

## Mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca/RJ

Gustavo Mota de Sousa<sup>1,2</sup>  
Pedro Henrique Ferreira Coura<sup>1</sup>  
Manoel do Couto Fernandes<sup>1,2</sup>  
Paulo Márcio Leal de Menezes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>UFRJ - Depto de Geografia - Lab. de Cartografia (GEOCART)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária - RJ, Brasil  
pedro\_ufrjgeo@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UFRJ - Depto de Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG)  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária - RJ, Brasil  
gustavoms@ufrj.br; {mfernandes, pmenezes}@acd.ufrj.br

**Abstract.** Environmental analyses in an integrative way, as the geocological one, are developed nowadays painting to a better knowledge of the landscape. Geocology (Landscape Ecology) contains inside itself, the Geocology Cartography, which together geoprocessing techniques, has important scientific contributions to landscape analyses. An example of these analyses may be defined by wildfire dynamics, that through a geocological mapping methodology for wildfire potentiality occurrence, shows an important tool to analyze the several processes in landscape decision management. The potentiality to wildfires is defined by a self action of the landscape (susceptibility to fire occurrences) and from human actions (fire risks), which speeds up the landscape dynamics. The aim of this paper is to present the methodology of geocological mapping applied to the wildfire potentiality occurrence, using geoprocessing technologies as DEM, Remote Sensing and GIS. The research was developed in the Pedra Branca massif, which has a part of Atlantic Forest remainder and is also one area of urban forest in Rio de Janeiro City. The developed maps obtained by mapping processes application was evaluated over two areas of old forest fires, pointed to satisfactory results, showing intervals of high and average fire potentiality between 94 and 6% respectively. These data were delivered to Non-Governmental Organizations and authorities of Pedra Branca State Park.

**Palavras-chave:** digital elevation model, fires risk, geocology, GIS, modelo digital de elevação, risco de incêndios, geocologia, SIG

### 1. Introdução

Os estudos ambientais de caráter integrativos pautados no entendimento do relacionamento da sociedade com a natureza ganharam destaque nos últimos anos. Diversos autores como Coelho Netto et al. (2007), Fernandes et al. (2002), Bridgewater (1993) e Naveh e Lieberman (1993), apresentam como alternativa metodológica para estes estudos a utilização da Geoecologia (Ecologia da Paisagem) tendo como suporte o Geoprocessamento.

A Geoecologia é definida pelo geógrafo alemão Carl Troll (1939) como a união entre a Geografia e a Ecologia. Turner (1989) entende que na análise geocológica da paisagem é fundamental entender a estrutura, funcionalidade e dinâmica das variáveis bióticas, abióticas e humanas. Essas características fazem com que a Geoecologia assumam 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).

Na busca de soluções operacionais para as análises geocológicas, o geoprocessamento, enquanto um conjunto de tecnologias surge como uma ferramenta valiosa. Entretanto, a Geoecologia e o Geoprocessamento ao realizar metodologicamente e operacionalmente o entendimento da paisagem necessitam de um instrumento de representação das análises propostas. Esse instrumento é apresentado por Menezes (2000) através da Cartografia Geocológica que busca a representação cartográfica de temas ligados à análise de uma paisagem.

O objetivo deste trabalho encontra-se na elaboração de metodologia de mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios utilizando ferramentas de geoprocessamento e conceitos geocológicos para a paisagem do maciço da Pedra Branca, onde a recorrência desse fenômeno é bastante presente.

Neste contexto, o mapeamento geocológico congrega em um ou mais temas análises pertinentes ao entendimento de uma paisagem. Um exemplo de tema de análise geocológica é a dinâmica dos incêndios, que proporciona tomadas de decisão para auxiliar no combate desse fenômeno tornando-se ferramenta importante na análise das diversas interfaces existentes na paisagem em questão.

## **2. Justificativa**

A problemática dos incêndios é decorrente de diversos fatores estudados pela geocologia provenientes do meio natural, mas principalmente do meio antrópico.

Os resultados servirão como subsídios para o planejamento da Brigada de Incêndio do Instituto Estadual de Florestas (IEF/RJ) que administra o Parque Estadual da Pedra Branca, além de Organizações Não-Governamentais, como o S.O.S. Pedra Branca que tem participado ativamente no combate aos incêndios existentes na área. Neste sentido, em face ao sucesso do mapeamento este poderá ser utilizado em outras Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro, tanto de jurisdição municipal, estadual e federal.

Uma outra justificativa pertinente ao trabalho é fomentar a discussão sobre o uso da tecnologia de Modelagem Numérica de Terreno (MNT) como fonte de uma série de dados da paisagem, como a análise de dados pluviométricos, identificação da orientação e forma de vertentes, análise da incidência de radiação solar e o uso de observações de superfície real em análises geocológicas, dando prosseguimento à série de pesquisas sobre Geocologia e Geoprocessamento que acontecem no Laboratório de Cartografia da UFRJ (GEOCART).

## **3. Materiais e métodos**

O estudo é proveniente de experiência realizada por Fernandes (1998) no maciço da Tijuca e posteriormente aperfeiçoada por Silva (2006) no Parque Nacional do Itatiaia, ambas em escala 1:50.000 e no Estado do Rio de Janeiro. O desenvolvimento do estudo em questão contribui com o aumento da escala utilizada para um maior refinamento metodológico e utiliza fatores climatológicos como a radiação solar.

O Mapeamento Geocológico é realizado através de metodologia que necessita de informações diversas da paisagem que englobam dados cartográficos, ambientais e não-gráficos. É importantíssima a obtenção de dados confiáveis para que seja possível a manutenção e o acréscimo de novas informações principalmente quando é construído um instrumento que pode ajudar na tomada de decisão em diversas esferas.

A metodologia proposta visa integrar diversas informações relacionadas à susceptibilidade e risco, através da atuação de variáveis ambientais e antrópicas existentes na paisagem e que propiciam a ocorrência ou não do fenômeno dos incêndios florestais.

A figura 1 ilustra a metodologia de mapeamento geocológico que apresenta todas as etapas realizadas e que serão descritas em detalhes nos itens posteriores.

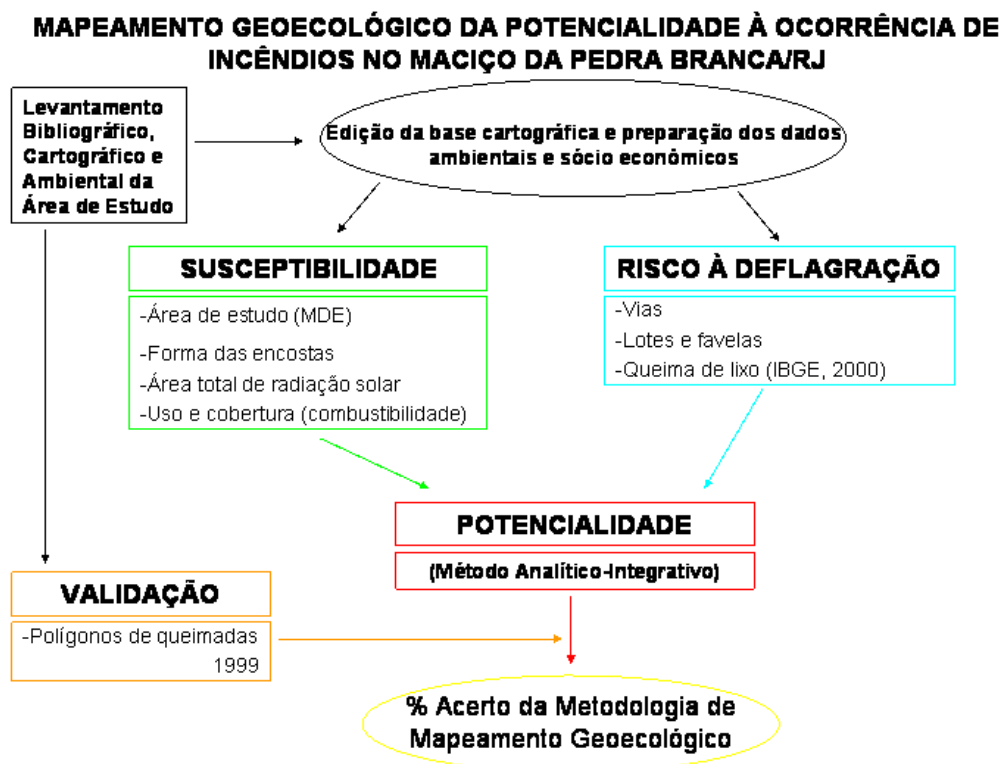


Figura 1: Etapas da Metodologia de Mapeamento Geoecológico.

### 3.1. Aquisição de dados cartográficos:

Os dados cartográficos adquiridos para este estudo são provenientes da base digital do Instituto Pereira Passos – IPP (1999) disponibilizada em 18 cartas topográficas (figura 2) em arquivos de extensão “dxf” (AutoCAD). A base foi construída na escala 1:10.000 com projeção UTM e datum SAD69 e os arquivos convertidos para o formato shapefile e posterior edição e manipulação no software ArcGIS 9.2.

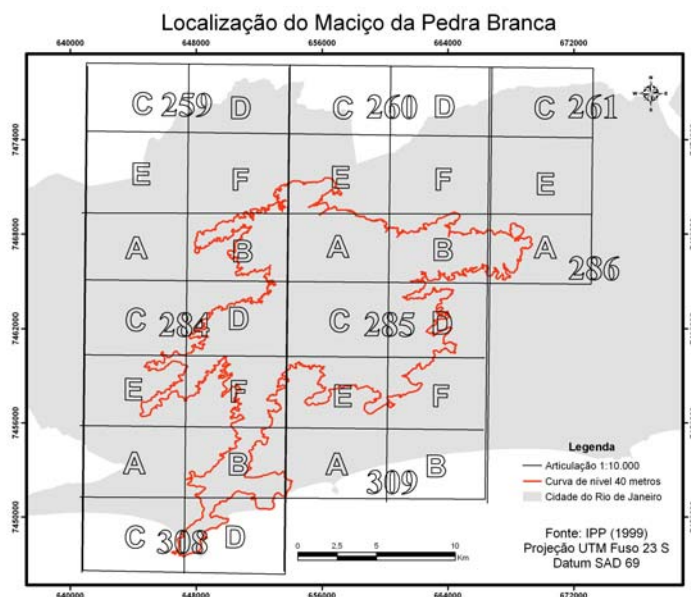


Figura 2: Articulação das cartas topográficas que abrangem a área de estudo.

Durante a edição da base cartográfica foram selecionadas as informações referentes à hipsometria (curvas de nível e pontos cotados) e hidrografia que foram editadas até mesmo de acordo com a topologia buscando a geração de um MDE hidrologicamente consistente para a realidade topográfica apresentada nas cartas adquiridas.

### 3.2. Elaboração do Mapa Geocológico da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios

A variável de susceptibilidade foi obtida através da utilização de produtos gerados a partir das bases topográficas (hidrografia, curvas de nível e pontos cotados) que possibilitam a construção de Modelo Digital de Elevação (MDE) na escala 1:10.000.

Lançando mão do MDE foram construídos os mapas estruturais e funcionais da área de estudo que abordam a forma das encostas e parâmetros de radiação solar. Esses produtos buscam apontar a realidade da área de estudo no que tange as informações da paisagem de acordo com as condicionantes geomorfológicas que possibilitam o acúmulo ou dispersão da umidade (figura 3).

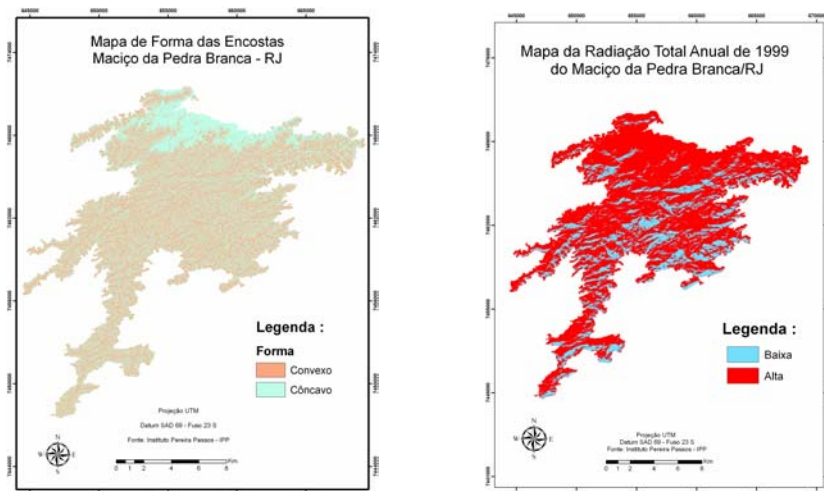


Figura 3. Mapas de forma das encostas e radiação solar.

A forma das encostas é classificada por meio da concavidade e convexidade que influi na presença de umidade existente no maciço devido à convergência de fluxo (côncavo) e divergência de fluxo (convexo) e, no caso da variável de radiação, as áreas são classificadas de acordo com o total de radiação solar referente ao ano de 1999 que proporciona o conhecimento de meios favoráveis para o ressecamento da vegetação na área de estudo. O dado temporal escolhido para a radiação segue de acordo com o material adquirido para a construção do mapa de uso e cobertura do solo que são do ano de 1999.

As ortofotos possibilitaram a construção do mapa de uso e cobertura do solo que foi classificado inicialmente no software SPRING 4.3.3 por meio de segmentação por regiões e, posteriormente no software ArcGIS 9.2 através de classificação visual da segmentação. De acordo com as características das áreas classificadas foi elaborado o mapa de combustibilidade através de critérios de reclassificação, apresentando assim, as áreas que possuem combustibilidade alta, média, baixa ou que não apresentam vegetação (Figuras 4 e 5).

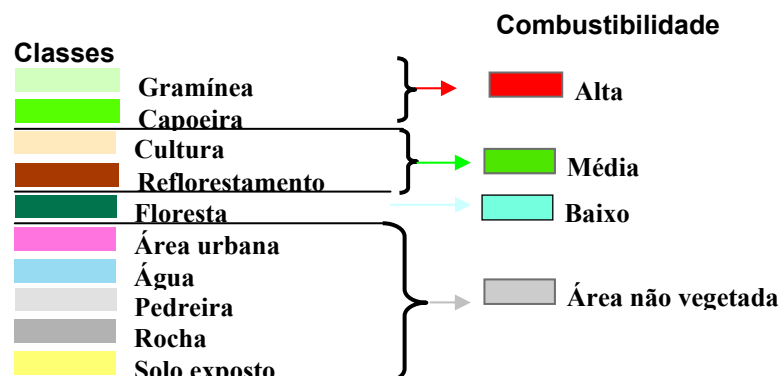


Figura 4. Legenda de combustibilidade de acordo com classes de uso e cobertura do solo.

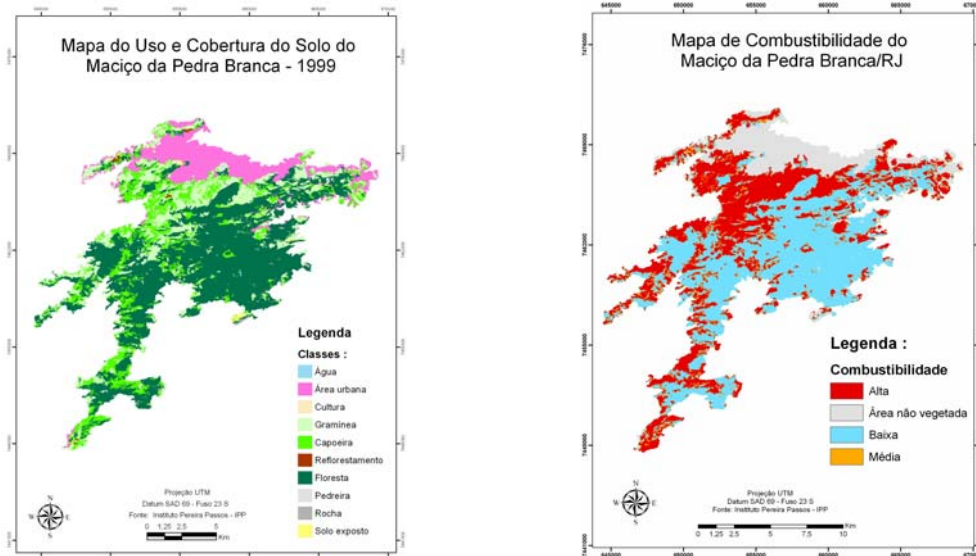


Figura 5. Mapas de uso e cobertura do solo e combustibilidade.

### 3.3. Mapeamento do Risco à Deflagração de Incêndios

A variável risco é abordada por meio de fatores que dependem principalmente da presença antrópica na paisagem que está sendo estudada. Por isso foram utilizadas informações referentes às vias de acesso próximas e internas ao maciço da Pedra Branca e informações de localidades que possuem loteamentos e favelas mapeados pela Prefeitura além de dados de queima de lixo adquiridos dos setores censitários urbanos do Censo IBGE (2000).

As vias de acesso foram classificadas de acordo as características observadas em campo relativas à área de influência das mesmas no que tange o risco da presença humana na deflagração dos incêndios. As vias identificadas como caminhos foram ampliadas (buffer) por uma distância de 0,5 metros para cada lado. Já os eixos de vias urbanas foram estipulados o valor médio de 2,5 metros. As áreas de influência são importantes para o conhecimento do risco principalmente nas localidades que encontram-se fora das áreas urbanas e que dão acesso ao interior do Parque Estadual da Pedra Branca.

A presença de áreas de loteamentos e favelas próximas às áreas classificadas com capoeira e gramínea que apresentam alta combustibilidade também são fatores preponderantes do risco. Essas áreas foram adquiridas através de levantamentos realizados pelo IPP.

Os setores censitários urbanos do Rio de Janeiro (IBGE, 2000) passaram por processo de seleção através da utilização da cota de 40 metros que corresponde ao limite da área de estudo. É importante ressaltar que as informações iniciais selecionadas refletem apenas os setores existentes dentro da área de estudo e que possuem alguma interseção, não ocorrendo processo de edição durante a seleção.

Os setores foram classificados de acordo com a variável socioeconômica que indica os domicílios particulares permanentes em que o destino final do lixo produzido pelas residências é queimado. Os setores que apresentam algum registro de queima de lixo foram classificados e, posteriormente, delimitados pelas áreas urbanas, extraídas do mapa de uso e cobertura do solo - 1999, buscando apontar apenas as localidades que possuem realmente ocupação de população e com a ampliação destas áreas com 10 metros observando assim alguns prováveis deslocamentos.

Os dados referentes aos setores censitários urbanos, às áreas de favelas e loteamentos, e das áreas de influência das vias e acessos ao maciço da Pedra Branca resultam no mapa de risco à deflagração de incêndios.

### 3.4. Identificação de áreas queimadas

A metodologia de mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios busca apontar a realidade dessa problemática proporcionando refinamentos posteriores na pesquisa que vem se consolidando ao longo dos anos.

Durante a construção do mapa de uso e cobertura do solo foram encontradas duas áreas que estavam com ocorrência de incêndios no registro das ortofotos e que foram aproveitadas para validação da metodologia através da classificação dessas para realidade presente no entorno, classificando-as para o uso e cobertura do solo e, extraindo essas informações para a validação do estudo (Figura 6).



Figura 6. Áreas de queimadas ocorridas em 1999.

Existem dados mais recentes que estão sendo disponibilizados pelo INPE ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) através do Banco de Dados de Queimadas existentes no site que apresentam produtos provenientes do sensor MODIS que foi lançado em 2002. A área de estudo não possui registros de grandes incêndios, existem poucos adquiridos por este sensor, mas com temporalidade mais recente e que serão utilizados posteriormente.

### 4. Resultados e discussão

Os mapeamentos que apontam a susceptibilidade à ocorrência de incêndios e o risco à deflagração de incêndios proporcionaram resultados que apresentam para as áreas de validação uma boa aceitação da metodologia com o refinamento realizado através do total de radiação solar.

A potencialidade à ocorrência de incêndios (Figura 7) é elaborada através das características apontadas e relacionadas à realidade da paisagem. Na tabela 1 esses parâmetros são apresentados e registram como foram abordadas as variáveis localizadas nos mapas de risco e susceptibilidade que proporcionaram a geração da potencialidade.

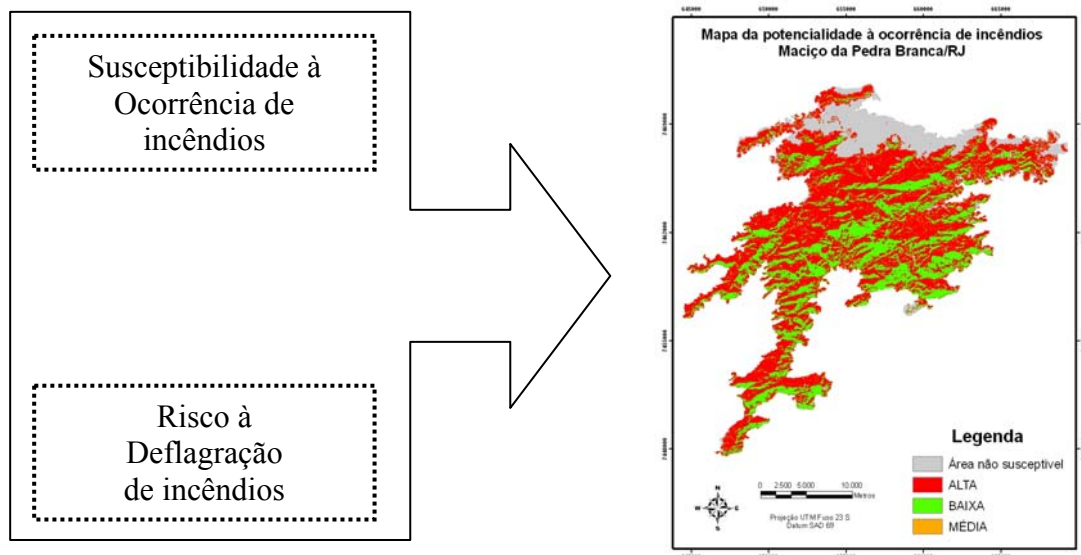


Figura 7. Estrutura da elaboração do mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios

Tabela 1. Geração da legenda da potencialidade à ocorrência de incêndios

SUSCEPTIBILIDADE	RISCO	POTENCIALIDADE
ALTA	ALTO	ALTA
ALTA	BAIXO	ALTA
MÉDIA	ALTO	ALTA
MÉDIA	BAIXO	MÉDIA
BAIXA	ALTO	MÉDIA
BAIXA	BAIXO	BAIXA
BAIXA	ALTO	MÉDIA

Algumas áreas da susceptibilidade foram indicadas como “Áreas não susceptíveis à incêndios – ANSOI”, essas áreas não foram incluídas com potencial risco de incêndio florestal por tratarem-se de áreas urbanas, áreas rochosas ou pedreiras que não apresentam características de ocorrência de incêndios.

A construção da legenda deu-se também pelo conhecimento de campo e observações realizadas em visitas à ONG S.O.S. Pedra Branca que é a principal referência de educação ambiental na área de estudo assim como no combate aos incêndios da área.

As áreas identificadas como queimadas nas ortofotos foram sobrepostas com a potencialidade e trouxeram resultados importantes à metodologia, no que tange a utilização da radiação solar como fator importante dentro da variável de susceptibilidade que proporcionou maior refinamento metodológico.

Os resultados da potencialidade apontaram para as áreas identificadas (Figura 8) através da metodologia realizada percentuais expressivos de alta (94%) e média potencialidade (6%) que indicam boa aceitação das variáveis utilizadas.

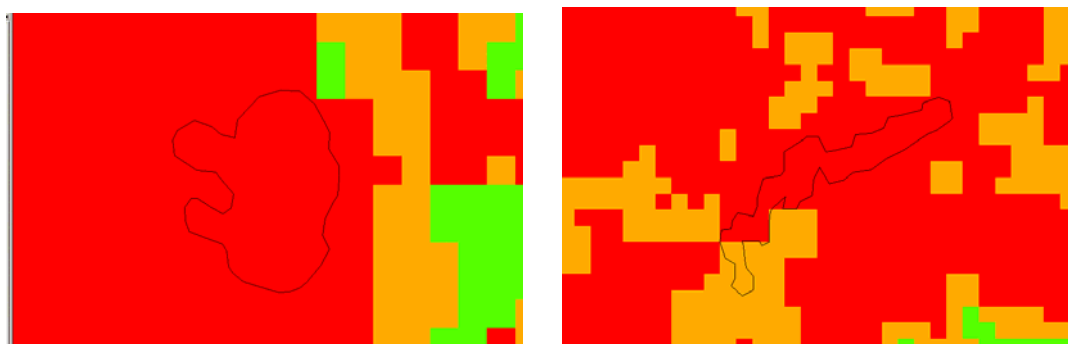


Figura 8. Relação entre a potencialidade à ocorrência de incêndios e áreas identificadas

## 5. Considerações finais

O maciço da Pedra Branca encontra-se bastante alterado pelas pressões provenientes da paisagem e do meio antrópico, fato esse que torna necessária a fiscalização constante desta e de outras Unidades de Conservação por parte de órgãos ambientais estaduais e federais e Secretarias Municipais de Meio Ambiente além da própria sociedade que torna-se em boa parte das vezes como principal responsável dos incêndios florestais que são deflagrados em grande parte por queda de balões.

As variáveis de susceptibilidade e risco possibilitaram atingir a potencialidade que foi confirmada por meio de informações estatísticas de incêndios que ocorreram durante o ano de 1999 e que foram registradas por meio das ortofotos da área de estudo possibilitando uma validação espacial da metodologia proposta.

As áreas delimitadas e utilizadas para validação do objetivo da pesquisa não são necessariamente as ideais para atender a complexidade e o tamanho do maciço da Pedra

Branca, mas atendem a época do estudo (1999). O estudo pretende utilizar novos parâmetros de validação como dados provenientes do sensor MODIS disponibilizados pela Universidade de Maryland e pelo INPE e que devem proporcionar novos resultados abordando novas temáticas dentro da Geoecologia.

Os dados de radiação solar utilizados para a geração da susceptibilidade serviram como ampliação e detalhamento deste estudo. Esses dados necessitam de novas investigações da ferramenta que é disponível no software ArcGIS 9.2, para tal serão necessárias maiores informações e validações de campo.

O Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios pode oferecer outros subsídios para estudos ambientais integrativos, através do conhecimento e aplicações junto a estudos de métricas da paisagem e de condicionantes geomorfológicas que proporcionam a observação da dinâmica dos fragmentos florestais da Mata Atlântica.

### **Agradecimentos**

Ao CNPq pelo financiamento da pesquisa através do Edital Universal CNPq, à CAPES pela bolsa de mestrado e à ONG S.O.S. Pedra Branca pelo apoio dado ao projeto durante as idas a campo.

### **Referências Bibliográficas**

Bridgewater, P. B. Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation. In: Haines-Young, R.; Green, D. R. e Cousins, S. H. (editors) **Landscape Ecology and GIS**, cap. 3, pp. 23 - 36., 1993.

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**, 2007, v.87, p.120 – 131.

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

Fernandes, M.C. **Geoecologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 141 p, 1998.

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

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – **Censo Demográfico 2000: Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo, 2ª Edição – Documentação do Arquivo**. Rio de Janeiro. 2003.

Menezes, P. M. L e Coelho Netto, A L. Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações. In: **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia**, Recife, P.E., 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**. 2000. 208 p. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 2000.

Naveh, Z. e Lieberman, A. **Landscape Ecology: Theory and Application**, 2<sup>nd</sup> Ed. New York. Springer Verlag, 265 p, 1993.

Silva, L.C.V. **Modelagem Ambiental de Cenários de Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ**. 2006. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação), Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, FEN/UERJ, 2006.

Troll, C. **Luftboldplan und ökologische bodenforschung**, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zer Berlin, p.p. 241-298, 1939.

Turner, M.G. Landscape Ecology: Effect of Pattern on Process. In: **Annual Review of Ecological Systems**, vol. 10, nº 3, pp. 171-197, 1989.