



Fragilidade Ambiental

Método: Processo Hierárquico Analítico (AHP)

Fragilidade Ambiental Parcial – Município de Cachoeira Paulista – SP

Marcelo Cardoso da Silva Bandoria

Mestrado em Sensoriamento Remoto

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Disciplina de Introdução a Geoprocessamento

Junho 2018

Resumo e Objetivo

Este trabalho fundamenta-se na utilização do método de auxílio multicritério à tomada de decisões (AHP – Analytic Hierarchy Process), pois o uso da metodologia do processo de análise integrada da paisagem é um caminho que envolve a correlação de diversos fatores do território e nos leva a difícil tarefa de qualificar os pesos de cada variável na modelagem proposta.

A correlação espacial de fatores geográficos foi obtida pela álgebra de mapas e por média ponderada, com os pesos obtidos por AHP, buscando suporte para tomada de decisão, na delimitação de área prioritária para recuperação florestal (revegetação), considerando a fragilidade ambiental parcial obtida no município de Cachoeira Paulista – SP.

Teoria e Método

A metodologia de obtenção da fragilidade potencial de uma determinada área é conceituada como sendo a vulnerabilidade natural de um ambiente em função de suas características físicas como a declividade e o tipo de solo, enquanto que a fragilidade emergente ou ambiental, além de considerar as características físicas, contempla também, os graus de proteção dos diferentes tipos de uso e cobertura vegetal sobre o ambiente.

O método de Análise Hierárquica de processos, (AHP - Analytic Hierarchy Process) foi desenvolvido por Tomas L. Saaty na década de 70, sendo o método de análise multicritério mais amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão em problemas com múltiplos critérios, por meio de valores qualitativos e quantitativos. Ao longo dos últimos anos o mesmo é aplicado em diversas situações de definição de prioridade, desde avaliação de custos e benefícios, alocações de recursos, medidas de desempenho, pesquisa de mercado e neste caso ao ajuste de modelo de fragilidade ambiental. (Saaty, 1991)

Níveis de desenvolvimento do trabalho

- **Nível 1: Propósito Geral do problema (Fragilidade Ambiental - Parcial)**
*** Questão: Qual área é prioritária para implementar uma recuperação da Mata Atlântica no Município estudado?**
- **Nível 2: Critérios (Rede Hierárquica) - Quantitativos e Qualitativos**

Transição complexa

- **Nível 3: Atributos (pesos obtidos por AHP) e Álgebra de Mapas**

Avaliações e escala de julgamento

Por meio de teorias e estudos de psicologia Saaty (1977) concluiu que o ser humano não é capaz de avaliar de forma paritária com índices acima de 9, e dessa forma propôs uma escala de avaliação que determina o grau de importância na comparação pareada de cada informação cruzada no modelo.

Figura: Grau de Importância utilizado
No julgamentos da avaliação de pesos



Grau de importância	Relação	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidencia favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Matriz de Comparação Pareada (pesos e resultados para obtenção de IC e RC)

	Critérios e seus respectivos pesos atribuídos				Auto Vetor	Normalização	Auto Valor	λ_{max}
	C1	C2	C3	C4				
C1	1	0,5	9	9	2,5226	39,48%	3,222	1,272
C2	2 (dúvidas)	1	7	7	3,1463	49,24%	1,786	0,8794
C3	0,111 (espelho)	0,143 (Espelho)	1	2	0,4221	6,60%	17,5	1,155
C4	0,111(espelho)	0,143 (Espelho)	0,5	1	0,2984	4,67%	19	0,8873

Observações:

A teoria do Auto vetor se aplica pela obtenção da média geométrica das linhas

Legenda

Normalização se obtêm pela divisão do valor de cada MG das linhas pela soma de todas as mesmas

C1 - Declividade

o Auto Valor é obtido pela soma das colunas

C2 - Geologia

O λ_{max} é resultado da multiplicação do Auto vetor normalizado pelo auto valor

C3 - Pedologia

$IC = \lambda_{max} - n / n - 1$

C4 - Uso do Solo

$RC = IC / IR$, onde Índice Randômico é para (n=4) igual a 0,9

IC - Índice de Coerência = 0,06266

Razão de Coerência = 0,06962

Análise Hierárquica de Processo
Método: AHP

Objetivo: Obter a Fragilidade Ambiental (Parcial) do município de Cachoeira Paulista - SP

Nível I

Declividade / Vulnerabilidade atribuída
1 - (0-2%) - 1
2 - (2-6%) - 1,5
3 - (6-20%) - 2
4 - (20-50%) - 2,5
5 - (>50%) - 3

Geologia / Vulnerabilidade atribuída
Mica Xisto - 1,7 / Granito: 1,7 /
Conglomerado: 2,5 / Biotita Gnaisse: 1,7
Areia e cascalho: 2,5 / Migmatito: 1,3

Tipos de Solos / Vulnerabilidade atribuída
Latosolos: 1
Gleissolos: 3
Cambissolos: 2,5

Uso do Solo / Vulnerabilidade atribuída
Floresta: 1
Uso agropecuário: 3
Área Urbana: 3

Variáveis Qualitativas do analista

Nível II

Legislação Ambiental
Políticas Ambientais
Plano Diretor

Gestão do território
Uso estratégico
Recursos Naturais

Aspectos Históricos
Conflitos por Terras
Comunidades Locais
Movimentos Sociais

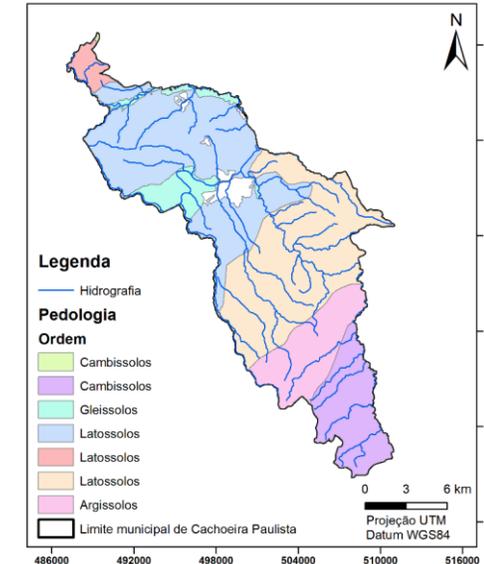
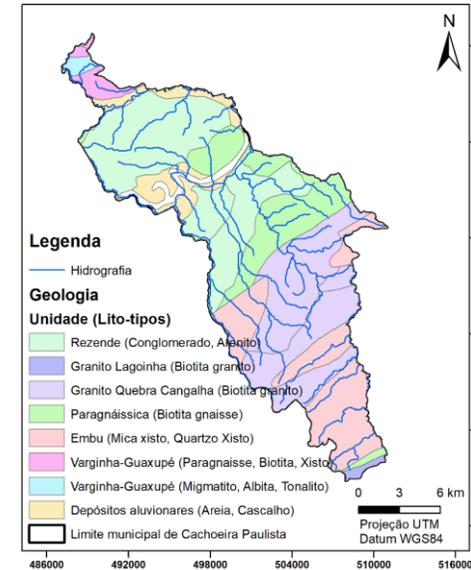
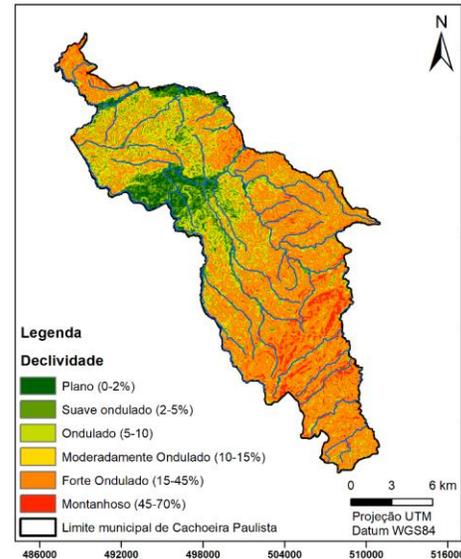
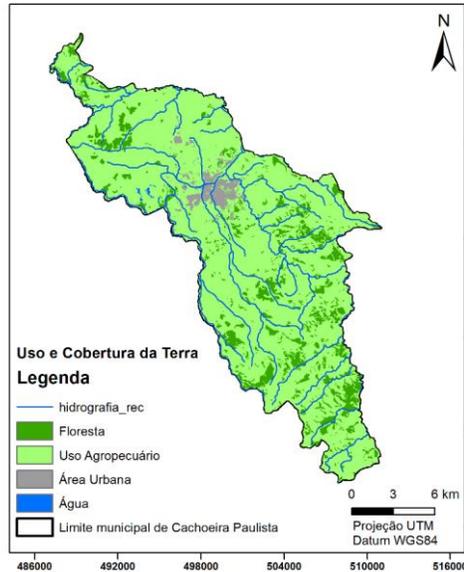
Agentes econômicos
Região eixo de ligação SP-RJ

Nível III

Mapa de Fragilidade Ambiental Parcial
do Município de Cachoeira Paulista

Resultados e Discussão

Planos de Informações, Mapas Gerados, Fontes dos dados e tipo de operação utilizada:

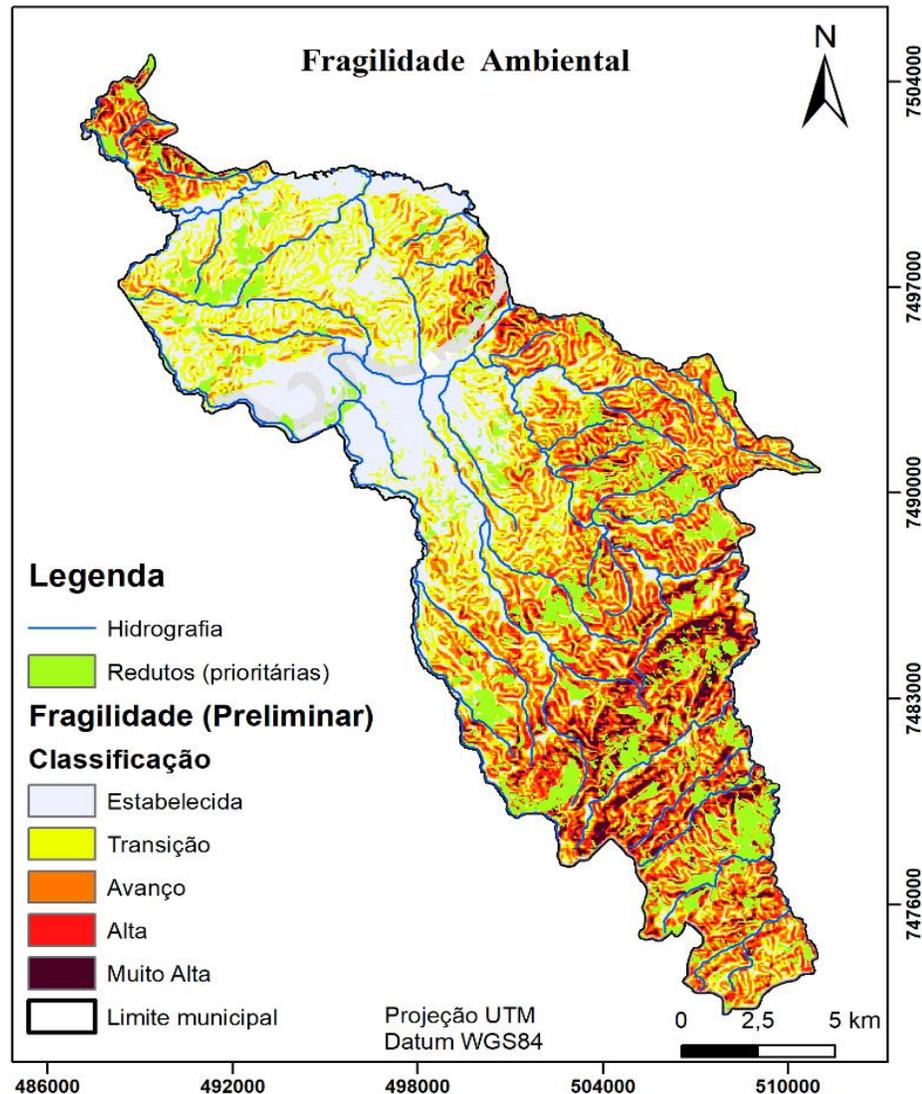


- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Base Cartográfica Contínua – 250): utilizado dados da Hidrografia do Brasil – 2017.
- DataGeo – Pedologia
- O projeto Topodata oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborados a partir dos dados SRTM.
- Os projetos de geologia do Serviço Geológico do Brasil – CPRM..
- MapBioma disponibiliza dados anuais de cobertura e uso do solo 2016.

Baseada na metodologia utilizada por Crepani *et al.*, (2001), aplicou-se a Média aritmética ponderada (*Raster Calculator*) dos pesos (*W*) obtidos para os atributos temáticos, que resultou no Mapa Síntese de Fragilidade Ambiental Parcial da área de pesquisa.

$$\text{Fragilidade Ambiental} = \frac{("Critério A" * "peso obtido AHP" + "critério n" * "peso n obtido AHP")}{n^{\circ} \text{ total de critérios utilizados}}$$

Discussão de resultados:



- Satisfatórios, pois o modelo se propunha a obter uma primeira abordagem (caráter parcial) sobre a fragilidade do município e dar suporte a um plano de revegetação da área, e o uso do método de análise hierárquica de processos apoiou na redução de incertezas.
- Limitações do modelo: Necessidade de ampliar o número de variáveis na matriz de correlação.

Considerações Finais

Propostas à tomada de decisão:

Criação de um plano estratégico de recuperação FLORESTAL que considere uma ordem de importância que parte da necessidade:

- Criação de cordão de preservação das áreas de reduto de Mata Atlântica, atendendo a ideia prioritária de preservação das áreas que ainda podem sofrer algum impacto com a expansão urbana.
- Ampliação da áreas florestais por meio do reflorestamento controlado (Revegetação), a partir dos corredores ecológicos, que associadas as áreas de preservação ambiental, associados as áreas de alto risco de fragilidade ambiental, destacadas no Mapa final, podem controlar e possivelmente recuperar a vegetação de Mata Atlântica no município estudado.

Em suma, como esperado, há prioridades sustentáveis, devendo-se urgentemente ser implementado um **cordão de preservação das áreas de reduto de Mata Atlântica**, para que **a partir dessas possamos desenvolver uma estratégia de recuperação das áreas destruídas e com alto nível de fragilidade conforme as localidades destacadas no mapa**. Portanto, a necessidade estratégica de recuperação seria na prática por nossa proposta de intervenção direta no território, iniciada pela ideia de preservação das áreas que ainda podem sofrer algum impacto, destacadas por áreas em médio e alto grau de fragilidade ambiental como eixo de integração estratégico.

Referências Bibliográficas

- CÂMARA, G.; BARBOSA, C. C.; CORDEIRO, J. P.; LOPES, E.; FREITAS, U. M.; LUCENA, I. *Álgebra De Mapas*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F.; *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.
- DIAS, V. S. B.; SILVA, A. B.; *AHP na modelagem da vulnerabilidade ambiental do mini corredor ecológico Serra das Onças (BA)*, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFES, 2014.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. *Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n.1, p.175-181, 2006.
- KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. *Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento*. In: *XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Anais... Goiânia, Brasil, 2005, p. 2203-2210.
- ROSS, J. S. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- ROSS, J. L. S. *Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados*. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8, 1994.
- SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. *Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos*. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, n. 15, p.39-49, 2004.
- SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, 1980
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE/ SUPREN, 91 p. 1977.
- VALERIANO, M. D. M. *Topodata: Guia Para Utilização de Dados e Modelagem de Dados Topográficos SRTM*, São José dos Campos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008.