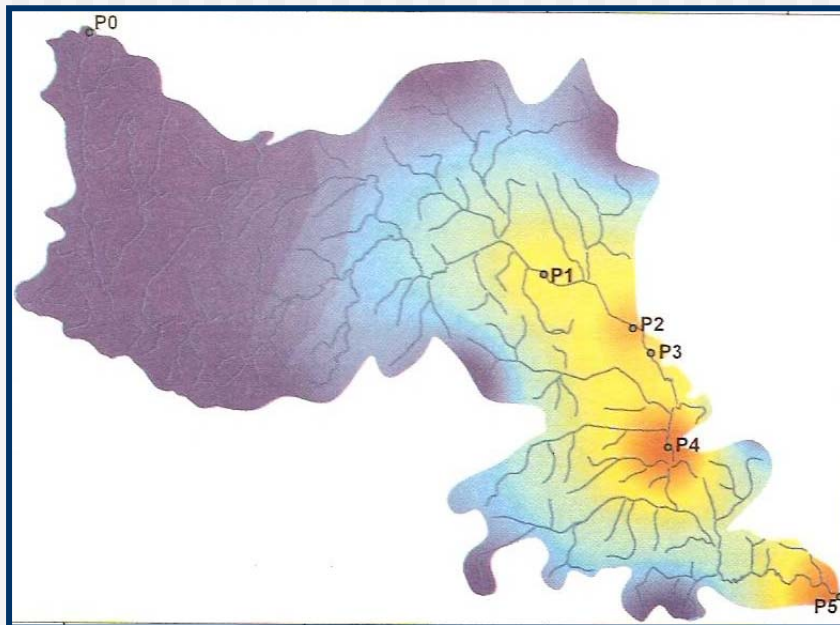


# ***Uso de sistema de informação geográfica na avaliação da influência antrópica na qualidade da água da bacia do rio Formate, ES***

Universidade Federal do Espírito Santo

Mestrado em Engenharia Ambiental



**Gabriel Leone**

**Heneri Garção**

**Kátia Côco**

**Lorena Beccalli**

**Fernando Caus**

**Claudinéia Teixeira**

# Introdução

---

- Caracterização hidrológica por modelagem em SIG's
- Obtenção de parâmetros geomorfológicos, hidrológicos e análise de qualidade da água
- O relevo de uma bacia hidrográfica influencia fatores meteorológicos e hidrológicos
- Processos morfogenéticos estão ligados a esculturação do relevo (Christofolletti, 1980)

# Introdução

---

- Morfogênese do modelo terrestre: Intemperismo, Movimentos de massa e Ação Pluvial
- Os processo morfogenéticos agem de forma conjunta
- Problemática: Poluição dos corpos d'água por efluentes domésticos e indústrias
- Influências antrópicas provocam deteriorização da qualidade físico-química e biológica da água

# Bacias Hidrográficas

- **Definição (Viessman, Harbaugh, Knapp):**  
Trata-se de uma área definida por divisores topográficos e drenada por cursos d'água conectados de tal modo que toda vazão efluente seja descarregada através de uma única saída.



# Bacias Hidrográficas

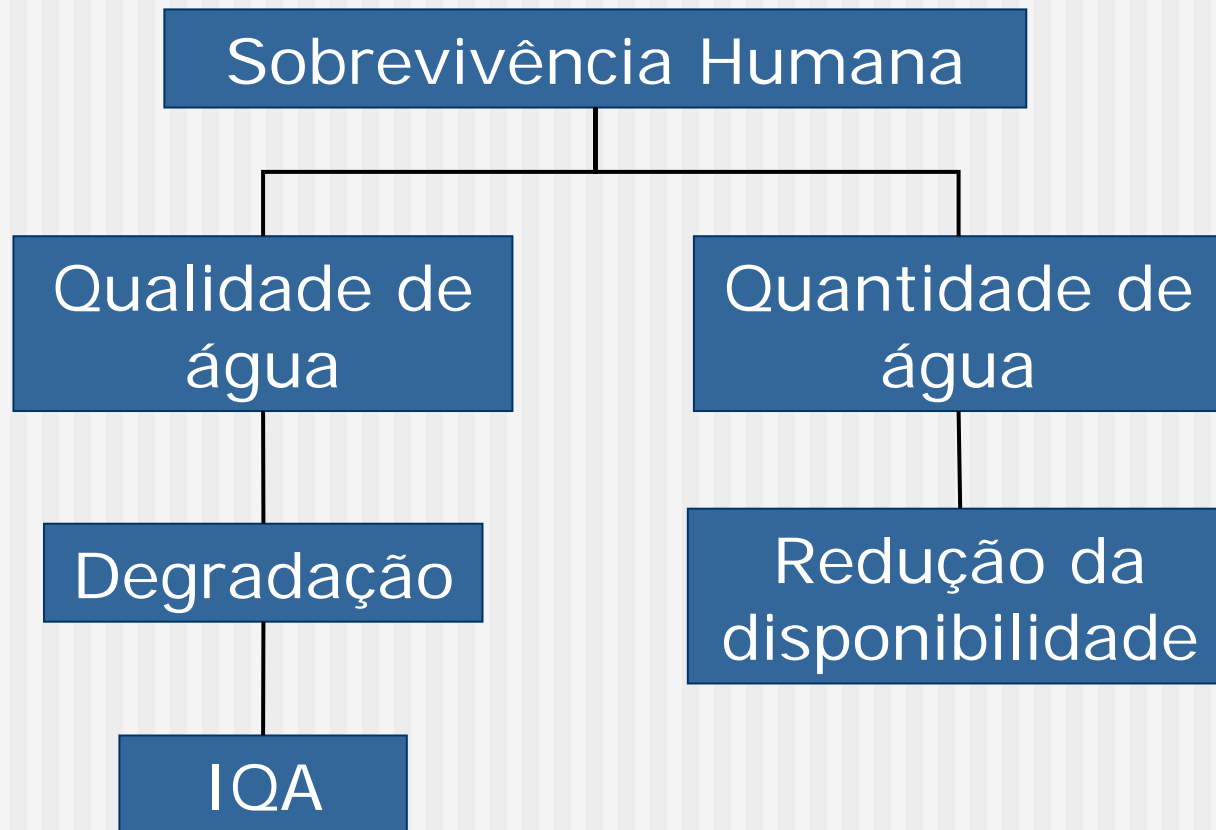
---

## **Características Físicas:**

- Área de drenagem (A).
- Perímetro Total (P).
- Comprimento do curso d'água total (L).
- Comprimento total dos cursos d'água.
- Coeficiente de capacidade (Kc).
- Fator de forma (Kf).
- Ordem dos cursos d'água.
- Densidade de drenagem(Dd).
- Extensão média do escoamento superficial.

# Qualidade da água

---



# IQA

---

- Reúne resultados de diversos parâmetros em um único valor para retratar a qualidade da água;
- Resultados de rápida interpretação;
- 1965 - Defendiam que um índice deveria permitir ao usuário comparar diferentes cursos d'água, no espaço e no tempo, em termos de graduação da qualidade da água.

# IQA

---

- 1970 - **IQA<sub>NSF</sub>** de uso geral;
- Pesquisa de opinião técnica (DELFHI):
  - OD;
  - pH;
  - DBO;
  - Nitrato;
  - Fosfato Total;
  - Afastamento da Temperatura de Equilíbrio;
  - Turbidez;
  - Resíduo Total;
  - Coliformes Fecais.
- Atribuição de pesos relacionado ao grau de importância;

# IQA

---

- Construção de curvas que relacionam as concentrações dos parâmetros com os níveis de qualidade atribuídos a ele.
- Existência de pesticidas acima de 0,1 mg/L ou de qualquer outra substância considerada tóxica que exceder os limites preconizados pela legislação - classificação no mais baixo nível de qualidade.

Classificação	Faixa
Excelente	91 – 100
Boa	71 – 90
Regular	51 – 70
Ruim	26 – 50
Péssima	0 - 25

# IQA<sub>CETESB</sub>

---

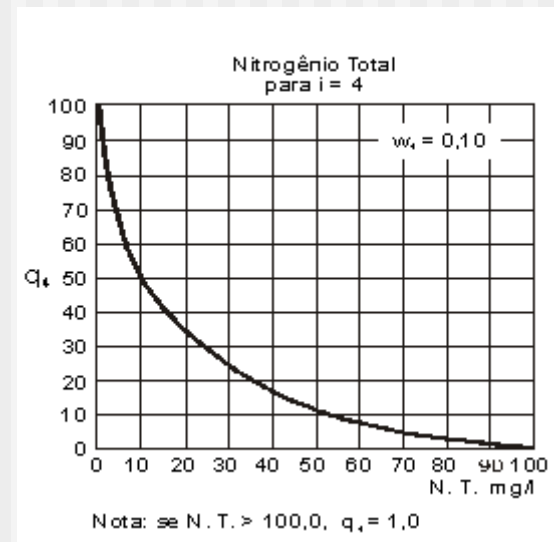
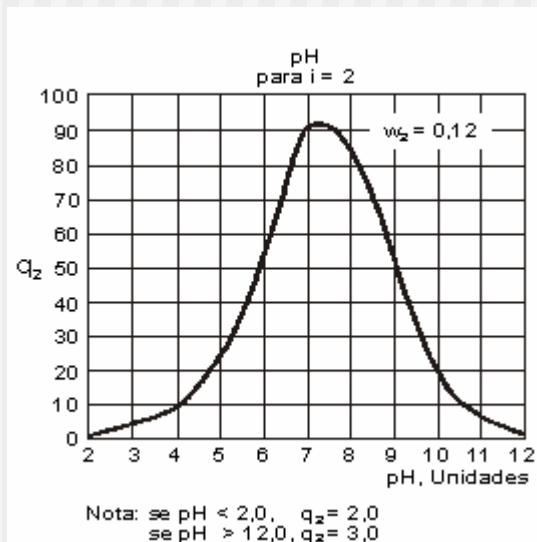
- 1977 - IQA<sub>CETESB</sub> desenvolvido a partir do IQA<sub>NSF</sub>;
- Visa à avaliação da água bruta para fins de abastecimento público.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

- $q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, obtido da "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração;
- $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;

# IQA<sub>CETESB</sub>



<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

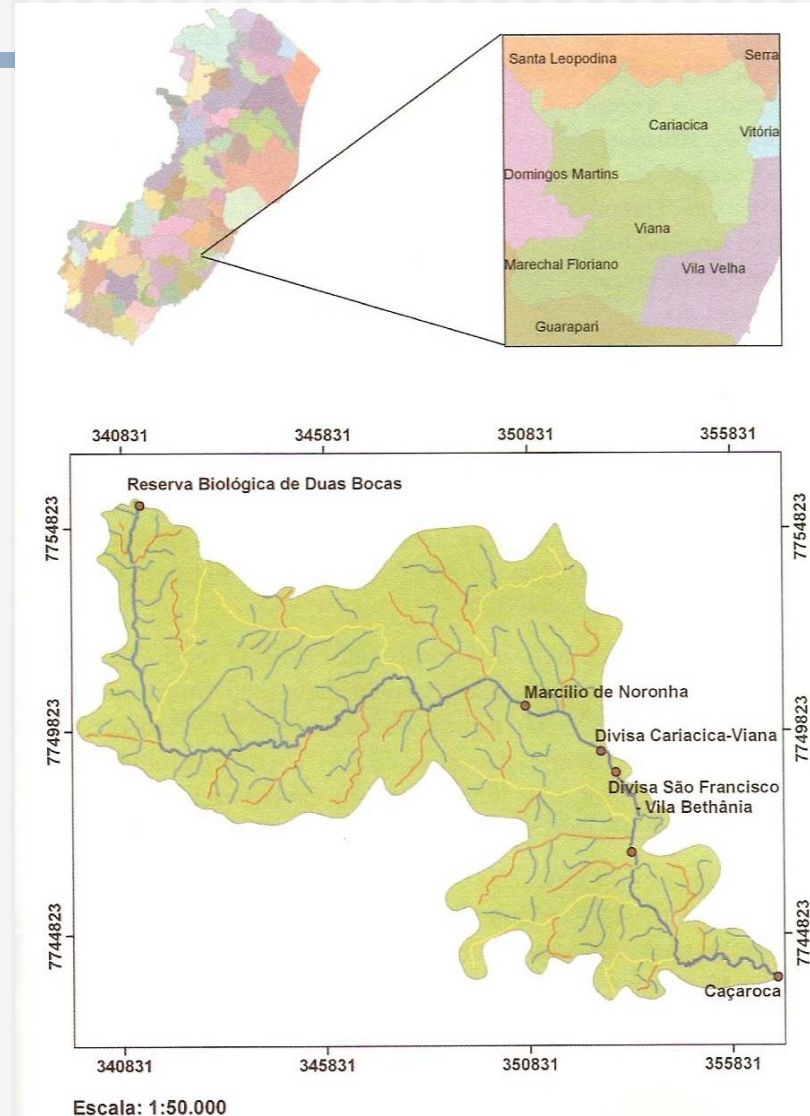
# Objetivo

---

- Avaliar a **variação da qualidade de água** ao longo dos cursos d'água da bacia do rio Formate e determinar os **fatores que influenciam** o decaimento da qualidade dessa águas, usando como ferramenta o **IQA<sub>CETESB</sub>** e Sistemas de Informações Geográficas na caracterização **geomorfológica** e **modelagem hidrológica** do terreno da bacia do rio Formate.

# Área de estudo

- Bacia do rio Formate;
- Municípios de Viana e Cariacica;
- Região rural – drenagem de agrotóxicos e ausência de STE;
- Região urbana – efluentes industriais e da ETE- Marcílio de Noronha e esgoto in-natura.



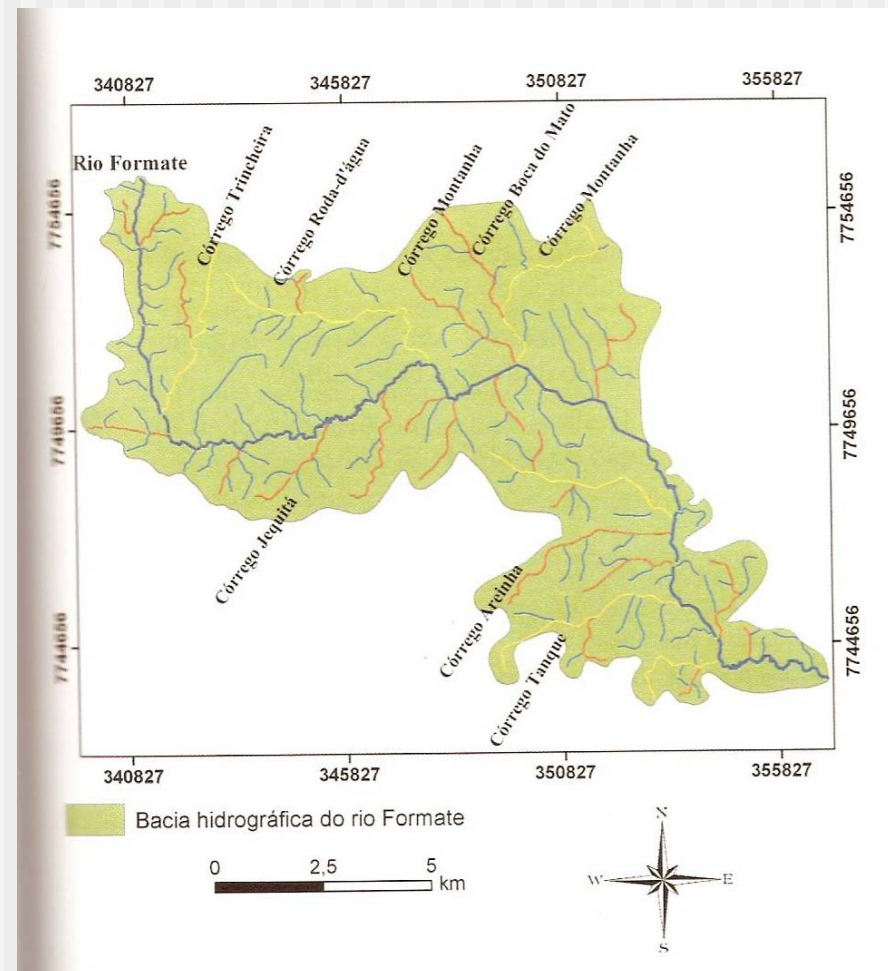
# Área de estudo

---

- Nascente: reserva biológica de Duas Bocas;
- Lat.: 20°14'04" a 20°18'30"
- Long.: 40°28'01" a 40°32'07"
- Altitude 600 m;
- Área de drenagem: 92 km<sup>2</sup>;
- Extensão: 41,5 km;
- Pluviosidade média: 1200 mm/ano;
- Verão chuvoso e inverno pouco seco
- Temperatura: 28 a 31°C (dezembro a abril)  
média 21°C (junho a agosto)

# Área de estudo

- Rede de monitoramento  
– IEMA – IQA;
- **Ponto 1:** montante de Marcílio de Noronha;
- **Ponto 2:** ponte da divisa Cariacica/Viana;
- **Ponto 3:** Divisa dos bairros São Francisco/Vila Betânia;
- **Ponto 4:** 2 km jusante do ponto 3;
- **Ponto 5:** Ponto final do ônibus Caçaroca.



# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

## **CONAMA 357/2005**

Classificação e destinação das águas Doces (Art4.):

- **Classe especial:**

- Abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

- **Classe 1:**

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Recreação de contato primário, tais como natação;
- Irrigação de hortaliças e frutas que são consumidas cruas;
- Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

- **Classe 2:**

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Recreação de contato primário, tais como natação;
- Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- Aqüicultura e à atividade de pesca.

# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

- **Classe 3:**

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- Pesca amadora;
- Recreação de contato secundário; e
- Dessedentação de animais.

- **Classe 4**

- Navegação e harmonia paisagística.

# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

Definição da  
Classe do Rio  
(enquadramento)



Conjunto de parâmetros  
a serem obedecidos, de  
acordo com a classe.

Rios do **Espírito Santo**



Classe 2

# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

**Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos**, usados no cálculo do IQA, para classe 2:

- $\text{DBO}_{5,20}$ : Até  $5,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$
- Fósforo: Até  $0,03 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$  em ambientes lênticos; e até  $0,05 \text{ mg.L}^{-1} \text{ P}$  em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambientes lênticos.
- Nitrito:  $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$
- Nitrato:  $10 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$

# Condições limites para enquadramento dos corpos d'água

---

**Parâmetros Físico-Químicos e Biológicos**, usados no cálculo do IQA, para classe 2:

- OD: não inferior a  $5,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$
- pH: 6,0 a 9,0
- Sólidos Dissolvidos Totais:  $500 \text{ mg.L}^{-1}$
- Turbidez: até 100 UNT
- Coliformes Fecais: até o limite de  $1000 \text{ NMP.100mL}^{-1}$
- Temperatura: sem limite especificado

# Base de dados digital e análise de morfológica

---

Foram criados os seguintes mapas temáticos:

- Limite da Bacia Hidrográfica;
- Curvas de Nível;
- Hidrografia;
- Modelo Numérico do Terreno;
- Dados de IQA<sub>cetesb</sub>;

# Base de dados digital e análise de morfológica

---

Parâmetros calculados na **análise morfométrica**:

- Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ );

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- Este parâmetro varia de acordo com a forma da bacia, quanto mais irregular for a bacia, maior é o coeficiente.

# Base de dados digital e análise de morfológica

---

Parâmetros calculados na **análise morfométrica**:

- Coeficiente de Forma ( $K_f$ );

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

$L$  - comprimento do rio principal

# Base de dados digital e análise de morfológica

---

Parâmetros calculados na **análise morfométrica**:

- Densidade de Drenagem ( $D_d$ );

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

$L_t$  - comprimento total dos rios

Um alto valor de  $D_d$  indica uma rápida resposta da bacia a uma precipitação.

Segundo AWAMI (1975), índices em torno de 0,5km/km<sup>2</sup> indicam uma drenagem pobre e índices maiores de 3,5 km/km<sup>2</sup> indicam bacias excepcionalmente bem drenadas.

# Base de dados digital e análise de morfológica

---

Parâmetros calculados na **análise morfométrica**:

- Extensão média do escoamento superficial (  $I$  );

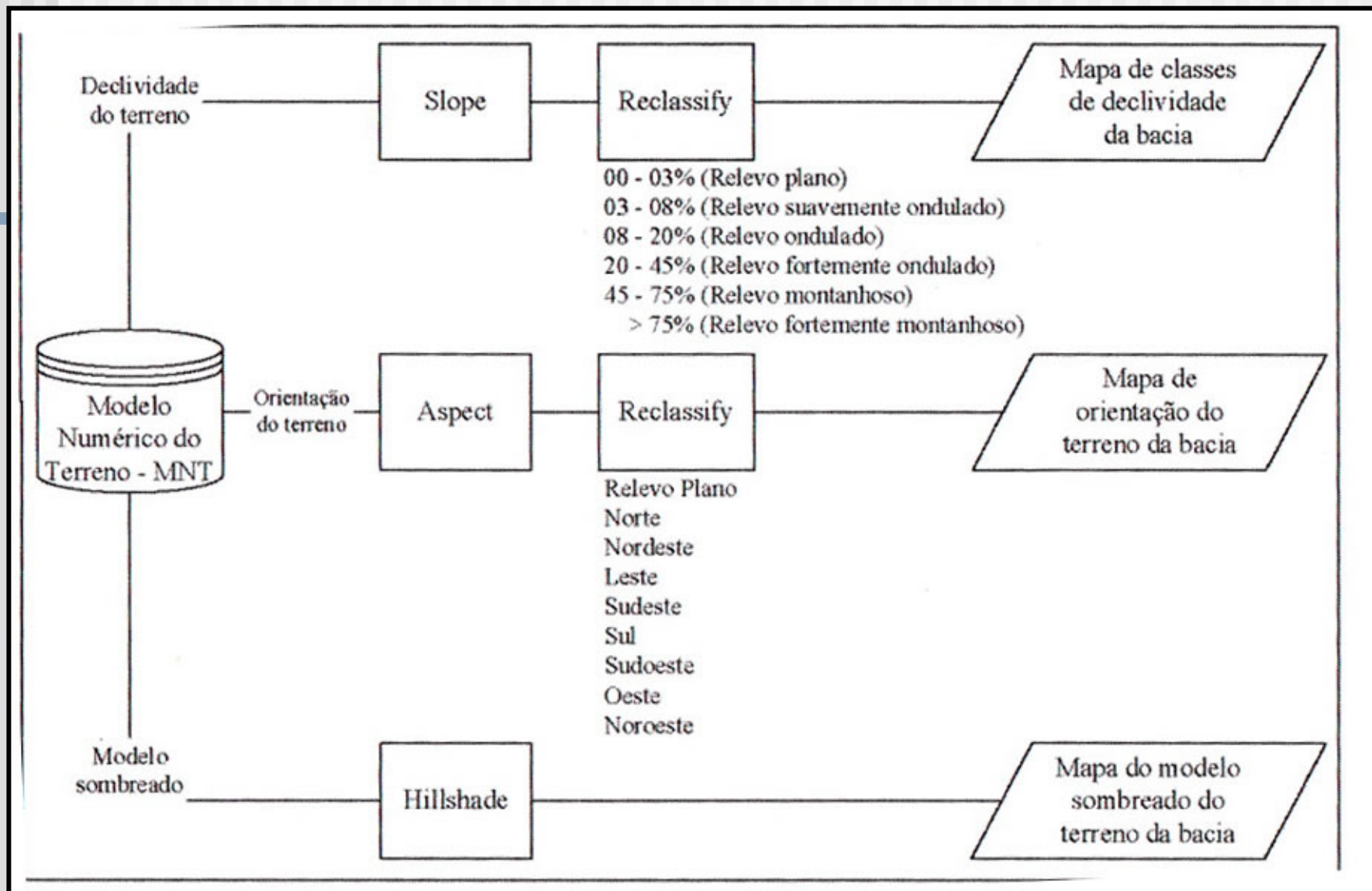
$$I = \frac{A}{4 \cdot L_t}$$

# Modelagem hidrológica

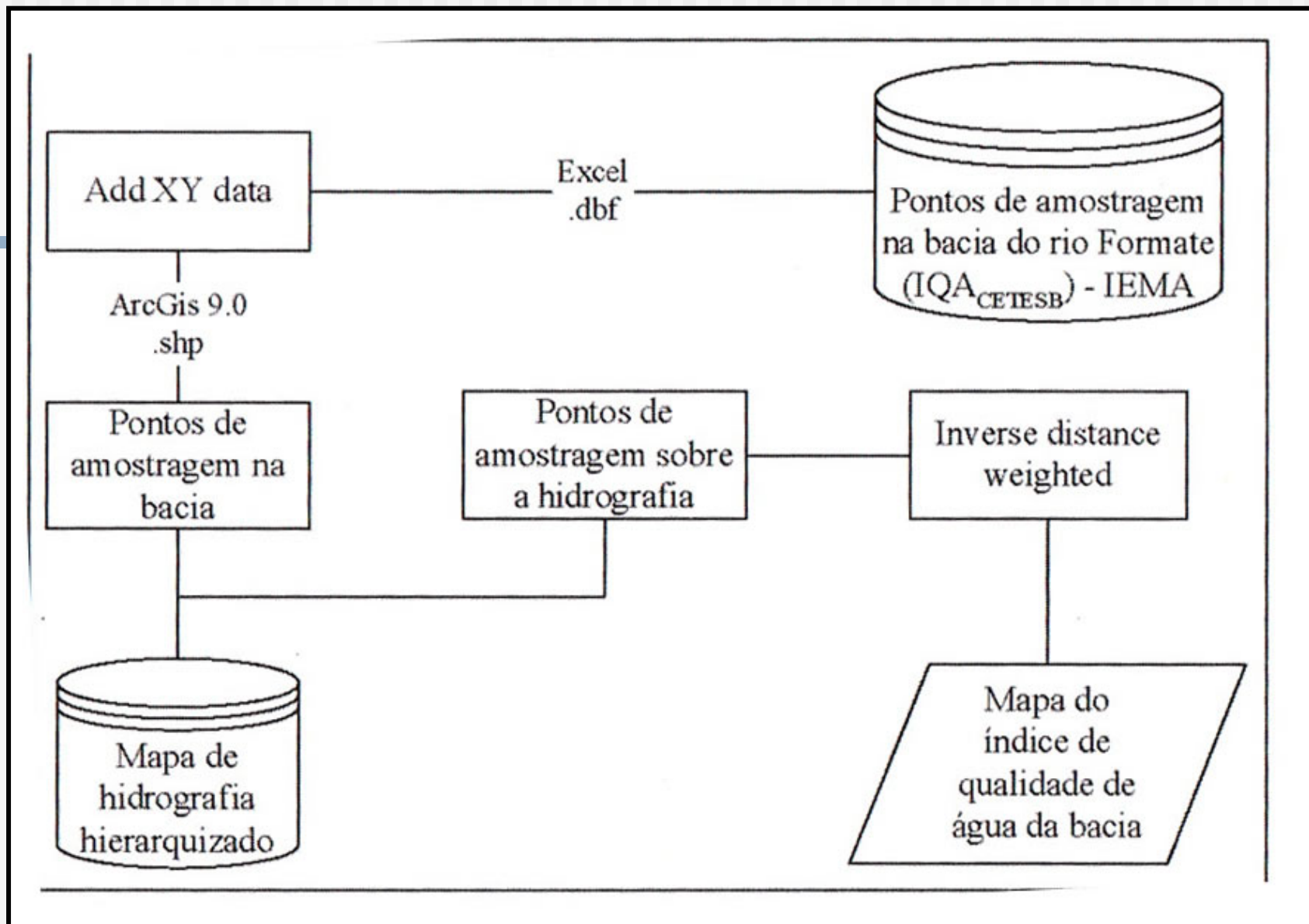
---

- Como preparar e analisar as informações associadas à caracterização hidrológica da bacia do rio Formate ES através do SIG?
- **Primeiro passo:** obtenção da base de dados primários.
- **Segundo passo:** operacionalização de modelagem hidrológica do terreno.
- **Terceiro passo:** geração do mapa de qualidade da água do rio Formate.





**Fluxograma de operações de modelagem hidrológica do terreno.**



**Fluxograma de operações na geração do mapa de qualidade de água da bacia do rio Formate.**

# Resultados e Discussão

---

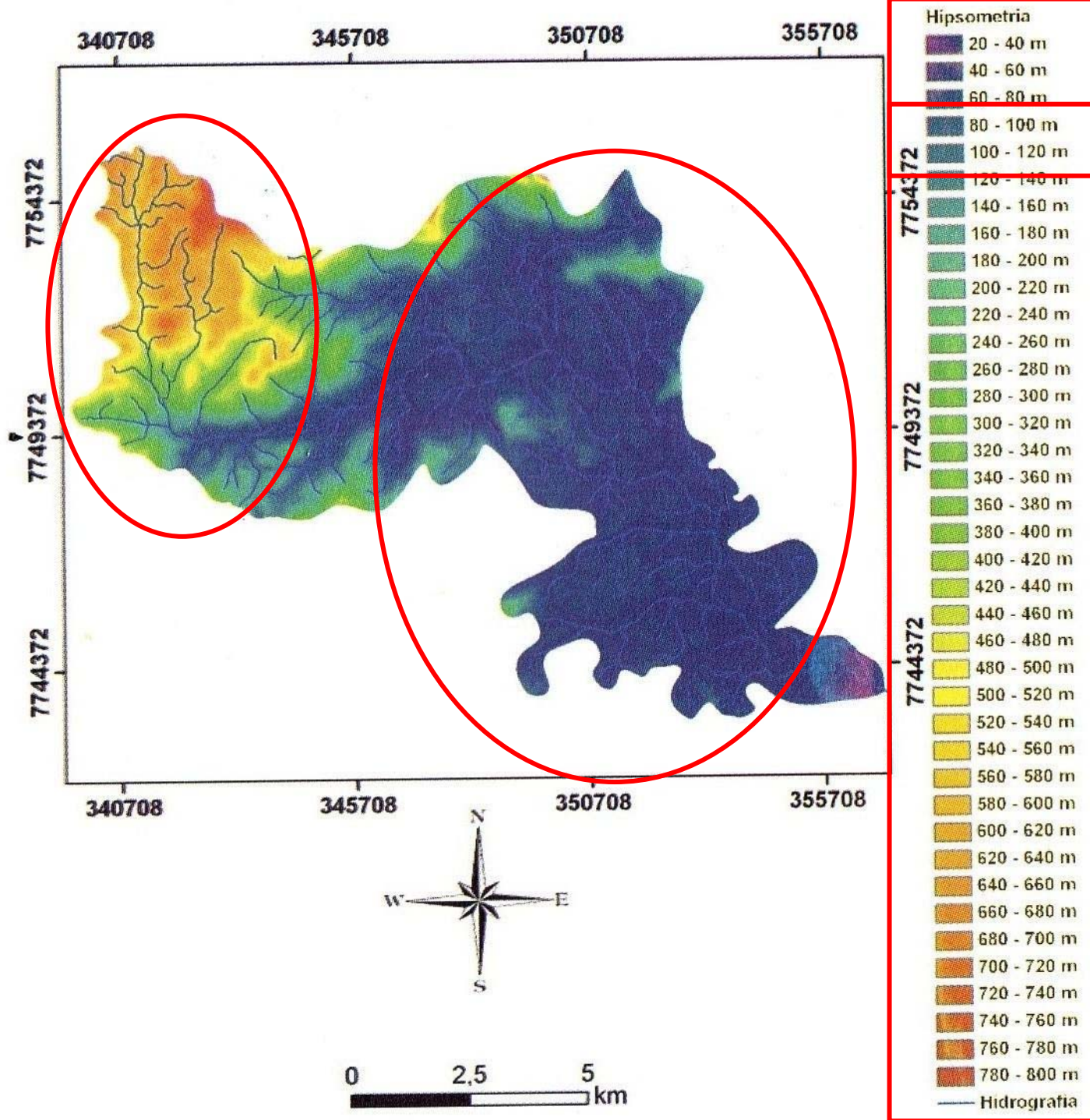
## ■ ANÁLISE MORFOMÉTRICA

- Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ ): 2,0
- Coeficiente de Forma ( $K_f$ ): 0,6
- Densidade de Drenagem ( $D_d$ ): 2,2
- Extensão média do escoamento superficial ( $I$ ): 0,2

*Bacia com baixa susceptibilidade a enchentes e moderadamente drenada*

# Resultados e Discussão

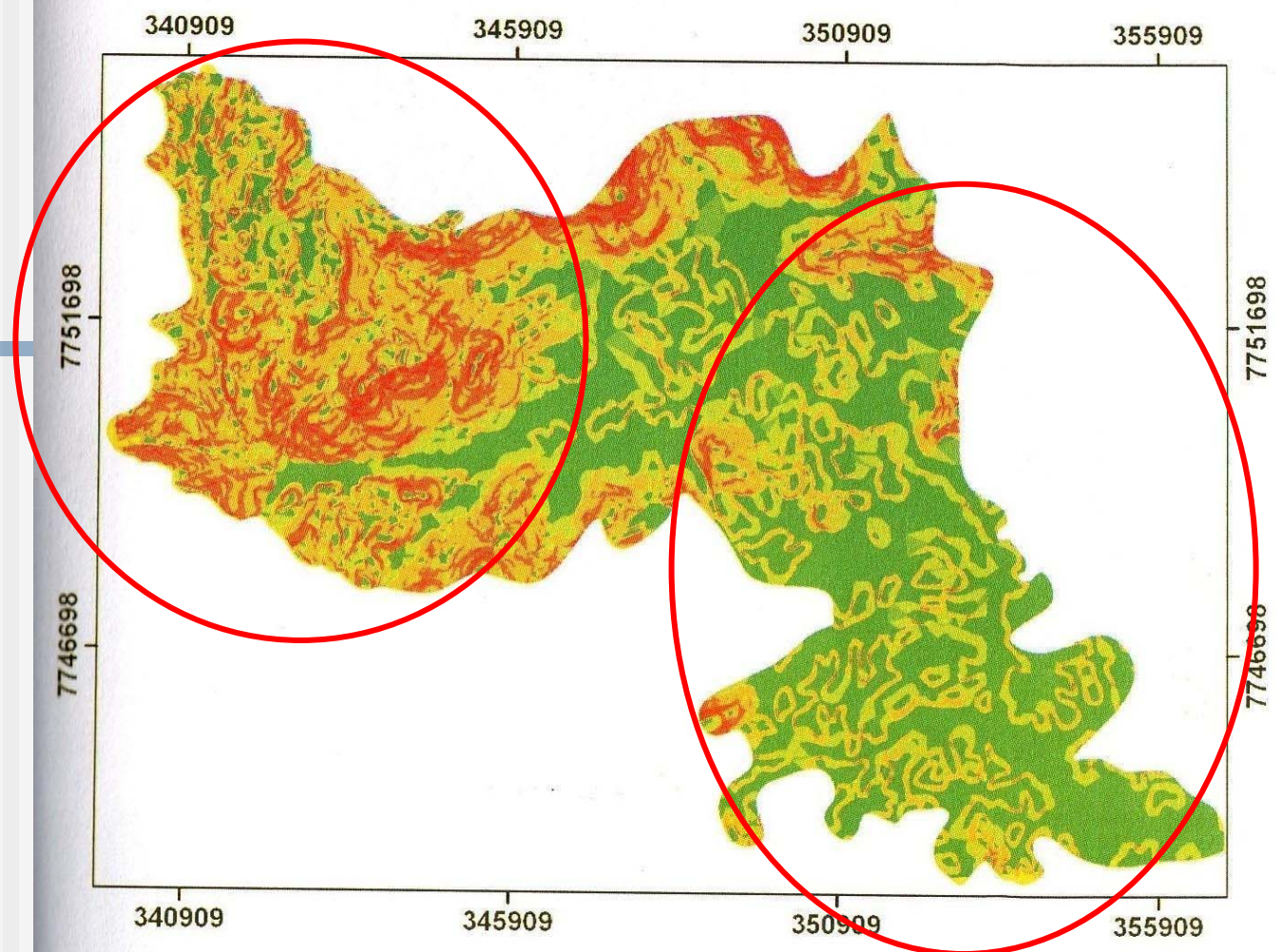
## Modelagem Hidrológica









# Resultados e Discussão

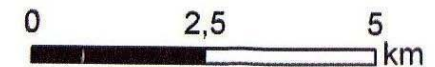
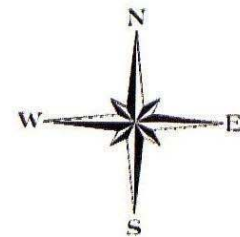
## Modelagem Hidrológica

Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Formate



### Declividade

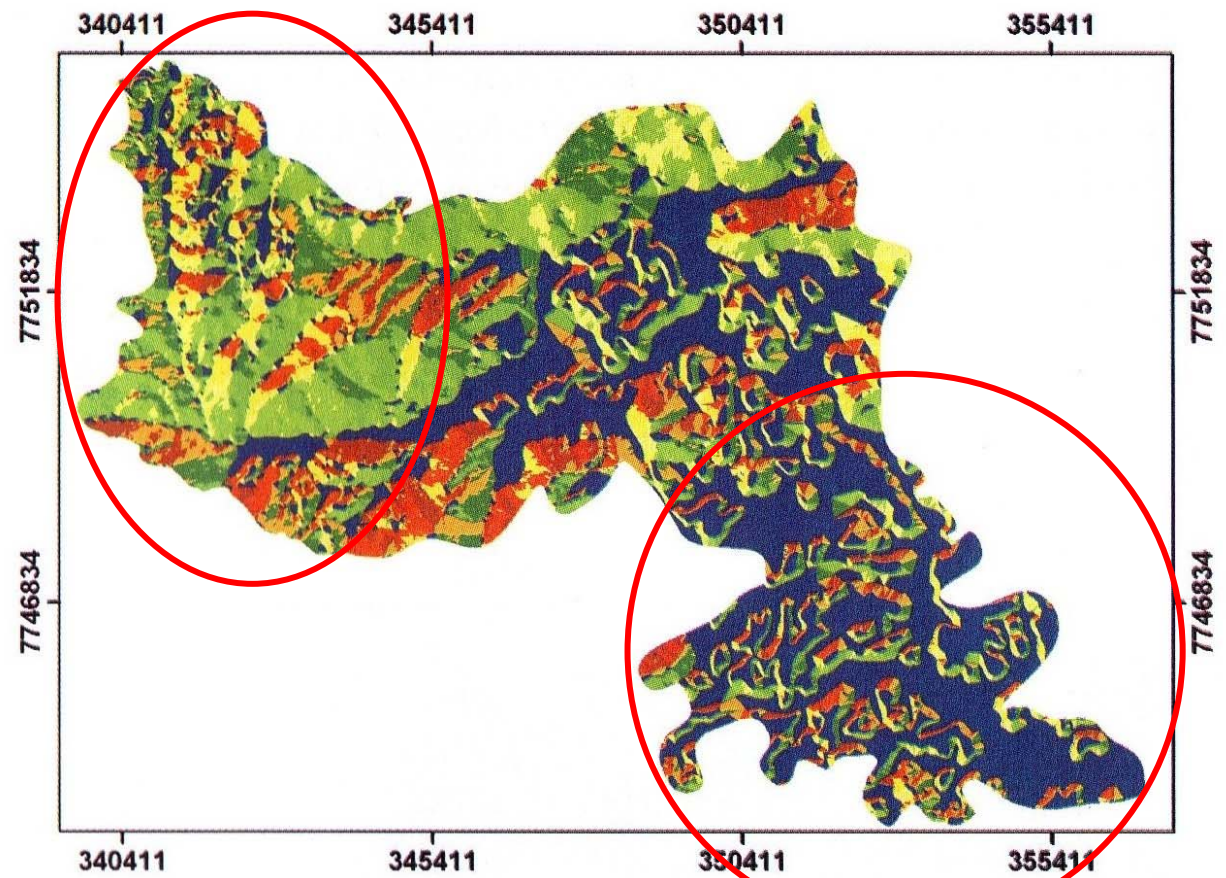
	0 - 03% (Relevo Plano)
	03 - 08% (Relevo Suavemente Ondulado)
	08 - 20% (Relevo Ondulado)
	20 - 45% (Relevo Suavemente Montanhoso)
	45 - 75% (Relevo Montanhoso)
	> 75% (Fortemente Montanhoso)



# Resultados e Discussão

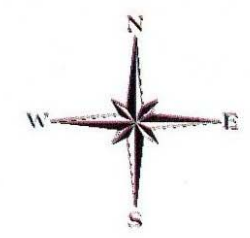
## Modelagem Hidrológica

### Orientação do terreno



Orientação do Terreno

- Relevo Plano
- Norte
- Nordeste
- Leste
- Sudeste
- Sul
- Sudoeste
- Oeste
- Noroeste
- Norte

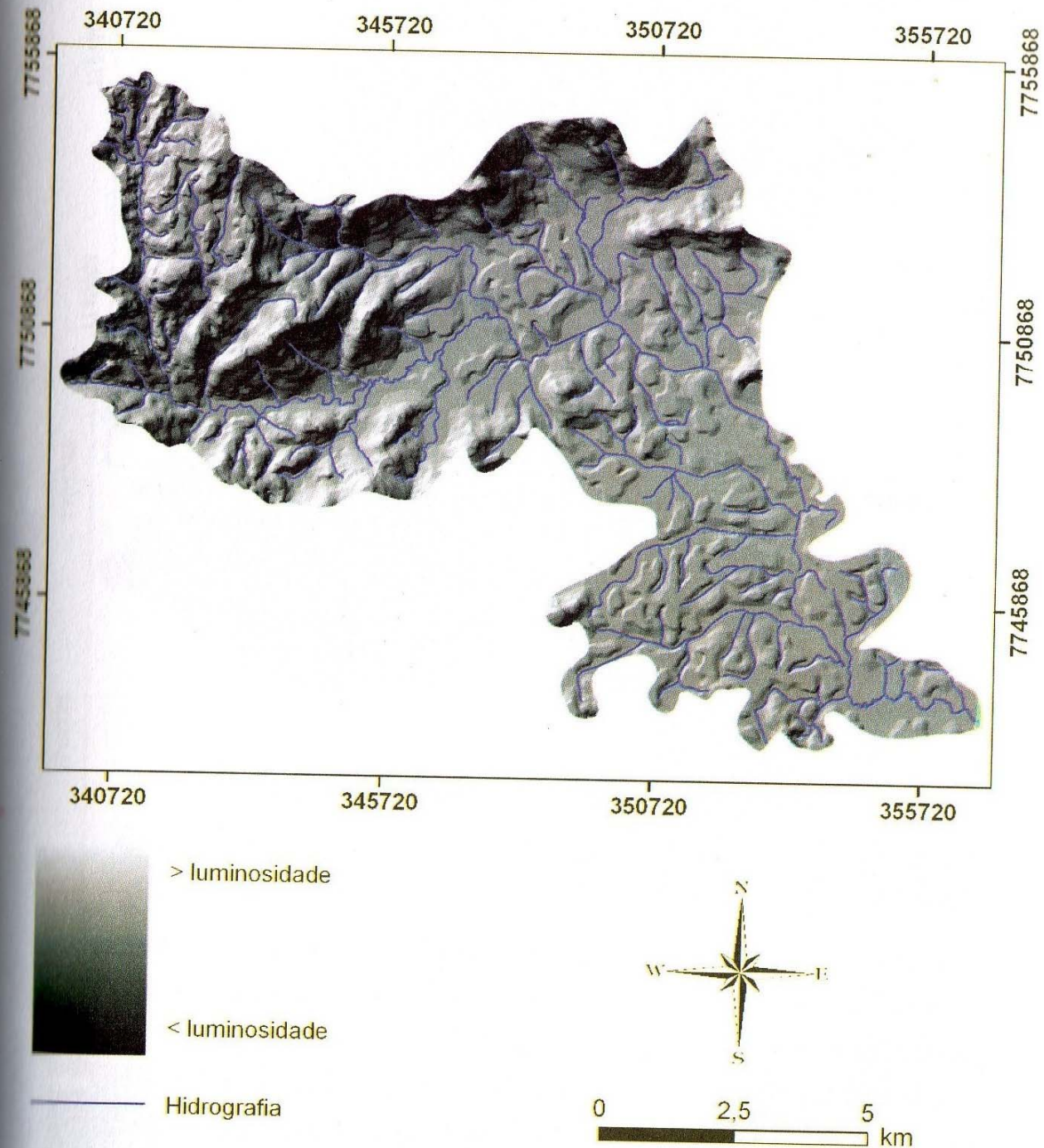


# Resultados e Discussão

## Modelagem Hidrológica

Modelo sombreado do relevo

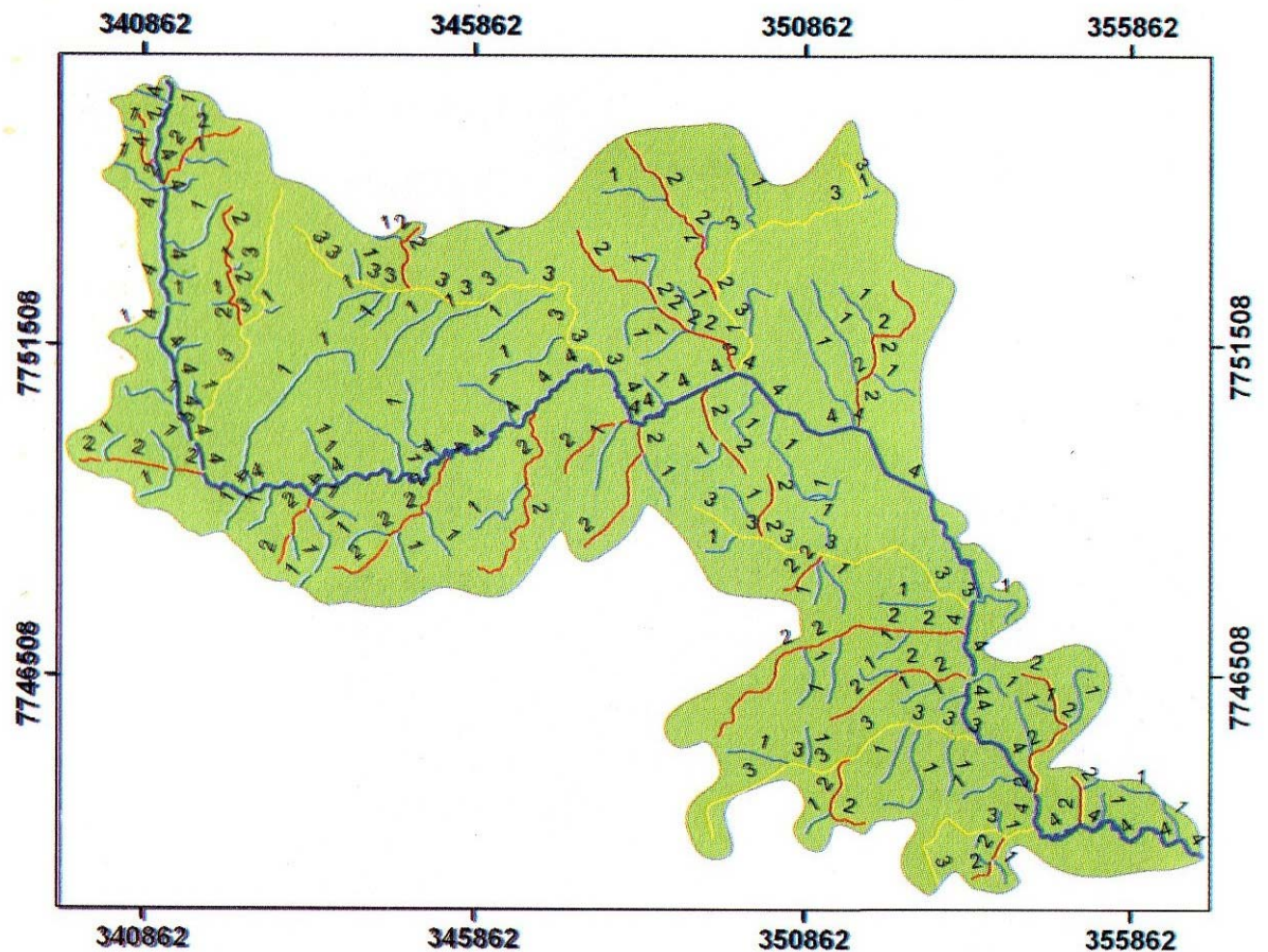
- Ângulo Azimutal:
  - $315^\circ$
- Ângulo Zenital:
  - $45^\circ$



# Resultados e Discussão

## Modelagem Hidrológica

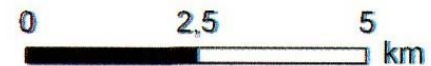
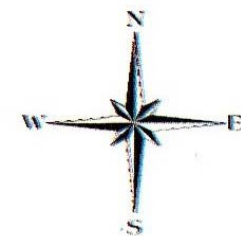
### Hidrografia hierarquizada segundo Horton (1945)



Hidrografia Hierarquizada

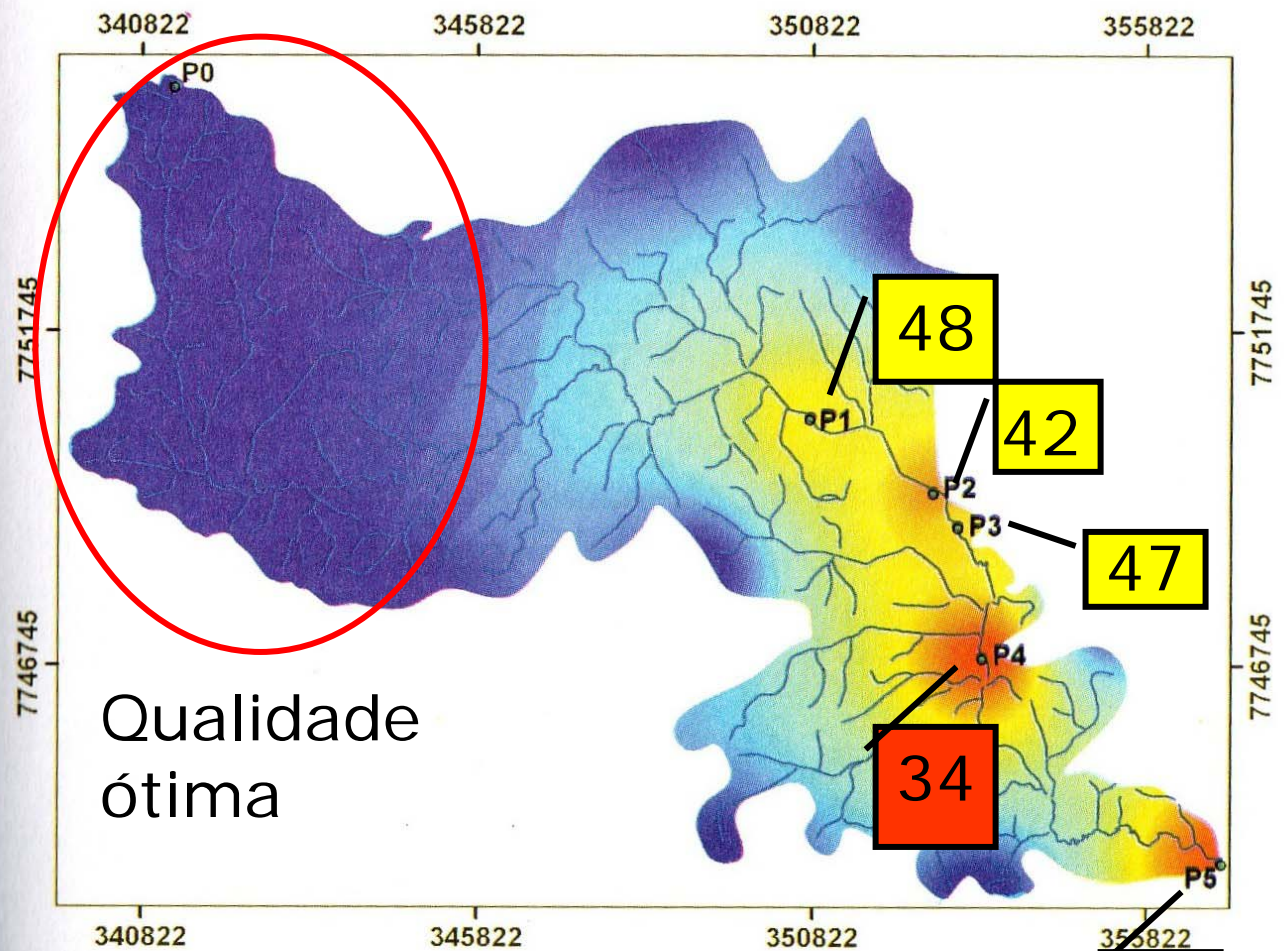
- Ordem 1
- Ordem 2
- Ordem 3
- Ordem 4

Bacia hidrográfica do rio Formate



# Resultados e Discussão

## Modelagem Hidrológica

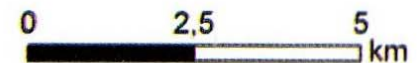
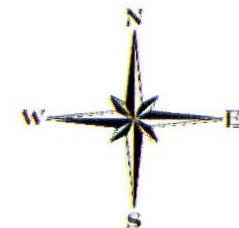


Índice de Qualidade de Água



Qualidade Ótima (IQA: 80 - 100)

Qualidade Ruim (IQA: 20 - 36)



# Modelagem Hidrológica

---

- Coliformes Termotolerantes e Fósforo: **acima do permitido para rios de Classe II;**
- $\text{DBO}_{5,20}$ : P2, P4 e P5;
- Nitrito e Turbidez: P5;
- OD e pH: P4.

# Conclusões

---

- A bacia apresenta baixa susceptibilidade à enchentes e é moderadamente drenada
- Predomina relevo com cotas altimétricas menores que 100 metros
- Segundo Horton (1945) a bacia é de 4<sup>a</sup> ordem
- Região superior predomina vertentes leste, sudeste e sul, e na inferior há predomínio de relevo plano

# Conclusões

---

- Porção superior da bacia apresenta água com qualidade ótima
- A jusante do bairro Marcílio de Noronha ocorre decréscimo elevado do IQA
- O SIG mostrou-se uma ferramenta eficiente para contribuir com a melhoria da água
- Necessidade de aumentar número de pontos de amostragem e a periodicidade de coletas

---

■ Obrigado!