilizados
```

```
vol = Recupere (Nome = "Volume");
```

```
cadT = Recupere (Nome = "talhoes");
```

```
//OPERAÇÕES
```

```
objT."VOLUME" = Atualize (vol, objT OnMap cadT, MedZ) ;
```

```
}
```

	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	AREA_BAS	H_M	VOLUME	ND
1	00147	00147	99980.640625	1640.463623	0.132030	15.000000	1.980448	0.000000
2	00148	00148	258878.171875	2087.608887	0.567450	30.000000	17.02350	0.000000
3	00149	00149	166919.453125	1839.979248	0.188570	17.000000	3.205688	0.000000
4	00150	00150	305097.750000	2251.301025	0.321700	23.000000	7.399099	0.000000
5	00151	00151	251226.093750	2069.339355	0.331830	24.000000	7.963919	0.000000
6	00152	00152	155830.140625	1767.469360	0.395920	26.000000	10.29391	0.000000

Ilustração 17: Tabela de Atributos atualizada com informação de Volume



4.2.4. Atualizar o Atributo ND na tabela de Atributos do PI Talhões

O Número Digital (ND) é calculado utilizando a imagem e o operador de média zonal.

```
//ATUALIZAÇÃO DO ATRIBUTO ND NO BANCO DE
//DADOS UTILIZANDO O OPERADOR DE MÉDIA ZONAL
{

//DECLARAÇÕES
Imagem ima ("Foto_Aerea");
Cadastral cadT ("Mapa_Talhoes");
Objeto objT ("Talhoes");

//INSTANCIAMENTOS
// Recupera os Pis a serem utilizados
ima = Recupere (Nome = "foto_aerea");
cadT = Recupere (Nome = "talhoes");

//OPERAÇÕES
objT."ND" = Atualize (ima, objT OnMap cadT, MedZ) ;

}
```

	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	AREA_BAS	H_M	VOLUME	ND
1	00147	00147	99980.640625	1640.463623	0.132030	15.000000	1.980448	32.490457
2	00148	00148	258878.171875	2087.608887	0.567450	30.000000	17.02350	34.892042
3	00149	00149	166919.453125	1839.979248	0.188570	17.000000	3.205688	25.616663
4	00150	00150	305097.750000	2251.301025	0.321700	23.000000	7.399099	23.818225
5	00151	00151	251226.093750	2069.339355	0.331830	24.000000	7.963919	25.898868
6	00152	00152	155830.140625	1767.469360	0.395920	26.000000	10.29391	33.027502

Ilustração 18: Tabela de Atributos atualizada com informação de ND

4.2.5. Verificar Correlação dos Atributos Volume e ND

Tabela: Talhoes								
Arquivo Mostrar Ajuda								
	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	AREA_BAS	H_M	VOLUME	ND
1	00147	00147	99980.640625	1640.463623	0.132030	15.000000	1.980448	32.490457
2	00148	00148	258878.171875	2087.608887	0.567450	30.000000	17.02350	34.892042
3	00149	00149	166919.453125	1839.979248	0.188570	17.000000	3.205688	25.616663
4	00150	00150	305097.750000	2251.301025	0.321700	23.000000	7.399099	23.818225
5	00151	00151	251226.093750	2069.339355	0.331830	24.000000	7.963919	25.898868
6	00152	00152	155830.140625	1767.469360	0.395920	26.000000	10.29391	33.027502

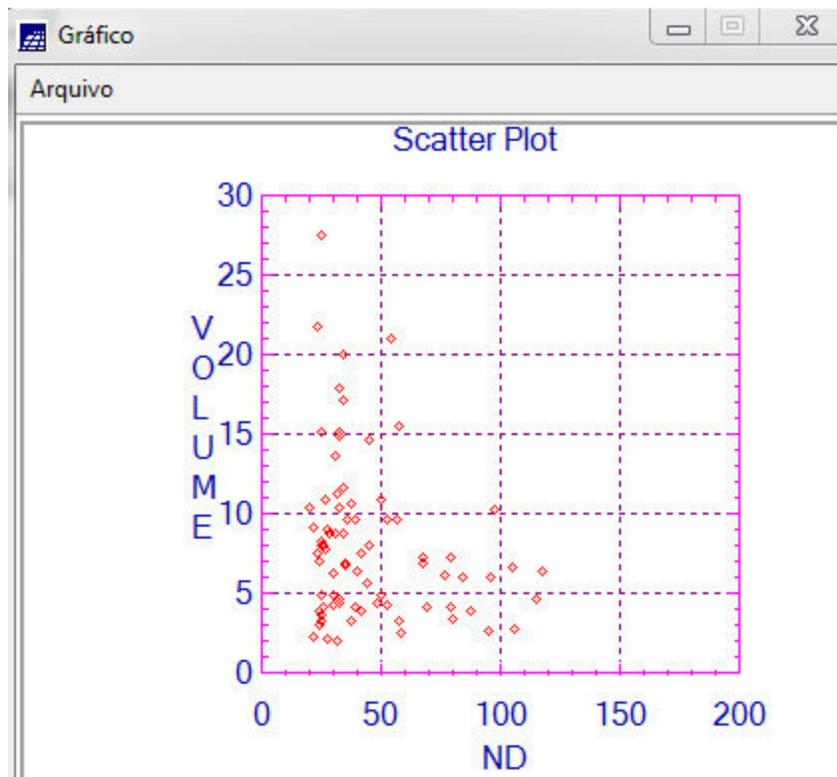


Ilustração 19: Gráfico de Correlação Volumem VS ND

Pode-se observar que não existe uma correlação entre os valores de ND médios e o volume médio da madeira. Isto se deve a que a fotografia aérea não se refere a uma faixa definida e adequada do espectro electromagnético e não foi submetida às correções necessárias para este tipo de análise.



5. CONCLUSÃO

Este exercício ajudou a que o usuário tenha uma visão mais clara sobre as diferentes técnicas de geoprocessamento para realizar inferência geográfica e o análise da informação.

Além disso, mediante a linguagem LEGAL o usuário pode programar uma serie de instruções, permitindo a eficiência nos diferentes processos e apresentar resultados com melhor qualidade e em menor tempo.