

## Modelagem do conhecimento aplicada ao estudo da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no maciço da Pedra Branca/RJ

Gustavo Mota de Sousa<sup>1,2</sup>  
Fábio Ventura dos Santos<sup>2</sup>  
Rodrigo da Silva Ferreira<sup>3</sup>  
Manoel do Couto Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ  
Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia - IA  
BR-465, Km 7 - 23890-000 - Seropédica - RJ, Brasil  
gustavoms@ufrj.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Laboratório de Cartografia (GEOCART), Departamento de Geografia, IGEO  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
fabio.ventura.santos@gmail.com, manoel.fernandes@ufrj.br

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica – PUC Rio  
Laboratório de Visão Computacional (LVC), Departamento de Engenharia Elétrica  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - 22453-900 - Gávea, Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
rsilva@ele.puc-rio.br

**Abstract.** This article aims to use the methodology of Cartography Geocological of susceptibility to wildfires developed through the knowledge model using open source software InterIMAGE 1.21. The susceptibility methodology uses existing nature variables in the landscape that promote the begins of wildfires in the area of the Pedra Branca massif as part of the Atlantic Forest and is located in the Rio de Janeiro city, Brazil. The data used are slope and solar radiation maps, both extracted from Digital Elevation Model (DEM) and combustibility map that was developed from a land cover map. These maps were combined using decision rules developed by the analytical-integrative approach, which resulted in the generation wildfires susceptibility classes. The software is developed by the Laboratory Vision Computer - LVC / PUC-Rio in partnership with the National Institute for Space Research - INPE, has provided excellent results for this study and allows the application of the methodology in other protected areas that present the wildfires prevention and providing assistance to combat this phenomenon in nature. The research also aims to enter other variables of the landscape to make the knowledge model of the wildfires still closer to reality in order to bring new applications to software InterIMAGE.

**Palavras-chave:** wildfires, knowledge model, InterIMAGE, geocology, incêndios florestais, modelagem do conhecimento, InterIMAGE, geocologia.

### 1. Introdução

Entre algumas linhas de pensamento sobre a ciência geográfica um campo de investigação da Geografia para Christofolletti (2004) é o entendimento das relações do homem com a paisagem, sendo esta estudada por geógrafos – apresentando diversas visões no campo da Geografia – e por pesquisadores de outras ciências ambientais.

Autores como Coelho Netto et al. (2007) e Fernandes et al. (2002) apresentam como alternativa metodológica para estudos da paisagem a utilização da Geocologia (Ecologia da Paisagem) entendida como o conjunto das relações entre características estruturais, funcionais, dinâmicas e das ações bióticas, abióticas e sócio-político-econômicas ao longo do tempo. Essas características, inerentes à paisagem, fazem com que a Geocologia assuma um caráter muito complexo, ao conjugar diferentes tipos de dados e informações com características diversas e uma multiescalaridade peculiar a estes estudos (Menezes e Coelho Netto, 1999).

A Cartografia Geoecológica (Menezes, 2000) busca a representação cartográfica de temas ligados a análise da paisagem através do geoprocessamento que se trata de um conjunto de tecnologias para as análises de diversas temáticas geoecológicas como é observado na dinâmica dos incêndios, que proporciona a tomadas de decisão no instante do combate desse fenômeno tornando-se ferramenta importante na análise das interfaces existentes na paisagem.

A modelagem do conhecimento é reconhecida como uma técnica de extração automática de dados de Sensoriamento Remoto que permite a utilização de diversas fontes de dados, proporcionando a obtenção de resultados de diversos fenômenos da paisagem.

O funcionamento do sistema baseado em conhecimento baseia-se na introdução do conhecimento do analista a respeito da cena, ou seja, é uma formalização da “visão” de um determinado indivíduo sobre uma cena específica (Pinho, 2005).

O objetivo deste estudo é o de obter os resultados referentes à susceptibilidade à ocorrência de incêndios encontrados na experiência realizada por Sousa et al. (2010) através da Metodologia de Cartografia Geoecológica da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios utilizando o software de código aberto InterIMAGE (INTERIMAGE, 2010).

A área de estudo é o maciço da Pedra Branca, Cidade do Rio de Janeiro/RJ, delimitado a partir da cota altimétrica de 40 metros, pertencente ao bioma Mata Atlântica, a área que possui aproximadamente 197,27 km<sup>2</sup>, sofre grande pressão antrópica em função do crescimento urbano ao seu entorno que propicia a recorrência de incêndios florestais (figura 1).



Figura 1. Localização do maciço da Pedra Branca

## 2. Materiais e métodos

Os materiais utilizados foram obtidos por dados de Sousa et al. (2010) provenientes do Sensoriamento Remoto e Modelos Digitais de Elevação (MDE) conforme são apresentados na figura 2 foram distribuídos em diferentes etapas.

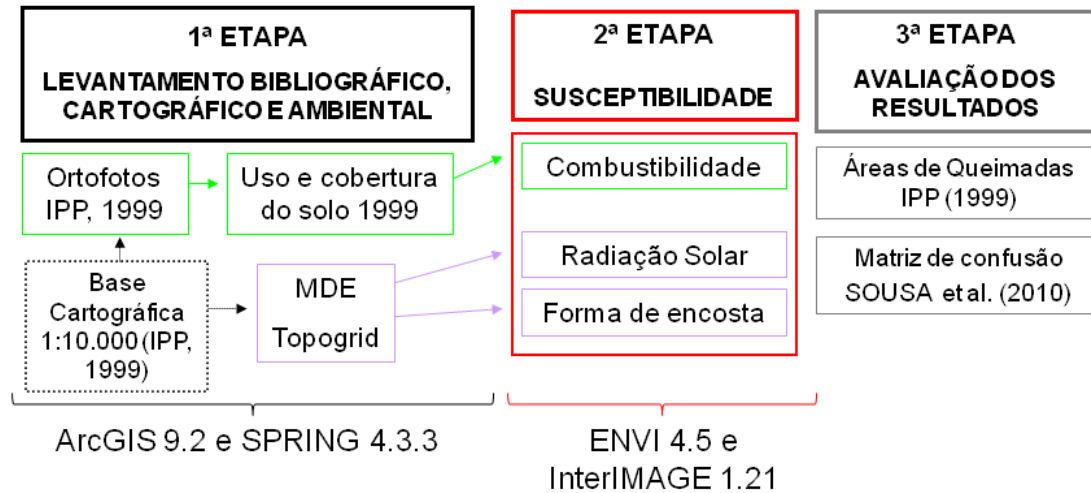


Figura 2. Materiais e métodos utilizados.

A etapa inicial consiste da construção do mapa de uso e cobertura do solo proveniente das ortofotos do Instituto Pereira Passos (IPP, 1999) e da elaboração de Modelo Digital de Elevação (MDE) extraído da hipsometria e hidrografia da área de estudo. Os *softwares* utilizados nesta etapa foram o SPRING 4.3.3 (segmentação das ortofotos) e ArcGIS 9.2 (geração do MDE, mapas de radiação solar e forma de encosta, e interpretação visual da cobertura da terra e construção das classes de combustibilidade).

A segunda etapa aborda a utilização do *software* de classificação baseada em conhecimento InterIMAGE 1.21 que possibilitou a interpretação das classes de combustibilidade, radiação solar e forma de encosta resultando no mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios. O software ENVI 4.5 tornou-se necessário para a preparação dos dados que foram inseridos no InterIMAGE.

Os resultados foram avaliados a partir dos apresentados por Sousa et al. (2010) e de áreas queimadas por incêndios no mesmo período do estudo. As etapas 1 e 2 da metodologia serão apresentadas no item 2.1.

### 2.1. Desenvolvimento da preparação dos dados para o InterIMAGE

A metodologia aplicada foi iniciada através do estudo de Sousa et al. (2010) que realizou a etapa de edição da base cartográfica que necessitou de diversos ajustes referentes a junção das 10 cartas 1:10.000 além da inserção de direcionamento dos fluxos da drenagem existente.

O MDE foi elaborado através do método TOPOGRID que, além de proporcionar um modelo hidrológicamente consistente (MDEHC), foi definido através dos estudos de Souza et al. (2009) como o mais conveniente para a área de estudo.

A construção do mapa de uso e cobertura do solo do maciço da Pedra Branca realizou através das ortofotos 1:10.000 (IPP, 1999) utilizando o processo de segmentação no software SPRING 4.3.3 e classificação visual com a edição das áreas delimitadas no software ArcGIS 9.2. As classes de combustibilidade seguiram o padrão de verificação dos materiais mais combustíveis na natureza que propiciam a ocorrência de incêndios como podemos verificar na figura 3.

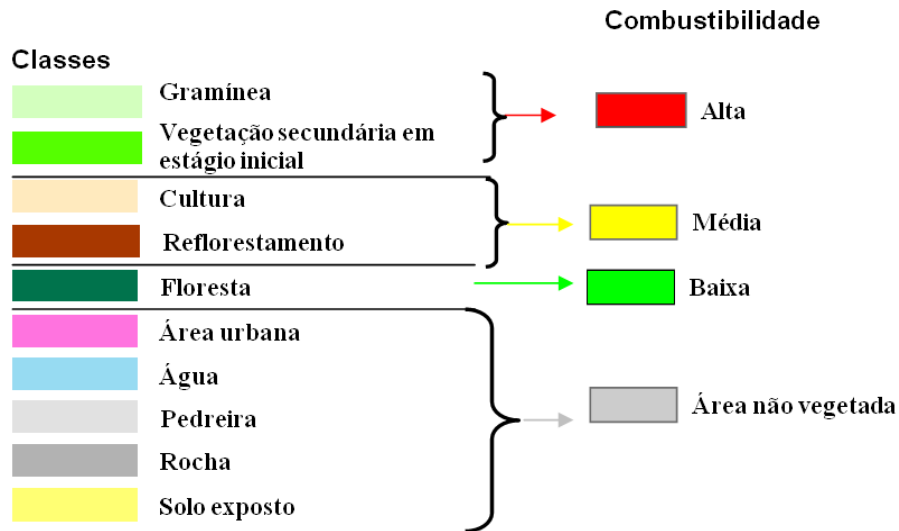


Figura 3. Definição das classes de combustibilidade

A extração dos mapas de forma de encosta e de radiação solar do MDE construído se deram no software ArcGIS e finalizaram a etapa inicial que geraram os primeiros materiais para a implantação da etapa 2.

## 2.2. Metodologia de construção da modelagem do conhecimento da Susceptibilidade à Ocorrência de incêndios

Os mapas construídos de combustibilidade, forma de encosta e radiação solar foram inseridos no software InterIMAGE 1.21 através da aplicação do procedimento de *stack* realizado no software ENVI 4.5. Esse procedimento foi realizado para facilitar a criação das regras de decisão no InterIMAGE 1.21 como apresenta a figura 4.

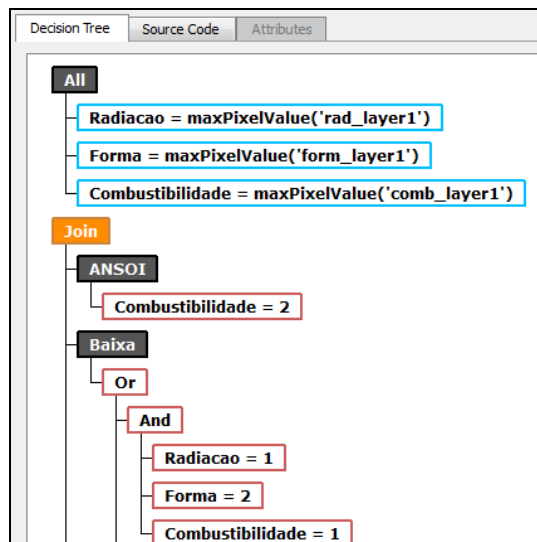


Figura 4. Exemplo de regra de decisão no InterIMAGE.

A susceptibilidade à ocorrência de incêndios foi observada como decorrente das características geobiofísicas da paisagem. As classes de susceptibilidade foram definidas no InterIMAGE por meio da combinação dos mapas de forma de encosta, radiação solar e combustibilidade apresentada na tabela 1. Essa combinação é observada no sistema como uma “tabela verdade” e foi desenvolvida seguindo o método analítico-integrativo proposto por Coelho Netto et al. (1993).

Tabela 1. Construção das classes de susceptibilidade à ocorrência de incêndios

| <b>Radiação</b> |   | <b>Forma</b> |   | <b>Combustibilidade</b> |   | <b>Susceptibilidade</b> |
|-----------------|---|--------------|---|-------------------------|---|-------------------------|
| Alta            | e | Côncavo      | e | Área não vegetada       | = | Área não vegetada       |
| Alta            | e | Convexo      | e | Área não vegetada       | = | Área não vegetada       |
| Alta            | e | Côncavo      | e | Baixa                   | = | Média                   |
| Alta            | e | Convexo      | e | Alta                    | = | Alta                    |
| Alta            | e | Côncavo      | e | Alta                    | = | Alta                    |
| Alta            | e | Convexo      | e | Baixa                   | = | Alta                    |
| Baixa           | e | Convexo      | e | Alta                    | = | Média                   |
| Baixa           | e | Convexo      | e | Baixa                   | = | Baixa                   |
| Baixa           | e | Côncavo      | e | Baixa                   | = | Baixa                   |
| Baixa           | e | Côncavo      | e | Alta                    | = | Baixa                   |
| Baixa           | e | Convexo      | e | Área não vegetada       | = | Área não vegetada       |
| Baixa           | e | Côncavo      | e | Área não vegetada       | = | Área não vegetada       |
| Alta            | e | Convexo      | e | Média                   | = | Alta                    |
| Baixa           | e | Convexo      | e | Média                   | = | Média                   |
| Alta            | e | Côncavo      | e | Média                   | = | Média                   |
| Baixa           | e | Côncavo      | e | Média                   | = | Baixa                   |
| Média           | e | Côncavo      | e | Baixa                   | = | Baixa                   |
| Média           | e | Côncavo      | e | Alta                    | = | Média                   |
| Média           | e | Côncavo      | e | Área não vegetada       | = | Área não vegetada       |
| Média           | e | Côncavo      | e | Média                   | = | Média                   |
| Média           | e | Convexo      | e | Baixa                   | = | Média                   |
| Média           | e | Convexo      | e | Alta                    | = | Alta                    |
| Média           | e | Convexo      | e | Área não vegetada       | = | Área não vegetada       |
| Média           | e | Convexo      | e | Média                   | = | Média                   |

A susceptibilidade apresenta como a paisagem é influenciada por inúmeros fatores geobiofísicos que proporcionam a ignição dos incêndios florestais que podem também ser decorrentes de características locais

### 3. Resultados e Discussão

A metodologia propiciou resultados iniciais bastante interessantes no que concerne os materiais utilizados. A elaboração das regras de decisão no InterIMAGE foi facilitada pela inserção do método analítico-integrativo que não utiliza pesos para a geração dos resultados da susceptibilidade à incêndios.

A verificação das áreas susceptíveis à incêndios florestais no maciço da Pedra Branca apresentadas nas figuras 5 e 6 apresentam que o segmentador *Terra AIDA Baatz* e as regras de decisão aplicadas na rede semântica criada com as classes alta, média, baixa e áreas não susceptíveis (ANSOI) propiciaram excelentes resultados comparados com os apresentados por Sousa et al. (2010).

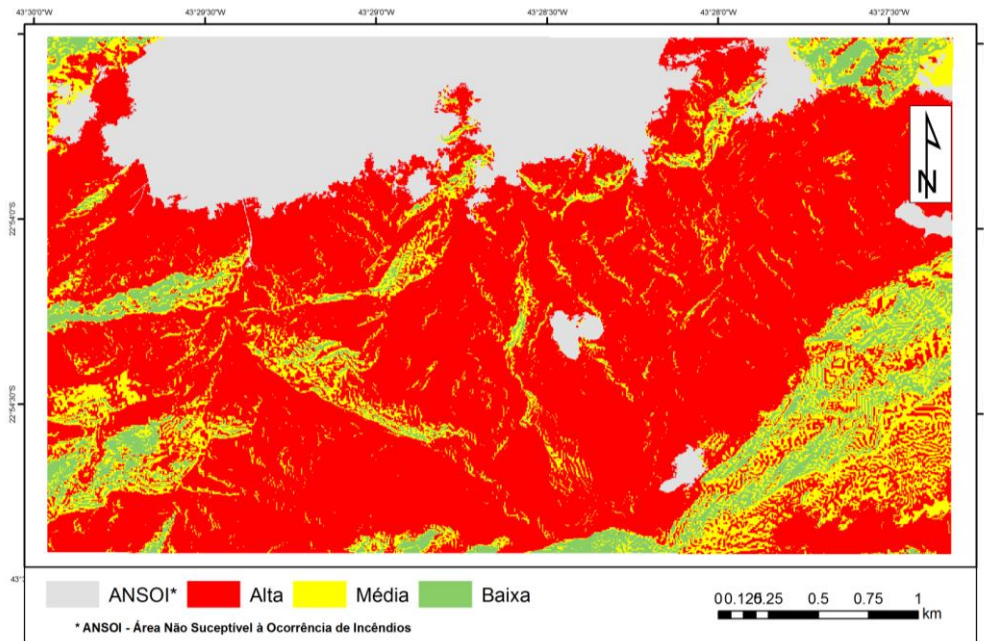


Figura 5. Resultado da susceptibilidade realizada no software InterIMAGE 1.21

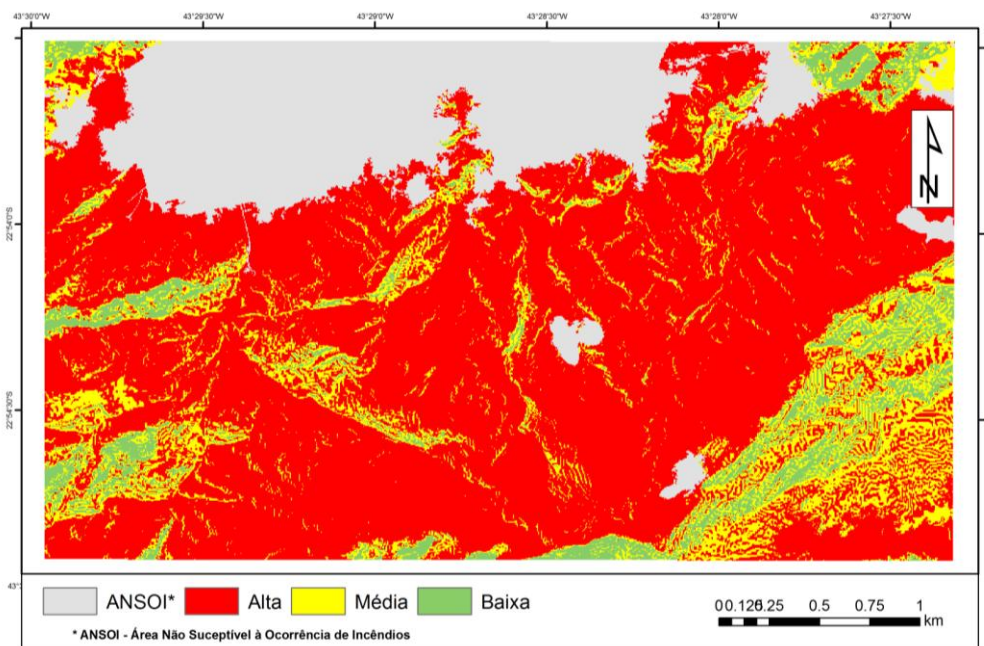


Figura 6. Resultado da Susceptibilidade gerado no estudo de Sousa et al. (2010).

Os resultados deste estudo foram sobrepostos com dados de incêndios adquiridos nos anos de 2006 a 2007 (INEA, 2007). Os dados georreferenciados são apresentados em formato pontual, o que informa o posicionamento adquirido pelos bombeiros do Instituto Estadual do Ambiente (INEA-RJ) posterior do combate aos incêndios que ocorreram no maciço da Pedra Branca. A figura 7 apresenta os sete pontos utilizados como suporte à validação da susceptibilidade que localizam-se em áreas de susceptibilidade.

Os pontos georreferenciados encontram-se em áreas de alta susceptibilidade sendo que aproximadas de áreas classificadas como média susceptibilidade. A proximidade dos 7 pontos com as áreas de alta e média susceptibilidade apontam que a metodologia proposta atende os objetivos propostos.

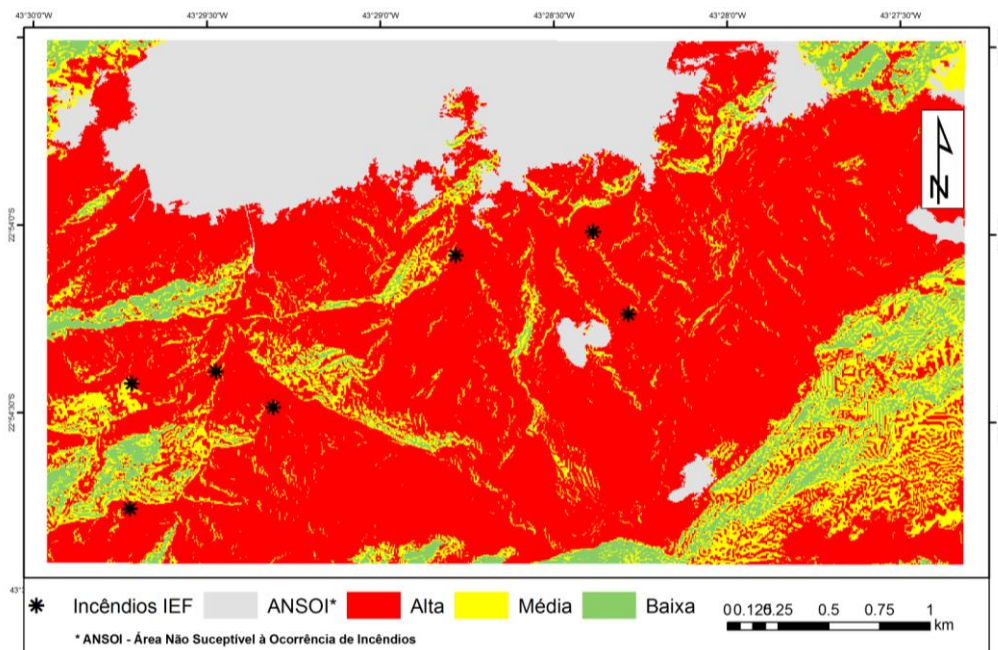


Figura 7. Sobreposição da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios com dados de incêndio florestal

O experimento ocorreu apenas em parte do maciço da Pedra Branca, a expansão para toda a área do maciço possibilita a utilização de outros dados de incêndios já adquiridos como o focos de calor disponibilizados pelo Sensor MODIS e dados de campo. De acordo com os resultados observados é possível a aplicação da metodologia em outras Unidades de Conservação utilizando o software InterIMAGE e dados disponíveis gratuitamente, o que torna o estudo expansível para outras áreas auxiliando no combate ao fenômeno dos incêndios florestais.

#### 4. Conclusões

A metodologia encontra-se em desenvolvimento na inserção cada vez maior de dados que encontram-se disponíveis visando a facilitação na construção dos parâmetros da susceptibilidade à ocorrência de incêndios. Outros parâmetros serão inseridos como o risco à deflagração de incêndios florestais que é verificado como a presença do homem dentro das Unidades de Conservação (UC) através do acesso a caminhos e trilhas além de variáveis sócio-econômicas como o registro de domicílios que realizam a prática de queima de lixo próximo a essas áreas. A variável risco em conjunto com a susceptibilidade culmina na obtenção da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios proporcionando a verificação da sociedade com a natureza na ignição dos incêndios florestais.

A utilização do software ArcGIS 9.2 na preparação dos dados extraídos do MDE foi importante, mas pretende-se reduzir a participação deste software na metodologia visando maior inserção do software de código aberto InterIMAGE 1.21. A geração de alguns dados como o mapa de combustibilidade que é proveniente do uso e cobertura do solo e a construção do mapa de forma de encosta podem possibilitar a utilização de diversos dados disponíveis na internet como imagens de satélites e MDEs SRTM e TOPODATA.

A utilização de dados referentes ao balanço hídrico como aplicado no estudo de Coura et al. (2010) é uma excelente alternativa para a verificação dos dados atmosféricos WORLDCLIM ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)) que também permitem a aplicação da metodologia para outras UCs.

Os desafios na inclusão de metodologias diversificadas na modelagem do conhecimento no InterIMAGE tem sido de grande valia para o desenvolvimento do software. Essa iniciativa

vem trazendo sugestões para a melhoria e parcerias entre Laboratórios no desenvolvimento e aplicação do software.

### **Agradecimentos**

Ao Dr. Gilson Costa e Dr. Raul Feitosa da equipe de desenvolvimento do *software* InterIMAGE do Laboratório de Visão Computacional da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (LVC/PUC Rio) e ao Projeto Universal CNPq e a FAPERJ pelo auxílio financeiro.

### **Referências Bibliográficas**

Coelho Netto, A. L.; Avelar, A. S.; Fernandes, M. C.; Lacerda, W. A. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain.

**Geomorphology**. Amsterdam, v.87, p.120-131, 2007.

Coelho Netto, A.L.; Dantas, M.E.; Rosas, R.O. **Grandes domínios geocológicos da Amazônia Legal (1:2.500.000): bases para o estudo dos efeitos de borda das linhas de transmissão de energia a serem implantadas na Amazônia florestal**. Relatório solicitado pela ELETROBRÁS, 26 p, 1993.

Coura, P.H.F.; Sousa, G.M.; Fernandes, M.C.; Avelar, A.S. O uso de variáveis geomorfológicas no estudo da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no Estado do Rio de Janeiro. **In.: Revista de Geografia da UFPE**, Edição Especial v.2, Recife, 2010.

Chrstofoletti, A.L.H. Sistemas dinâmicos? As abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Vitte, A.C. & Guerra, A.J.T. (orgs.) Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 6ª ed., 2004.

Fernandes, M.C.; Menezes, P.M.L.; Paes, M. Potencialidades e limitações do Geoprocessamento em Estudos Geocológicos. In: *Revista de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ*, ano 5, vol (5): 53-68, 2002.

Instituto Estadual do Ambiente – INEA (2007). **Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Anos de 2006 e 2007**.

INPE. **Tutorial do SPRING 4.3.3**. São José dos Campos, 2007.

InterIMAGE – Interpreting Images Freely, Disponível em <<http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/>>. Acesso em abril de 2010.

IPP - Instituto Pereira Passos. **Ortofotocartas e Base Digitalizada do Município do Rio de Janeiro – Escala 1:10.000**. Rio de Janeiro: IPP, vol.1. CD ROM, 1999.

Menezes, P.M.L. **A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208 p. 2000.

Menezes, P. M. L; Coelho Netto, A L. Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações. **In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia**, Recife, CD ROM, 1999.

Pinho, C.M.D. **Análise orientada a objetos de imagens de satélite de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos – SP**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005, 174 p.

Sousa, G.M.; Coura, P.H.F.; Fernandes, M.C. Cartografia Geoecológica da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios: Uma proposta Metodológica. **In.: Revista Brasileira de Cartografia**, Edição Especial, v.1, 2010.

Souza, L.G.; Coura, P.H.F.; Sousa, G.M.; Fernandes, M.C.; Menezes, P.M.L. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação Para Estudos Geocológicos no Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Brasil. **In: Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. Vol. 32 – 1, p. 21-33, 2009.