



**Mapeamento Geocológico da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no
Maciço da Pedra Branca, Município do Rio de Janeiro**
Geocological Susceptibility Mapping of Wildfires in
Pedra Branca Massif, Rio de Janeiro City

Pedro Henrique Ferreira Coura;
Gustavo Mota de Sousa &
Manoel do Couto Fernandes

*Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN
Laboratório de Cartografia (GEOCART), Departamento de Geografia, IGEO
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Bloco H – Sala 017
Ilha do Fundão - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ - 21949-900
e-mails: pedro_ufrjgeo@yahoo.com.br; gustavoms@ufrj.br; manoel.fernandes@ufrj.br
Recebido em: 26/05/2009 Aprovado em: 06/10/2009*

Resumo

A cidade do Rio de Janeiro possui dois compartimentos de relevo bem distintos, os maciços litorâneos e as áreas de baixada. Um desses maciços é o da Pedra Branca, que possui uma área de 197,27 Km² e se localiza entre os paralelos 22° 55' e 23° 05' S e os meridianos 43° 20' e 43° 40' W. O maciço da Pedra Branca, ao longo de sua história, tem sofrido constantemente com os incêndios florestais, que se constituem em um dos principais vetores diretos de transformação desta paisagem. O objetivo do trabalho é desenvolver um mapeamento da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca (RJ), na escala de 1:10.000, utilizando a abordagem geocológica. Para desenvolver o mapa geocológico de susceptibilidade, foram utilizadas 18 cartas topográficas e ortofotocartas de 1999, na escala de 1:10.000 do Instituto Pereira Passos/RJ (IPP). Através destes materiais foram elaborados mapas funcionais e estruturais da área de estudo, como mapa de orientação das encostas, mapa de forma das encostas, mapa do total de radiação solar do ano de 1999, uso e cobertura do solo do mesmo ano, além do modelo digital de elevação (MDE). Foram gerados dois mapas geocológicos de susceptibilidade a ocorrência de incêndios florestais no maciço da Pedra Branca, que apresentam a distribuição das áreas mais e menos susceptíveis à incêndios. Estes mapas foram validados a partir de sua análise em duas áreas de queimadas identificadas, onde foi constatado o melhor mapeamento com índice de acerto 93,8% para áreas de alta susceptibilidade à ocorrência de incêndios. Espera-se que o estudo auxilie na elaboração de estratégias de combate a incêndios florestais.

Palavras-chave: geocologia; incêndios florestais; radiação solar

Abstract

The city of Rio de Janeiro has two different relief compartments, the coastal massives and flood plain areas. One of these is the Pedra Branca massif, with 197.27 Km², situated in the western part of the municipality, between 22° 55' and 23° 05' S and 43° 20' and 43° 40' W. Pedra Branca has suffered forest fires frequently over its history, which is one of the main actors of its changing landuse. The aim of this paper is to develop a susceptibility map of fires occurrence in the Pedra Branca massif / RJ, using a geocological approach. For this purpose, several layers of functional and structures as shape in 1:10.000 scale, Digital Elevation Model (DEM), aspect, geomorphology and solar radiation was introduced through an analytical-integrative approach. All maps were 1:10.000 cadastral maps from Pereira Passos Institute – IPP. The landuse was interpreted from 18 orthophotos in the same scale. Two geocological susceptibility maps of fire, which show the susceptibility areas to fire occurrence in the Pedra Branca Massif have been generated. These maps were validated from the analysis of two burned areas identified, where the best adjusted map recognizes 93.8% of areas to fire. The susceptibility map developed presents susceptible fires areas and is expected to be used in strategic planning to combat wildfires.

Keywords: geocology; wildfires; solar radiation

1 Introdução

As discussões acerca da temática de incêndios florestais vêm crescendo consideravelmente nos últimos anos como apresentam os estudos de Deppe & Paula (2003), Silveira *et al.* (2008) e Prudente & Rosa (2009).

A construção de modelos prognósticos deste tema requer uma discussão mais aprofundada em nível conceitual e metodológico. Alguns autores como Fernandes (1998), Silva (2006) e Sousa (2009) apresentam a utilização da geocologia com suporte do geoprocessamento como alternativa para a condução de análises deste tipo.

Segundo Bertrand (1982) a geocologia busca entender o resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagem dialeticamente uns com os outros sobre uma certa porção da superfície terrestre, tornando-se assim em um todo único e indissociável da evolução contínua, caracterizando uma análise de cunho complexo.

Através dessa abordagem, Menezes (2000), Coelho Netto *et al.* (2007), Naveh & Lieberman (1993) e Bridgewater (1993), apontam o uso de geotecnologias de geoprocessamento, como ferramenta indispensável para análises integrativas. Neste sentido, o geoprocessamento proporciona soluções operacionais para as análises de caráter complexo sugeridas pela geocologia.

Segundo Menezes (2000) os produtos gerados a partir das análises geocológicas são os mapas geocológicos, que são instrumentos para a representação cartográfica de temas relacionados à análise de uma paisagem e constituem a cartografia geocológica. No intuito de se ter um instrumento de representação das análises em questão, o mapeamento geocológico combina diferentes temas de análises correspondentes ao entendimento de uma paisagem.

Buscando contribuir com o desenvolvimento de mapeamentos geocológicos para prognósticos à ocorrência de incêndios, o presente trabalho tem o objetivo de confeccionar um mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios para o maciço da Pedra Branca, a partir da avaliação de duas caracterizações de susceptibilidade, dentro de uma abordagem geocológica e utilizando parâmetros da paisagem em questão por meio das ferramentas de geoprocessamento.

Para tanto, foram elaborados mapeamentos de alguns elementos estruturais e funcionais da paisagem (forma das encostas, orientação das encostas, total de radiação solar e uso e cobertura do solo) que através do método analítico-integrativo (Coelho Netto *et al.* 1993) resultaram em dois mapas de susceptibilidade à ocorrência de incêndios para a área do maciço da Pedra Branca – RJ na escala 1:10.000. A partir destes mapas, foi selecionado aquele que apresentou a melhor resposta frente aos dados de validação.

Vale ressaltar que, susceptibilidade é um conceito utilizado em diversos estudos, sendo definido por Souza (2005) como o grau de probabilidade que os atributos naturais têm em condicionar, induzir ou acelerar a ocorrência de um determinado perigo.

2 Materiais e Métodos

O maciço da Pedra Branca se localiza na porção ocidental do município do Rio de Janeiro, entre os paralelos 22° 55' e 23° 05' S e os meridianos 43° 20' e 43° 40' W (Figura 1). Possui área de 197,27 Km², delimitada a partir da curva de nível de 40 metros, cercada por áreas de baixadas já densamente ocupadas.

Esta feição geomorfológica, apresenta um relevo bastante acidentado, com variações altiméricas de até 984 metros. Seus remanescentes florestais englobam o bioma Mata Atlântica, e contemplam o Parque Estadual da Pedra Branca que é delimitado a partir da cota altimétrica de 100 metros.

A susceptibilidade à ocorrência de incêndios é observada neste estudo pelo resultado de dois mapas. No primeiro mapa são combinados o mapa de orientação das encostas, o de forma das encostas e o de combustibilidade. O segundo mapa de susceptibilidade é produto da combinação dos mapas do total de radiação solar (1999), forma das encostas e combustibilidade. Tendo em vista a complexidade da metodologia de elaboração do mapeamento, o esquema ilustrativo (Figura 2) procura explicar a metodologia realizada para elaboração dos dois mapas de susceptibilidade. A seguir são apresentados com maior detalhe os materiais e métodos utilizados para cada etapa do mapeamento proposto.



Figura 1 Mapa de localização do Maciço da Pedra Branca, zona oeste da cidade do Rio de Janeiro.

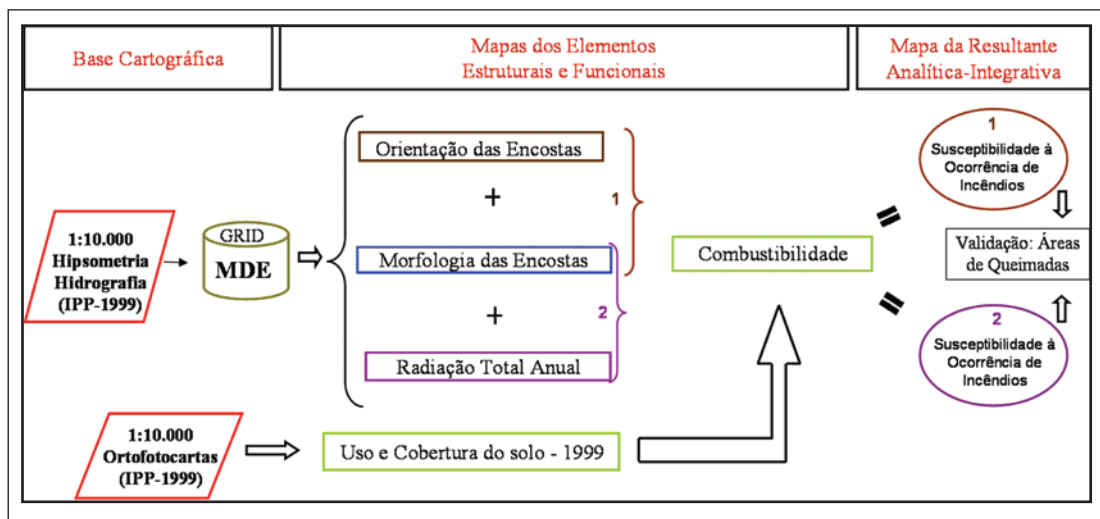


Figura 2 Esquema ilustrativo da metodologia de elaboração dos dois mapas de susceptibilidade.

Para a construção do Modelo Digital de Elevação (MDE), fonte de extração dos mapas estruturais e funcionais (forma das encostas, orientação das encostas, total de radiação solar), foram extraídas informações das 18 cartas topográficas na escala de 1.10.000 (IPP, 1999) que contemplam a área de estudo. O mapa de uso e cobertura do solo derivou-se da interpretação das 18 ortofotos do IPP, que possuem resolução espacial de 0,84 metros e foram adquiridas nos meses de abril e junho de 1999. Todo material utilizado está na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23 sul e datum horizontal SAD69.

A base hipsométrica e a hidrografia foram editadas visando a obtenção de um MDE consistente.

Todos os procedimentos de edição foram realizados no Software ArcGIS 9.2[®] da Environmental System Research Institute - ESRI, assim como a construção do MDE, e todos os demais mapeamentos realizados.

O MDE gerado foi construído a partir de uma grade regular retangular através do método Topogrid (Figura 3) com pixel de cinco metros, conforme descrito por Souza *et al.* (2009). Vale ressaltar que, existe uma discussão conceitual sobre Modelos Digitais de Elevação (MDE), como apresentado por Souza *et al.* (2009). No presente trabalho optou-se pelo conceito descrito por Felgueiras (1997), onde MDE é o termo utilizado para modelagem numérica exclusivamente voltada para a representação do relevo.

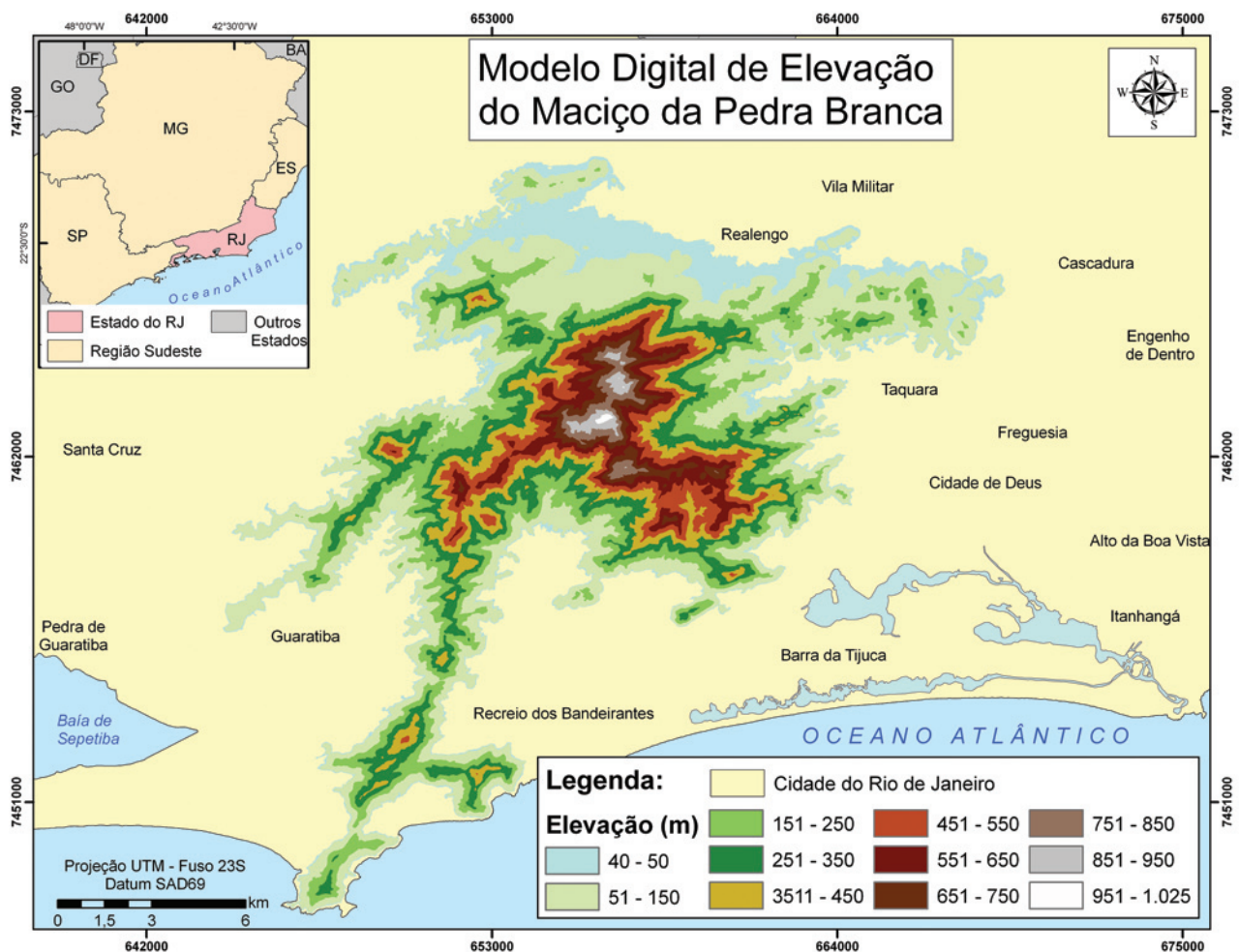


Figura 3 Modelo Digital de Elevação do Maciço da Pedra Branca – TOPOGRID (adaptado de Souza *et al.*, 2009).

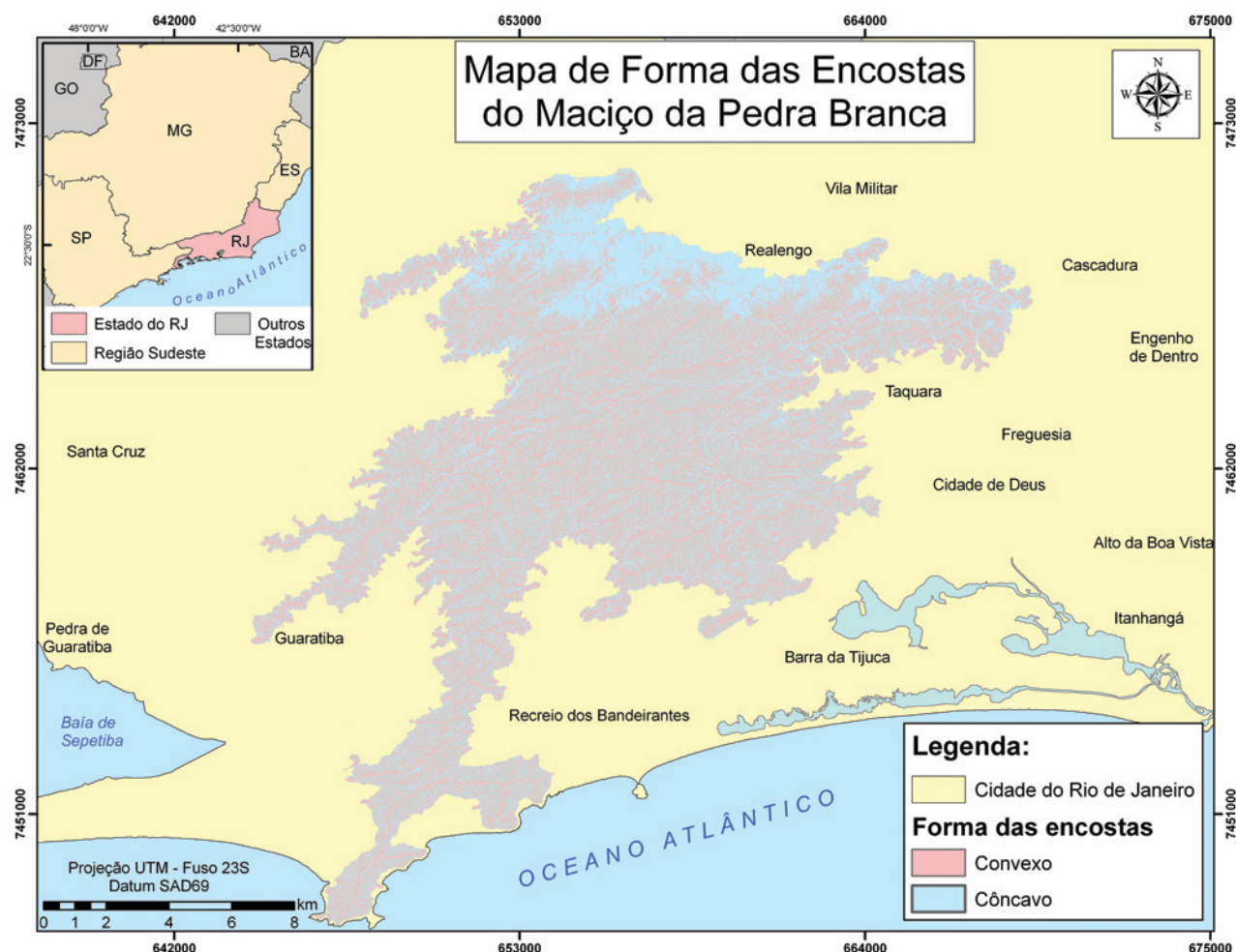


Figura 4 Mapa de Forma das Encostas do Maciço da Pedra Branca.

O mapa de morfologia das encostas (Figura 4) foi classificado em formas de relevo côncavas e convexas. Esta classificação foi estabelecida, pois nas formas côncavas ocorre a convergência de fluxos, ou seja, são áreas mais úmidas, onde a vegetação tende a ser mais densa. Por outro lado, as feições convexas são dispersoras de fluxos, tendem a ser mais secas e com isso mais susceptíveis à ocorrência de incêndios.

O mapa de orientação das encostas (Figura 5) foi generalizado em vertentes voltadas para o norte e sul. Esta classificação foi definida a partir do trabalho de Oliveira *et al.* (1995), que aponta as vertentes norte dos maciços cariocas como áreas mais distantes da influência de chuvas orográficas, propiciando a

ocorrência de um clima mais seco. Esta área recebe maior incidência de raios solares e menos umidade e isso coopera para que sua vegetação tenha menor diversidade. Essa maior exposição, também resulta em uma maior amplitude térmica. Vale ressaltar também que, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro a dispersão da poluição urbana é dificultada pela falta de ventos e pela topografia dos maciços litorâneos. A associação desses fatores evidencia que essa vertente seja mais propícia à ocorrência de incêndios. Já a vertente sul é mais úmida, pois recebe mais umidade proveniente do litoral, o que permite a formação de uma vegetação mais densa. Outro ponto importante, é que a circulação atmosférica que atua sobre a cidade do Rio de Janeiro, preponderantemente no sentido sudoeste, regula esse quadro de distribuição térmica e pluviométrica apresentado acima

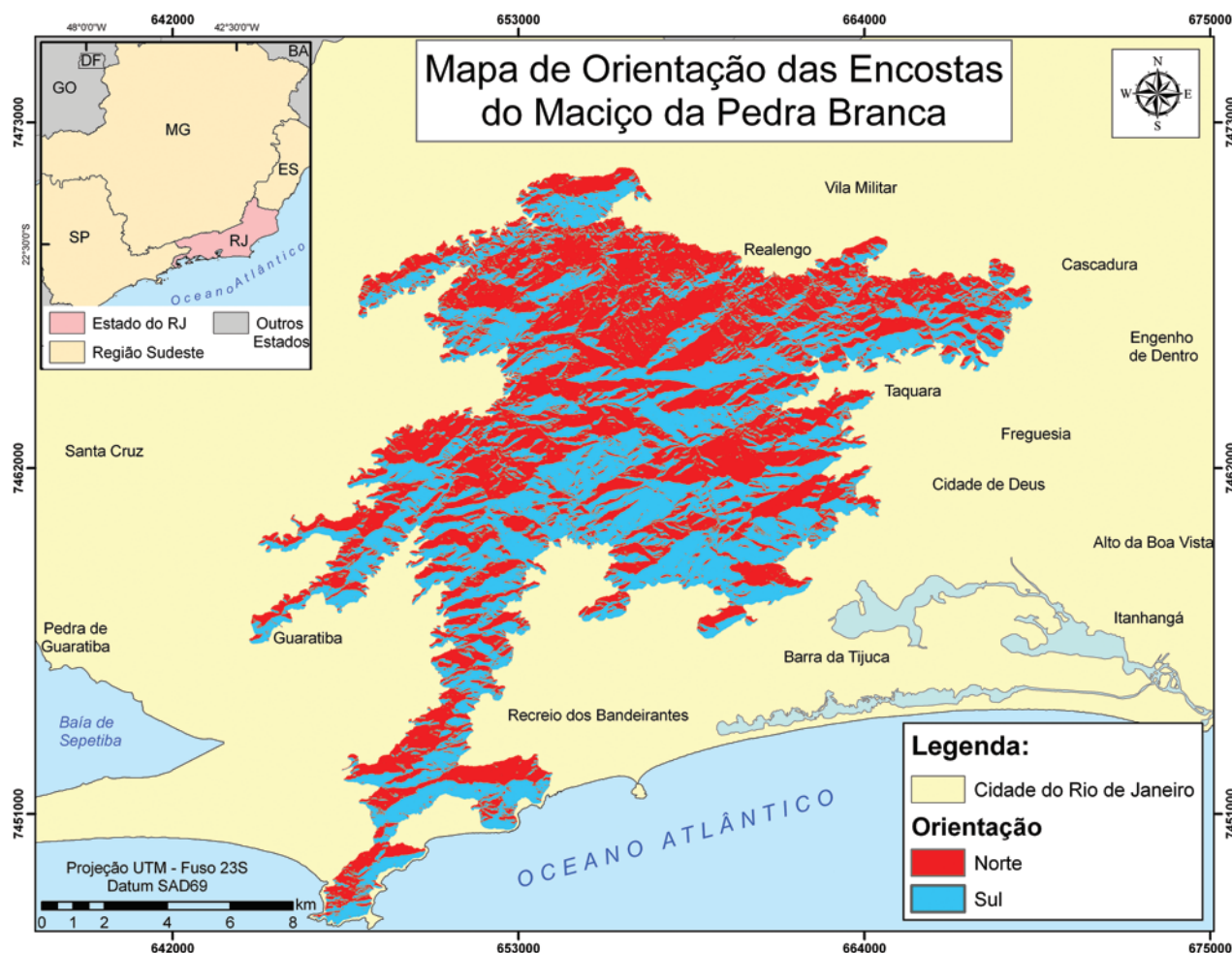


Figura 5 Mapa de Orientação das Encostas do Maciço da Pedra Branca.

O mapa do total de radiação solar (Figura 6) foi elaborado para o período de 1999, utilizando a ferramenta *area solar radiation* do *ArcToolbox* do software *ArcGIS 9.2*[®]. Este foi classificado em radiação alta, média e baixa, através da quebra natural dos valores distribuídos em seu histograma. Ao selecionar o MDE como dado de entrada, essa ferramenta calcula o total de radiação solar (direta e difusa) que cada pixel recebe em watts hora por metro quadrado (WH/ m²). Este cálculo é diretamente relacionado a latitude da área, a periodicidade do levantamento e o tamanho do céu a ser definido pelo usuário.

O mapa de uso e cobertura do solo (Figura 7) foi gerado através das ortofotos que foram

segmentadas no software *SPRING 4.3.3* (INPE, 2007). Esse procedimento adotado antes da fase de classificação divide a imagem em regiões espectralmente homogêneas. O segmentador usado foi o de crescimento de regiões que é uma técnica em que somente as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas segundo algum critério de similaridade e área que são fornecidos pelo analista (INPE, 2007). O valor de similaridade está relacionado com a importância mínima abaixo da qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto que o limiar de área define o número mínimo de “pixels” necessários para que uma área seja individualizada. Os critérios utilizados foram de limiar de similaridade 50 e área mínima de 700 pixels (494 m²). Para cada região o segmentador calcula os atributos espectrais de média, variância e textura.

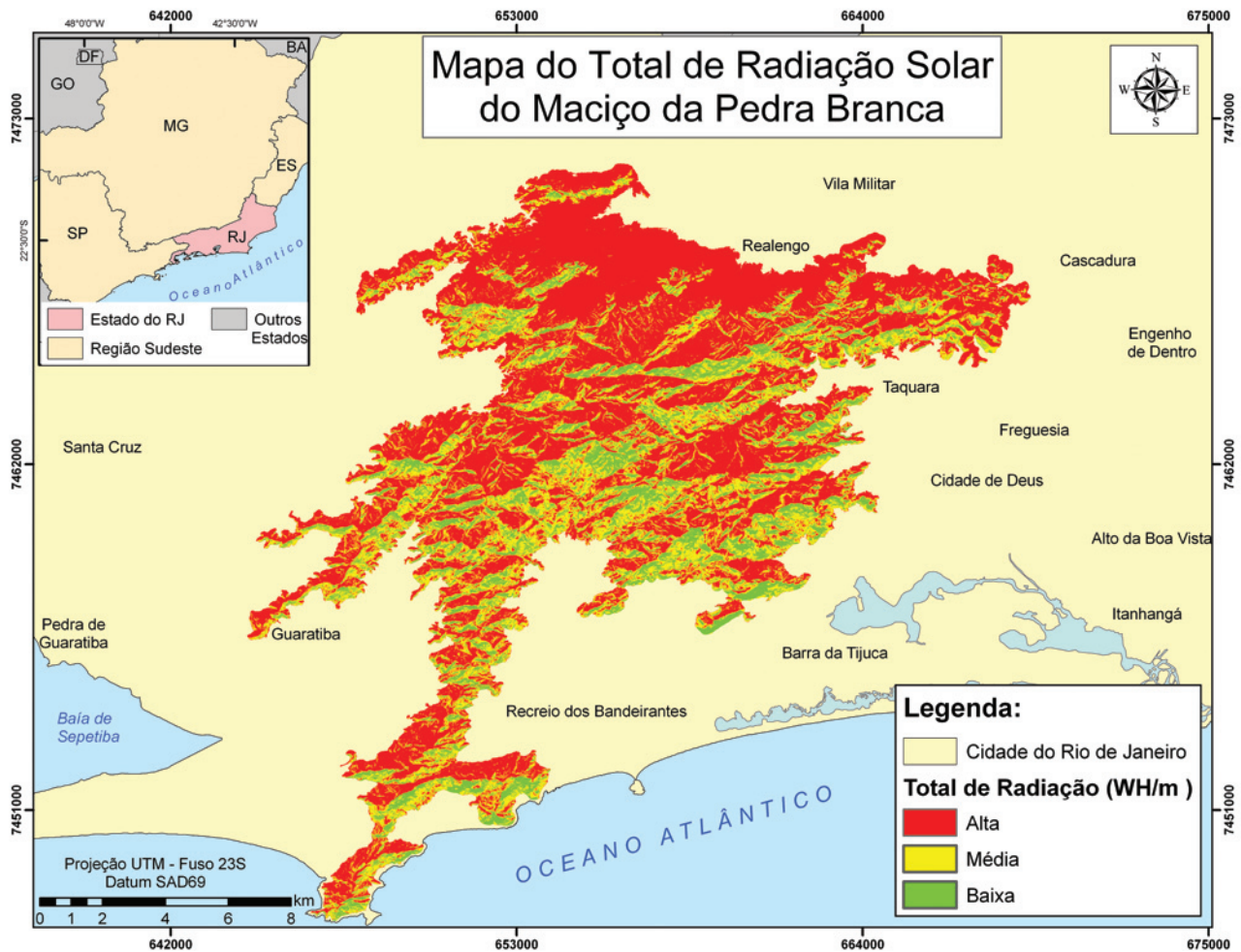


Figura 6 Mapa do Total de Radiação Solar do Maciço da Pedra Branca - 1999.

Como resultado foi obtido um arquivo com polígonos que foram classificados visualmente no ArcGIS 9.2[®] com base nas ortofotos. As classes estabelecidas para o mapa de uso e cobertura do solo foram as seguintes: água, solo exposto, área urbana, pedreira, rocha, cultivo, reflorestamento, floresta, vegetação secundária em estágio inicial e gramínea.

O mapa de uso e cobertura do solo foi utilizado como subsídio para o mapa de combustibilidade (Figura 8).

O esquema ilustrativo da figura 9 mostra a metodologia utilizada para elaboração do mapa

de combustibilidade. Essa foi definida através do consenso da opinião de especialistas que atuam na área de estudo, Organizações não Governamentais (ONGs) que trabalham diretamente no combate aos incêndios florestais e conhecimentos de campo.

De posse de todos os mapas dos elementos estruturais e funcionais, foram construídos dois mapas de susceptibilidade à ocorrência de incêndios. Estes foram validados por áreas de incêndios (Figura 10) identificadas nas ortofotos durante a etapa de elaboração do mapa de uso e cobertura do solo. Essas áreas foram classificadas levando em consideração as características no seu entorno, e posteriormente foram identificadas e delimitadas para validação.

Mapeamento Geocológico da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca, Município do Rio de Janeiro
 Pedro Henrique Ferreira Coura; Gustavo Mota de Sousa & Manoel do Couto Fernandes

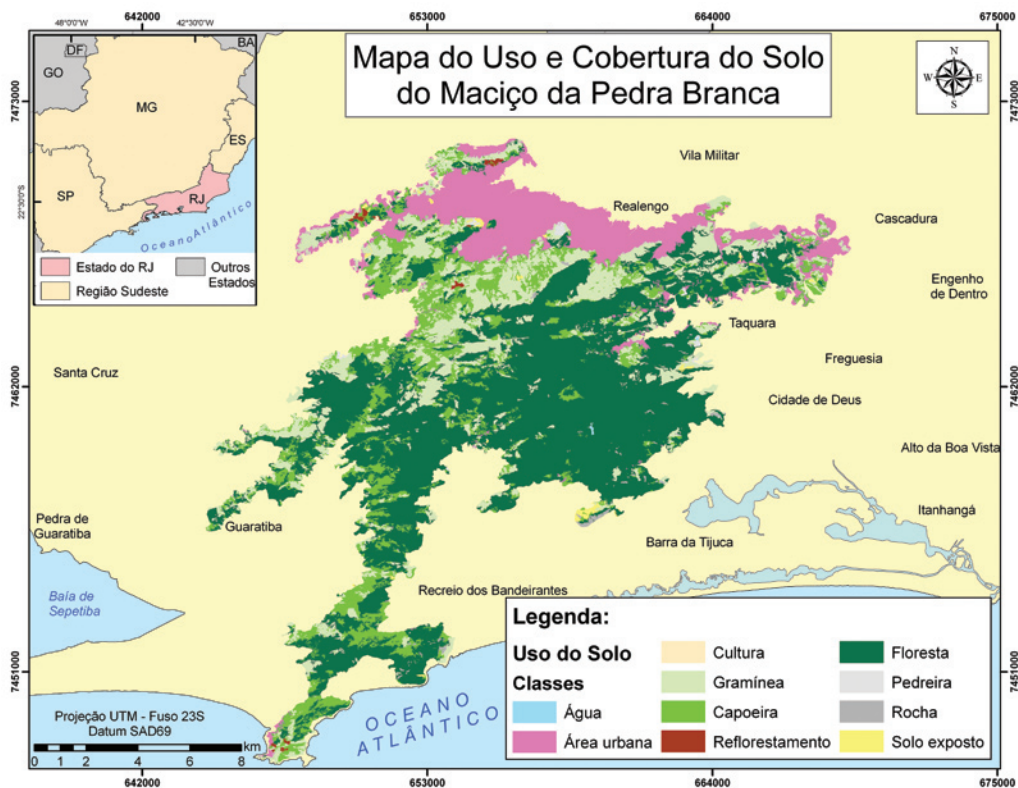


Figura 7 Mapa do Uso e Cobertura do Solo do Maciço da Pedra Branca - 1999.

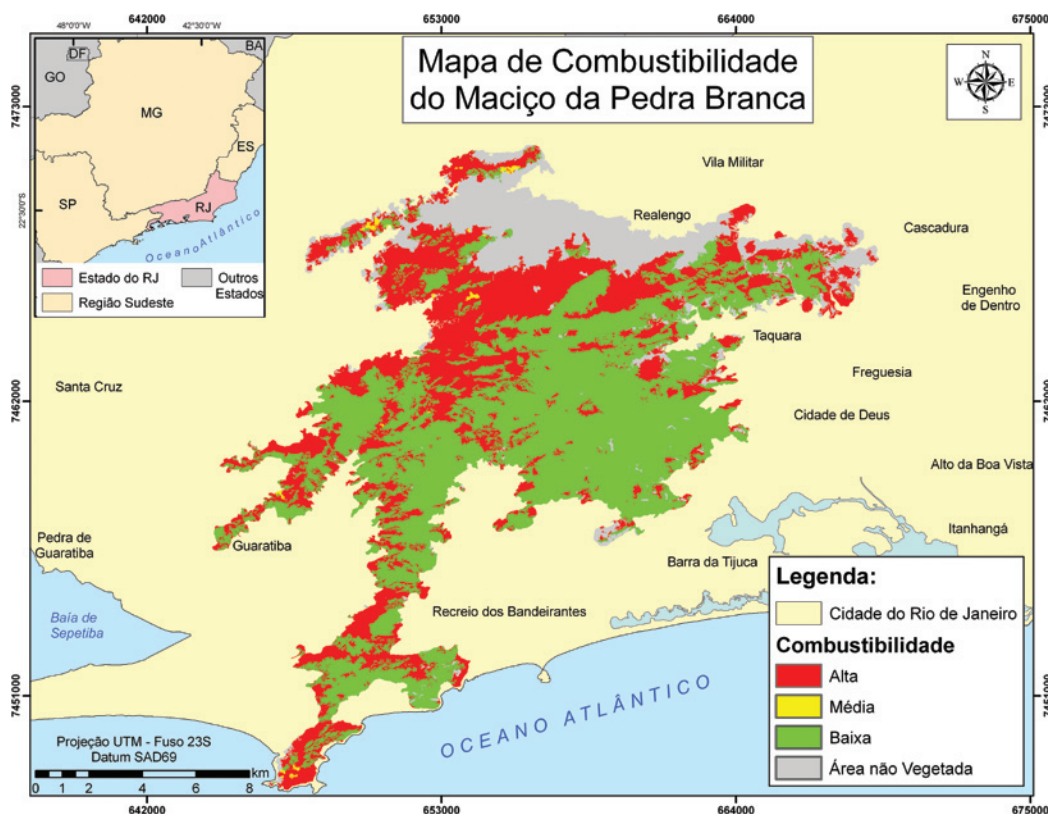


Figura 8 Mapa de Combustibilidade do Maciço da Pedra Branca.

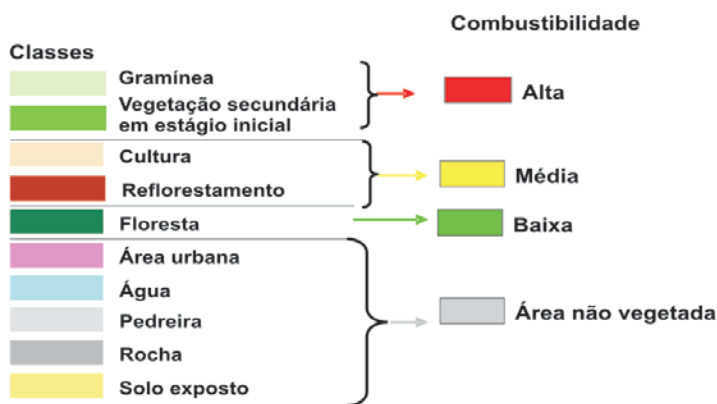


Figura 9 Chave de classificação utilizada para elaboração do Mapa de Combustibilidade do Maciço da Pedra Branca



Figura 10 Áreas de incêndios utilizadas para validação dos Mapas de Susceptibilidade do Maciço da Pedra Branca.

A tabela a seguir mostra todos os mapas gerados e suas classificações. Através dela percebe-se como o método analítico-integrativo (Coelho Netto *et al.* 1993) permite uma classificação por meio de uma análise conjunta. Nela estão presentes os resultados de todas as diferentes combinações possíveis entre as variáveis utilizadas no estudo.

3 Resultados

Os dois mapas de susceptibilidade à ocorrência de incêndios se diferem na metodologia de construção. Um utilizou o mapa de orientação das encostas (susceptibilidade 1) e o outro o mapa de total de radiação solar (susceptibilidade 2). Ao analisá-los percebe-se de forma nítida que existe uma disparidade em relação ao detalhamento que ambos apresentam. A figura 11 apresenta a mesma área classificada pela orientação e radiação solar.

Orientação	ou Radiação	+	Forma	+	Combustibilidade	=	Susceptibilidade 1 (Orientação)	ou	Susceptibilidade 2 (Radiação)
Alta	Alta		Côncavo		Área não Vegetada		ANSOI		ANSOI
Alta	Alta		Convexo		Área não Vegetada		ANSOI		ANSOI
Alta	Alta		Côncavo		Alta		Alta		Alta
Alta	Alta		Convexo		Alta		Alta		Alta
Alta	Alta		Côncavo		Média		Alta		Alta
Alta	Alta		Convexo		Média		Média		Média
Alta	Alta		Côncavo		Baixa		Média		Média
Alta	Alta		Convexo		Baixa		Alta		Alta
Alta	Média		Côncavo		Área não Vegetada		ANSOI		ANSOI
Alta	Média		Convexo		Área não Vegetada		ANSOI		ANSOI
Alta	Média		Côncavo		Alta		Alta		Média
Baixa	Média		Convexo		Alta		Média		Alta
Baixa	Média		Côncavo		Média		Baixa		Média
Baixa	Média		Convexo		Média		Média		Média
Baixa	Média		Côncavo		Baixa		Baixa		Baixa
Baixa	Média		Convexo		Baixa		Baixa		Média
Baixa	Baixa		Côncavo		Área não Vegetada		ANSOI		ANSOI
Baixa	Baixa		Convexo		Área não Vegetada		ANSOI		ANSOI
Baixa	Baixa		Côncavo		Alta		Baixa		Baixa
Baixa	Baixa		Convexo		Alta		Média		Média
Baixa	Baixa		Côncavo		Média		Baixa		Baixa
Baixa	Baixa		Convexo		Média		Média		Média
Baixa	Baixa		Côncavo		Baixa		Baixa		Baixa
Baixa	Baixa		Convexo		Baixa		Baixa		Baixa

Tabela 1 Classes das diferentes variáveis trabalhadas e suas classificações nos Mapas de Susceptibilidade do Maciço da Pedra Branca

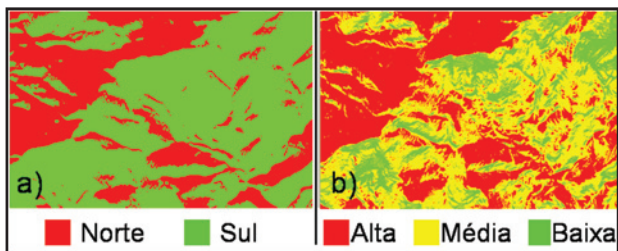


Figura 11 Recorte de áreas classificadas pela: a) orientação das encostas; b) total de radiação solar no Maciço da Pedra Branca.

Ao observar a distribuição das variáveis em ambos os mapas, através de seu percentual de ocorrência, percebe-se que no mapa de orientação existe um grande desequilíbrio entre as classes, pois ele apresenta 71% da área sendo classificada como encostas voltadas para o norte e 29% sendo classificada como encostas voltadas para o sul. Já

no mapa de radiação solar, as classes se apresentam com uma distribuição melhor, tendo os seguintes percentuais: 59,89% Alta radiação; 28,63% Média; e 11,48% baixa.

Ao comparar as susceptibilidades, usando como parâmetro as áreas de validação, percebe-se que o mapa de susceptibilidade que leva em consideração a orientação das encostas (Figura 12 - mapa de susceptibilidade 1) apresentou, 79% de acerto na alta susceptibilidade, 16% na média susceptibilidade e 5% na baixa susceptibilidade.

Por outro lado, o mapa de susceptibilidade que leva em consideração a radiação (Figura 13 - mapa de susceptibilidade 2) apresentou resultados melhores ao ser validado. Seu percentual de acerto na alta susceptibilidade foi de 93,8% e na média susceptibilidade 6,2%, não apresentando portando áreas de baixa susceptibilidade.

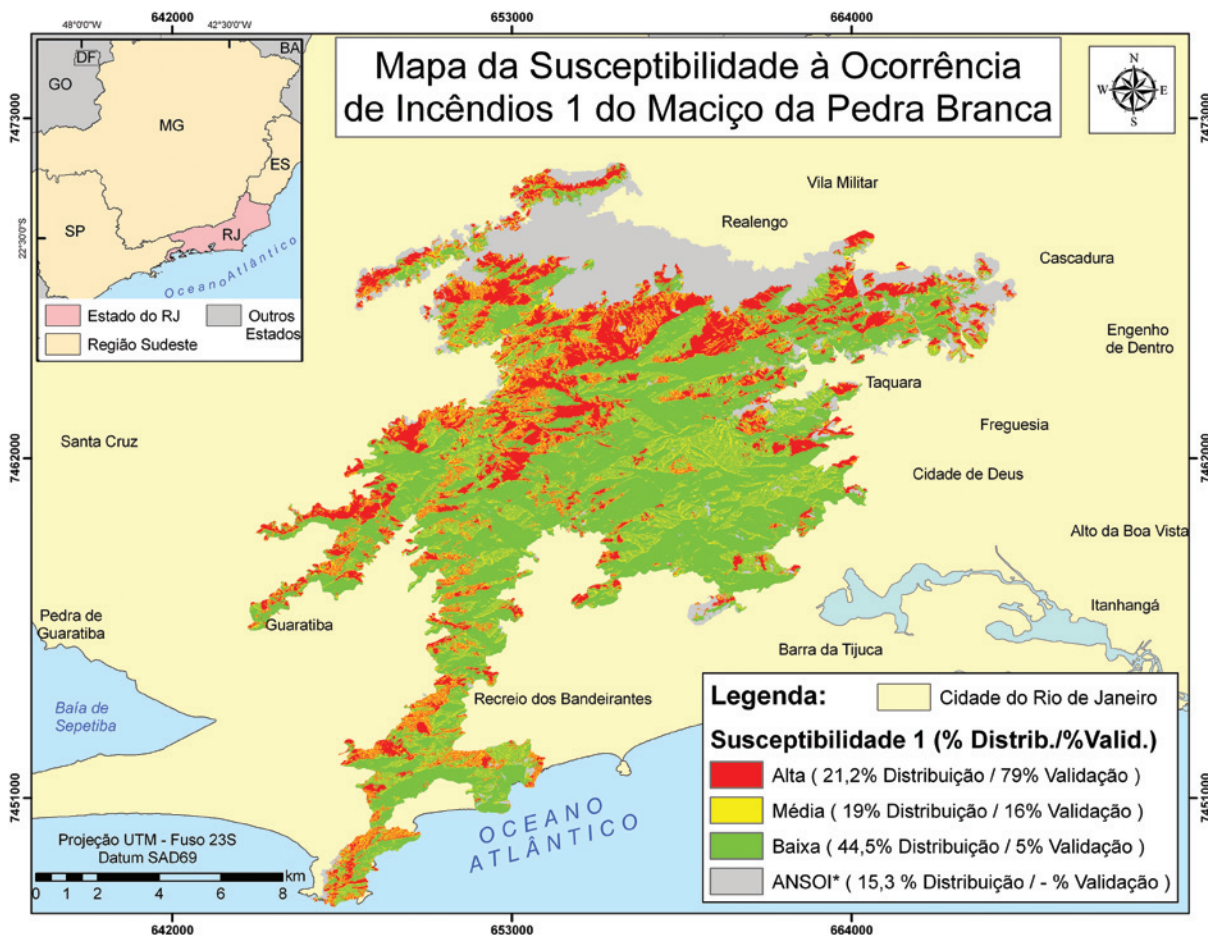


Figura 12 Mapa da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios 1 do Maciço da Pedra Branca, que utiliza a variável de Orientação das Encostas.

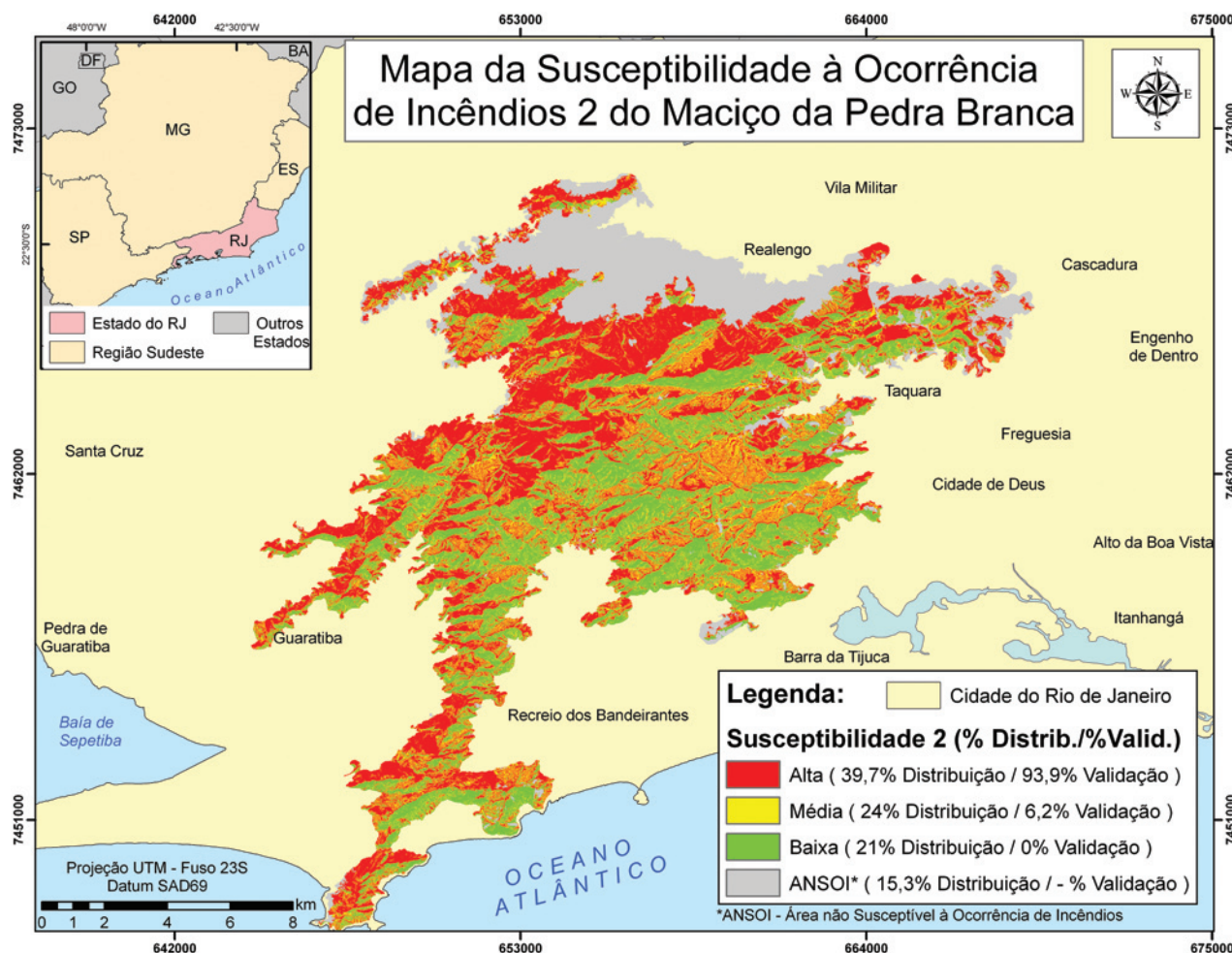


Figura 13 Mapa da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios 2 do Maciço da Pedra Branca, que utiliza a variável de Radiação Solar do ano de 1999.

4 Conclusões

Através dos dados analisados, e utilizando ainda a validação, percebe-se que a radiação apresentou um resultado melhor, proporcionando detalhamento em relação à orientação das encostas. Isso porque a radiação é uma variável quantitativa, o que permite mensurar o quanto que cada encosta recebera de radiação, diferente da orientação das encostas, que apresenta uma relação de temperatura e umidade mais subjetiva. Esse detalhamento é muito importante para o estudo, uma vez que encostas diferentes, com uma mesma orientação, podem receber graus de radiação diferentes, devido a fatores como sombreamentos ocasionados pela morfologia da área.

Nesse sentido, definiu-se o mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios 2 como o mais representativo para a área. Porém, é válido mencionar a importância de aquisição de dados de campo para validação da ferramenta de radiação.

Além disso, outros fatores ambientais como a umidade antecedente, a intensidade das chuvas e a ocorrência dos ventos terrais, podem alimentar a metodologia de mapeamento geoecológico da susceptibilidade à ocorrência de incêndios visando o seu refinamento.

Entretanto, vale ressaltar que os resultados alcançados se mostraram bastante satisfatórios. Sendo assim, o mapa elaborado pode servir como

instrumento de auxílio a elaboração de estratégias de combate aos incêndios florestais no maciço da Pedra Branca. Além disso, a metodologia se mostra simples e passível de utilização em outras áreas com a mesma problemática.

5 Referências

- Bertrand, G. 1982. Paisaje y Geografía Física Global. In: MENDONZA, J.G.; JIMÉNEZ, J.M. & CANTERO, N.O (eds). *El pensamiento geográfico-estudo interpretativo y antologia de textos* (De Humbolt a las tendencias radicales). Editora Alianza. Madri, p.461 - 464.
- Bridgewater, P.B. 1993. Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation. In: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R. & COUSINS, S.H. (eds.) *Landscape Ecology and GIS*, cap. 3, p. 23 - 36.
- Coelho Netto, A.L.; Dantas, M.E. & Rosas, R.O. 1993. 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.
- Coelho Netto, A.L.; Avelar, A.S.; Fernandes, M.C. & Lacerda, W. 2007. *A Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain*. In: GEOMORPHOLOGY (Amsterdam), 87:120 - 131.
- Deppe, F. & Paula, V. 2003. Sistema de suporte à tomada de decisão no combate de incêndios no estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, Belo Horizonte, 2003, *Anais*, Belo Horizonte, INPE, p.447-452.
- Felgueiras, C.A. 1997. *Apostila do Curso de Modelagem Digital de Terreno e Aplicações*. São José dos Campos, INPE, 48 p.
- Fernandes, M.C. 1998. *Geocologia do Maciço da Tijuca - RJ: Uma Abordagem Geo-Hidroecológica*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 141 p.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2007. *Tutorial do SPRING 4.3.3*. São José dos Campos. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/>
- Instituto Pereira Passos – IPP. 1999. Base Digitalizada do Município do Rio de Janeiro – Escala 1:10.000. Rio de Janeiro: IPP, vol.1. CD ROM.
- Menezes, P.M.L. 2000. *A interface Cartografia-Geocologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 208 p.
- Naveh, Z. & Lieberman, A. 1993. *Landscape Ecology: Theory and Application*, 2ª Ed. New York. Springer Verlag, 265 p.
- Oliveira, R.R.; Zaú, A.S.; Silva, M.B.R.; Vianna, M.C.; Sodré, D.O & Sampaio, P.D. 1995. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis*, vol.1, p. 523-541.
- Prudente, T.D. & Rosa, R. 2009. Geotecnologias aplicadas à análise de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal, 2009. *Anais*, Natal, INPE, p.2951-2958.
- Silveira, H.L.F.; Vettorazzi, C.A. & Valente, R.O.A. 2008. Avaliação Multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na bacia do Rio Corumbataí, SP. *Revista Árvore*, 32 (2): 259-268.
- Silva, L.C.V. 2006. *Modelagem Ambiental de Cenários de Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 101 p.
- Sousa, G.M. 2009. *Mapeamento Geocológico da Potencialidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca/RJ*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 141 p.
- Souza, C.R.G. 2005. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 1: 45-61.
- Souza, L.G.; Sousa, G.M.; Coura, P.H.F.; Fernandes, M.C. & Menezes, P.M.L. 2009. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para estudos geocológicos no maciço da Pedra Branca – RJ. *Anuário do Instituto de Geociências*, 32 (1): 21-33.