

A MODELAGEM AMBIENTAL E A REPRESENTAÇÃO DA DINÂMICA DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

Ordilei Aparecido Gaspar de Melo¹

Manoel Luiz dos Santos²

¹UNIMEO/CTESOP – UEM

Professor da Faculdade UNIMEO/CTESOP-Assis Chateaubriand/PR

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PGE-UEM

ordmelo@hotmail.com

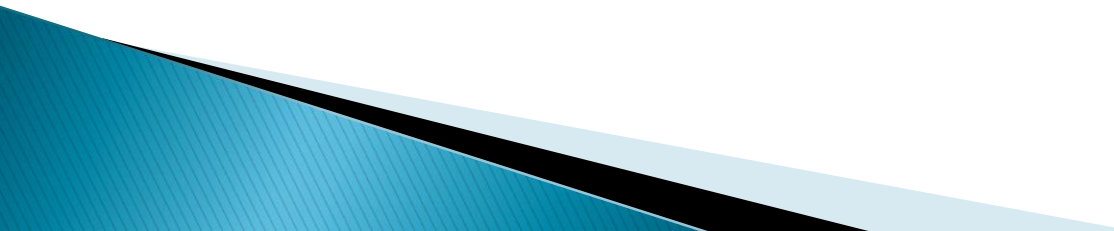
² UEM

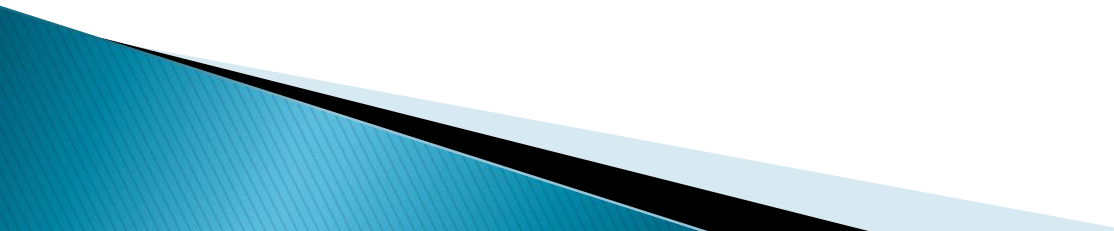
Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Geografia PGE-UEM

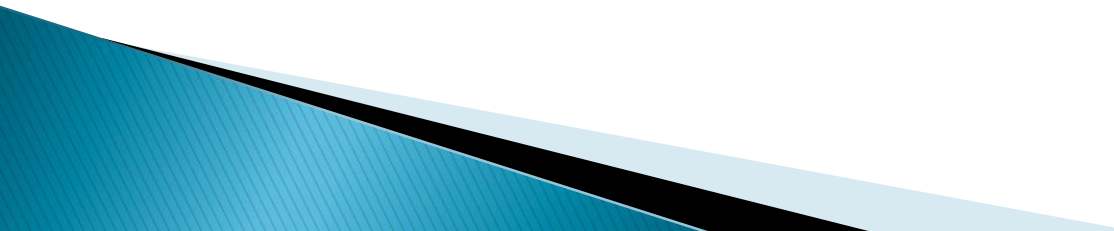
Pesquisador- Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente- GEMA

Av. Colombo 5790 Maringá-PR

mldsantos@uem.br

- ▶ Explicar as inter-relações existentes entre os componentes de um sistema dinâmico;
 - ▶ Estes sistemas, por vezes não se apresentam de forma linear (previsível) no tempo e no espaço.
- 

- ▶ Para analisar a complexidade dos sistemas dinâmicos tem sido crescente a adoção de modelos para melhorar a compreensão dos processos ambientais correlatos;
 - ▶ O avanço da tecnologia da informática, o processamento e integração de dados e geração de cenários reais ou hipotéticos possibilitaram o surgimento de novas perspectivas para a análise dinâmica dos processos ambientais.
- 

- ▶ A adoção de modelos matemáticos bem como sua operacionalização tem sido apoiada pelo desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG);
 - ▶ Von Bertalanffy (1973) define sistema como “conjunto de elementos em interação”, podendo ser fechados, isto é, sistemas que são considerados estarem isolados de seu ambiente e sistemas abertos que, por sua vez, trocam energia e matéria com o ambiente.
- 

- ▶ No caso da bacia hidrográfica, em que há uma intensa troca de energia e matéria (entradas e saídas) ocorre uma forte interação entre o sistema atmosférico, o substrato rochoso, o relevo, solo, a cobertura vegetal e as atividades econômicas básicas.

- ▶ De acordo com Kemp, (1993) a dinâmica dos sistemas hidrológicos e atmosféricos da terra implica que todos os sistemas ambientais estão fortemente inter-relacionados, dinamicamente e espacialmente. Impactos em um único local, geralmente, têm efeitos em outros.

- ▶ É possível a criação de estruturas de dados particulares, que se destinem a representar sistemas e permitir seu estudo. Estas estruturas de dados são os modelos e podem assumir diversas formas e níveis de complexidade;
- ▶ De acordo com Van Deursen, (1995), modelos matemáticos descrevem o estado e a dinâmica de um sistema (a paisagem) em uma determinada configuração (mudando ou estático) utilizando equações matemáticas.

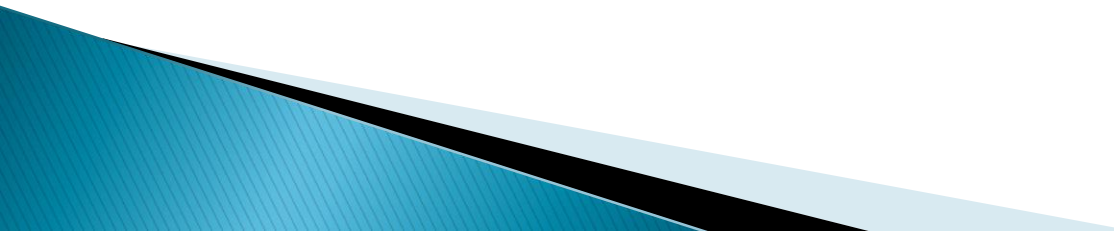
- ▶ Os modelos são aproximações da realidade, devendo possuir como características a simplicidade – facilidade de compreensão pelos usuários, a representatividade – descrevendo o processo que se deseja representar, e a precisão – bom índice de correlação estatística (CHECCHIA, 2005).

- ▶ De acordo com Van Deursen, (1995) a modelagem ambiental é uma importante ferramenta para a obtenção de informações quantitativas para planejamento e avaliação dos recursos da terra e da água em conjunto;
- ▶ A modelagem deve considerar que os processos da natureza resultam de interações espaço-temporais complexas entre os diversos elementos que os compõem, ou seja, as propriedades ambientais (FELGUEIRAS, 2001).

- ▶ Os procedimentos de análise espacial, desenvolvidos no ambiente de um SIG, possibilitam, no estágio tecnológico atual, a análise de processos, alguns simples e outros mais complexos, do mundo real. Para isto é necessário a criação de modelos ambientais, que representem adequadamente o fenômeno natural em estudo (FELGUEIRAS, 2001).

Estudo de caso

Carta de fragilidade ambiental

- ▶ Classifica as diversas unidades por níveis de fragilidade com base nas principais características naturais e de uso e ocupação do solo;
 - ▶ Possibilita recomendações técnicas visando prevenir problemas potenciais e corrigir os já existentes.
- 

Fragilidade potencial:

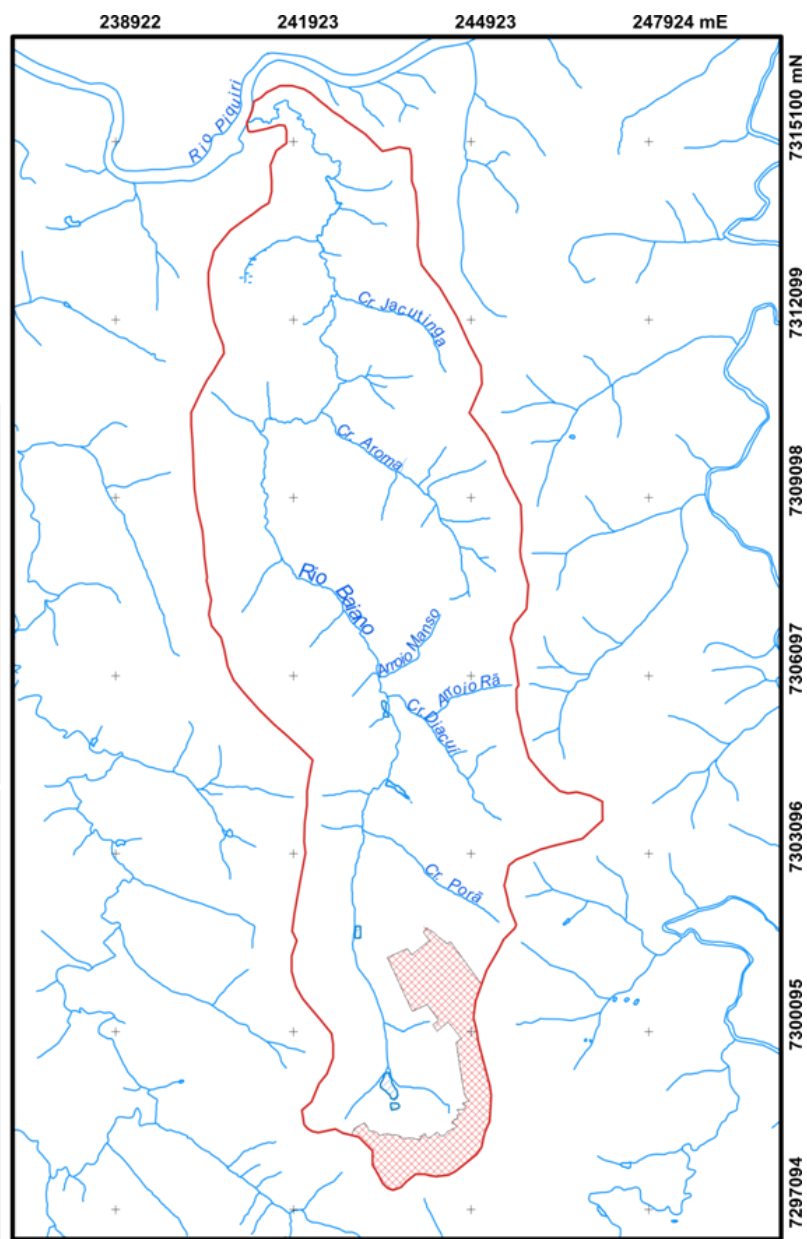
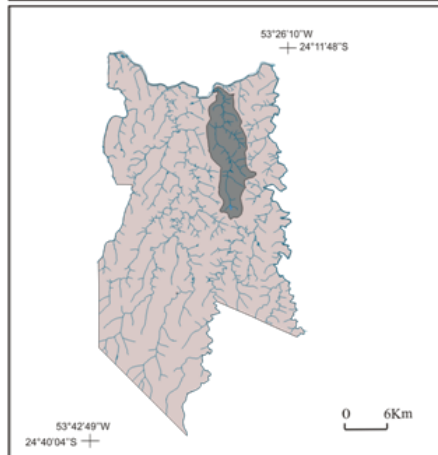
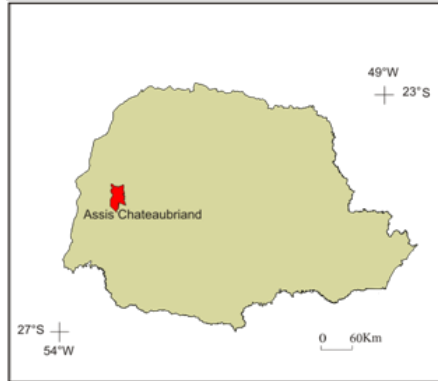
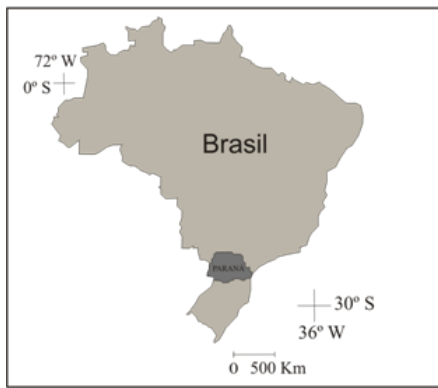
- ▶ Compreende a interação dos elementos físicos naturais, como relevo, tipos de solo, declividade, substrato rochoso, clima, entre outros;

Fragilidade emergente

- ▶ Compreende a análise integrada da fragilidade potencial do meio natural com o tipo de uso do solo.

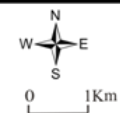


Processo de ravinamento em solo arenoso



- Brasil
- Paraná
- Assis Chateaubriand

- Drenagem
- Área urbana
- Bacia do rio Baiano



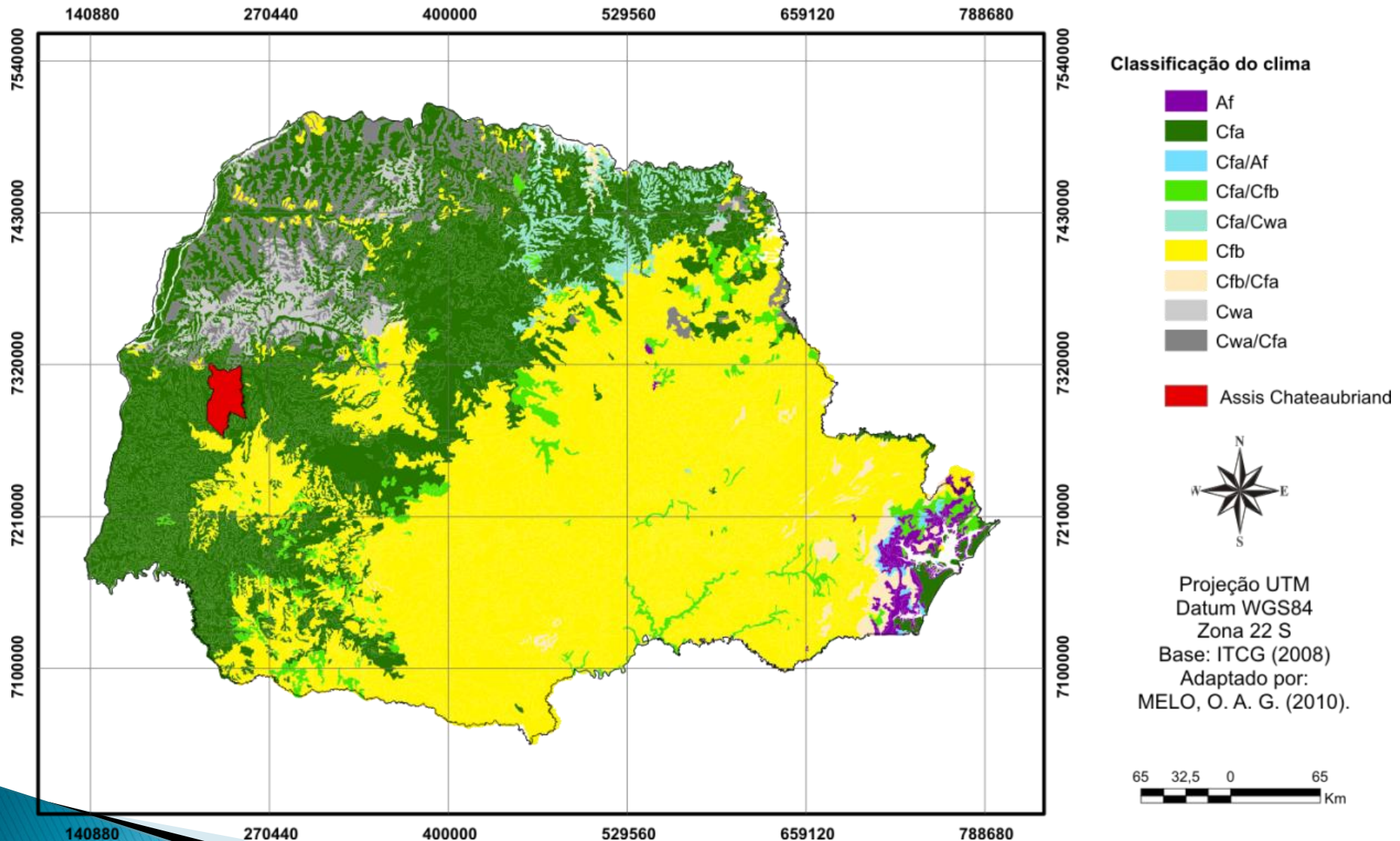
Localização do Município e da Área de estudo

GEOLOGIA

- ▶ A área de estudo, desenvolve-se exclusivamente sobre substrato rochoso, formado pelo basalto da Formação Serra Geral (JK).

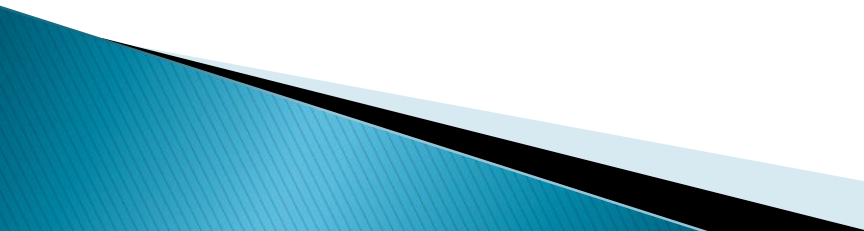


Características do clima



Tipos climáticos do estado do Paraná

Carta de classes de fragilidade ambiental

- ▶ Propostas de Crepani et al (1996), Ross (1994) e adaptações da metodologia de Ross (1994);
 - ▶ Elaboração dos mapas temáticos básicos;
 - ▶ Atribuição de pesos às variáveis;
 - ▶ Integração entre as variáveis.
- 

METODOLOGIA	CREPANI ET AL (1996)	ROSS (1994)	ADAPTADA DE ROSS (1994)
Variáveis			
Declividade	X	X	X
Solos	X	X	X
Rochas (Geologia)	X		
Cobertura vegetal/uso do solo	X	X	X
Clima (pluviosidade)	X	X	

Variáveis utilizadas em cada um dos procedimentos técnico-operacionais

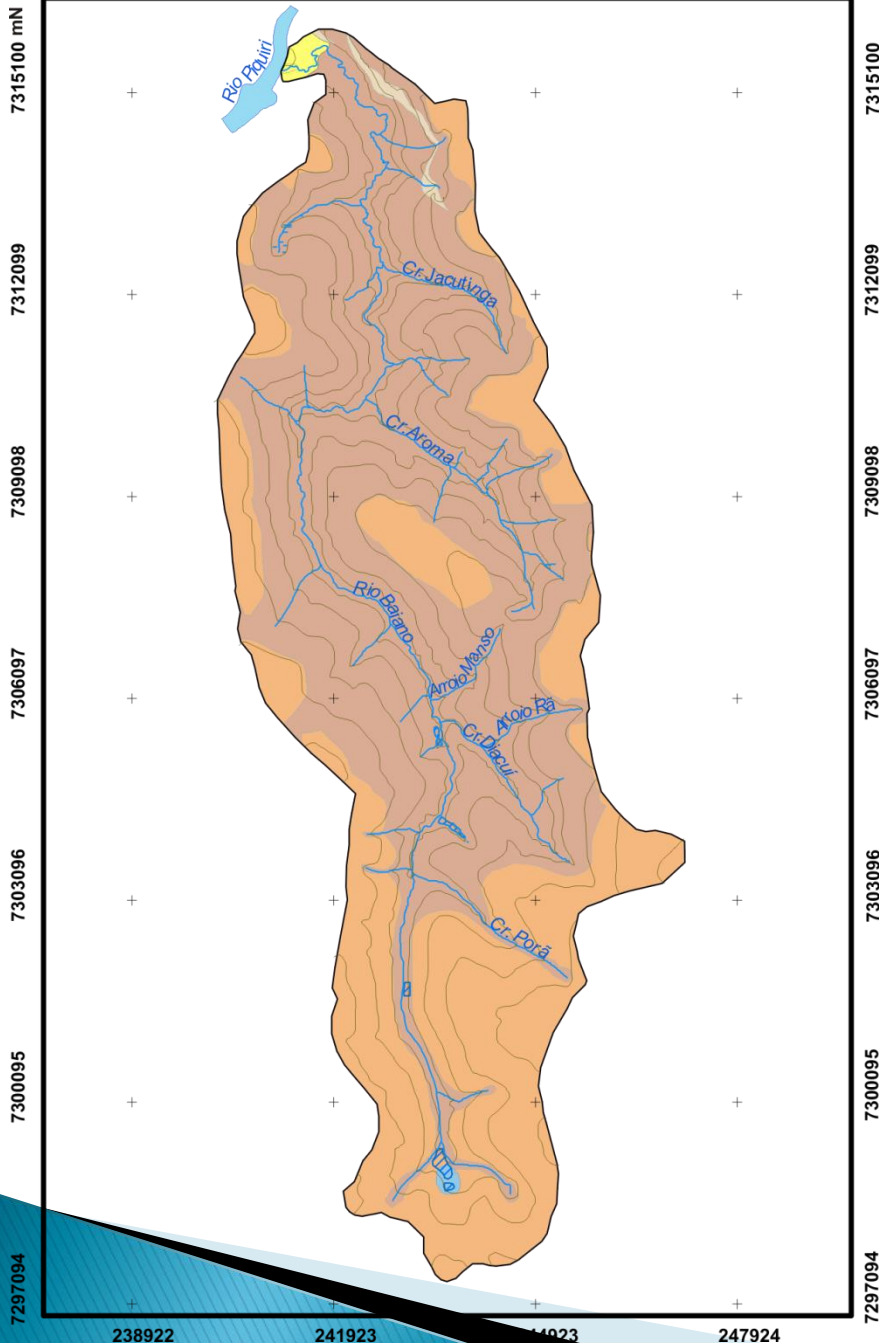
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Níveis hierárquicos	Características Pluviométricas
<u>1</u>	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano
1,5	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano
<u>2</u>	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 a <u>3</u> meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março
2,5	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 a <u>6</u> meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem <u>70 a 80%</u> do total das chuvas
<u>3</u>	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais, ultrapassando <u>2500mm/ano</u> ; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semi-árido)






Níveis hierárquicos das variações pluviométricas





Fonte: adaptado de Ross (1994)

238922 mE 241923 244923 247924



Solos

- 1  Latossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico, textura argilosa, estrutura forte pequena granular.
- 2  Nitossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico, textura argilosa, estrutura em prismas ou blocos angulares a subangulares, superfície dos agregados reluzentes.
- 3  Gleissolo, textura argilosa, com presença de nódulos ferruginosos.
- 4  Cambissolo, horizonte B incipiente.
- 5  Material coluvial, estrutura de grãos, seixos e blocos de diversos tamanhos e em vários graus de alteração.

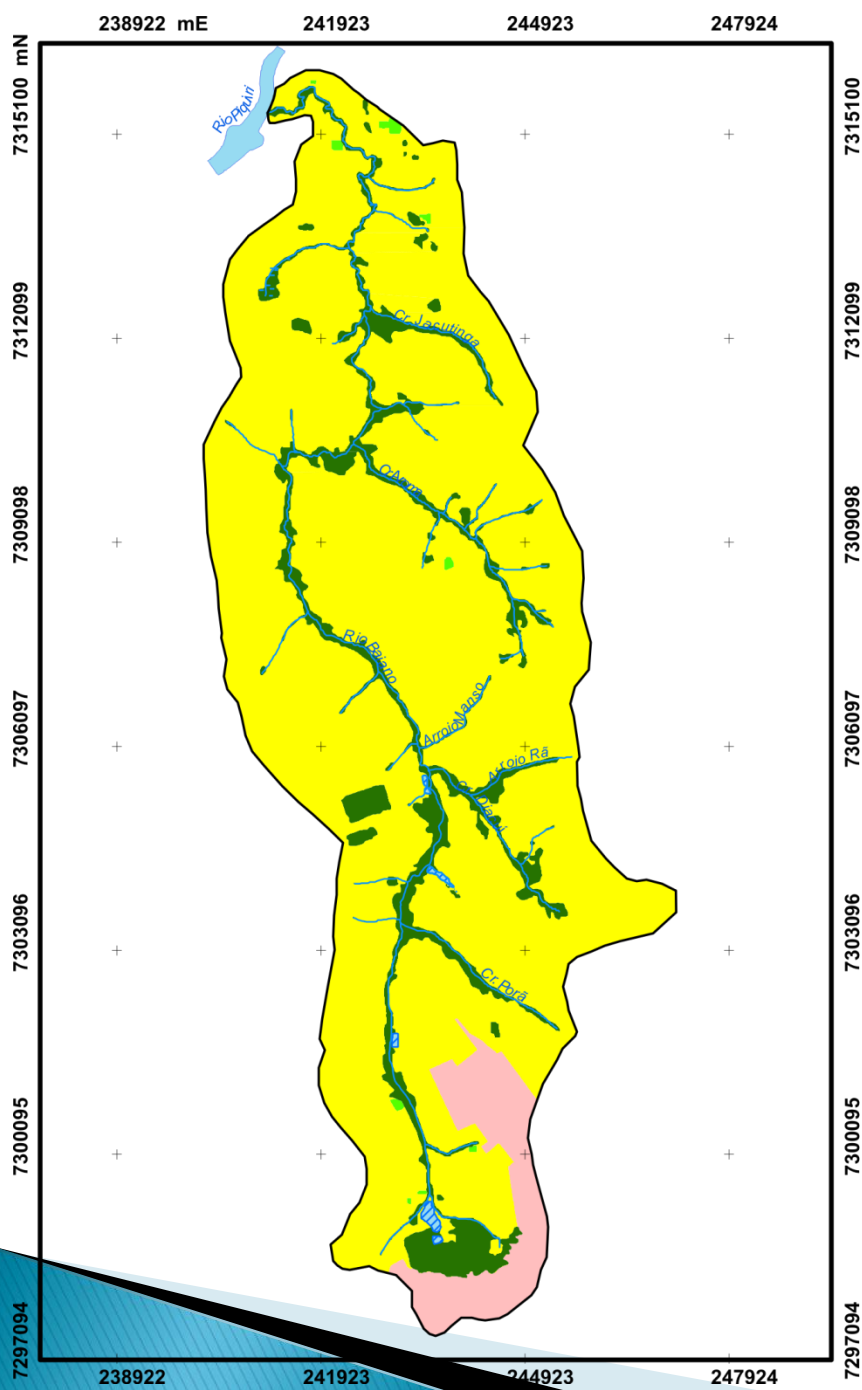
-  Limite da bacia
-  Curvas de Nível
-  Drenagem
-  Lago/represa



Base: Carta topográfica: folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4)
 Formosa do Oeste (MI 2801-3)
 Iporã (MI 2800-2)
 Ministério do Exército (1996)
 Escala: 1:50.000
 Projeção UTM
 Datum WGS84
 Zona: 22 S
 Elaboração: MELO, O. A. G (2010)



Carta de tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Baiano



Cobertura vegetal/Usos do solo

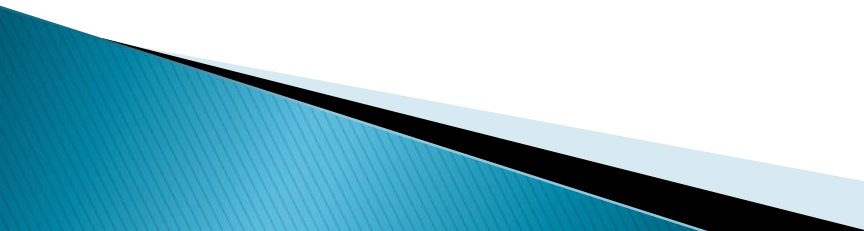
- Floresta
- Pastagem
- Cultura temporaria
- Área urbana
- lago/represa
- Limite da bacia
- Drenagem



Base: Carta topográfica: folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4)
 Formosa do Oeste (MI 2801-3)
 Iporã (MI 2800-2)
 Ministério do Exército (1996)
 Escala: 1:50.000
 Projeção UTM
 Datum WGS84-22 S
 Elaboração: MELO, O. A. G (2009)



Processos Morfodinâmicos Atuais

- ▶ A bacia do rio Baiano tem a grande maioria de sua área ocupada por atividades agrícolas;
 - ▶ Modificações do relevo correspondem ao sexto táxon da classificação proposta por Ross (1992) e englobam as formas menores;
 - ▶ Voçorocas, ravinas, cicatrizes de deslizamentos, terracetes de pisoteio do gado, cortes para estradas, aterros, entre outros.
- 



Fotografias mostrando processos erosivos atuais: 1 – ravina em área de baixa declividade;
2 – erosão laminar em área de pastagem próximo ao rio Baiano

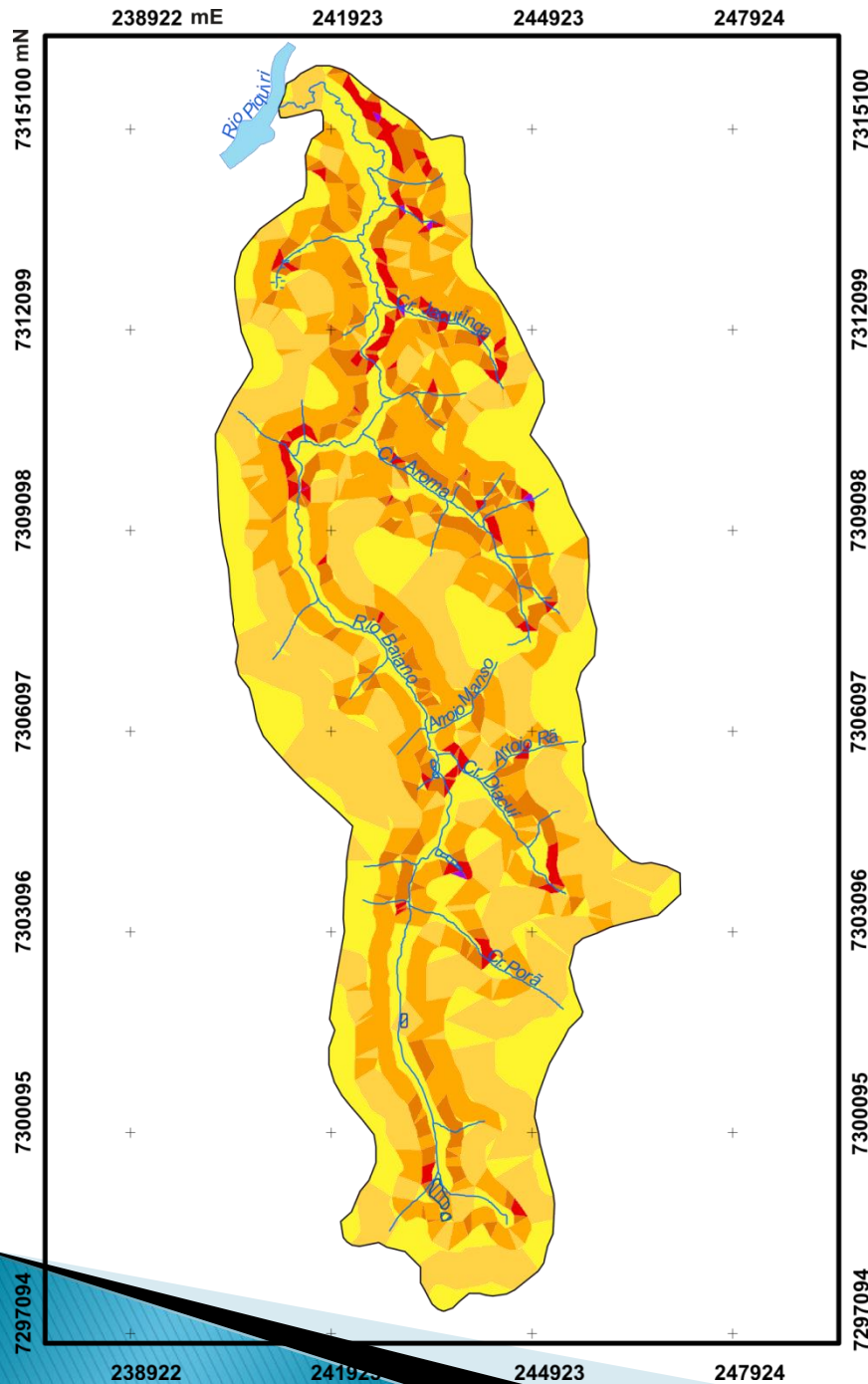
1



2



Fotografias mostrando a exploração de basalto: 1 – exploração de basalto;
2 – pedreira desativada, paredão vertical de exploração de basalto



Declividade (%)

- 20-30
- 12-20
- 9-12
- 6-9
- 3-6
- 0-3
- Limite da bacia
- Drenagem
- Lago/represa



Base: Carta topográfica: folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4)
 Formosa do Oeste (MI 2801-3)
 Iporã (MI 2800-2)
 Ministério do Exército (1996)
 Escala: 1:50.000
 Projeção UTM
 Datum WGS84
 Zona: 22 S
 Elaboração: MELO, O. A. G (2010)



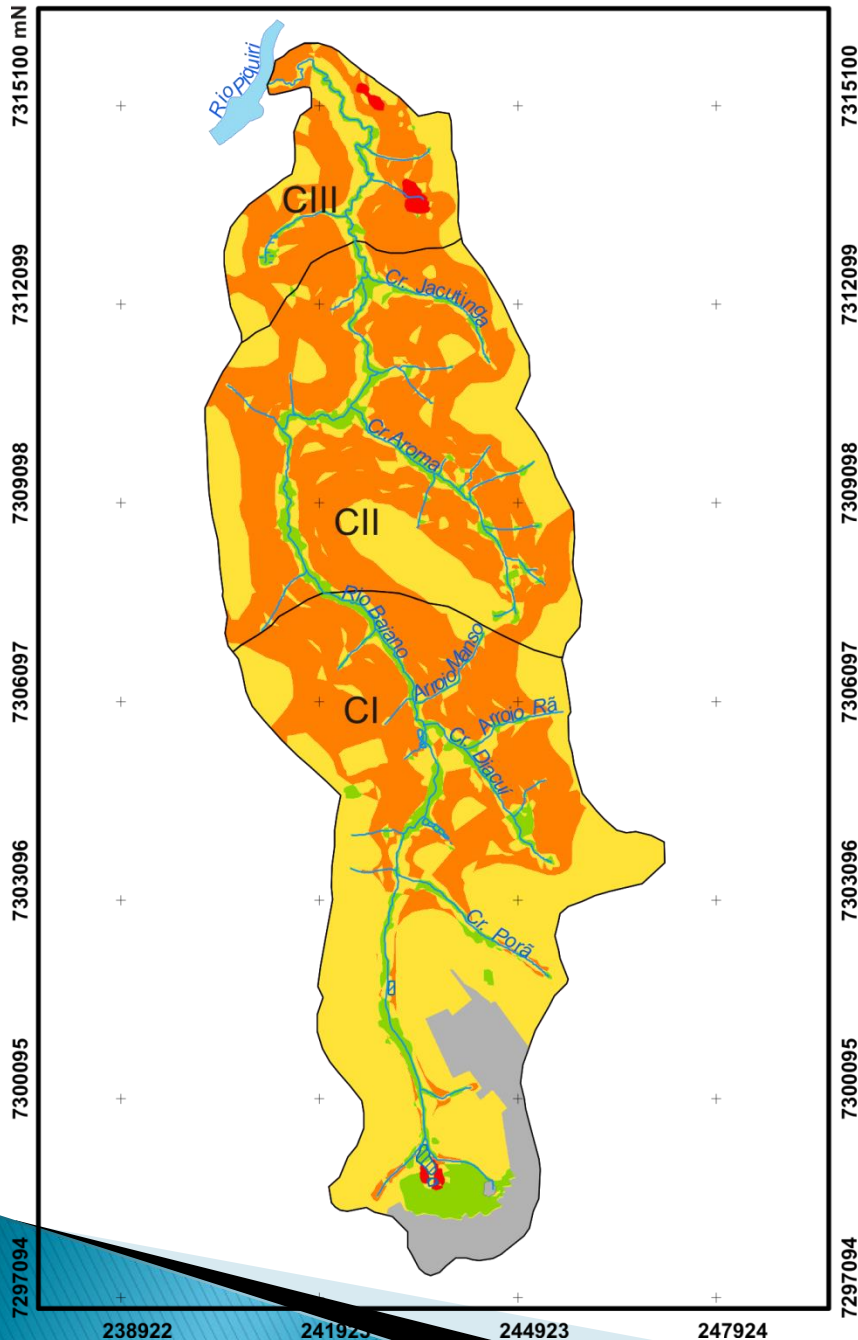
Carta de declividade da bacia hidrográfica do rio Baiano

Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Crepani et al (1996)

▶ Temas selecionados:

- ▶ 1) – Geologia;
- ▶ 2) – Classes de declividade;
- ▶ 3) – Cobertura vegetal/ Uso do solo;
- ▶ 4) – Clima;
- ▶ 5) – Tipos de solo.
- ▶ [Geologia]+[Declividade]+[Clima]+[Solos]+[Uso do solo]

238922 mE 241923 244923 247924



Compartimentos

- **Compartimento - CI**, domínio das maiores altitudes, solos bem desenvolvidos com predomínio dos Latossolos Vermelhos
- **Compartimento - CII**,predomínio das altitudes médias, solos compostos em sua maioria por Nitossolos Vermelhos
- **Compartimento - CIII**, área de baixas altitudes, com declividade mais acentuada, aparecimento de solos menos desenvolvidos e áreas recobertas por material coluvial

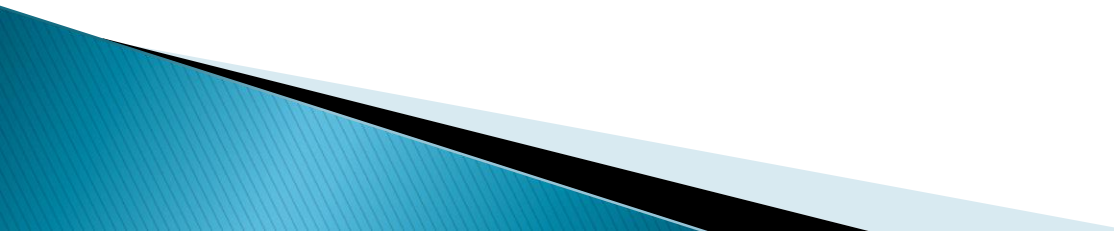
Classes de Fragilidade

- Forte
- Média
- Baixa
- Muito Baixa
- Limite da bacia
- Drenagem
- Lago/represa
- Área Urbana

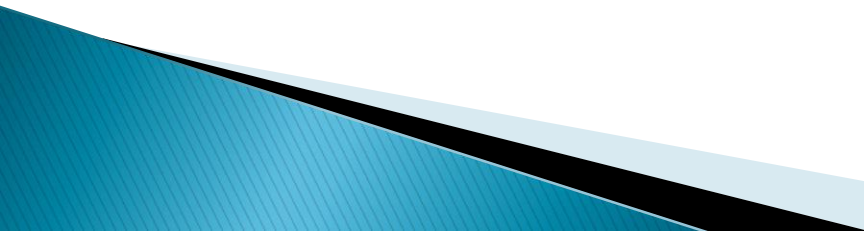


Base: Carta topográfica: folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4)
Formosa do Oeste (MI 2801-3)
Iporã (MI 2800-2)
Ministério do Exército (1996)
Escala: 1:50.000
Projeção UTM
Datum WGS84
Zona: 22 S
Elaboração: MELO, O. A. G (2010)



- ▶ **Primeiro modelo adotado: Crepani et al (1996):**
 - ▶ Todas as variáveis determinam a maior ou menor fragilidade potencial e emergente da área;
 - ▶ Assume-se que todas as variáveis teriam a mesma importância;
- 

Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Ross (1994)

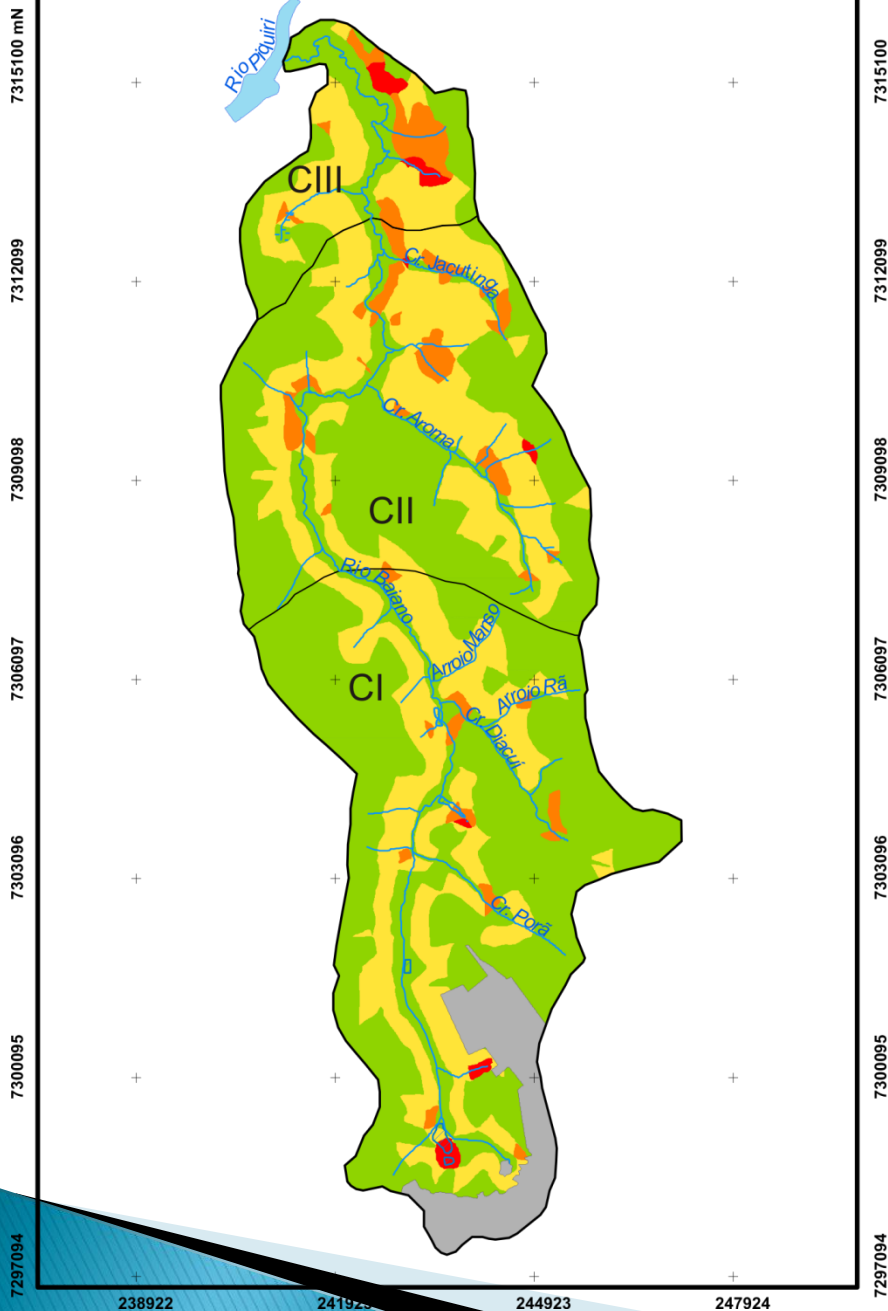
- ▶ **Temas selecionados:**
 - ▶ **1) – Classes de declividade;**
 - ▶ **2) Solos;**
 - ▶ **3) Cobertura vegetal/uso do solo;**
 - ▶ **4) Clima (pluviosidade)**
 - ▶ **Ex. 1243, 2123, 3211, 4231...**
- 

238922 mE

241923

244923

247924



Compartimentos

- **Compartimento - CI**, domínio das maiores altitudes, solos bem desenvolvidos com predomínio dos Latossolos Vermelhos
- **Compartimento - CII**,predomínio das altitudes médias, solos compostos em sua maioria pos Nitossolos Vermelhos
- **Compartimento - CIII**, área de baixas altitudes, com declividade mais acentuada, aparecimento de solos menos desenvolvidos e áreas recobertas por material coluvial

Classes de Fragilidade

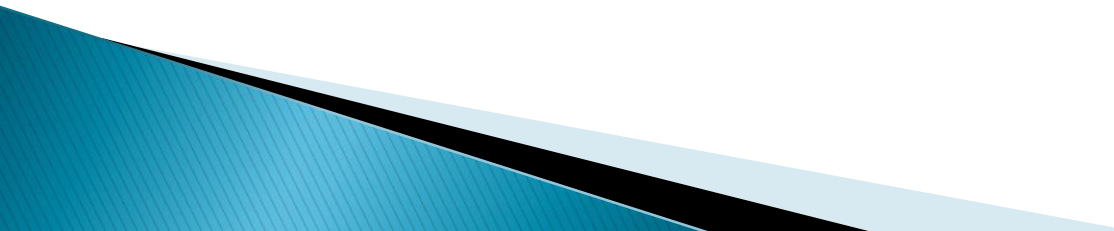
- Forte
- Média
- Baixa
- Muito Baixa

- Limite da bacia
- Drenagem
- Lago/represa
- Área Urbana

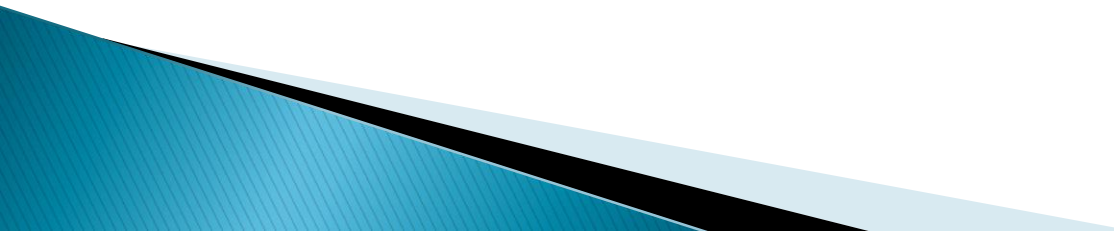


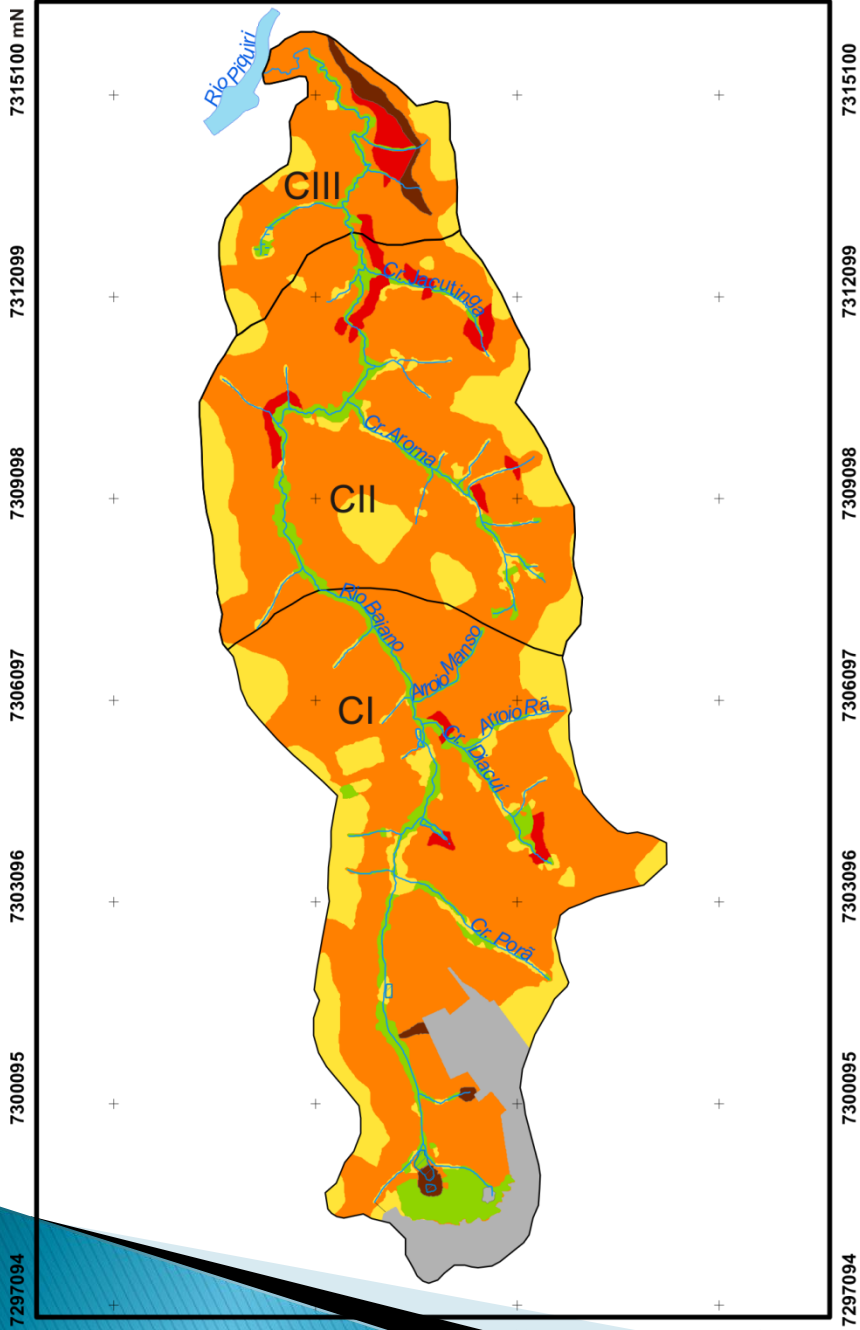
Base: Carta topográfica: folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4)
Formosa do Oeste (MI 2801-3)
Iporã (MI 2800-2)
Ministério do Exército (1996)
Escala: 1:50.000
Projeção UTM
Datum WGS84-22 S
Elaboração: MELO, O. A. G (2010)

1 0,5 0 1 Km

- ▶ **Segundo modelo empregado: Ross (1994);**
 - ▶ Combinação de quatro variáveis: relevo, solos, cobertura vegetal/uso do solo e clima (pluviosidade);
 - ▶ A primeira variável determina a fragilidade;
 - ▶ A fragilidade é indicada do ponto de vista natural.
- 

Carta de classes de fragilidade ambiental com base na proposta de Ross (1994)

- ▶ **Temas selecionados:**
 - ▶ **1) Cobertura vegetal/uso do solo;**
 - ▶ **2) Solos;**
 - ▶ **3) Declividade.**
- 



Compartimentos

- **Compartimento - CI**, domínio das maiores altitudes, solos bem desenvolvidos com predomínio dos Latossolos Vermelhos
- **Compartimento - CII**,predomínio das altitudes médias, solos compostos em sua maioria pos Nitossolos Vermelhos
- **Compartimento - CIII**, área de baixas altitudes, com declividade mais acentuada, aparecimento de solos menos desenvolvidos e áreas recobertas por material coluvial

Classes de Fragilidade

- Muito forte
- Forte
- Média
- Baixa
- Muito Baixa
- Limite da bacia
- Drenagem
- Lago/represa
- Área Urbana



Base: Carta topográfica: folhas de Assis Chateaubriand (MI 2800-4)
 Formosa do Oeste (MI 2801-3)
 Iporã (MI 2800-2)
 Ministério do Exército (1996)
 Escala: 1:50.000
 Projeção UTM
 Datum WGS84
 Zona: 22 S
 Elaboração: MELO, O. A. G (2010)



Carta de fragilidade da bacia hidrográfica do rio Baiano com apoio na cobertura vegetal/uso do solo

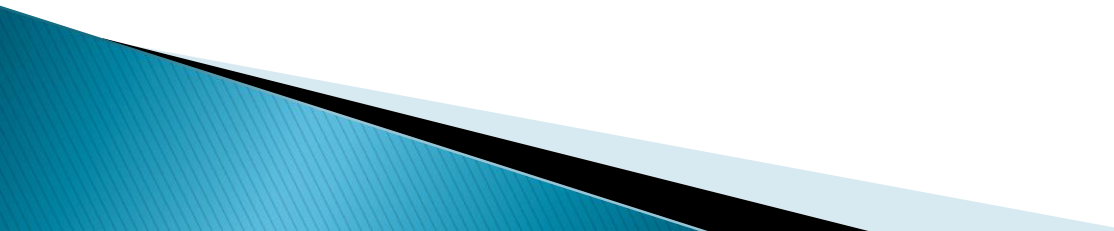
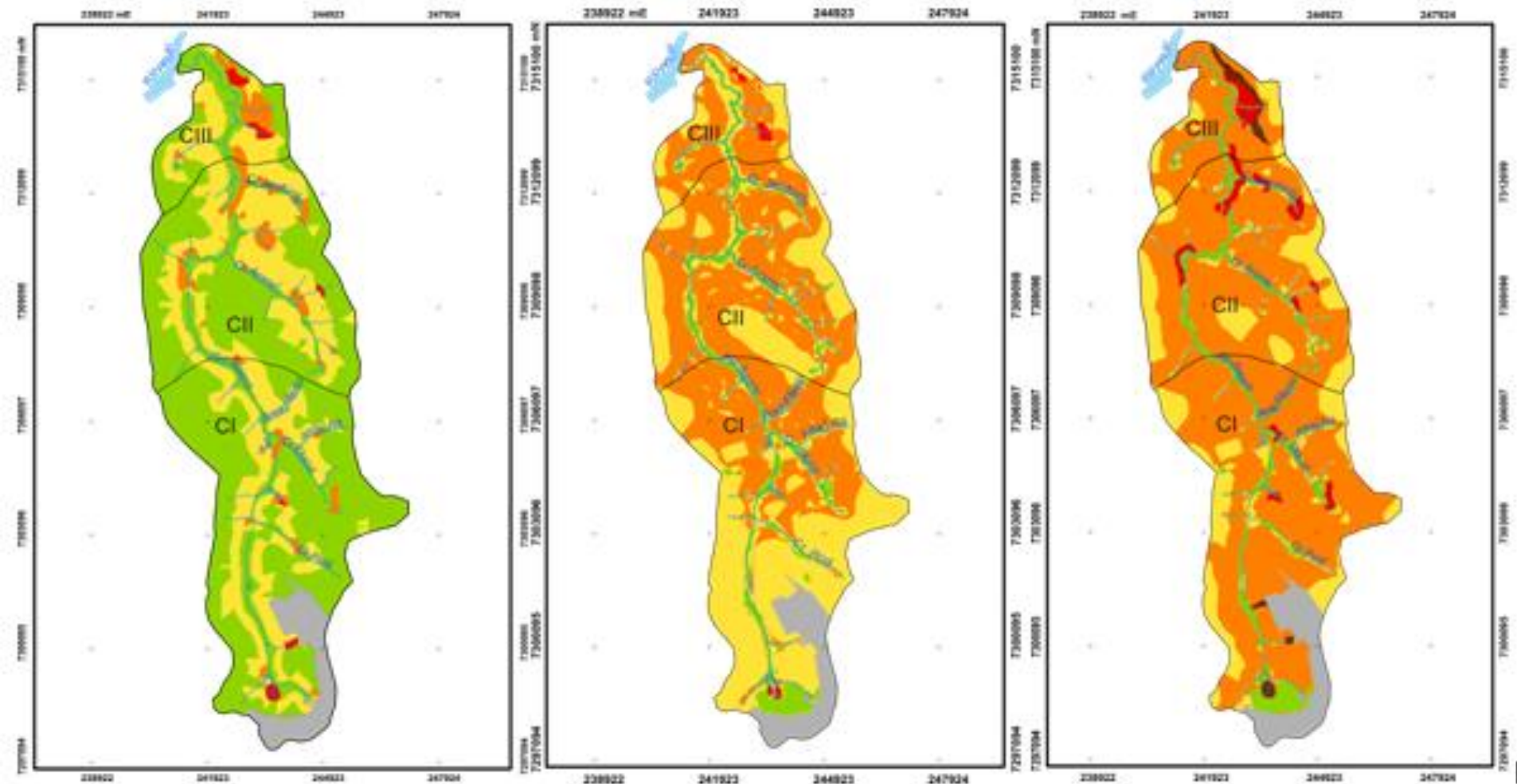
- ▶ O terceiro modelo empregado: adaptado de Ross (1994);
 - ▶ Combinação de três variáveis, cobertura vegetal/uso do solo, declividade e solos;
 - ▶ Condições de cobertura vegetal/uso do solo;
 - ▶ A modelagem de dados e a área em particular;
- 

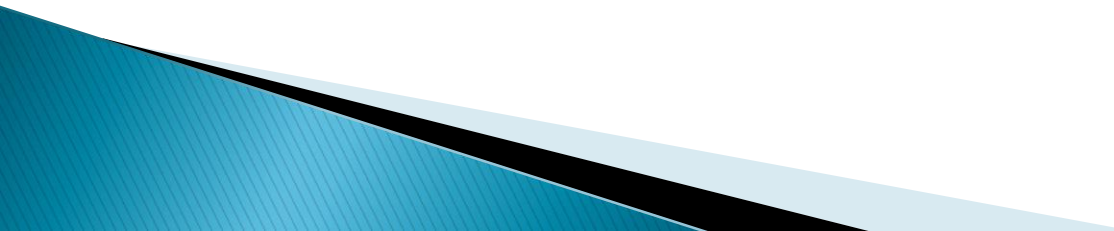


Figura – Fotografias mostrando áreas de fragilidade ambiental muito alta: 1 – cabeceira de drenagem próximo a área urbana; 2 e 3 – voçoroca provocada pelo fluxo concentrado de águas pluviais provenientes da área urbana; 4 – área de solos rasos, utilizada para exploração de basalto. Foto: Ordilei Aparecido Gaspar de Melo - 2010



Classes de Fragilidade

Muito Baixa
 Baixa
 Média
 Forte
 Muito Forte

- ▶ A forma da modelagem dos dados;
 - ▶ Os processos operacionais e a representação da realidade.
 - ▶ Agentes que provocam modificações das condições ambientais;
- 

Referências

- ▶ CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; DUARTE, V.; HERNANDES, P. & FLORENZANO, T. G. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. INPE, 1996.
- ▶ CHECCHIA, T. Avaliação de perda de solo por erosão hídrica e Estudo de emergência na bacia do rio Caeté, Alfredo Wagner – Santa Catarina. Florianópolis, 2005. 127f. Dissertação (Pós-Graduação – Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina.
- ▶
- ▶ KEMP, K. K. **Environmental Modeling with GIS: A Strategy for Dealing with Spatial Continuity**. 1993. NCGIA – National Center for Geographic Information and Analysis. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.33.8404&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em 14 de fevereiro de 2014.
- ▶
- ▶ GOODCHILD, M. F. Data models and data quality: problems and prospects. In: Goodchild, M. F.; Bradley, O. P.; Steyaert L. T. ed. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993b. p. 94–103.
- ▶
- ▶ FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem ambiental com tratamento de Incertezas em sistemas de informação geográfica: O paradigma geoestatístico por indicação**. São José dos Campos, 2001. 215f. Tese
- ▶

- ▶
- ▶ **PEDROSA, B. M.; CAMARA, G. Modelagem Dinâmica e Sistemas de Informações Geográficas.** In: **Geomática: Modelos e Aplicações.** EMBRAPA, Brasília–Df, 2007.
- ▶ **ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** In: **Revista do departamento de Geografia, FFLCH/ USP.** São Paulo, 1992.
- ▶
- ▶ **ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** In: **Revista do departamento de Geografia, FFLCH/ USP.** São Paulo, 1994.
- ▶ **VON BERTALANFFY, L. Teoria Geral dos Sistemas.** Trad. Francisco M. Guimarães. Vozes, Petrópolis – RJ, 1973. 351 p.
- ▶
- ▶ **XAVIER–DA–SILVA. Geoprocessamento em Estudos Ambientais: Uma Perspectiva Sistêmica.** In: **Geomática: Modelos e Aplicações.** EMBRAPA, Brasília–Df, 2007.