



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



**MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA  
POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO  
MACIÇO DA PEDRA BRANCA/RJ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**GUSTAVO MOTA DE SOUSA  
ORIENTADOR: PROF. MANOEL DO COUTO FERNANDES  
CO-ORIENTADOR: PROF. PAULO MÁRCIO LEAL DE MENEZES**

**Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2009**

**MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA  
DE INCÊNDIOS NO MACIÇO DA PEDRA BRANCA/RJ**

**Gustavo Mota de Sousa**

Dissertação de mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciências: Geografia.

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ - Orientador  
Manoel do Couto Fernandes  
Dep. De Geografia – UFRJ

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ - Co-Orientador  
Paulo Márcio Leal de Menezes  
Dep. De Geografia – UFRJ

Profa. Dra. \_\_\_\_\_  
Carla Bernadete Madureira Cruz  
Dep. De Geografia – UFRJ

Prof. Dr. \_\_\_\_\_  
Rogério Ribeiro de Oliveira  
Dep. De Geografia – PUC/RJ

Rio de Janeiro  
Fevereiro 2009

Sousa, Gustavo Mota de

Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no maciço da Pedra Branca/RJ – Rio de Janeiro: [s.n.], 2009.

143 fls., 30 cm.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

Referências bibliográficas fl.106-115.

1. Incêndios Florestais, 2. Cartografia Geoecológica, 3. SIG, 4. Modelo Digital de Elevação.

## VIVE A VIDA

A vida é uma oportunidade, aproveita-a.

A vida é uma beleza, admira-a.

A vida é beatitude, saboreia-a.

A vida é um sonho, faça-o realidade.

A vida é um desafio, enfrenta-o.

A vida é um dever, cumpre-o.

A vida é um jogo, joga-o.

A vida é preciosa, preserva-a.

A vida é uma riqueza, conserva-a.

A vida é amor, goza-o.

A vida é um mistério, descobre-o.

A vida é promessa, realiza-a.

A vida é tristeza, supera-a.

A vida é um hino, canta-o.

A vida é uma luta, aceita-a.

A vida é uma aventura, arrisca-a.

A vida é felicidade, merece-a.

A vida é a vida, defende-a.

Madre Teresa

*Aos meus pais, Francisco e Maria que sempre me ensinaram e ainda ensinam muitas coisas que devemos fazer nessa vida, sem eles, não seria nada do que sou hoje!*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que me deu a vida e essa oportunidade que nunca esquecerei de fazer o mestrado neste Programa de Pós-Graduação.

Ao meu irmão Denis, que agora Doutorando, continua trocando idéias comigo sobre essa loucura maravilhosa que é aprender e conhecer cada vez mais sobre a vida acadêmica!

À minha namorada Alessandra Soler Gomes de Sá e a sua família, pela torcida, pelo incentivo, pelas trocas de idéias e pelo amor e carinho comigo durante esse momento especial.

Agradeço também ao Professor Manoel do Couto Fernandes por ter sido o meu orientador, amigo, pai e companheiro de todas as horas durante o curso de mestrado! Por ter acreditado em mim e em ter me dado uma oportunidade que agarrei com unhas e dentes e que foi de grande importância na minha formação e para o meu crescimento pessoal!

Ao Professor Paulo Márcio Leal de Menezes pela co-orientação, por ter me aceito no Geocart que tornou-se para mim uma segunda casa na minha vida!

À Professora Carla B. Madureira Cruz pela dedicação apresentada durante a disciplina de sensoriamento remoto e no meu exame de qualificação, por todo o aprendizado adquirido no Laboratório Espaço e pelos conhecimentos que quero guardar pra sempre!

Ao Professor Rogério Oliveira que foi bastante solícito durante a minha visita na PUC e que trouxe novas idéias para a dissertação durante o meu exame de qualificação.

Aos alunos de graduação, que tornaram-se meus “filhos” durante esse trabalho, Pedro Henrique Ferreira Coura, Crystian Sheila da Silva Pereira, Camila da Silva Vieira, Leandro Gomes Souza e Renan Ramos da Silva, amo vocês!

As mestrandas Bruna Santos Miceli e Vanessa Ferraz Godoy que me ensinaram muitas coisas e vivenciaram um pouco da minha dedicação neste projeto sempre com bastantes incentivos.

Ao pessoal do Geocart que sempre me incentivou em diversos momentos: Tatiana, Paulinho, Elias, Jhone, Fernanda, Beatriz, Filipe, Sylvia, Fábio, Alan, Pamela, Bruno Coutinho, Cláudio João e Izaura.

Aos amigos do IVIG que ampliaram (e muito!) o meu leque de conhecimento: Riane, Bárbara, José Sena, Claudita, Heitor, Leandro Beser, Camila Motta, Veloni e Prof. Marcos Freitas.

Ao meu amigo Charles Ferreira que me ajudou no pontapé inicial para entrar no mestrado.

Ao IEF, através do Presidente André Ilha pela cessão dos dados de incêndios florestais.

Ao CNPq que através do Projeto Universal incentivou o projeto desenvolvido no Laboratório de Cartografia.

À CAPES pela bolsa de mestrado fornecida durante o curso.

Ao PPGG, em especial à Ildione, Nildete e Guilherme sempre bastante atenciosos.

## RESUMO

As análises ambientais de caráter integrativo, como as geológicas, vem sendo cada vez mais desenvolvidas nos últimos anos com objetivo de buscar um conhecimento mais refinado da paisagem. A Geoecologia (Ecologia da Paisagem) apresenta dentro dos seus estudos a Cartografia Geoecológica que aliada às técnicas de geoprocessamento tem proporcionado importante contribuição para análises geológicas da paisagem. Um exemplo de tema de análise geológica é a dinâmica dos incêndios, que através da metodologia de mapeamento geológico da potencialidade à ocorrência de incêndios proporciona a tomadas de decisão tornando-se ferramenta importante na análise das diversas interfaces existentes na paisagem. A potencialidade à ocorrência de incêndios é produto da ação da própria paisagem (susceptibilidade à ocorrência de incêndios) e do homem (risco à deflagração de incêndios) que acelera a dinâmica desta paisagem. O objetivo deste trabalho encontra-se na elaboração da metodologia de mapeamento geológico da potencialidade à ocorrência de incêndios utilizando tecnologias de geoprocessamento, como MDE, Sensoriamento Remoto e SIG para as análises dos dados com base nos conceitos geológicos. O trabalho foi realizado no maciço da Pedra Branca, que faz parte dos remanescentes florestais do bioma Mata Atlântica e é uma floresta urbana que encontra-se na Cidade do Rio de Janeiro. A metodologia aplicada é baseada em estudos anteriores e apresenta uma inovação a partir da utilização da variável radiação solar que proporcionou a criação de diferentes cenários de potencialidade para o mesmo ano. O mapeamento foi avaliado em duas áreas de queimadas, e apontaram resultados satisfatórios, com as classes de alta e média potencialidade de incêndios com valores percentuais de 94% e 6%, respectivamente. Além disso, outros dados de incêndios corroboraram com a validação positiva do mapeamento realizado.

**Palavras-chave:** Incêndios Florestais, Cartografia Geoecológica, SIG, Modelo Digital de Elevação.



## ABSTRACT

Environmental analyses in an integrative way, as the geocological one, are developed nowadays pointing to a better knowledge of the landscape. Geoecology (Landscape Ecology) contains inside itself, the Geoecology Cartography, which together with 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 applied methodology is based on previous studies and presents an innovation from the use of the solar radiation variable that provided the creation of different settings of potentiality for the same year. The developed maps obtained by mapping processes application were evaluated over two areas of old forest fires, pointing to satisfactory results, showing intervals of high and average fire potentiality between 94 and 6% respectively. Moreover, other fire data had corroborated with the positive validation of carried mapping.

**Keywords:** Wildfires, Geoecology Cartography, GIS, Digital Elevation Model.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo geral .....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	2
1.3. Justificativa .....	3
<b>2. BASE CONCEITUAL .....</b>	<b>4</b>
2.1 Geocologia .....	4
2.2. Geoprocessamento e os estudos geocológicos .....	6
2.3. Cartografia Geocológica .....	9
2.3.1. Cartografia Ambiental x Cartografia Geocológica .....	11
2.4. Conceitos de Risco, Vulnerabilidade, Susceptibilidade e Potencialidade .....	12
2.5. Os incêndios e a história do fogo .....	19
2.5.1. Incêndios florestais e queimadas .....	22
<b>3. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>24</b>
<b>4. ELABORAÇÃO E ANÁLISE DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS .....</b>	<b>29</b>
4.1. Materiais e métodos do mapeamento geocológico .....	29
4.1.1. Potencialidades e limitações do estudo .....	29
4.1.2 Levantamento bibliográfico, cartográfico e ambiental da área de estudo ....	31
4.1.2.1. Procedimentos de edição da base cartográfica .....	32
4.1.2.2. Edição da hipsometria .....	33
4.1.2.3. Base hidrográfica .....	34
4.1.3. Metodologia de classificação do uso e cobertura do solo .....	36
4.1.4. Georreferenciamento das informações de incêndio obtidas através de ortofotos, relatórios técnicos e sensor MODIS .....	43
4.1.4.1. O Sensor MODIS e os dados de focos de calor .....	43
4.1.4.2. Estatística de incêndios florestais do Instituto Estadual de Florestas .....	47
4.1.4.3. Dados de campo .....	49
4.1.4.4. Identificação de áreas queimadas das ortofotos IPP 1999 .....	50

4.2 Análises e resultados .....	50
4.2.1. Modelo Digital de Elevação e seus produtos desenvolvidos .....	51
4.2.2. Forma das encostas .....	54
4.2.3. Orientação das encostas e radiação solar – parâmetros de ressecamento da vegetação .....	55
4.2.3.1. Mapa de orientação de encostas .....	55
4.2.3.2. Mapa de radiação solar anual .....	56
4.2.3.3. Orientação de encosta x radiação solar anual .....	60
4.2.4. Mapa de combustibilidade .....	62
4.2.5. Susceptibilidade à ocorrência de incêndios .....	65
4.2.6. Risco à deflagração de incêndios .....	68
4.2.7. Potencialidade à ocorrência de incêndios (anual) .....	74
4.2.8. Análise dos mapas e validação .....	76
<b>5. MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS .....</b>	<b>81</b>
5.1. Materiais e métodos do Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios em Períodos chuvosos e secos .....	81
5.1.1. Aquisição de dados pluviométricos e metodologia de elaboração dos mapas pluviométricos dos períodos chuvoso e seco no entorno da área de estudo .....	82
5.1.1.1. Construção dos mapas pluviométricos dos períodos chuvoso e seco .....	85
5.1.2. Aquisição de dados de incêndios florestais .....	89
5.1.3. Radiação solar dos períodos chuvoso e seco .....	90
5.2. Análise dos resultados do mapeamento geoecológico da potencialidade à ocorrência de incêndios em períodos chuvoso e seco .....	93
5.2.1. Susceptibilidade à ocorrência de incêndios dos períodos chuvoso e seco ..	93
5.2.2. Potencialidade à ocorrência de incêndios dos períodos seco e chuvoso .....	96
5.2.2.1. Validação e análise dos resultados .....	99
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>104</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>106</b>

<b>ANEXO 1 – ESTATÍSTICAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO – ANOS 2004-2007 .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 2 – TABELA DO BANCO DE DADOS DO MONITORAMENTO DE QUEIMADAS DO INPE (FOCOS DE CALOR) .....</b>	<b>123</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Inter-relações dos estudos geocológicos .....	6
Figura 2	Inter-relacionamento das tecnologias envolvidas no geoprocessamento .	7
Figura 3	Divisão da Cartografia Temática dentro dos estudos Geocológicos .....	11
Figura 4	Elementos constituintes do processo de formação do fogo .....	19
Figura 5	Esquema simples para identificação dos principais limites do fogo antrópico .....	20
Figura 6	Localização do Maciço da Pedra Branca .....	25
Figura 7	Existência de culturas dentro da área do Parque Estadual da Pedra Branca .....	26
Figura 8	Vertente sul do maciço da Pedra Branca – Riocentro .....	26
Figura 9	Vertente norte do maciço da Pedra Branca – Bangu Shopping – antiga Fábrica Bangu .....	27
Figura 10	Etapas da Metodologia de Mapeamento Geocológico .....	30
Figura 11	Articulação das cartas topográficas que abrangem a área de estudo .....	32
Figura 12	Erro de continuidade de curva de nível .....	33
Figura 13	Curva de nível corrigida após verificação dos elementos da carta topográfica .....	33
Figura 14	A base original aponta que os eixos de vias, caminhos e a hidrografia que causaram a falta de continuidade da curva de nível .....	33
Figura 15	Curvas de nível sobrepostas .....	34
Figura 16	Edição da sobreposição .....	34
Figura 17	Base de drenagem original com falta de continuidade em sobreposição com hipsometria .....	35
Figura 18	Edição da hidrografia com base nas curvas de nível. Em vermelho a base original. Em azul a base editada .....	35
Figura 19	Em azul temos os canais de drenagem que não são visíveis na base topográfica porque ao atingirem a área urbanizada foram canalizados ....	36
Figura 20a	Segmentação e identificação visual de algumas classes identificadas .....	38

Figura 20b	Segmentação por crescimento de regiões e identificação visual das classes de reflorestamento e vegetação secundária em estágio inicial .....	39
Figura 21	Identificação dos dados fornecidos pelo INPE – Sensor MODIS .....	46
Figura 22	Localização dos incêndios do IEF 2006-2007 .....	48
Figura 23	Localização das áreas atingidas por incêndios na bacia do Camorim .....	49
Figura 24	Áreas de queimadas ocorridas em 1999 .....	50
Figura 25	Erro médio quadrático em metros .....	51
Figura 26	Modelo Digital de Elevação do Maciço da Pedra Branca gerado através do método TOPOGRID .....	52
Figura 27	Modelo Digital de Elevação do Maciço da Pedra Branca gerado através da triangulação de Delaunay com restrições (TIN) .....	53
Figura 28	Mapa de forma das encostas .....	54
Figura 29	Mapa de orientação das encostas do maciço da Pedra Branca .....	56
Figura 30	Componentes da radiação solar .....	57
Figura 31	Histograma de classificação de quebra-natural de valores .....	59
Figura 32	Mapa de radiação solar 1999 do maciço da Pedra Branca .....	60
Figura 33	Gráfico de distribuição das variáveis do mapa de orientação das encostas .....	61
Figura 34	Gráfico de distribuição das variáveis do mapa de radiação .....	61
Figura 35	Encosta classificada por orientação .....	61
Figura 36	Encosta classificada por radiação .....	61
Figura 37	Legenda de combustibilidade de acordo com classes de uso e cobertura do solo .....	62
Figura 38	Mapa de uso e cobertura do solo do maciço da Pedra Branca (1999) .....	63
Figura 39	Mapa de combustibilidade do maciço da Pedra Branca .....	64
Figura 40	Mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios .....	67
Figura 41	Ampliação das áreas de influência de caminhos (verde – 1,0 metro) e de Eixos (roxo – 5 metros) .....	69
Figura 42	Delimitação dos setores censitários urbanos que encontram-se na área de estudo .....	70

Figura 43	Identificação dos loteamentos irregulares e favelas existentes no maciço da Pedra Branca .....	71
Figura 44	Esquema ilustrativo da metodologia aplicada para elaboração do mapa de risco à deflagração de incêndios no maciço da Pedra Branca .....	72
Figura 45	Mapa de risco à deflagração de incêndios do maciço da Pedra Branca ...	73
Figura 46	Sobreposição dos dados de susceptibilidade e risco à deflagração de incêndios resultando na potencialidade à ocorrência de incêndios .....	74
Figura 47	Mapa da potencialidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca .....	76
Figura 48	Relação entre a potencialidade à ocorrência de incêndios e áreas identificadas .....	78
Figura 49	Sobreposição dos dados de suporte para a validação com o resultado da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca ...	79
Figura 50	Metodologia do mapeamento geocológico dos incêndios realizado em períodos seco e chuvoso .....	81
Figura 51	Localização dos pluviômetros do Sistema Alerta Rio .....	82
Figura 52	Localização das 12 estações pluviométricas utilizadas para a obtenção dos períodos chuvoso e seco .....	84
Figura 53	Distribuição das chuvas durante o ano nas proximidades do maciço da Pedra Branca .....	85
Figura 54	Mapa pluviométrico anual do maciço da Pedra Branca .....	86
Figura 55	Mapa pluviométrico do período chuvoso .....	87
Figura 56	Mapa pluviométrico do período seco .....	88
Figura 57	Ocorrências de incêndios (2002-2007) e pluviosidade média mensal (1997-2007) .....	89
Figura 58	Total de radiação solar do período seco .....	91
Figura 59	Total de radiação solar do período chuvoso .....	92
Figura 60	Susceptibilidade à ocorrência de incêndios do período seco .....	94
Figura 61	Susceptibilidade à ocorrência de incêndios do período chuvoso .....	95
Figura 62	Potencialidade à ocorrência de incêndios durante o período seco .....	97
Figura 63	Potencialidade à ocorrência de incêndios durante o período chuvoso .....	98

Figura 64	Áreas queimadas e potencialidade durante o período seco .....	99
Figura 65	Áreas queimadas e potencialidade durante o período chuvoso .....	99
Figura 66	Gráfico comparativo dos cenários estudados no maciço da Pedra Branca	103



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Diversos conceitos da Geoecologia e seus autores .....	5
Tabela 2	Divisões da Cartografia Temática .....	10
Tabela 3	As escalas de alteração e manejo do ambiente: do global ao local .....	14
Tabela 4	Conceitos relacionados aos cenários de avaliação .....	18
Tabela 5	Causas dos incêndios florestais no Brasil .....	22
Tabela 6	Classes utilizadas no uso e cobertura do solo e quantificação das áreas	40
Tabela 7	Especificações técnicas do Sensor MODIS .....	44
Tabela 8	Albedos de algumas superfícies .....	58
Tabela 9	Composição das classes de susceptibilidade .....	66
Tabela 10	Geração da legenda da potencialidade à ocorrência de incêndios .....	74
Tabela 11	Dados utilizados para análise dos mapas e validação da metodologia ..	77
Tabela 12	Estatística dos pontos utilizados como suporte da validação em relação à potencialidade à ocorrência de incêndios anual no maciço da Pedra Branca .....	80
Tabela 13	Potencialidade dos pontos IEF e MODIS adquiridos durante o período seco .....	100
Tabela 14	Potencialidade dos pontos IEF e MODIS adquiridos durante o período chuvoso .....	101
Tabela 15	Verificação de mudança de classe entre os pontos utilizados como suporte da validação entre períodos estudados .....	101
Tabela 16	Comparativo dos resultados da potencialidade das áreas queimadas utilizadas como validação .....	102
Tabela 17	Comparativo dos resultados da potencialidade dos pontos de suporte da validação .....	102

## 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 & 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 assuma um caráter muito complexo, ao conjugar diferentes tipos de dados e informações com características diversas e uma multiescalaridade peculiar a estes estudos (MENEZES & 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 a análise de uma paisagem.

Neste contexto, um 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 através dessa metodologia proporciona a tomadas de decisão no instante do combate desse fenômeno tornando-se ferramenta importante na análise das diversas interfaces existentes na paisagem.

O estudo em questão busca apresentar a base conceitual relacionada à Geoecologia e Geoprocessamento, através do desenvolvimento da temática dos incêndios florestais, vista sob o âmbito da Cartografia Geocológica e os conceitos de Risco, Vulnerabilidade, Susceptibilidade e Potencialidade (capítulo 2).

A área de estudo e a análise e elaboração do mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios serão abordados nos capítulos 3 e 4 que apresentam as fases de edição e elaboração dos mapas e as análises pertinentes ao ano

base de 1999 que são apontados no uso e cobertura do solo (combustibilidade) e na radiação solar utilizados na construção do mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

O capítulo 5 aborda o mapeamento geocológico da potencialidade dos incêndios observando os períodos seco e chuvoso que são primordiais para o refinamento do estudo em vista de serem mais ou menos propícios aos incêndios florestais de acordo com a concentração de chuvas e o total de radiação solar existente.

## **1.2. OBJETIVOS**

Em face ao conceito da construção de mapeamentos geocológicos, mais especificamente relacionados a dinâmica de incêndios, o presente trabalho possui os seguintes objetivos:

### **1.2.1. Objetivo geral**

Elaborar 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.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma discussão teórica da Cartografia Geoecológica e Índices de Vulnerabilidade, Susceptibilidade, Risco e Potencialidade;
- Refinar a metodologia do mapeamento geocológico de potencialidade à ocorrência de incêndios, desenvolvida por FERNANDES (1998) e SILVA (2006), através da utilização de variáveis meteorológicas de radiação solar, pluviosidade e sócio-econômicas de prática de queima de lixo;
- Construir a partir da metodologia elaborada um mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios para o maciço da Pedra Branca na escala 1:10.000;
- Preparar a partir da metodologia aplicada mapas de potencialidade à ocorrência de incêndios para o maciço da Pedra Branca durante períodos chuvosos e secos aprimorando a proposta do estudo.

### **1.3. JUSTIFICATIVA**

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

O maciço da Pedra Branca sofre com constantes incêndios florestais durante todos os meses do ano. Grande parte desses incêndios é proveniente da pressão antrópica existente no entorno derivada de inúmeras atividades como a queda de balões.

A contribuição desses estudos é importante para ampliação do arcabouço científico e fomenta o desdobramento da metodologia iniciada por FERNANDES (1998) e SILVA (2006) com a utilização de novas variáveis, refinando ainda mais o modelo proposto.

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 e outras Unidades de Conservação (UC) existentes no Estado do Rio de Janeiro. Neste sentido, os resultados observados neste mapeamento possibilitam a utilização em outras UC 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).

## 2. BASE CONCEITUAL

### 2.1 GEOECOLOGIA

A Geoeecologia, segundo a escola alemã, ou Ecologia da Paisagem, de acordo com a escola americana, é uma disciplina que realiza a interface entre a geografia e a ecologia, através de uma estrutura multi e inter-disciplinar.

O alemão Carl Troll (1939) utilizou o termo geoeecologia no seu trabalho de fotointerpretação de paisagens de savanas da África Ocidental. Durante esse estudo, combinou a abordagem horizontal do geógrafo, comum na época, no exame dos relacionamentos espaciais dos fenômenos naturais, com uma abordagem verticalizada dos ecologistas, no estudo dos inter-relacionamentos funcionais de um sítio pré-definido.

Em 1950, Troll aprimora a definição da geoeecologia *“como o estudo dos relacionamentos físico-biológicos, que governam as diferentes unidades espaciais de uma área geográfica”*.

Na década de 80, inicia-se um resgate dos conceitos estabelecidos por Troll, operacionalizando a leitura da paisagem em termos biológicos e em termos de biodiversidade, estabelecendo-se uma predileção para o referenciamento da Geoeecologia como Ecologia da Paisagem. Por sua vez, a abordagem geográfica estabelecida passa a privilegiar o termo Geoeecologia, buscando novos indicadores diversificados da fauna e flora, o homem, para a verificação da condição da biodiversidade, buscando desenvolver os estudos ambientais de caráter integrativos pautados no entendimento do relacionamento da sociedade com a natureza.

A escola norte-americana apresentou diversos trabalhos na década de 80. O trabalho de RISSER *et al.* (1984) vê a geoeecologia como *“o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, considerando dessa forma, as interações espaciais e temporais, as alterações nas paisagens heterogêneas e as influências dessa heterogeneidade sobre os processos bióticos e abióticos, bem como o próprio gerenciamento da heterogeneidade espacial”*. FORMAN & GODRON (1986) definem a geoeecologia como a *“ciência que estuda a estrutura, funções e alterações em uma área heterogênea, composta por ecossistemas que interagem entre si”*.

Diversas definições são apresentadas dentre os mais variados estudos geoeecológicos que são abordados, principalmente por Geógrafos e Biólogos que são os principais estudiosos da paisagem. A visão dos Geógrafos aborda principalmente a

paisagem e as relações existentes nela e os Biólogos trabalham elementos relacionados à Ecologia, como podemos verificar na tabela 1:

**Tabela 1: Diversos conceitos da Geoecologia e seus autores.**

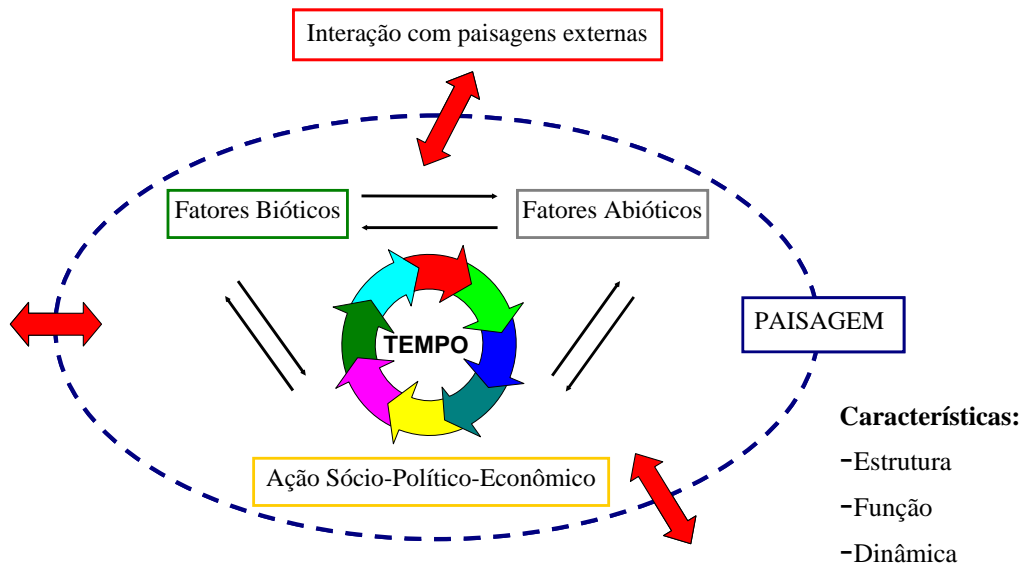
<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Formação</b>	<b>Conceito</b>
TROLL	1939	Geógrafo	Estudo dos relacionamentos físico-biológicos, que governam as diferentes unidades espaciais de uma área geográfica
ZONNEVELD	1972	Geógrafo	Estabelece que a ecologia da paisagem é a subdivisão crucial da ciência de estudo da paisagem, a geografia, abordando-a como uma entidade holística, composta de diferentes elementos, cada um influenciando os demais
KLINK	1974	Geógrafo	Estudo das massas naturais, quantidades de energia e suas variações, de uma paisagem, qualitativa e quantitativamente, determinadas através de ciclos ecológicos
RISSER <i>et al</i>	1984	Biólogo	Desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial. Considera dessa forma, as interações espaciais e temporais, as alterações nas paisagens heterogêneas e as influências dessa heterogeneidade sobre os processos bióticos e abióticos, bem como o próprio gerenciamento da heterogeneidade espacial
FORMAN E GODRON	1986	Biólogos	Ciência que estuda a estrutura, funções e alterações em uma área heterogênea, composta por ecossistemas que interagem entre si
NAVEH E LIEBERMAN	1993	Biólogos	Ramificação da moderna ecologia, que trata dos relacionamentos entre o homem e paisagens, sejam elas urbanas ou não urbanas.

Fonte: MENEZES (2000)

Diante das necessidades impostas aos estudos geoecológicos fomentou-se o avanço tecnológico voltado para o trabalho com grande número de variáveis que levam ao reconhecimento da necessidade das tecnologias de geoprocessamento para o suporte à criação, manipulação e consulta de dados espaciais. Através dessa abordagem, vários autores como, STOW (1993), FORMAN (1995), BURROUGH & MCDONNELL (1998), ASPINALL (1999), CRUZ (2000), MENEZES (2000), dentre outros, apontam o uso de tecnologias de geoprocessamento, principalmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como ferramenta indispensável para análises integrativas. BONHAM-CARTER (1996) nos confirma essa tendência apontando que o

geoprocessamento é visto como um ramo do conhecimento intensamente aplicável às investigações ambientais.

Entretanto, a sua utilização traz uma série de potencialidades e limitações que são reflexos da vasta complexidade dos dados geográficos (físicos e sócio-econômicos) e dos próprios questionamentos conceituais e metodológicos impostos aos estudos integrativos (Figura 1).



**Figura 1: Inter-relações dos estudos geoecológicos (FERNANDES, 2004)**

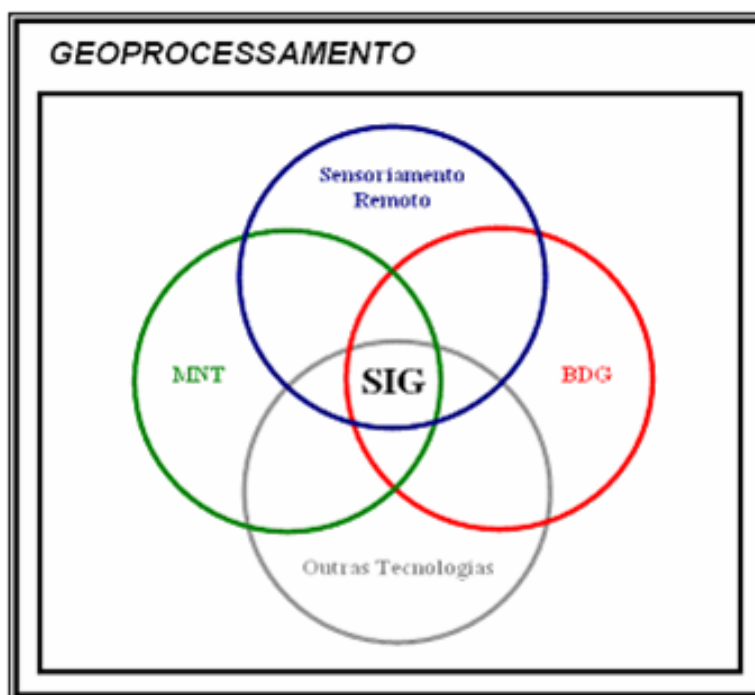
## 2.2 GEOPROCESSAMENTO E OS ESTUDOS GEOECOLÓGICOS

A fim de elucidar a temática em questão, é necessária a compreensão conceitual de Geoprocessamento e de algumas tecnologias.

Na literatura especializada existem diversas definições sobre Geoprocessamento. *Denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas* (CÂMARA E MEDEIROS, 1998). XAVIER DA SILVA (2000) define como um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados georreferenciados, para transformá-los em informações relevantes, através de análises, sínteses e reformulações desses dados, tornando-os utilizáveis em um sistema de processamento automático. De uma maneira mais ampla, CRUZ (2000) avalia que essas tecnologias objetivam a localização, delimitação, quantificação, equacionamento e monitoramento da evolução de fenômenos ambientais.

Dessa forma, a construção de um modelo da paisagem através da utilização do Geoprocessamento possibilita a construção de mapas provenientes de outros mapas agregados pela análise espacial, além de outras informações não gráficas que oferecem suporte ao produto final (BONHAM-CARTER, 1996; MEIRELLES, 1997 *apud* MENEZES, 2000).

Das tecnologias que englobam o Geoprocessamento, ressaltam-se como as mais comuns a Modelagem Digital de Elevação (MDE) ou Modelagem Numérica de Terreno (MNT), o Sensoriamento Remoto, o Banco de Dados Geográficos (BDG) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como verificamos na figura 2.



**Figura 2: Inter-relacionamento das tecnologias envolvidas no geoprocessamento (Adaptado de FERNANDES, 2004).**

Dessas tecnologias ganham importância no presente trabalho os SIG, MNT e o Sensoriamento Remoto (SR). Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG são sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. A sua capacidade de reunir uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os e integrando-os adequadamente, torna-os ferramentas essenciais para a manipulação das informações geográficas (PINA, 1994 *apud* CARVALHO *et al.*, 2000).

Observa-se dessa maneira que o SIG encontra-se como uma das técnicas de geoprocessamento, a mais ampla delas e que engloba todas as demais, por isso nem todo



o geoprocessamento é um SIG, como ocorre na percepção de muitos outros trabalhos que não aprofundam a questão.

A Modelagem Digital de Elevação (MDE) ou Modelagem Numérica de Terreno (MNT) tem por objetivo extrair informações quantitativas e qualitativas de fenômenos reais, a partir de uma amostragem desse fenômeno e o posterior agrupamento dessas amostras em modelo numérico (ROSIM *et al.*, 1993).

Os fenômenos reais possuem diversas variações, mas que têm em comum, características de distribuição espacial (x e y) e um valor z para cada amostra. Um Modelo Digital de Elevação (MDE) pode ser obtido, basicamente, através de grades retangulares ou triangulares geradas a partir de pontos 3D (x, y, z). Dentre as aplicações mais conhecidas dos MDE destacam-se o traçado de isolinhas, o cálculo de declividade, de orientação das encostas (aspecto) e volumes, geração de perfis, determinação de visibilidade de pontos, visualização tridimensional.

Os métodos utilizados para a construção dos MDEs foram construídos a partir de bases regulares retangulares (GRID) e redes irregulares triangulares (TIN), valendo-se, respectivamente do módulo TOPOGRID e da triangulação de Delaunay com restrições. A metodologia de obtenção desses modelos será apresentada em materiais e métodos.

As representações dos MDE não ficam restritas a fenômenos de ordem natural apenas, pois os de origem econômica e social, bem como, densidade populacional, distribuição de renda, taxas de alfabetização e outros, também podem ser representados em MDE (FERNANDES, 2004).

MOREIRA (2001), define Sensoriamento Remoto como o conjunto de processos e técnicas usados para medir propriedades eletromagnéticas de uma superfície, ou de um objeto, sem que haja contato físico entre o objeto e o equipamento sensor. Em outras palavras, é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

A energia refletida ou emitida pela superfície terrestre é captada por sensores eletrônicos, instalados em satélites artificiais, aviões, helicópteros, balões, caminhões e até a nível manual, e é transformada em sinais elétricos que são registrados e emitidos para estações de recepção na Terra. Os sinais enviados para essas estações são transformados em dados na forma de gráficos, tabelas ou imagens. A partir da interpretação desses dados, é possível obter informações a respeito da superfície da Terra (FLORENZANO, 2002).

## 2.4. CARTOGRAFIA GEOECOLÓGICA

A Cartografia possui grande importância dentro dos estudos geocológicos principalmente porque faz parte do ponto inicial na implantação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) que é uma das principais ferramentas do Geoprocessamento e de estudos integrativos ambientais conforme explicitamos. Confirmando isso, a Associação Cartográfica Internacional – ICA (1966) define que:

*"A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização."*

Em complemento à definição anterior, a ICA apresentou em 1991, através da Comissão II conforme nos relata MENEZES (2000), uma nova definição de Cartografia: *"ciência que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação, sob uma forma que pode ser visual, numérica ou tátil, incluindo todos os processos de elaboração, após a preparação dos dados, bem como o estudo e utilização de mapas ou meios de representação em todas as suas formas"*.

Essa definição atualizada trouxe a Cartografia para a sua principal função dentro de um SIG através da utilização do termo geoinformação que se trata de associar a Cartografia como uma ciência de tratamento da informação, mais especificamente de uma informação gráfica, vinculada à superfície terrestre, seja ela de natureza física, biológica ou humana. Dessa forma, a informação geográfica sempre será a principal informação contida nos documentos cartográficos (MENEZES, 2000).

Dentro da Cartografia existem dois grupos principais (TYNER, 1992; DENT, 1999):

- de propósito geral ou de referência;
- de propósito especial ou temática.

O grupo inicial é responsável pela chamada cartografia de base. Busca representar com perfeição todas as feições de interesse sobre a superfície terrestre, ressaltando apenas a escala de representação. Utiliza como apoio para levantamento preciso, a fotogrametria, a geodésia e topografia.

O segundo grupo depende do primeiro grupo citado. Elabora principalmente mapas temáticos que dentre esses temos: mapas de ensino, pesquisa, Atlas, bem como mapas especiais diversos.

Os mapas temáticos são construídos a partir de compilações de mapas já existentes (bases cartográficas), que servem de apoio a todas as representações. Representam fenômenos quaisquer, que sejam geograficamente distribuídos, de maneira discreta ou continuamente sobre a superfície terrestre.

A representação de um fenômeno exige que este possua associação com distribuição espacial ou geográfica. Assim, desde que seja espacialmente distribuído, é passível de ser representada a sua ocorrência sobre a superfície terrestre através de um processo de georreferenciamento.

A cartografia temática é dividida em três sub-classes que são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2: Divisões da Cartografia Temática**

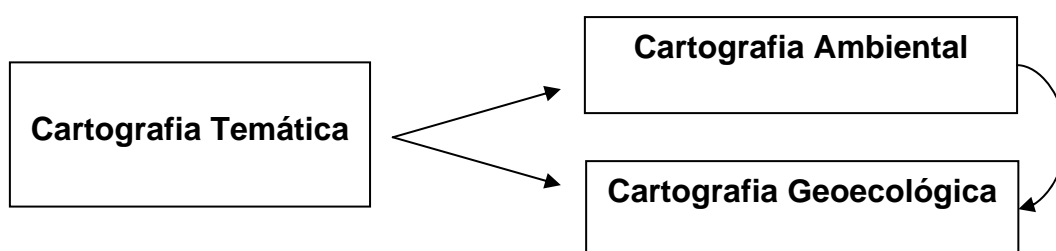
<b>Sub-classe da Cartografia Temática</b>	<b>Definição</b>
<b>Inventário</b>	Definida através de um mapeamento qualitativo, estabelecido pela superposição ou justaposição, exaustiva ou não, de temas, permite ao usuário saber o que existe em uma área geográfica.
<b>Analítica</b>	Eminentemente quantitativa, mostrando a distribuição de um ou mais elementos de um fenômeno, utilizando informações de dados primários, modificados (se necessário) para a sua visualização. Ela classifica, ordena e hierarquiza os fenômenos a representar.
<b>Síntese</b>	Mais complexa e elaborada, exige várias especialidades integradas. Representa a interação de fenômenos, feições, fatos ou acontecimentos que se inter-relacionam, através da distribuição espacial. Desenvolve um aspecto analítico para estabelecimento de estudo analítico-conclusivo sobre a interação e inter-relacionamentos dos fenômenos estudados.

Adaptado de MENEZES (2000)

### 2.4.1. Cartografia Ambiental x Cartografia Geoecológica

Conforme foi apresentado na tabela 2 e os estudos apresentados por MENEZES (2000), a Cartografia Temática está relacionada à forma de representação, se qualitativa ou de inventário, quantitativa ou analítica, ou de síntese ou agregação de temas.

A Cartografia Ambiental e Cartografia Geoecológica englobam a representação cartográfica de temas que podem trazer algumas confusões dentro dos seus conceitos e definições. Ambas possuem significados semelhantes e fazem parte da divisão formal da Cartografia e da Cartografia Temática (figura 3).



**Figura 3: Divisão da Cartografia Temática dentro dos estudos Geoecológicos**

MENEZES (2000) diz que pode até ser questionável essa divisão relacionada à Cartografia Temática, porém, a difusão do SIG permitiu se chegar a níveis de especialização que anteriormente não eram possíveis de atingir por processos manuais.

A Cartografia Ambiental é definida por ORMELING (1989 *apud* MENEZES, 2000) como “*o significado de coleta, tratamento e apresentação de dados e informações do ambiente, incluídos os aspectos sócio-econômicos que possam influenciar diretamente os processos bióticos e abióticos*”.

Os mapas ambientais apresentam o ambiente que é visto como o meio circundante, o mundo interior, cuja substância é ditada pelo o que lhe é central e afetada por ele. O ambiente humano não é visto dissociado do ambiente natural, isso porque de todas as maneiras irá se integrar ao ambiente natural (PICKETT & WHITE, 1985).

Já a Cartografia Geoecológica é apontada por MENEZES (2000) como “*a representação de dados ou informações oriundas de processos analíticos, mostrando através dos inter-relacionamentos entre os elementos da paisagem, as conseqüências imediatas ou futuras sobre o meio ambiente definido pelo recorte espacial da paisagem estudada*”.

Com base nessas informações percebemos que ambas são executadas de maneira conjunta e que fornecem dados ambientais diversos que são coletados e, posteriormente

são confeccionados e apresentados para análises geoecológicas de diversas finalidades. A Cartografia Geoecológica é vista por MENEZES (2000) como um dos desmembramentos da Cartografia Ambiental e, dessa forma, um dos seus ramos.

A Cartografia Geoecológica difere da Ambiental por fatores como:

- interação homem-natureza e suas conseqüências para o meio-ambiente;
- ação dinâmica (representação das transformações, vetores e interações sobre o tempo);
- representação dos relacionamentos e inter-relacionamentos entre elementos da paisagem.

Assim, verificamos que a Cartografia Geoecológica realiza o mapeamento de fenômenos e elementos da paisagem provenientes de uma grande quantidade de informações para a geração dos mapas geoecológicos e posteriormente das análises propriamente ditas. Esse aspecto mostra a necessidade do SIG dentro da abordagem geoecológica e da funcionalidade da Cartografia Geoecológica dentro desse processo.

#### **2.4. CONCEITOS DE RISCO, VULNERABILIDADE, SUSCEPTIBILIDADE E POTENCIALIDADE**

O risco dentro da nossa sociedade encontra-se em toda a parte, ele torna-se “invisível” quando existe uma sensação de segurança que, com o avanço da ciência e das técnicas tem se sofisticado cada vez mais. O risco possui diversas dimensões e características e está sendo analisado por cientistas há décadas.

A ênfase dos estudos de risco é vista em diferentes escalas de análise. *“A maior parte dos estudos está preocupada com a escala coletiva, enquanto a individual fica relegada. Os estudos preocupam-se também com o planejamento e gestão em que buscam a formulação de políticas e ações que não levam em conta a experiência das populações com os riscos, nem como estas percebem (se percebem) os riscos em sua vida. Em muitos casos, o resultado é o fracasso das ações mitigadoras dos riscos”* (MARANDOLA JR & HOGAN, 2004).

A conceituação de risco dentro da Geografia é abordada por diversos autores como CASTRO *et al.* (2005), que verifica nas Geociências o risco nos processos de estudos catastróficos e rápidos. Enquanto VEYRET (2007) aponta o risco como participante do quadro das relações natureza/sociedade que fundam a abordagem ambiental e fazem parte da temática geográfica.

A Defesa Civil Nacional (CASTRO, 1998), em seu glossário que aborda os “*Estudos de riscos e medicina de desastres*”, define o *risco* na forma do produto principal de análise (mapa de risco) em que define como “*um mapa topográfico, de escala variável, no qual se grava sinalização sobre riscos específicos, definindo níveis de probabilidade de ocorrência e de intensidade de danos previstos*”. Fechando essa definição, os autores alertam para a *prevenção de riscos* verificando que estas ações visam minimizar os riscos de desastres, buscando aumentar as margens de segurança e reduzir as probabilidades de ocorrência de acidentes ou minimizar os danos causados pelos mesmos.

Neste trabalho abordaremos o conceito de risco ambiental para posterior desdobramento de outros conceitos relacionados e objetivando chegar ao conceito de potencialidade que é o tema central desta pesquisa.

O conceito de risco ambiental foi adotado originalmente por Talbot Page (1978) quando distinguiu a visão de poluição do conceito de risco, que está relacionado à incerteza e ao desconhecimento das verdadeiras dimensões do problema ambiental (EGLER, 1996). Em uma visão mais ampla, VEYRET (2007) aponta o risco como a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.

No início da industrialização, os riscos ambientais tinham localização mais regional ou nacional; no entanto com a globalização atual, eles podem vir a atingir o âmbito transnacional ou planetário, desvinculando-se do seu local de origem (LENZI, 2006 *apud* GONDIM, 2007). As escalas dos riscos ocorrem atreladas à temporalidade que podem acrescentar ainda mais ao risco freqüente. Essas escalas podem ser verificadas em detalhes na tabela 3:

**Tabela 3: As escalas de alteração e manejo do ambiente: do global ao local**

<b>Escala</b>	<b>Curto prazo</b>	<b>Médio prazo</b>	<b>Longo prazo</b>
<b>Nível internacional e global</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acidente nuclear</li> <li>- Derramamento de petróleo no mar</li> <li>- Algas verdes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poluição transfronteira (água, ar)</li> <li>- Transporte de dejetos perigosos</li> <li>- Deflorestação massiva</li> <li>- Gestão de zonas de pesca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificação do clima</li> <li>- Poluição global dos oceanos</li> <li>- Desertificação</li> <li>- Chuvas ácidas</li> <li>- Baixa global da diversidade genética</li> </ul>
<b>Nível nacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intoxicação por produtos tóxicos de difusão nacional</li> <li>- Bloqueios generalizados (má gestão do tempo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definição de políticas nacionais de meio ambiente</li> <li>- Gerenciamento de parques e florestas nacionais</li> <li>- Controle de produtos tóxicos</li> <li>- Articulação entre atividades econômicas e o meio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestão do território (litoral, montanha, áreas agrícolas)</li> <li>- Gestão das reservas de água</li> <li>- Rejeitos nucleares</li> <li>- Controle de tecnologias</li> <li>- Desenvolvimento e meio ambiente</li> </ul>
<b>Nível regional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acidente químico</li> <li>- Poluição accidental das águas</li> <li>- Invasão por espécies exóticas</li> <li>- Catástrofes naturais (inundações, sismos, incêndios florestais)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto de grandes projetos</li> <li>- Abastecimento de água de grandes empresas e aglomerações urbanas</li> <li>- Gerenciamento de parques regionais e estaduais</li> <li>- Gestão das espécies (caça e pesca)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestão de florestas</li> <li>- Equilíbrio rural/urbano por região</li> <li>- Proteção do solo e do lençol freático</li> <li>- Rejeitos industriais</li> <li>- Erosão</li> </ul>
<b>Nível local</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação de planos de alerta para a poluição atmosférica</li> <li>- Riscos de vizinhança</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controle dos níveis de ruído</li> <li>- Tratamento de dejetos poluentes</li> <li>- Despoluição do ar e da água</li> <li>- Ordenação urbana, espaços verdes</li> <li>- Condições de trabalho (danos ambientais e sociais)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservação de sítios e paisagens</li> <li>- Planificação a longo prazo do desenvolvimento urbano</li> <li>- Tecnologias limpas</li> <li>- Acesso público à natureza</li> </ul>

Fonte: Adaptado de CNIS. Conseil de l'information statistique. Plan national pour l'environnement, juin 1990 *apud* EGLER (1996).

Os riscos ambientais, para FREIRE (2006), constituem uma nova preocupação que deve estar presente nas decisões dos gestores público e privados e nos programas de

imagem institucional das empresas e do setor público que, para competir em um mercado aberto e globalizado, precisarão se adequar às normas ambientais que tratam da gestão da qualidade ambiental. Uma crise que é, na verdade, ecológica (esgotamento progressivo da base de recursos naturais) e ambiental (redução da capacidade de recuperação dos ecossistemas).

Diante dessa crise, as análises de risco têm o desafio de trabalhar na predição de eventos e na prevenção destes para com a sociedade e os gestores que desejam decisões acertadas e em curto prazo. *“A avaliação de risco se baseia na relação entre confiabilidade e criticidade de sistemas complexos, onde o comportamento dinâmico de inúmeras variáveis deve ser capturado em um seletivo conjunto de indicadores capaz de monitorar as interações que se processam na realidade em distintos períodos de tempo, isto é – a curto, médio e longo prazo”* (EGLER, 1996).

VEYRET (2007) apresenta o principal produto dentro da análise de risco denominadas zonas de risco que *“são definidas por formas e superfícies variáveis, mapeáveis em diferentes escalas espaciais e temporais”*. As interações existentes dentro e fora dessas “zonas de risco” entre as diversas variáveis ambientais existentes e outros fatores são fonte de grande complexidade para a análise de risco.

A modelagem da análise de risco é uma simplificação da realidade, ou seja, o fenômeno é abstraído à medida que as informações complexas são construídas concluindo o processo em representação do risco. Essa simplificação viabiliza a funcionalidade do modelo nas respostas do fenômeno observado. *“Na abordagem do risco, por mais complexos que sejam os modelos de análise, são sempre reduções do real, e alguns aspectos do fenômeno estudado são desconsiderados”* (GONDIM, 2007).

Para realização dessa avaliação de risco são necessários os conhecimentos do perigo presente no processo e da vulnerabilidade da população. Isso nos remete à disponibilidade de informação referente à população afetada e instalações físicas expostas ao risco, além da localização, distribuição espacial, variáveis ambientais e outros fatores.

Outra abordagem para a compreensão do risco e seus desdobramentos está na definição de vulnerabilidade, embora, segundo GONDIM (2007), não haja ainda sobre ela consenso, no que tange aos enfoques voltados para os indivíduos e para o ambiente, quando relacionados aos riscos biológicos, físicos, químicos, tecnológicos e sociais. Para O’RIORDAN (2002) a vulnerabilidade a desastres naturais pode ser descrita como a incapacidade de uma pessoa, sociedade ou grupo populacional, de evitar o perigo



relacionado a catástrofes naturais ou a condição de ser forçado a viver em tais condições de perigo. Tal situação decorre de uma combinação de processos econômicos, sociais, ambientais e políticos.

A temática da vulnerabilidade é definida em diversos desdobramentos que atingem basicamente de acordo com a proposta que a pesquisa deseja atingir. Os aspectos abordados dentro da vulnerabilidade são em sua maior parte aspectos voltados às atividades do homem e aos conseqüentes efeitos dessas atividades numa visão preditiva que busca apontar ações que evitem que os riscos se concretizem. O risco pode ser visto como resultado de alguma probabilidade de ocorrência de eventos particulares e de previsão de perda devendo ser avaliado de acordo com as tendências históricas. *Os detalhes da vulnerabilidade devem ser incorporados na avaliação do risco* (FREIRE, 2006).

A vulnerabilidade é vista por GONDIM (2007) como uma noção relativa, dado que está sempre referida ou associada à exposição aos riscos produzidos socialmente e denota a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infra-estruturas ou ecossistemas virem a sofrer algum tipo particular de dano ou agravo.

A Defesa Civil Nacional (CASTRO, 1998) vê que o mapa de vulnerabilidade possibilita a análise das populações, assim como dos ecossistemas e o mobilamento do território vulneráveis a um dado risco. Complementando o termo vulnerabilidade em si, os autores apontam quatro itens referentes a esse conceito:

1. Condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis;
2. Relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano conseqüente;
3. Probabilidade de uma determinada comunidade ou área geográfica ser afetada por uma ameaça ou risco potencial de desastre, estabelecida a partir de estudos técnicos;
4. Corresponde ao nível de insegurança intrínseca de um cenário de desastre a um evento adverso determinado. Vulnerabilidade é o inverso da segurança.

Dentre estudos de riscos climáticos relacionados a cheias são apresentados os estudos de SOUZA (2003) que envolveu metodologia que cruzou mapas de aspectos físicos com o uso do solo, visando gerar cartas de vulnerabilidade no âmbito da cidade, identificando conflitos de uso do solo e degradação ambiental. A vulnerabilidade é também vista no âmbito das mudanças globais e através dos recursos hídricos visto pela

vulnerabilidade social e eventos extremos no Estado do Rio de Janeiro (IVIG, 2007) além da vulnerabilidade da população brasileira às mudanças climáticas na área da saúde (FIOCRUZ, 2003).

Diversos estudos geomorfológicos apresentam temáticas expressas pela vulnerabilidade, susceptibilidade ou fragilidade dos sistemas relacionados aos eventos em questão, em geral de origem antrópica que são os potencializadores dos riscos.

Os incêndios florestais, assim como os deslizamentos, inundações e outros são vistos como os fenômenos naturais que mais causam danos ao homem, como apontam os estudos de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade de RIVERA-LOMBARDI (2001), PEREIRA JUNIOR (2002), PEREIRA *et al.* (2003), DALCUMUNE & SANTOS (2005), SISMANOGLU & SETZER (2005), CUNHA *et al.* (2007) entre outros.

O termo susceptibilidade é utilizado também em diversos estudos geológico-geomorfológicos e de outras áreas dentro da Geografia Física. SOUZA (2005) realizou estudo da susceptibilidade morfométrica de bacias de drenagem em relação à inundações em áreas costeiras e apontou a susceptibilidade através de diversos fatores geológico-geomorfológicos, hidrometeorológicos (inundações e enchentes), dentre outros. Dentro de seu trabalho, a autora definiu a susceptibilidade natural *“como o grau de probabilidade que os atributos naturais têm em condicionar, induzir ou acelerar a ocorrência de um determinado perigo”*.

FERNANDES & AMARAL (2000) têm outra visão sobre a susceptibilidade e o risco. A susceptibilidade se refere às características específicas (intrínsecas) das formações, independente da interação com elementos externos (ação antrópica). Enquanto o risco está vinculado a esses elementos externos que incidem sobre a área, através do conhecimento da frequência, características e magnitude dos deslizamentos. Através disso, as cartas de susceptibilidade são construídas inicialmente através de análise das estruturas e características geomorfológicas, produzindo produtos que forem necessários para a construção do mapa de susceptibilidade do estudo em questão.

Estudos relacionados ao termo potencialidade apresentam diferentes visões dentro da temática de risco. O trabalho de GALVÃO & SAITO (2003) que abordaram susceptibilidade à desertificação na região do semi-árido brasileiro aborda potencialidade através do risco produzido por atividades antrópicas diversas e constituídas por diferentes usos. Os autores utilizam os resultados da potencialidade combinados com risco de degradação ambiental para subsidiar a susceptibilidade.

A potencialidade no estudo de FIORIO *et al.* (1999) é vista no sentido de aptidão agrícola relacionada ao uso da terra. Os autores buscam conhecer a probabilidade de ocorrência de um evento versus a consequência deste, que é o produto da potencialidade frente a um território e grupos populacionais expostos ao perigo.

Os trabalhos de GALVÃO & SAITO (2003) e FIORIO *et al.* (1999) tratam da potencialidade em aspectos diferenciados que citam o termo como subsídio a susceptibilidade para o primeiro e, para o último como produto e objetivo final da proposta.

Concluindo a discussão, buscaremos nesse estudo seguir a visualização da potencialidade como produto do risco, da susceptibilidade e de variáveis ambientais conforme será abordado em detalhes no capítulo metodológico. SILVA (2006) tratou da potencialidade dentro da temática abordada por MENEZES (2000) sobre cenários de avaliação que são compostos pelos termos que foram abordados neste capítulo dentre outros (Tabela 4).

**Tabela 4: Conceitos relacionados aos cenários de avaliação**

<b>Termo</b>	<b>Conceito associado</b>
<b>Riscos</b>	Pressupõe o impacto de uma perturbação sobre a paisagem (COELHO NETTO, 2000)
<b>Susceptibilidade</b>	Sensibilidade da paisagem à degradação ou perda de capacidade produtiva – pressupõe o que pode ocorrer (MATEO & MAURO, 1994)
<b>Fragilidade</b>	Expressa uma combinação do nível de degradação de uma paisagem, através das ações antropogênicas, pela susceptibilidade à uma perturbação. (QUINTELLA, 1994)
<b>Vulnerabilidade</b>	Incapacidade de lidar com fatores naturais ou antrópicos, que causem degradação ao geocossistema (KRUIJF & SCHOUTEN, 1987)
<b>Potencialidade</b>	Define a aptidão para aproveitamento ou realização de determinadas atividades (SMITH & THEBERGE, 1986)

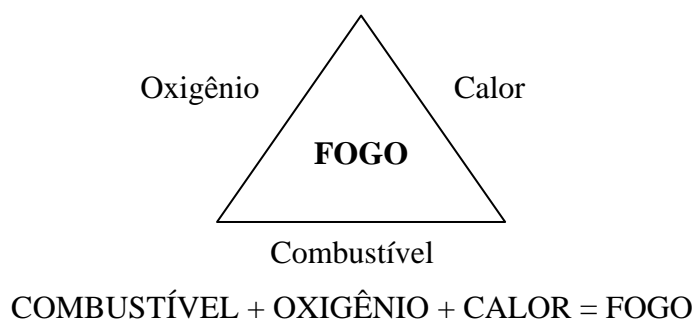
Fonte: MENEZES (2000)

Os cenários de avaliação são inter-relacionados e possuem trocas de elementos entre si como ocorre dentro dos estudos geocológicos. A visão que o trabalho pretende adotar nesse estudo busca concluir esses conceitos na potencialidade que encontra-se no objetivo de prever as áreas com potencialidade à ocorrência de incêndios.

## 2.6. OS INCÊNDIOS E A HISTÓRIA DO FOGO

Os incêndios fazem parte da temática dos desastres naturais que ocorrem nas escalas local e regional, e podem ser provocados pelo homem por meio intencional ou acidentalmente. As atividades realizadas pelo fogo vão desde o preparo dos alimentos, diversão e realização de trabalhos diversos.

O fogo é uma criação da vida: a vida terrestre fornece o combustível, e as vidas em toda a parte provêm o oxigênio requerido para a combustão (PYNE, 1998). Para iniciá-lo são indispensáveis três elementos básicos: combustível, ar e calor. Sem esses elementos não há fogo. (figura 4)



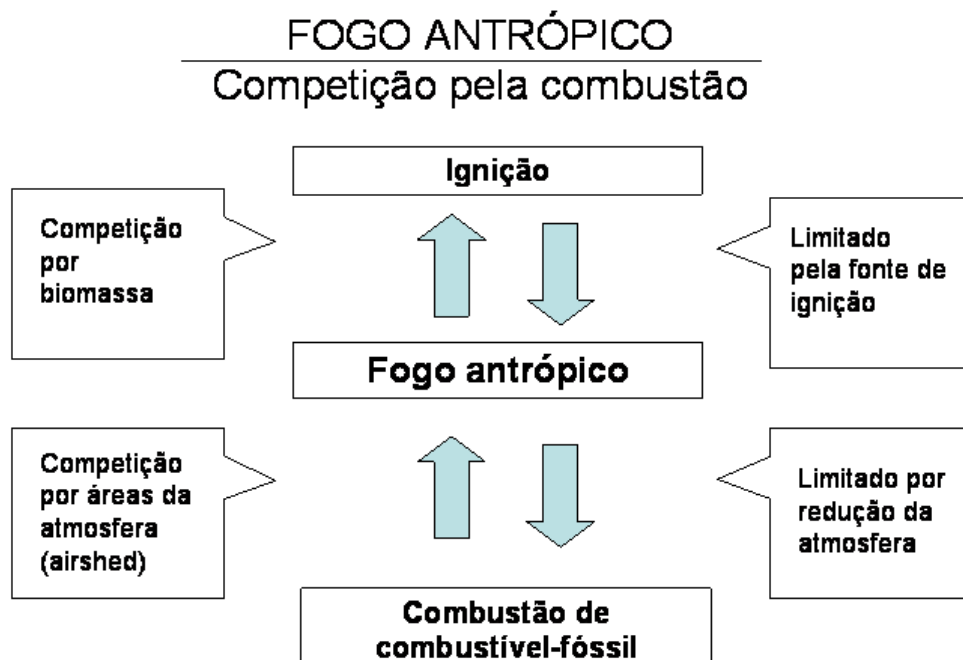
**Figura 4: Elementos constituintes do processo de formação do fogo. (SILVA, 1998)**

A modelagem do fogo assemelha-se a um motor de dois ciclos, oscilando entre condições secas e úmidas. Deve haver bastante umidade para produzir o combustível e bastante letargia ou seca para preparar esse combustível para a queima. Nas florestas tropicais, os períodos de seca excepcional preparam a biomassa que possui combustibilidade para a queima.

De acordo com PYNE (1998), o fogo pode ser encontrado em quase toda a parte, e aparece mais abundantemente durante épocas de mudança climática rápida e extrema, ou quando, por meio das tecnologias, os seres humanos forçam conversões de igual magnitude.

O homem pode iniciar o fogo, embora o ambiente não propicie isso, e pode parar o fogo, embora essa tarefa seja mais incômoda. Historicamente, segundo o mesmo autor, a maneira mais comum de conter os incêndios florestais é substituir através do fogo doméstico que se baseia no controle do fogo – que quer dizer, que o fogo é melhor controlado através da queima.

O fogo de origem antrópica é uma tecnologia que quase nunca ocorre por si mesmo, ocorre sempre em colaboração com outras práticas, influenciadas pelo poder de outras (figura 5).



**Figura 5: Esquema simples para identificação dos principais limites do fogo antrópico (Modificado de PYNE, 1998).**

Inicialmente, Pyne observa que os seres humanos competiram com os relâmpagos (origem natural) pela biomassa disponível, e a quantidade de queima foi limitada pela fonte – o combustível – acessível em comum para ambos. Entretanto, o fogo de origem antrópica compete não sobre uma fonte comum, biomassa, mas sobre um dissipador comum, a atmosfera, isto é, a quantidade de emissão que as folhas/vegetação regionais ou globais podem absorver.

O fogo antrópico é um artefato cultural como quebrar pedras e construir arranha-céus, e as paisagens estabelecidas nesse fogo são tanto quanto uma criação de sociedades humanas quanto são as esculturas de mármore e os estacionamentos. Se o fogo toma o caráter das paisagens dentro da queima, tão igualmente assume os traços dos povos que o inspecionam. Assim o fogo é causa, consequência e catalisador.

A agricultura confiou em realizar a prática da queima até os dias atuais. Os agricultores utilizaram o fogo para purificar e fertilizar o solo. As paisagens encontraram não um tipo de fogo, mas muitos outros, e encontraram queimas específicas, sutis, em sua soma, fechadas.

O alcance da industrialização excedeu sua compreensão. Os combustíveis fósseis queimam além dos parâmetros da tradicional ecologia do fogo. Sua combustão procede com indiferença para a época, hora do dia, e os ritmos bióticos de captação, crescimento, e deterioração de nutrientes. Reestruturam os regimes do fogo – diretamente, redefinindo e controlando a ignição, e indiretamente, reorganizando a biosfera e seus combustíveis. Redefiniram o que são recursos naturais, assim como a maneira em que puderam ser explorados, e o que terras serão usadas.

Esta revolução pírca tem exigido não somente tecnologias novas de combustão para a fornalha e o aquecimento, mas novas práticas de fogo para o campo e floresta. Talvez a diferença mais crítica ecologicamente é que a combustão através dos combustíveis fósseis compete com o fogo antrópico não sobre uma fonte comum, biomassa, mas em seus dissipadores comuns, principalmente a atmosfera.

Além disso, a natureza do limite desta competição não é bem compreendida. Enquanto a combustão industrial puder substituir para muitas pirotecnologias humanas, não pode suplantam a série completa dos efeitos ecológicos que vêm com o fogo das queimadas. O fogo segue o combustível. A idade moderna do fogo segue exatamente a exploração de hidrocarbonetos fósseis. A tecnologia industrial descobriu um novo combustível inaugurando uma nova era na história do fogo.

É provável que há hoje a existência de muita combustão proveniente dos combustíveis fósseis e não bastante fogo extraído da biomassa. O fogo que persiste é mal distribuído – muitos incêndios sem controle nos lugares errados nos momentos inoportunos; muita queima nas fornalhas, e não existe bastante fogo nos campos. A biomassa queimada não equivale à biota queimada. As queimadas e o fogo confinado têm conseqüências biológicas diferentes, e assim efeitos atmosféricos diferentes.

Para PYNE (1998), talvez a maioria das pastagens do mundo tenha sido criada através da convergência entre clima e fogo, mas foram mantidas subsequentemente com a queima antrópica rotineira.

As biotas terrestres do planeta tinham-se adaptado mais ou menos ao fogo antrópico, ou pelo menos até que a expansão européia executou os ecossistemas, e a industrialização que utilizou os combustíveis fósseis começou a refigurar o cálculo da combustão da Terra.

Como podemos observar, é difícil detectar uma linha de base clara na história do fogo. Muitas mudanças que abordam as paisagens, os climas e a história da combustão, e especialmente uma aliança muito antiga com o fogo antrópico. PYNE (1998) observa

também que a longevidade do fogo antrópico faz a tarefa que desembaraça um fogo puramente natural dos regimes simbióticos criados por milênios da atividade humana. E que a verdadeira história do fogo é verdadeira para a história da geocologia em extensão.

### 2.5.1. Incêndios florestais e queimadas

O fenômeno do fogo na natureza é identificado como incêndio florestal e queimada que possuem conceitos diferenciados pela ação decorrente como nos define RAMOS (1995):

- Incêndio florestal: É todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação podendo ter sido provocado pelo homem (intencional ou negligência) ou por fonte natural (raio);

- Queimada: É fogo decorrente de prática agropastoril ou florestal, onde é utilizado de forma controlada, atuando como um fator de produção.

Os incêndios florestais ocorrem principalmente em épocas de estiagem e relacionam-se com a redução da umidade. As causas são diversas sendo que a maioria é decorrente do homem e das suas atividades.

De acordo com SILVA (1998), as causas dos incêndios florestais no Brasil e como ocorrem estão disponibilizadas na tabela 5:

**Tabela 5: Causas dos incêndios florestais no Brasil**

<b>Causa</b>	<b>Como ocorre a causa</b>
Práticas agropastoris	Queima para limpeza de terrenos para fins florestais, agrícolas e pecuários.
Pastoreio	Utilização do fogo para renovação de pastagens e para o controle fitossanitário de pragas e ervas daninhas.
Fogueiras em áreas de visitação pública	Excursionistas, trabalhadores rurais, caçadores, lenhadores que têm a necessidade de acender fogueiras em campos e florestas, mas ao deixarem o local, não apagam corretamente o fogo.
Incêndios intencionais	Má interpretação de proprietários rurais que perderam suas terras com a criação de parques e reservas tomadas pelo governo, e, em resposta ao governo ateam fogo intencionalmente nessas áreas. Atitudes de rebeldia ou vandalismo que põem fogo para satisfazer desejos pessoais, principalmente, nas margens de vias públicas.
Fumadores	Fumantes que, de maneira displicente e por falta de precaução, jogam cigarros ou fósforos acesos na vegetação.

Linhas elétricas	Falta de manutenção das redes de alta tensão que cruzam áreas de florestas podem resultar em sérios problemas, pois o contato dos fios com a vegetação podem provocar faíscas.
Estradas de ferro	Faíscas dos trilhos geradas pelos atritos das atividades de ferrovias podem gerar incêndios quando atravessam a floresta.
Descargas elétricas (causa natural)	Raramente, tempestades ou precipitações bruscas possibilitam o fenômeno dos raios, principalmente na América Latina e parte oriental dos Estados Unidos.
Causas desconhecidas	Incêndios sem origem ou determinação da maneira que foram causados.
Carvoeiros	Queimadores de carvão, muitas vezes, ao apagar as carvoarias, não tomam as devidas precauções para a total e correta extinção do fogo.
Pescadores	Pessoas que se dedicam à pesca noturna, utilizando lampiões, velas e outros materiais inflamáveis, sem os cuidados necessários também possibilitam a geração de incêndios.

Fonte: SILVA (1998)

Os efeitos dos incêndios florestais sobre o ecossistema acarretam a destruição da cobertura vegetal e da fauna, implicando além da debilitação de árvores jovens suscetíveis a pragas e doenças; a perda de nutrientes do solo; ressecamento do solo e; aceleração do processo de erosão; assoreamento de rios, lagos e lagoas.

Autores como OLIVEIRA *et al.* (1995) e ZAÚ (1994) destacam a queda de balões como o agente mais importante de inicialização dos incêndios florestais nos maciços litorâneos da Cidade do Rio de Janeiro.

O resultado final da ocorrência de um incêndio não é possível de predizer porque são inúmeros os fatores externos que variam de acordo com o ambiente que está sofrendo a ação do fogo. Esses fatores agrupados são classificados em três grupos (SILVA, 1998):

- Os combustíveis florestais – materiais disponíveis no meio ambiente que podem entrar em ignição e queimar.

- Os fatores climáticos – são determinantes para o comportamento do fogo. O vento facilita a propagação do fogo. O ar seco e a alta temperatura facilitam a secagem do material combustível florestal, favorecendo a ignição, ativação e combustão.

- As características topográficas – relativas à superfície terrestre, podem facilitar ou, em alguns casos, dificultar se existirem barreiras naturais, como rios, córregos, caminhos, terrenos pedregosos que impedem e/ou dificultam a propagação do fogo.

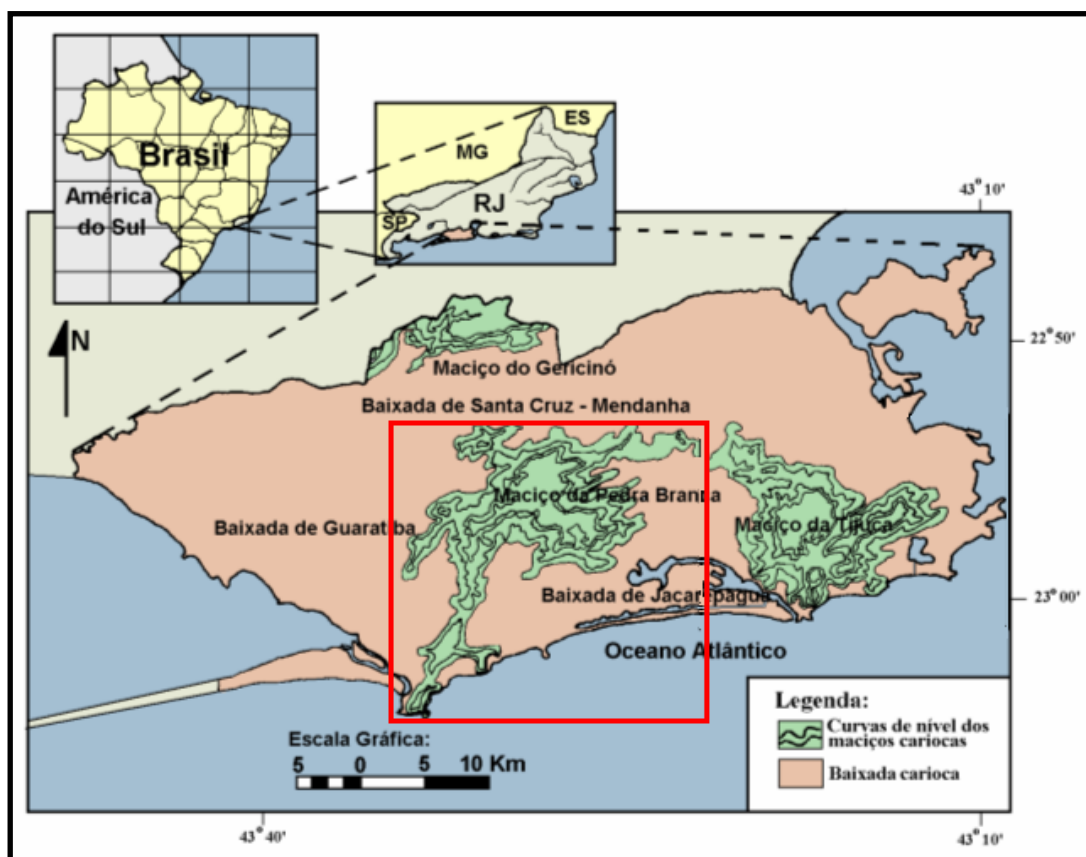


### 3. ÁREA DE ESTUDO

Os maciços litorâneos cariocas vivem um acelerado processo de desenvolvimento decorrente das atividades urbanas em seu entorno e de expansão da degradação do ecossistema florestal. O crescimento da malha urbana, o desmatamento e a expansão das atividades agrícolas em suas encostas imprimem na paisagem, grandes modificações no arranjo espacial de seus elementos, e definem, uma nova paisagem (OLIVEIRA, 2005).

Destacamos o maciço da Pedra Branca que é uma unidade geomorfológica, que juntamente com o maciço da Tijuca e o Gericinó-Mendanha, constituem o compartimento de maciços litorâneos da cidade do Rio de Janeiro. Esse maciço possui uma área de aproximadamente 197,27 km<sup>2</sup> (delimitado pela cota altimétrica de 40 metros) e ocupa a porção ocidental do município do Rio de Janeiro/RJ, entre os paralelos 22° 55' e 23° 05' S; e os meridianos 43° 20' e 43° 40' W (figura 6).

O maciço da Pedra Branca faz parte do bioma Mata Atlântica, que apresenta uma paisagem multifragmentada e variada ao longo do litoral. A Mata Atlântica é composta por um imenso mosaico de florestas pluviais, planícies e montanhas costeiras, que ocupa principalmente a vertente atlântica das serranias. No trecho da região Sudeste, a fachada atlântica comporta uma variedade de biótopos que, se por um lado apresentam similaridades geocológicas entre si, por outro levam a particularidades ditadas por diferentes condições de evolução – tanto na escala geológica quanto em natureza e intensidade das intervenções antrópicas (OLIVEIRA, 2005).



**Figura 6: Localização do Maciço da Pedra Branca**

REGO (2005) aponta dentro da história ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca, fundado em 1974, delimitado pela cota altimétrica de 100 metros, a influência sofrida da vertente sul pela expansão das planícies da Barra da Tijuca e Jacarepaguá, apresentando remanescentes de ocupação agrícola dispersos nos meandros da floresta (figura 7).

Considerando que a área de estudos possui vertentes orientadas para o sul, recebendo mais umidade proveniente dos ventos convectivos do mar e das frentes frias. Concomitantemente, recebe incidência menor de radiação solar do que a vertente norte, devido à localização no hemisfério sul possibilitando uma recomposição florestal relativamente curta, além de menor risco a incêndios florestais (figura 8).



**Figura 7: Existência de culturas dentro da área do Parque Estadual da Pedra Branca (Foto: Gustavo M. Sousa, jan/2009)**



**Figura 8: Vertente sul do maciço da Pedra Branca – Riocentro (Foto: Camila Vieira, set/2008)**

A vertente norte do maciço é fortemente afetada pelo efeito constante dos incêndios, que resultam em transformação de cobertura de áreas florestadas para áreas com floresta alterada; e desta para área de campo (REGO, 2005).

De acordo com UMBELINO (2004) há apenas um único fragmento florestal com árvores de grande porte e em estágio avançado de sucessão na vertente Norte, situado em um vale, próximo à rua Piraquara no bairro de Realengo. Os demais fragmentos são pequenos e estão localizados em áreas de difícil acesso e cotas elevadas. As queimadas são constantes ao longo do ano, principalmente nos meses secos, verificados através de dados da GEORIO como maio, junho e julho que se relacionam com o período das festas juninas e a queda de balões ou práticas intencionais para a permanência das pastagens. Outros fatores como a exposição solar voltada para norte, a degradação dos solos e a alta declividade das encostas também dificultam a regeneração e o desenvolvimento da floresta e refletem na baixa permanência de água e nutrientes no solo (figura 9).



**Figura 9: Vertente norte do maciço da Pedra Branca – Bangu Shopping – antiga Fábrica Bangu (Foto: Gustavo M. Sousa, jan/2009)**

Incêndios em florestas urbanas têm aumentado de frequência, como os que ocorrem periodicamente nos maciços da Tijuca e Pedra Branca, no município do Rio de Janeiro. No entanto, tais incêndios se diferem daqueles predominantes em zonas rurais em vários aspectos. (...) [Os incêndios] que ocorrem em áreas urbanas, que geralmente têm os balões e outras práticas culturais como fonte de ignição, atingem as florestas em pé, enquanto que os incêndios em áreas agrícolas queimam a vegetação previamente derrubada (PENNA FIRME & OLIVEIRA, 2005).

A história do fogo produziu imensas transformações na paisagem do planeta, levando os ecossistemas ao desenvolvimento de progressivos processos de adaptação ao mesmo e infligindo severas alterações a todos os seus elementos constituintes (DRUMMOND, 1991; CALDARARO, 2002). A utilização do fogo para abertura de áreas de cultivos de subsistência é responsável pela geração de um tipo particular de paisagem florestal, dominante no sudeste brasileiro (PENNA FIRME & OLIVEIRA, 2005).

As modificações decorrentes do fogo são difíceis de estimar, porém, espera-se que a recorrência de incêndios leve a eliminação da vegetação ou à sua substituição por vegetação mais adaptada ao fogo. Geralmente essas modificações são acompanhadas de brusca redução da biodiversidade e de profundas alterações nos mecanismos que sustentam os ecossistemas (MARTHES, 1992; NEPSTAD *et al.*, 1999 apud PENNA FIRME *et al.*, 2005).

Empiricamente, é possível diagnosticar como principal agente das queimadas no maciço da Pedra Branca a queda de balões. Entretanto, outras causas de menor expressão também podem ser identificadas, como práticas religiosas que envolvem o uso de velas, e queimadas criminosas principalmente próximo à área de favelas e de loteamentos irregulares.

## **4. ELABORAÇÃO E ANÁLISE DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS**

Nesse capítulo serão apresentados os materiais e métodos utilizados para o Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios além da análise dos resultados alcançados levando em consideração o ano base de 1999 como cenário geral do maciço da Pedra Branca.

### **4.1. MATERIAIS E MÉTODOS DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO**

#### **4.1.1. Potencialidades e limitações do estudo**

O estudo é proveniente de uma 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. Para SILVA (2006) a metodologia atingiu o resultado de 94,3% (alta e média potencialidade) em relação as informações de validação decorrentes de incêndio detectado por uma imagem Landsat 7 ETM+ de setembro de 2001.

Esse estudo em si pretende contribuir com o aumento da escala utilizada para um maior refinamento do estudo além de fatores climatológicos como a utilização de informações pluviométricas e de radiação solar e das informações de incêndios identificadas em ortofotos, sensores orbitais dados de campo.

A análise geoecológica com o apoio das técnicas de geoprocessamento necessita da construção de uma base cartográfica, baseada em 1:10.000, o que tornou necessária a utilização de 18 cartas topográficas do Instituto Pereira Passos – IPP (1999) que contemplam a área de estudo e passaram por processo de edição. As informações extraídas e editadas foram correspondentes a hipsometria (curvas de nível e pontos cotados) e a hidrografia.

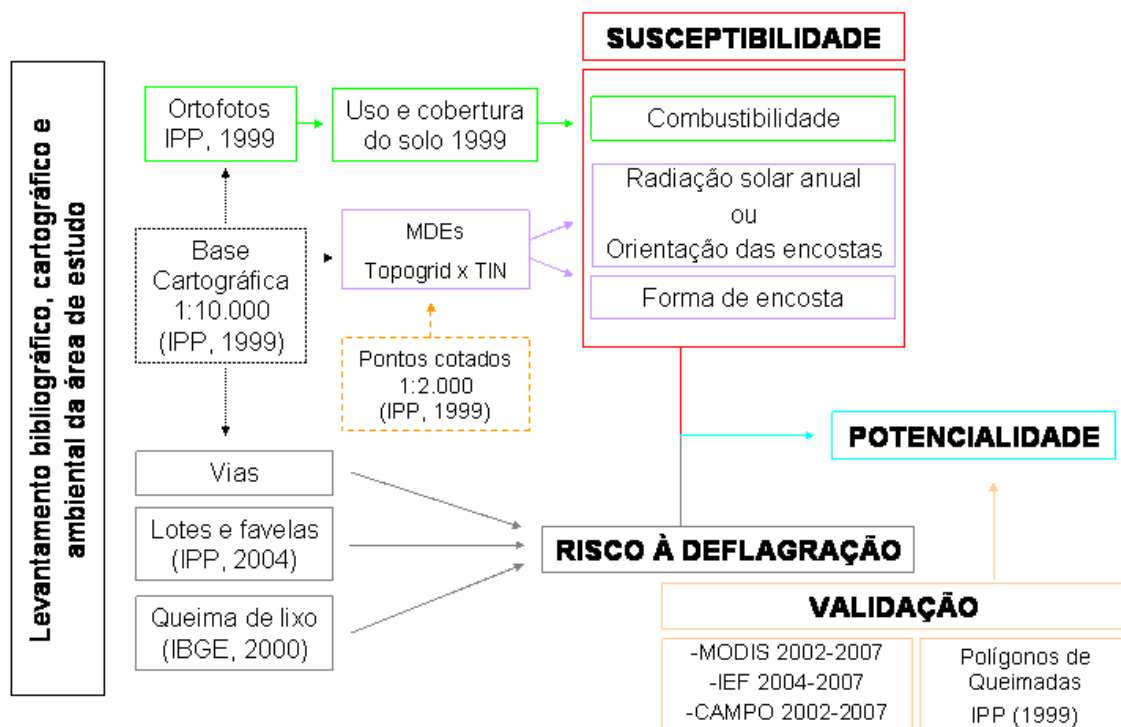
Para a Geografia é indiscutível a importância da forma de representação da informação geográfica, em essência dos mapas e da Cartografia. Através deles o geógrafo pode representar todos os tipos de informações geográficas, bem como da estrutura, função e relações que ocorram entre elas (MENEZES, 1997).

O Mapeamento Geoecológico é realizado através de metodologia que necessita de informações diversas da paisagem que englobam dados cartográficos, ambientais e não-gráficos. É importantíssimo obter dados bibliográficos, cartográficos e ambientais 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, risco e a atuação de variáveis ambientais diversas que existem no ambiente e propiciam a ocorrência ou não do fenômeno em estudo que são os incêndios florestais conforme verificamos na figura 10.

### MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NO MACIÇO DA PEDRA BRANCA/RJ



**Figura 10: Etapas da Metodologia de Mapeamento Geológico**

A etapa de levantamento bibliográfico, cartográfico e ambiental aborda os materiais utilizados e a edição das bases cartográficas geradoras do modelo digital de elevação e seus produtos além das ortofotos que possibilitaram a construção do mapa de uso e cobertura do solo. Além desses dados foram utilizados os setores censitários do IBGE (2000) que apontam informações referentes à sócio-economia do entorno da área de estudo em que são conhecidos dados sobre a queima de lixo realizada nos domicílios particulares permanentes.

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 produtos provenientes dos MDE que são relacionados

à orientação e forma de encostas, além da radiação solar. Esses produtos foram sobrepostos com dados provenientes do Sensoriamento Remoto que possibilitaram a construção do uso e cobertura do solo (1999) correspondendo posteriormente à combustibilidade da biomassa. O parâmetro de combustibilidade tornou-se possível através da interpretação do mapa, de idas a campo além do contato com profissionais que atuam na área de estudo.

O risco é abordado por meio de fatores que dependem principalmente da presença humana na área de estudo. 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 do IBGE (2000).

As variáveis de susceptibilidade e risco possibilitam atingir ao objetivo do estudo que é a potencialidade que se confirmou por meio de informações estatísticas de incêndios ocorridos na área de estudo e que foram identificados através das ortofotos utilizadas no mapeamento do uso e cobertura do solo.

#### **4.1.2. Levantamento bibliográfico, cartográfico e ambiental da área de estudo:**

Os dados cartográficos adquiridos para este estudo são provenientes da base digital do IPP (1999) disponibilizada em 18 cartas topográficas (figura 11) em arquivos de extensão “dxf” (AutoCAD). A base foi construída na escala 1:10.000 com projeção UTM e datum SAD69.

As cartas topográficas que foram selecionadas são as seguintes: 259F, 260E, 284B, 284C, 284D, 284E, 284F, 285A, 285B, 285C, 285D, 285E, 285F, 286A, 308B, 308C, 308D e 309A.

Por tratar-se de um arquivo CAD e pelo fato de utilizarmos o software ArcGIS 9.2 da ESRI durante todos os processos de edição e manipulação de dados tornou-se necessária a conversão destes arquivos do formato dxf para o shapefile (shp).



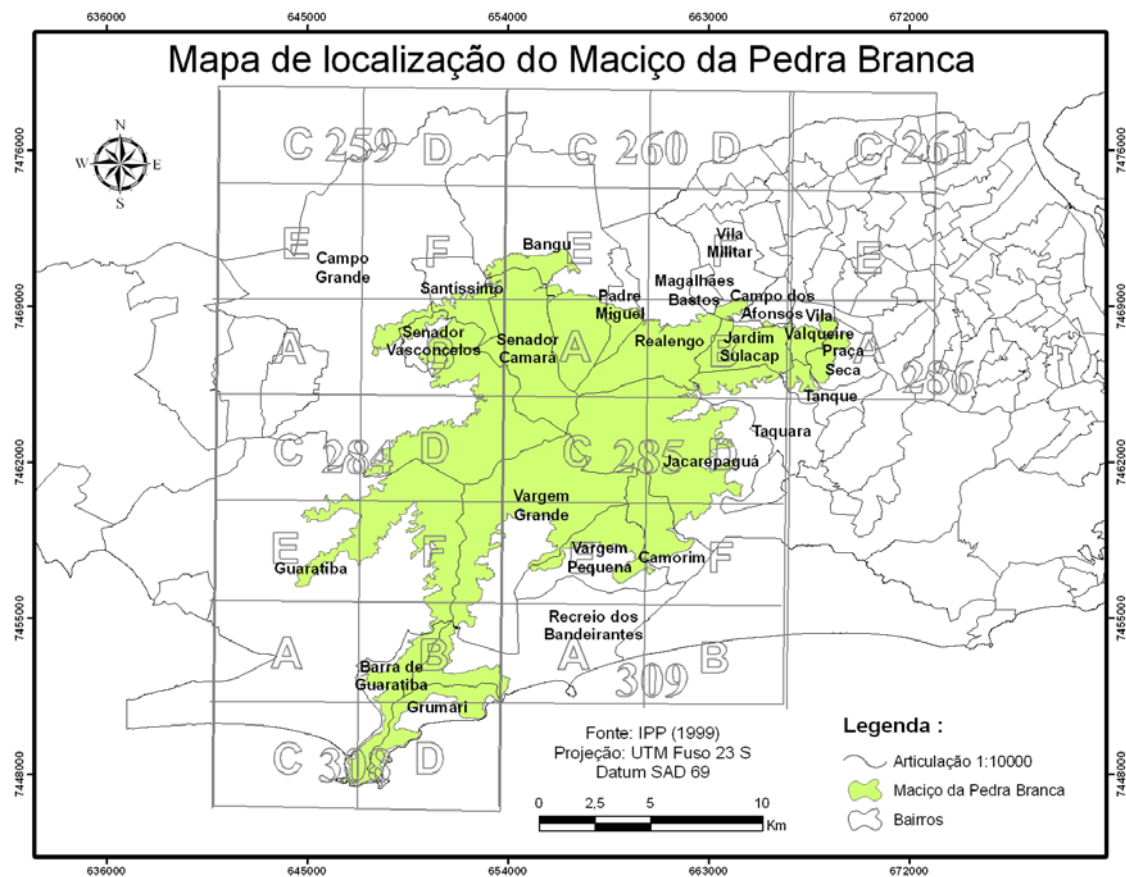


Figura 11: Articulação das cartas topográficas que abrangem a área de estudo.

#### 4.1.2.1. Procedimentos de edição da base cartográfica

O processo de edição foi iniciado com a conversão da base de formato dxf para shapefile. A conversão foi feita para cada uma das cartas topográficas que cobrem a área de estudo e que permitiram selecionar as informações referentes à hipsometria (pontos cotados e curvas de nível) e a hidrografia que são necessárias para a geração do modelo digital de elevação.

Após a conversão em shapefile, as curvas de nível de cada uma das 18 cartas topográficas foram unidas no software ArcView 3.2. As curvas de nível da base possuem equidistância de 5 metros e, com todas as cartas topográficas unidas foi realizada a seleção da curva de 40 metros através da tabela de atributos da base de dados. A escolha da curva de nível de 40 metros ocorreu para a delimitação da área de estudo que foi definida por ser o limite mínimo antes do encontro com o maciço da Tijuca.

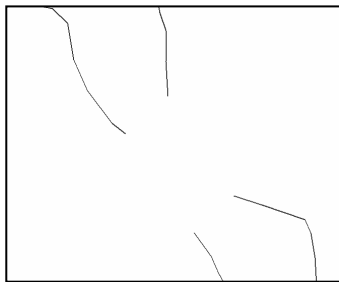
A delimitação por essa curva de nível possibilitou o recorte apenas das informações inseridas dentro da área de estudo. Este procedimento selecionou os

elementos da hipsometria (curvas de nível e pontos cotados), hidrografia e de vias (ruas, caminhos e trilhas). Esse material foi selecionado para a fase de edição e criação da base que será utilizada na elaboração do modelo digital de elevação.

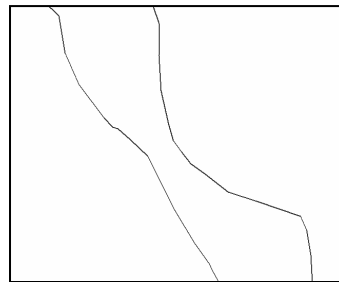
#### 4.1.2.2. Edição da hipsometria

A base hipsométrica construída pelo Instituto Pereira Passos (IPP) apresentou alguns desafios relacionados à edição os quais são apresentados abaixo:

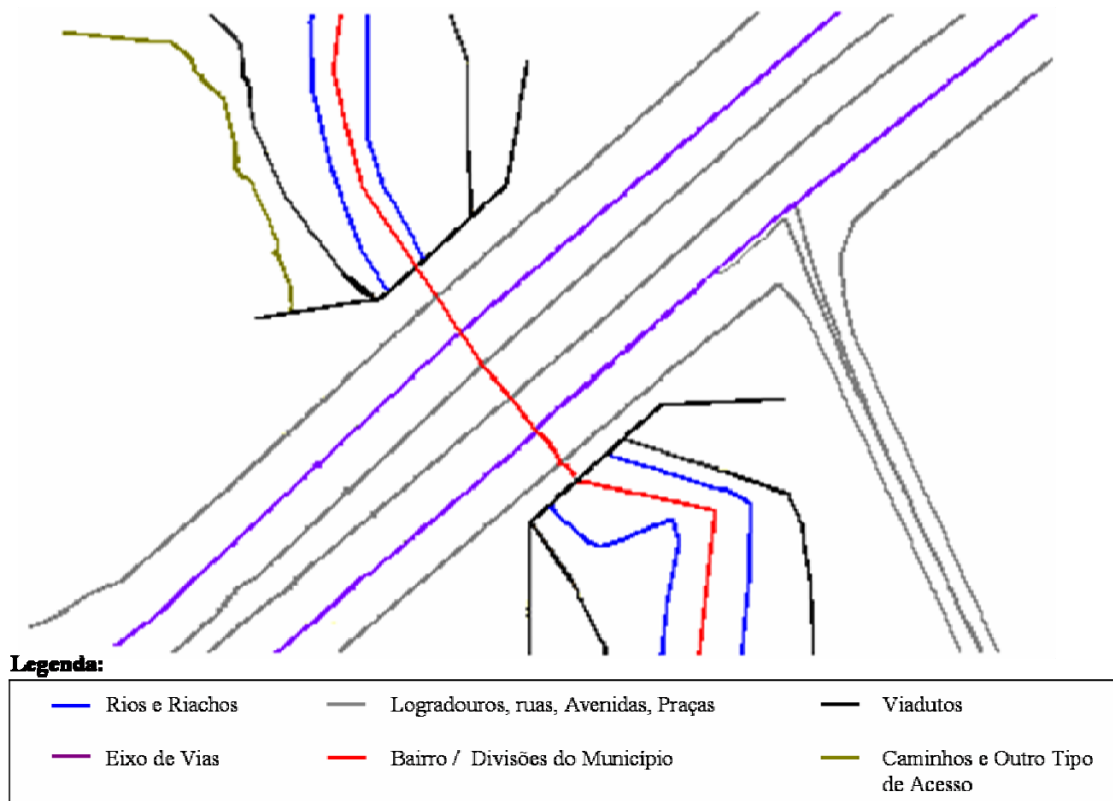
- a) Continuidade – curvas de nível que não continuam pelo fato de existirem outros elementos que foram cartografados como a construção de uma ponte ou estradas (figuras 12, 13 e 14).



**Figura 12: Erro de continuidade de curva de nível**

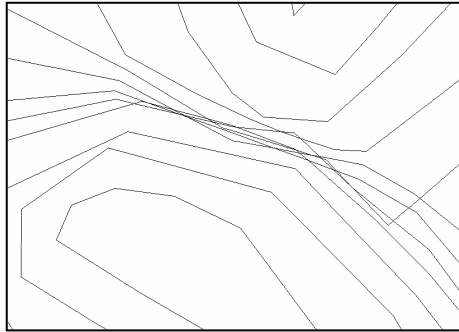


**Figura 13: Curva de nível corrigida após verificação dos elementos da carta topográfica**

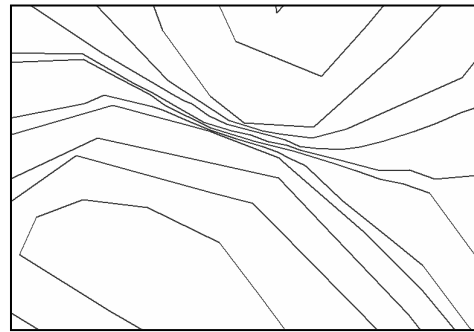


**Figura 14: A base original aponta que os eixos de vias, caminhos e a hidrografia que causaram a falta de continuidade da curva de nível**

- b) Sobreposição da hipsometria – curvas hipsométricas que sobrepõem-se entre si. Essa sobreposição deu-se durante o processo de digitalização das cartas topográficas (Figuras 15 e 16).



**Figura 15: Curvas de nível sobrepostas**



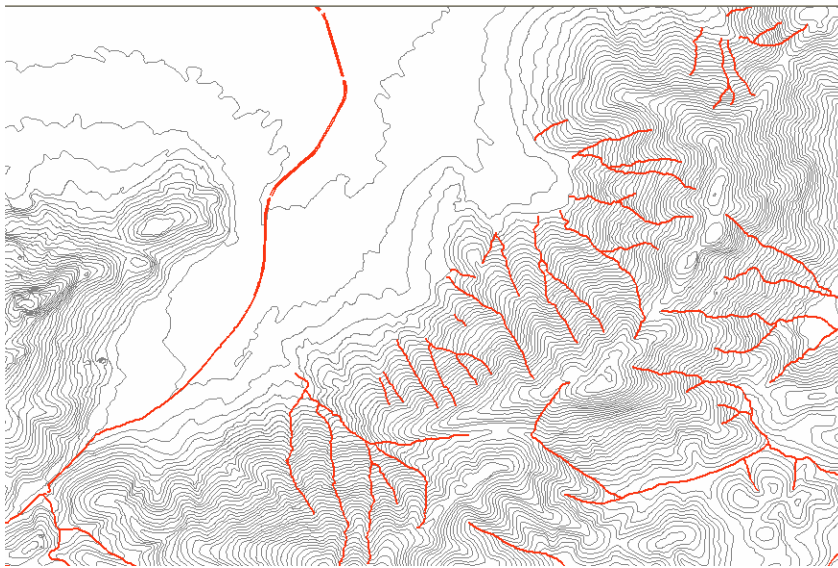
**Figura 16: Edição da sobreposição**

Alguns outros casos foram encontrados como os relacionados à conversão da base de arquivos dxf para arquivos com extensão shape. Algumas curvas de nível apresentavam outras denominações e acabaram não selecionadas, isso foi verificado apenas quando sentiu-se a falta das mesmas durante o processo de edição.

As situações apresentadas acima foram encontradas por meio de busca automática realizada através dos finais de linha existentes que não são contínuos no encontro das cartas topográficas. Esse procedimento foi realizado com a ferramenta “ArcToolBox” onde foram selecionados finais de linha que possibilitaram uma busca automática para posterior edição das curvas de nível. Foram sinalizados mais de 7.000 pontos apresentando erros onde a metade foi proveniente da articulação das cartas. A verificação e correção dos pontos apresentados pelo ArcMap 9.2 deu-se de forma manual.

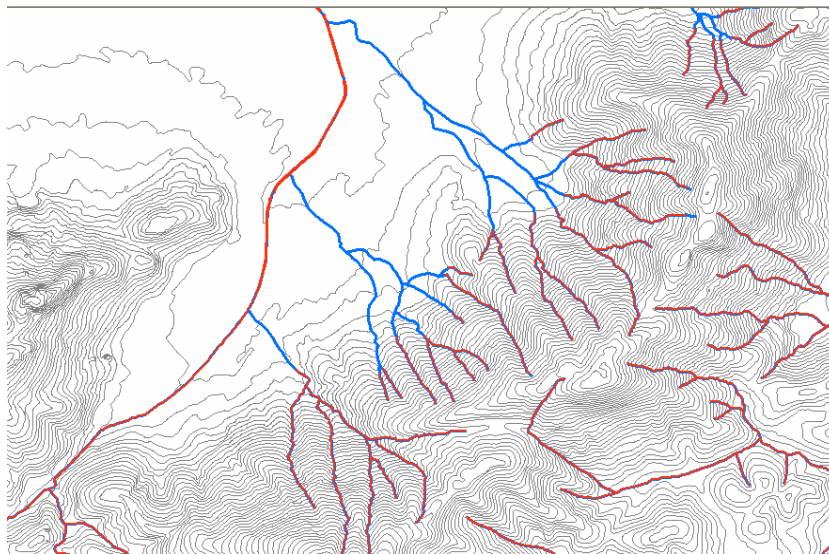
#### **4.1.2.3. Base hidrográfica**

A hidrografia apresentada nas cartas do IPP é bastante detalhada devido a escala (1:10.000) e por isso temos a visualização dos principais canais de drenagem superficiais. Boa parte dos canais subsuperficiais não é apresentada (figura 17), o que possibilita a geração de conflitos de dados no momento da geração do MDE.



**Figura 17: Base de drenagem original com falta de continuidade em sobreposição com hipsometria.**

De acordo com a base hipsométrica, que foi editada conforme processo descrito anteriormente, e com as ortofotos do IPP (1999) foi realizada a edição desses canais de drenagem como podemos ver na figura 18.



**Figura 18: Edição da hidrografia com base nas curvas de nível. Em vermelho a base original. Em azul a base editada.**

Dentre as dificuldades encontradas podemos destacar a falta de continuidade nas áreas urbanizadas onde a drenagem encontra-se retificada (figura 19). Esse fato ocorreu na vertente norte do maciço devido à expansão da área urbana que ultrapassou a cota 40.

As ortofotos trouxeram elementos importantes que não eram identificáveis claramente nas cartas topográficas como a presença de vegetação e as edificações que trouxeram novas interpretações para a edição da drenagem.



**Figura 19: Em azul temos os canais de drenagem que não são visíveis na base topográfica porque ao atingirem a área urbanizada foram canalizados.**

#### **4.1.3. Metodologia de classificação do uso e cobertura do solo**

O termo uso do solo, de acordo com NOVO (1992), refere-se à utilização cultural enquanto cobertura do solo refere-se ao seu revestimento. O uso e cobertura do solo do maciço da Pedra Branca, em escala 1:10.000 tem a finalidade de fomentar a metodologia do estudo em questão com o mapa de combustibilidade.

O material utilizado para esse levantamento trata-se do mosaico de 18 ortofotos do IPP datadas em 1999. As ortofotos encontram-se na escala 1:10.000 e serviram de base para a construção e atualização da hipsometria e hidrografia do município do Rio de Janeiro.

No tratamento dos dados no formato analógico (fotográfico) são empregadas técnicas de interpretação visual, de maneira muito semelhante àquelas utilizadas na interpretação de fotografias aéreas.

As fotografias aéreas têm uma aplicabilidade muito diversificada. Podem ser usadas no planejamento de áreas urbanas, no mapeamento de solos, na cartografia, na identificação e mapeamento de uso do solo, etc. Para cada objetivo há critérios que devem ser obedecidos. (...) Por outro lado, se as fotografias aéreas têm como finalidade fornecer informações de uso do solo, para auxiliar o analista no reconhecimento de padrões espaciais de alvos nas imagens de satélites, a preocupação da escala passa a ser secundária. (...) Em síntese, pode-se dizer que o rigor na precisão dos resultados obtidos

da interpretação visual de fotografias aéreas depende dos objetivos aos quais eles são destinados (MOREIRA, 2001).

O tratamento de dados digitais tem os mesmos objetivos da interpretação visual, ou seja, extrair informações sobre alvos da superfície terrestre, através de automatização da análise de dados coletados por sensores remotos, visando substituir os procedimentos de interpretação visual. (MOREIRA, 2001) Com isso, percebemos que as operações de processamento de imagens podem ser implementadas por métodos ópticos, fotográficos e digitais.

Segundo IBGE (2006): *“O levantamento sobre o uso e a cobertura da terra comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão”*.

Inicialmente, foram utilizadas técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) que são *“técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos por diversos tipos de sensores”* (INPE, 2007).

O autor esclarece ainda que o objetivo *“é melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos”*. Esse objetivo passa pela distinção e identificação das composições de diferentes materiais superficiais, sejam eles tipos de vegetação, padrões de uso do solo, rochas e outros (CROSTA, 1992).

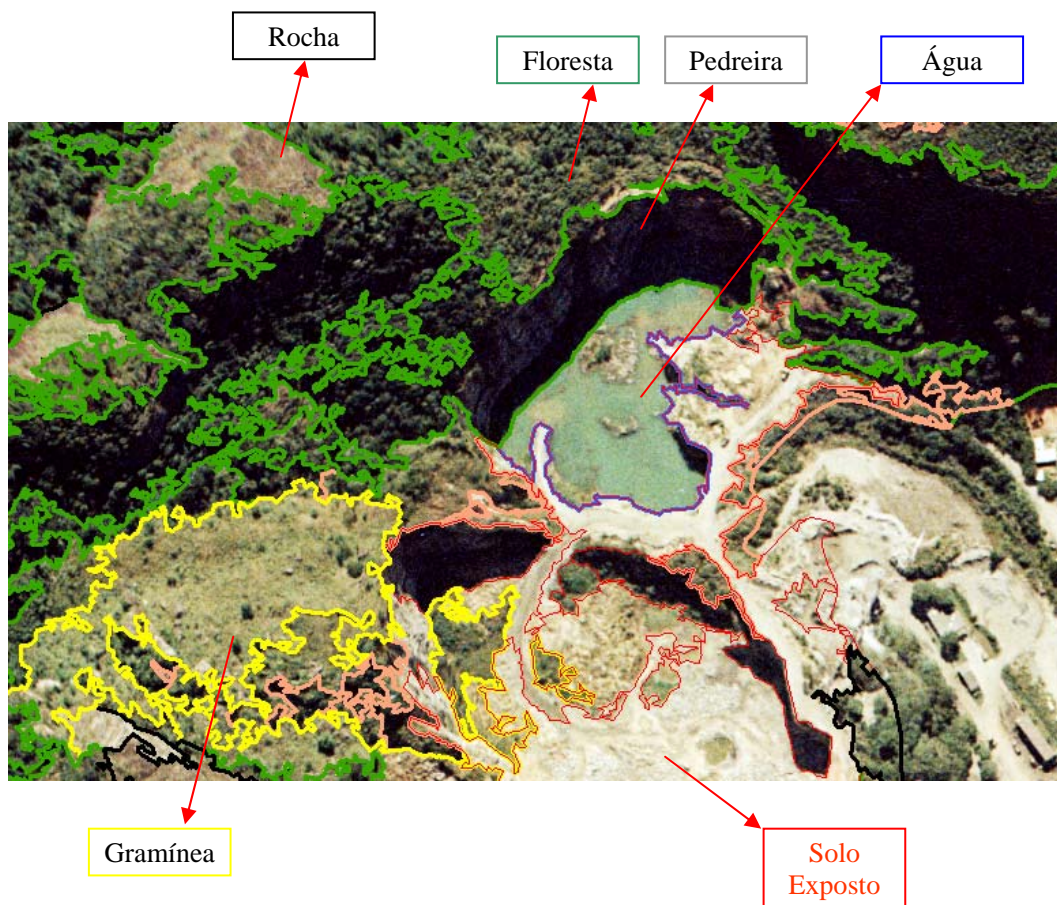
O procedimento de classificação utilizado para facilitar a interpretação das imagens das ortofotos foi iniciado por meio da segmentação de imagem que é um procedimento adotado antes da fase de classificação (que tenta agilizar a fase de treinamento que é feita segundo critério estabelecido por analista). Através desse procedimento, a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, na qual, algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador. Os métodos utilizados para dividir a imagem, em regiões espectralmente homogêneas, implementados no SPRING são três: a) crescimento de regiões; b) detecção de bordas e c) combinação destes dois (INPE, 2000 *apud* MOREIRA, 2001). Para esse estudo foi utilizado o segmentador de crescimento por regiões do software SPRING 4.3.3, através do limiar de similaridade de nível de cinza em 50 e área mínima de 700 pixels, que apresentou bom desempenho na segmentação das áreas apresentadas pelas ortofotos.

No início do processo de segmentação a região pode ser um “pixel” ou um conjunto de “pixels”. Segundo INPE (2000), para cada região o segmentador calcula os seguintes atributos espectrais: média, variância e textura. A agregação das regiões é feita segundo os critérios de similaridade e área, que são fornecidos pelo analista.

O limiar de similaridade é o valor mínimo abaixo do 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.

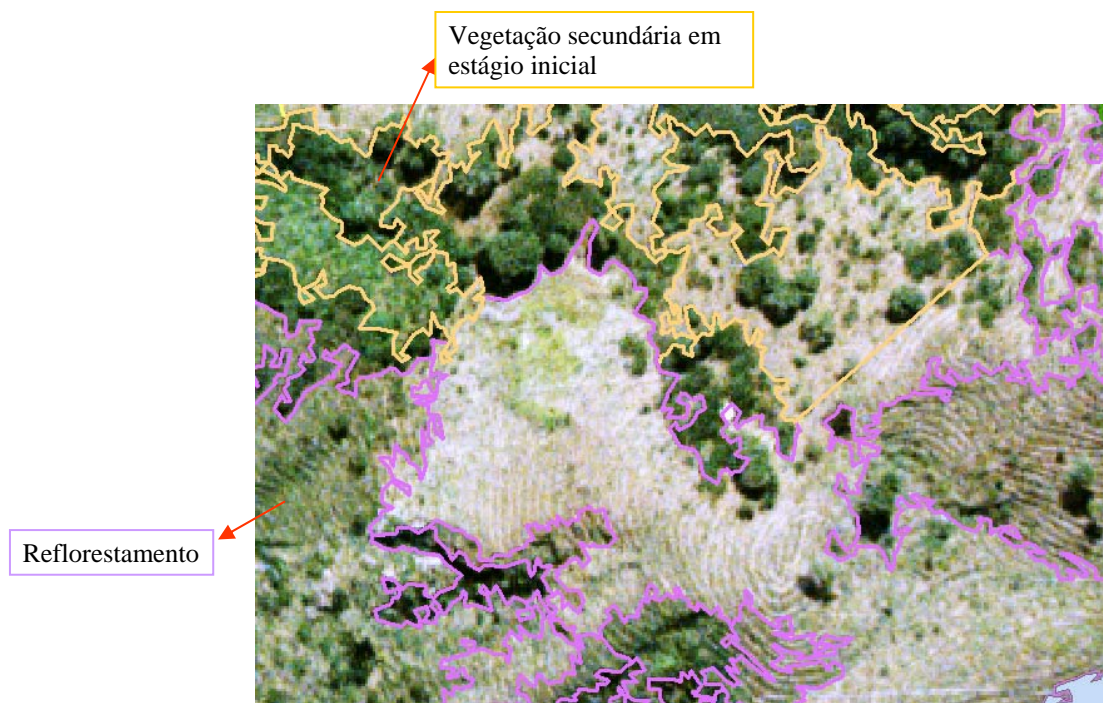
A segmentação é aproveitada de maneira mais aproximada da realidade das imagens quando são utilizadas informações provenientes da faixa do infravermelho próximo que é inexistente no caso das fotografias aéreas utilizadas nesse estudo. De qualquer forma, o resultado adquirido possibilitou a delimitação automática de boa parte das áreas facilitando o processo de vetorização manual.

As imagens segmentadas produzidas no SPRING 4.3.3 foram exportadas em formato tiff para serem abertas no software ArcCatalog em que foram convertidas de formato raster para vetorial (polígonos) como verificamos nas figuras 20a e 20b.



**Figura 20a: Segmentação e identificação visual de algumas classes identificadas.**

O resultado da segmentação no formato shapefile possibilita a manipulação dos polígonos através da interpretação visual sem necessitar na maior parte do tempo da vetorização do intérprete que tem a liberdade de dividir os polígonos se for necessário.







**Figura 20b: Segmentação por crescimento de regiões e identificação visual das classes de reflorestamento e vegetação secundária em estágio inicial.**





A classificação visual de cada polígono foi feita por meio da tabela pertencente ao arquivo shapefile. As classes que foram definidas buscam principalmente gerar subsídios para o mapa de combustibilidade que aponta as áreas que são definidas como baixa, média e alta combustibilidade de acordo com o uso e cobertura do solo.



As classes que foram verificadas durante a classificação visual após a realização do processo de segmentação no SPRING e durante duas idas a campo para identificação da chave de interpretação utilizada na construção do mapa de uso e cobertura do solo conforme observamos na tabela 6.



**Tabela 6: Classes utilizadas no uso e cobertura do solo e quantificação das áreas**

Nome da classe	Definição
<p style="text-align: center;">Área urbana</p> 	<p>Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam superfícies artificiais não-agrícolas.</p>
<p style="text-align: center;">Floresta</p> 	<p>Formações arbóreas, incluindo as áreas de floresta densa.</p>
<p style="text-align: center;">Reflorestamento</p> 	<p>Plantio ou formação de maciços com espécies florestais nativas ou exóticas. Os plantios podem ser heterogêneos, homogêneos ou consorciados.</p>
<p style="text-align: center;">Água</p> 	<p>Lagos ou reservatórios, não inclui rios.</p>

<p style="text-align: center;">Gramínea</p> 	<p>Área de pastagem cuja altura pode variar de alguns centímetros a alguns metros.</p>
<p style="text-align: center;">Pedreira</p> 	<p>Área de extração de materiais para emprego na construção civil tais como areia, brita e saibro.</p>
<p style="text-align: center;">Vegetação secundária em estágio inicial</p> 	<p>Vegetação com fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta; diversidade biológica variável com poucas espécies arbóreas ou arborescentes, podendo apresentar plântulas de espécies características de outros estágios.</p>
<p style="text-align: center;">Solo exposto</p> 	<p>Compreende terrenos desprovidos de vegetação, como áreas preparadas para o plantio, ou submetidas à terraplanagem e às cavas de mineração.</p>

<p>Rocha ou afloramento rochoso</p> 	<p>Exposição natural em superfície, de rocha ou mineral, bem como, quaisquer outras exposições acessíveis à observação humana.</p>
<p>Cultivo ou cultura</p> 	<p>Terra utilizada para a produção de alimentos. Inclui todas as terras cultivadas ou em descanso.</p>

Fonte: Adaptado de IBGE (2004, 2006), LUCHIARI (2001) e CONAMA (1993).

Posteriormente, os 18 arquivos gerados e classificados foram transformados em mosaico através de procedimento de construção de máscaras das áreas adjacentes e a utilização destas máscaras para o procedimento de recorte e posterior junção entre os arquivos classificados possibilitou a classificação geral da área de estudo.

O mapa de uso e cobertura do solo de 1999 foi utilizado como subsídio para o mapa de combustibilidade referente ao mesmo ano, que em conjunto com o mapa de radiação solar e forma de encosta geraram o mapa de susceptibilidade à ocorrência dos incêndios no maciço da Pedra Branca.

#### **4.1.4. Georreferenciamento das informações de incêndio obtidas através de ortofotos, relatórios técnicos e sensor MODIS**

Nas últimas décadas, os cientistas têm reconstituído os sinais de mudanças no clima da Terra, através de estudos de rochas antigas, geleiras, padrões no crescimento dos anéis das árvores, dados históricos de clima, e dados de satélite. Sabe-se que o clima da Terra mudou diversas vezes no decorrer da história (ANDERSON et al., 2003).

Os impactos decorrentes da mudança do clima estão diretamente ligados à vulnerabilidade nos quais os sistemas naturais e antrópicos estão expostos. Os incêndios florestais entraram em evidência dentro dessa temática que encontra-se em evidência com os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Globais (IPCC).

Essa preocupação já existente na comunidade científica trouxe aumento de recursos para a pesquisa, além da implantação de diversos novos estudos na área de riscos aos incêndios florestais que ficaram evidentes diante da devastação da floresta amazônica que colocou o Brasil como um dos principais países poluidores do mundo.

Dentre inúmeras ações realizadas hoje no Brasil, destacamos o INPE que desenvolve e incentiva inúmeros trabalhos que são divulgados no Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR) através da temática de risco aos incêndios que apresenta diversos sistemas de detecção de fogo.

##### **4.1.4.1. O Sensor MODIS e os dados de focos de calor**

O comitê espacial Norte Americano através de seu programa de longa duração de pesquisas de observação da superfície terrestre, oceanos e atmosfera, e suas interações, incluídas nas medições do *Earth Observing System (EOS)*, financiado pelo programa da *NASA Earth Science Enterprises (ESE)*, prevê os lançamentos de diversos satélites, e o primeiro, denominado satélite TERRA, foi lançado em dezembro de 1999, começando a coletar dados em fevereiro de 2000, com o horário de passagem as 10:30 da manhã. Este satélite possui cinco sensores: MODIS, MISR, ASTER, CERES e MOPITT.

O segundo satélite lançado foi o AQUA, em maio de 2002, com o horário de passagem as 13:30 hs. da tarde (hora local), portando os sensores: MODIS, AMSU, HBS, AMSR-E e CERES.

Atualmente existem três outros satélites do projeto EOS em órbita, e mais 15 estão previstos para serem lançados nos próximos quatro anos. Juntos, estas plataformas espaciais ajudam os cientistas a desvendar os processos climáticos e de mudanças

ambientais bem como seus impactos. O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) possui 36 bandas espectrais e uma resolução radiométrica de 12 bits.

Este sensor foi projetado para satisfazer os requerimentos de três campos de estudos diferentes: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades observacionais e para oferecer uma cobertura global quase diariamente (Justice, 2002 apud Anderson et al, 2003). As especificações técnicas deste sensor estão dispostas na Tabela 7.

**Tabela 7: Especificações Técnicas do Sensor MODIS.**

<b>Órbita</b>	705 Km, síncrona com o Sol, polar; 10:30 a.m descendente; 1:30 p.m ascendente.
<b>Alcance Espectral</b>	0.4-14.4 $\mu\text{m}$
<b>Cobertura Espectral</b>	$\pm 55^\circ$ , 2330 km em fileira ("scans" contínuos em nadir no equador)
<b>Resolução Espacial</b>	250 m (2 bandas), 500 m (5 bandas), 1000 m (29 bandas) em nadir
<b>Precisão Radiométrica</b>	5% Absoluto, $<3 \mu\text{m}$ ; 1% Absoluto, $>3 \mu\text{m}$ ; 2% de reflectância
<b>Cobertura de repetição</b>	Diária, a norte da latitude $30^\circ$ e a cada dois dias, para latitudes inferiores a $30^\circ$
<b>Quantização</b>	12 bits
<b>Taxa de Dados</b>	6.2 Mbps (média), 10.8 Mbps (dia), 2.5 Mbps (noite)
<b>Força</b>	162.5 W (média para uma órbita), 168.5 W (pico)

FONTE: Adaptada de Barker *et al.* (1992) e Justice *et al.* (2002a) por Anderson *et al.*(2003).

O sensor MODIS possui inúmeras aplicações que são destacadas por ANDERSON *et al* (2003) que objetivam a quantificação e detecção das mudanças da cobertura terrestre, e nos processos naturais e antrópicos, auxiliando assim, nos diversos modelos regionais e globais existentes, dentre os quais destacamos o produto relacionado a detecção de focos de incêndios denominado MOD 14. O MOD 14, diz respeito aos produtos de anomalias termais, citando como exemplo, os processos de queima. Estes são fatores significantes e contínuos na ecologia de savanas, florestas boreais e tundras.

As informações das queimadas podem ser utilizadas para conduzir modelos regionais de emissões e transporte de gases traços e química atmosférica. O MOD 14 tem como característica a inclusão da ocorrência do fogo e o cálculo da energia de cada foco, além de composições de 8 e 30 dias de suas ocorrências

O INPE apresenta em sua página na Internet ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)) dados recentes de incêndios através do Banco de Dados de Queimadas que disponibiliza produtos provenientes do sensor MODIS desde 2002. Além deste sensor, existem informações

geradas pelos satélites NOAA e GOES, que de acordo com o INPE (2008), este banco de dados estava, em julho de 2007, com aproximadamente 5.400.000 (cinco milhões e quatrocentos mil) de registros, ou seja, mais de 5.400.000 de focos de calor, o que representa o maior acervo de dados de pontos de queimadas disponível no Brasil (e talvez no mundo). Através deste site é possível resgatar focos de queimadas desde 01 Junho 1992 até o dia de hoje.

Esses dados são bastante interessantes para a detecção de grandes incêndios pelo fato de que o produto fornecido pelo MODIS, de acordo com o INPE, indica a possibilidade de detecção de uma frente de fogo com cerca de 30 m de extensão por 1 m de largura, ou maior.

Entretanto, como a resolução espacial (“píxel”) dos sensores detectores de queimadas tem 1 km x 1 km ou mais, uma queimada de algumas dezenas de m<sup>2</sup> será identificada como tendo pelo menos 1km<sup>2</sup>. Assim, um foco de queima, que aqui é a mesma coisa que um píxel de queima, pode indicar tanto uma pequena queimada assim como várias pequenas queimadas ou uma muito grande no seu interior. Ou seja, o sistema do INPE detecta a existência de fogo na vegetação sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada. Em casos com muitos píxeis de queima juntos, e com a presença de uma nuvem de fumaça grande, pode-se inferir que a queimada terá a dimensão dos píxeis de queima detectados.

De acordo com a equipe do INPE, as condições que impedem ou prejudicam muito a detecção das queimadas são:

- Frentes de fogo com menos de 30 m;
- Fogo apenas no chão de uma floresta densa, sem afetar a copa das árvores;
- Nuvens cobrindo a região (atenção - nuvens de fumaça não atrapalham!)
- Queimada de pequena duração, ocorrendo entre as imagens disponíveis;
- Fogo em uma encosta de montanha, enquanto que o satélite só observou o lado contrário;
- Imprecisão na localização do foco de queima, que no melhor caso é de cerca de 1 km, mas podendo chegar a 6 km.

No caso da utilização do sensor MODIS existente nos satélites AQUA e TERRA foram detectados desde 2002 a quantidade de sete incêndios florestais que foram analisados e posteriormente utilizados como possíveis validadores do mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios (figura 21 e anexo 2).

Os dados do MODIS serão utilizados para suporte na validação do mapeamento geocológico de potencialidade anual e nos períodos seco e chuvoso, mas apenas como fonte de avaliação dos dados em vista que essas informações são provenientes de 2002 a 2007 que são de realidade distante a observada no ano base do mapeamento que é de 1999.

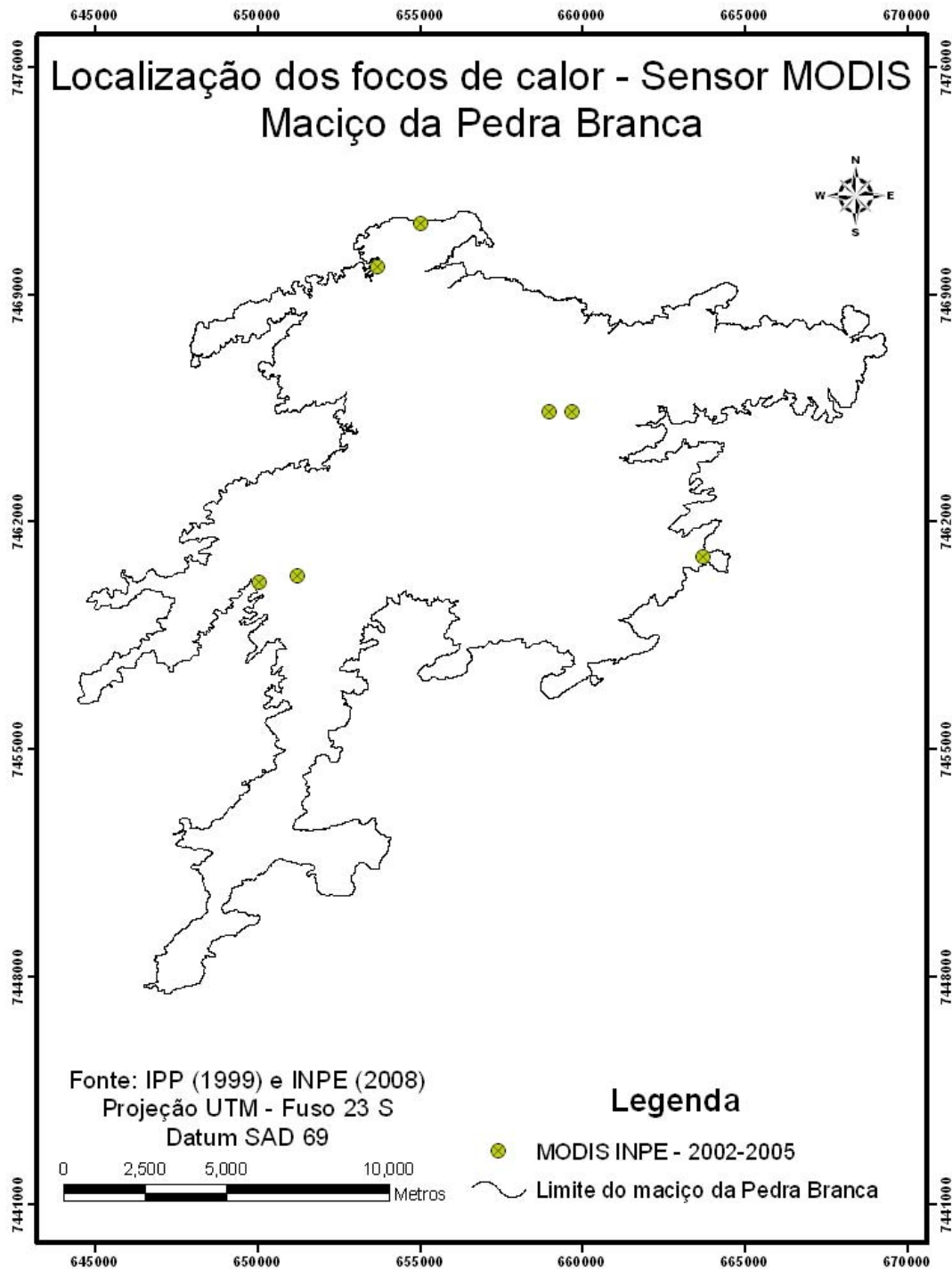


Figura 21: Identificação dos dados fornecidos pelo INPE – Sensor MODIS

#### **4.1.4.2. Estatística de incêndios florestais do Instituto Estadual de Florestas**

O Núcleo de Prevenção a Incêndios Florestais (NuPIF) do Instituto Estadual de Florestas (IEF) disponibilizou o levantamento estatístico dos incêndios florestais no Parque Estadual da Pedra Branca e de outras Unidades de Conservação do Estado do Rio de Janeiro através da Diretoria de Conservação da Natureza (DCN/IEF).

Este trabalho iniciou-se em 2004 e possui uma metodologia que vem sendo construída com novas adequações de detalhamento da informação até o início da tomada de pontos para georreferenciamento das ocorrências no ano de 2006.

Estão sendo cobertas com essa metodologia de quantificação desses incêndios além do Parque Estadual da Pedra Branca, o Parque Estadual dos Três Picos, o Parque Estadual da Serra da Tiririca, o Parque Estadual do Grajaú, Parque Estadual da Ilha Grande e a Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba.

As informações estatísticas de incêndio possuem dados importantes como a data do incêndio, o cálculo da área queimada (ha), o tipo de vegetação que foi perdida e a possível causa da ocorrência.

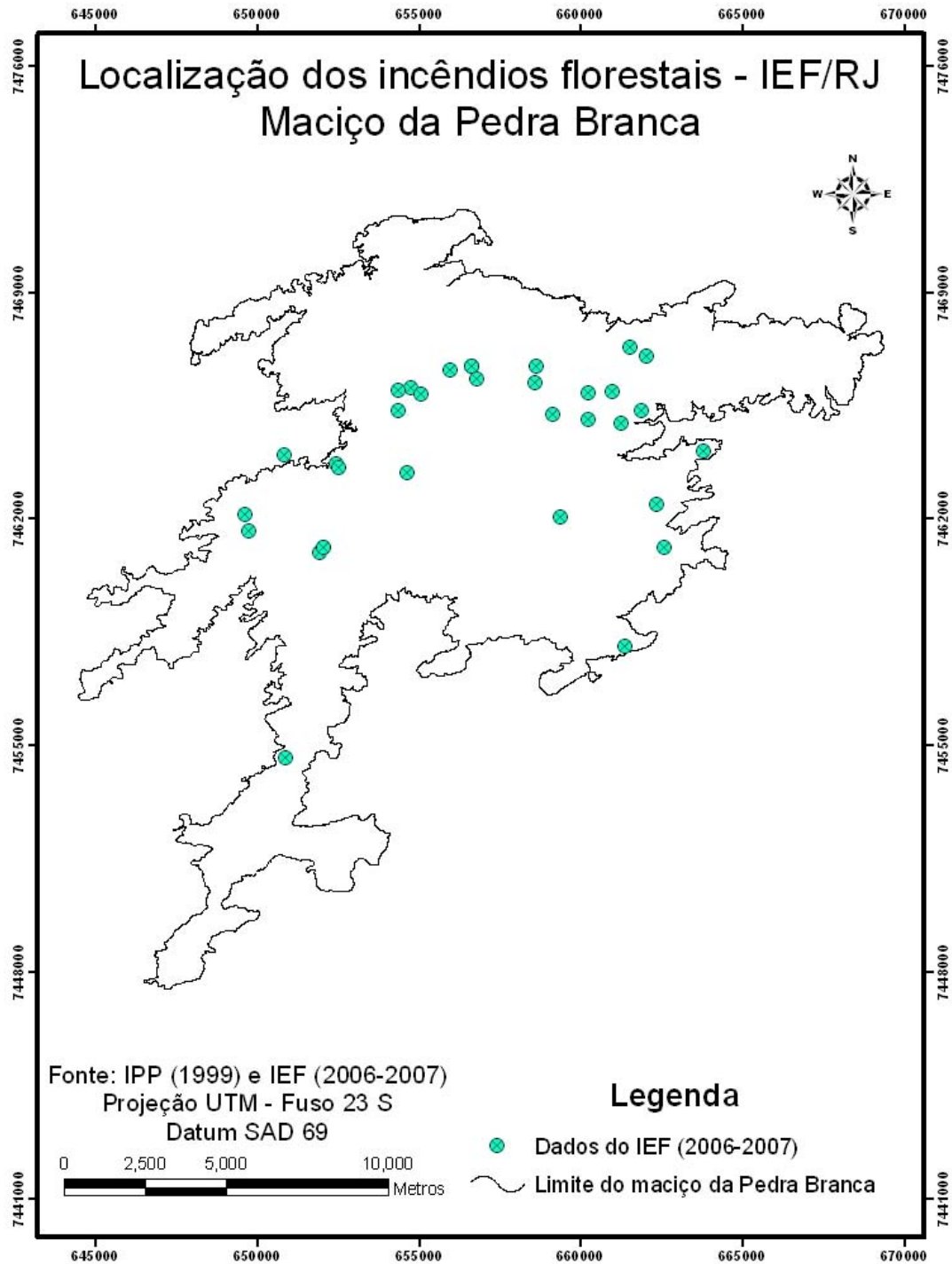
As causas apontadas pelas estatísticas são diversas sendo causadas principalmente por queda de balão, limpeza de terreno e queima de lixo. O ano de 2006 teve a ocorrência de 12 incêndios enquanto que em 2007 os bombeiros foram acionados por 24 vezes (figura 22).

Os incêndios acontecem principalmente no período entre os meses de abril a setembro que possuem menor pluviosidade (GEORIO, 2008) e tem as festas juninas que potencializam o lançamento de balões.

A metodologia ainda encontra-se em construção não sendo reconhecida por boa parte da sociedade acadêmica que questiona através das informações de campo e de relatos de moradores dessas áreas, como no caso desta pesquisa, do maciço da Pedra Branca.

Analisando as tabelas existentes nos anexos, percebe-se que não existiram cuidados com algumas informações devido à ocorrência de até mesmo repetição das coordenadas de alguns incêndios.





**Figura 22: Localização dos incêndios do IEF 2006-2007**

A iniciativa do IEF é importante, mas devido à construção metodológica e a adequação dos dados, em busca de melhor aproveitamento neste estudo, esses dados serão utilizados apenas para dar suporte à metodologia não sendo vistos como validadores do mapeamento geocológico.

#### 4.1.4.3. Dados de campo

Os dados de campo foram adquiridos através do Professor Rogério Oliveira que acompanha diversas pesquisas realizadas na bacia do Camorim, vertente sul do maciço da Pedra Branca em que existe a atuação da Organização Não-Governamental SOS Pedra Branca que ajudou ainda em outras questões relativas à metodologia dos mapas de susceptibilidade e risco à deflagração de incêndios deste trabalho.

Correspondem a três incêndios florestais ocorridos na bacia do Camorim no período entre 2002 e 2007 que possuem em dois destes casos, os meses correspondentes (figura 23).

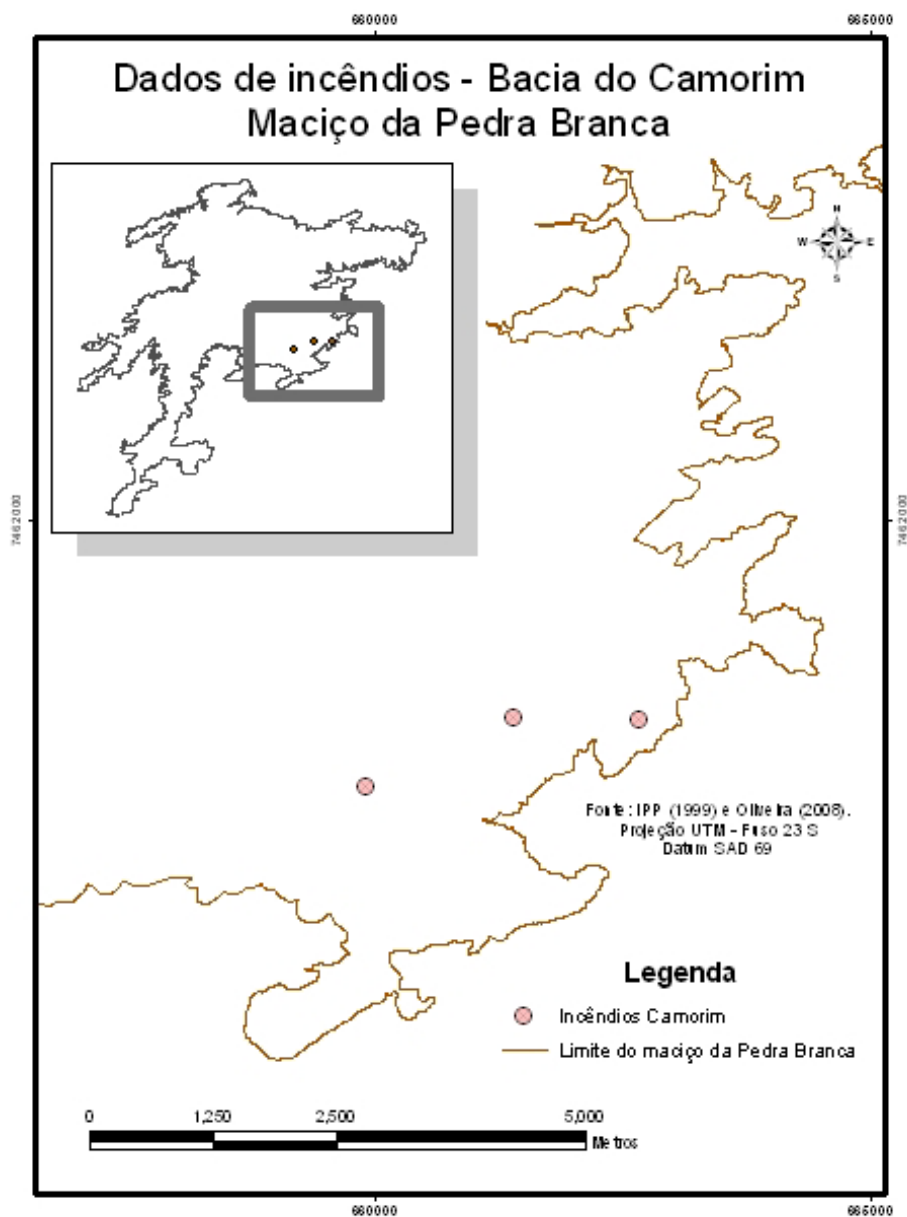
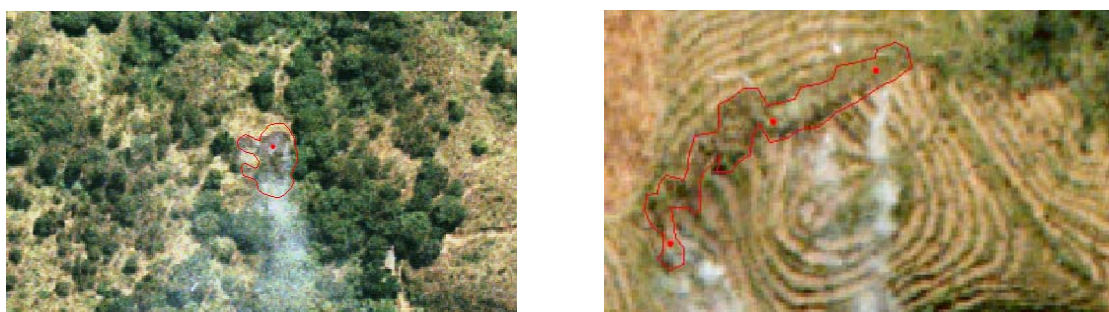


Figura 23: Localização das áreas atingidas por incêndios na bacia do Camorim

#### 4.1.4.4. Identificação de áreas queimadas das ortofotos IPP 1999

A metodologia de mapeamento geológico 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 na aquisição das informações 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 24).



**Figura 24: Áreas de queimadas ocorridas em 1999**

Essas duas áreas serão utilizadas para a validação dos mapeamentos da potencialidade anual e dos períodos seco e chuvoso vistas como principais fontes de informação. De acordo com informações registradas nas ortofotos, os dados são dos meses de maio e julho de 1999.

## 4.2. ANÁLISES E RESULTADOS

A metodologia do Mapeamento Geológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios utiliza diversos parâmetros provenientes do Modelo Digital de Elevação gerado a partir dos dados das cartas topográficas editadas e a combustibilidade apontada pelo uso e cobertura do solo existente no maciço da Pedra Branca.

Os produtos gerados a partir dos Modelos Digitais de Elevação possibilitam inúmeros estudos que são importantes para este trabalho como o mapa de orientação de encosta, forma de encosta e radiação solar anual. A seguir é apresentado detalhamento dos resultados e análise dos produtos gerados a partir do MDE.

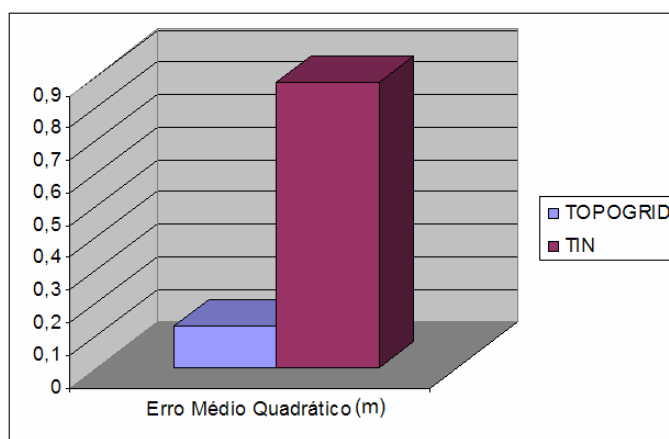
#### 4.2.1. Modelo Digital de Elevação e seus produtos derivados:

Inicialmente, após o término da edição das curvas de nível e da hidrografia, resolveu-se pela geração de dois MDE's através da triangulação de Delaunay com restrições que utiliza a grade irregular triangular (TIN) e o método conhecido no software ArcGIS como TOPOGRID que utiliza formato raster e é composto por uma grade regular retangular (GRID). Os dois métodos foram utilizados para atender os diversos objetivos existentes na elaboração dos mapas que auxiliam a metodologia do mapa de susceptibilidade que se tratam dos mapas de orientação, forma de encosta e radiação solar anual.

Esses modelos foram gerados no *software* ArcGIS através da extensão 3D Analyst a partir das ferramentas “Topo to Raster” para a geração do modelo de grade regular, e “Create Tin”, para a geração do TIN (Figuras 23 e 24). Os dados de entrada utilizados para criar ambos os modelos foram: pontos cotados, curvas de nível, linhas de drenagem e limite do maciço da Pedra Branca.

O trabalho de SOUZA *et al.* (2009) realizou uma comparação dos métodos TOPOGRID e TIN para verificar qual é o melhor método para geração de um MDE extraído da base topográfica IPP (1999) em escala 1:10.000, no maciço da Pedra Branca, verificando quais pontos cotados gerados pelas diferentes metodologias de MDE que apresentam as menores diferenças altimétricas em relação a base cartográfica IPP (1999) em escala 1:2.000 que foi utilizada para validar a comparação.

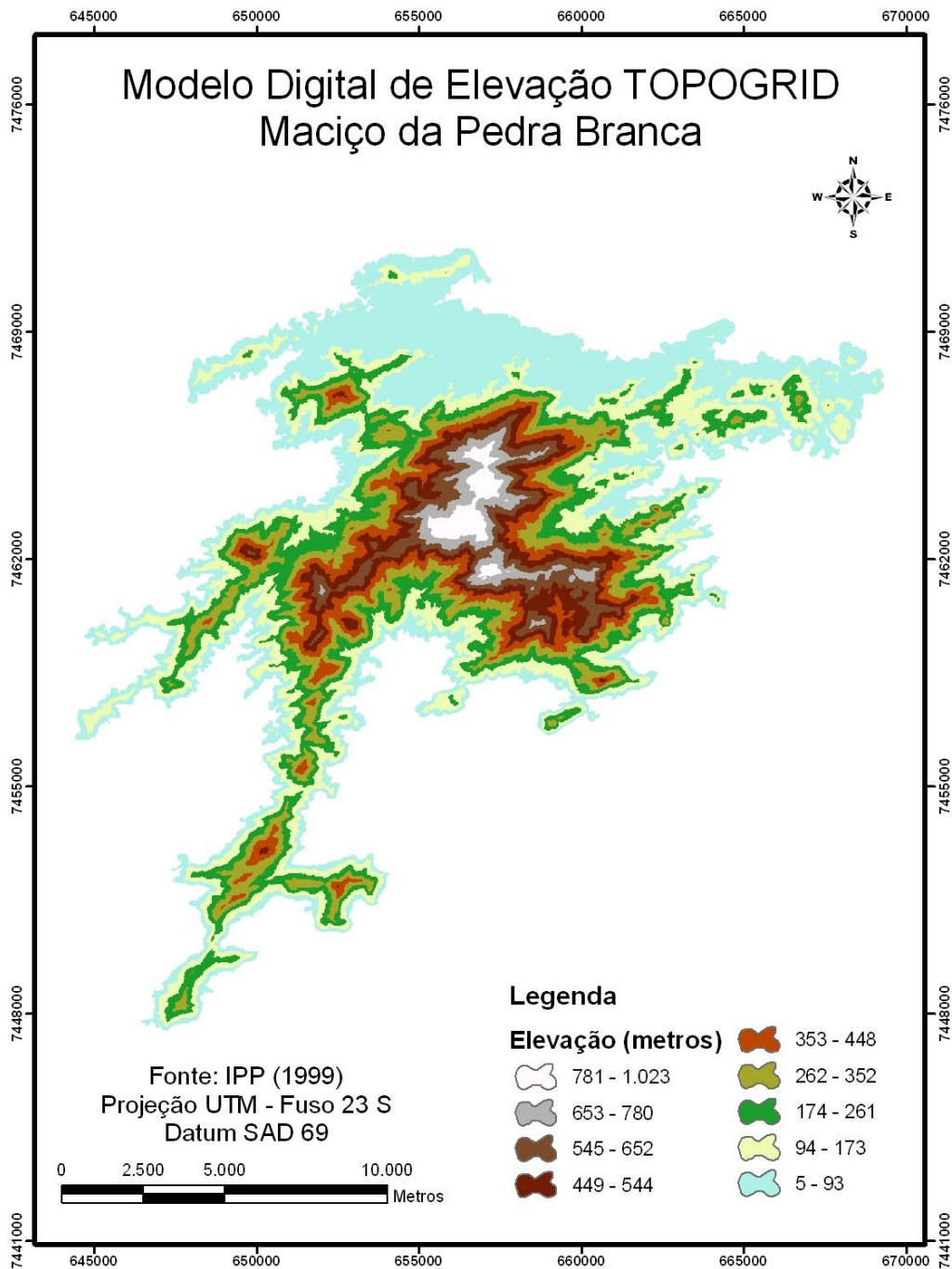
Através da aquisição e avaliação de 8.402 pontos que foram distribuídos e analisados de acordo com três classes de declividade foi apontado com resultados melhores para a área de estudo o TOPOGRID com base no cálculo do erro médio quadrático conforme ilustrado na figura 25.



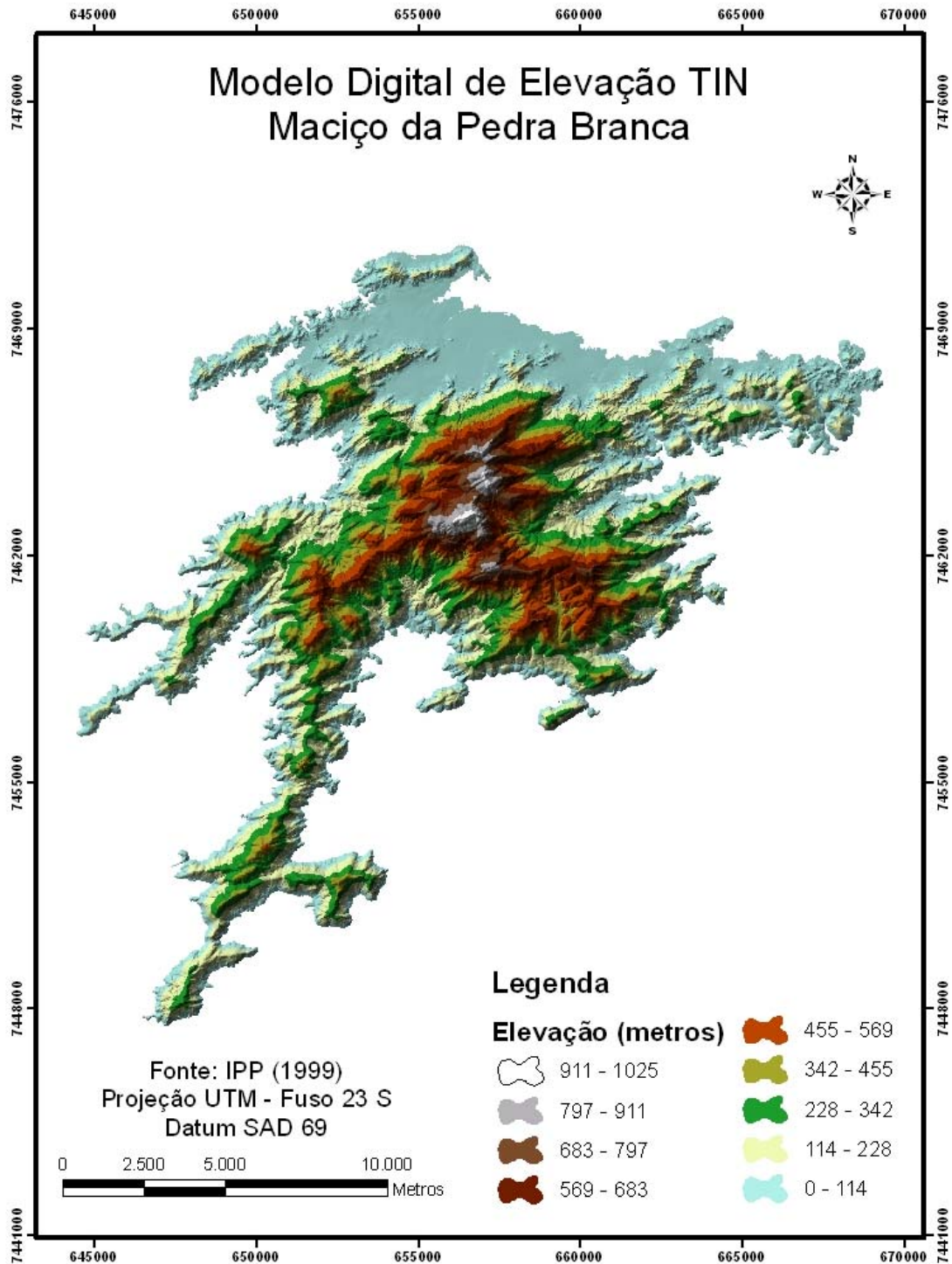
**Figura 25: Erro médio quadrático em metros (SOUZA *et al.*, 2009)**

A conclusão do estudo apontou para o método TOPOGRID, mas ressaltamos que essa verificação depende da área de estudo e de suas características além das bases utilizadas, assim esse resultado apontou qualidade principalmente para as áreas da vertente norte.

Inicialmente foram confeccionados os MDE's em formato GRID e TIN que são necessários a diversos produtos da metodologia (Figuras 26 e 27).



**Figura 26: Modelo Digital de Elevação do Maciço da Pedra Branca gerado através do método TOPOGRID**



**Figura 27: Modelo Digital de Elevação do Maciço da Pedra Branca gerado através da triangulação de Delaunay com restrições (TIN)**

Dentre os produtos advindos do MDE foram construídos para a metodologia da susceptibilidade à ocorrência de incêndios os mapas de forma de encosta, orientação de encosta e radiação solar anual que foram extraídos do MDE em formato GRID.

#### 4.2.2. Forma das encostas

O mapa de forma das encostas do maciço da Pedra Branca utiliza como base as formas do relevo em que são consideradas as informações de concavidade e convexidade topográficas (figura 28).

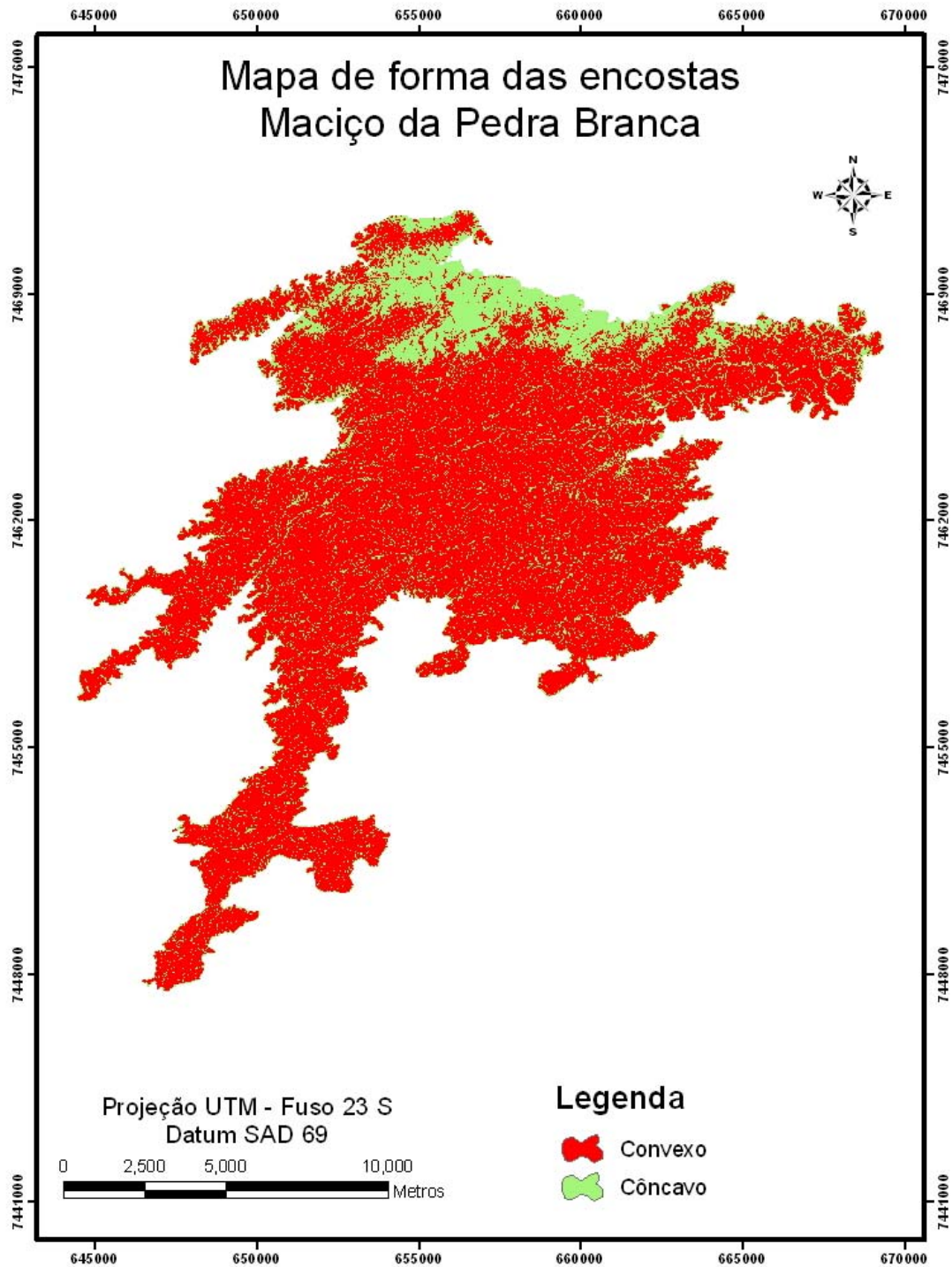


Figura 28: Mapa de forma das encostas

A relação entre concavidade e convexidade influi na presença de umidade existente no maciço devido à convergência de fluxo (côncavo) e divergência de fluxo (convexo) quando ocorre a pluviosidade que possui divergências nos índices pluviométricos entre as vertentes norte e sul.

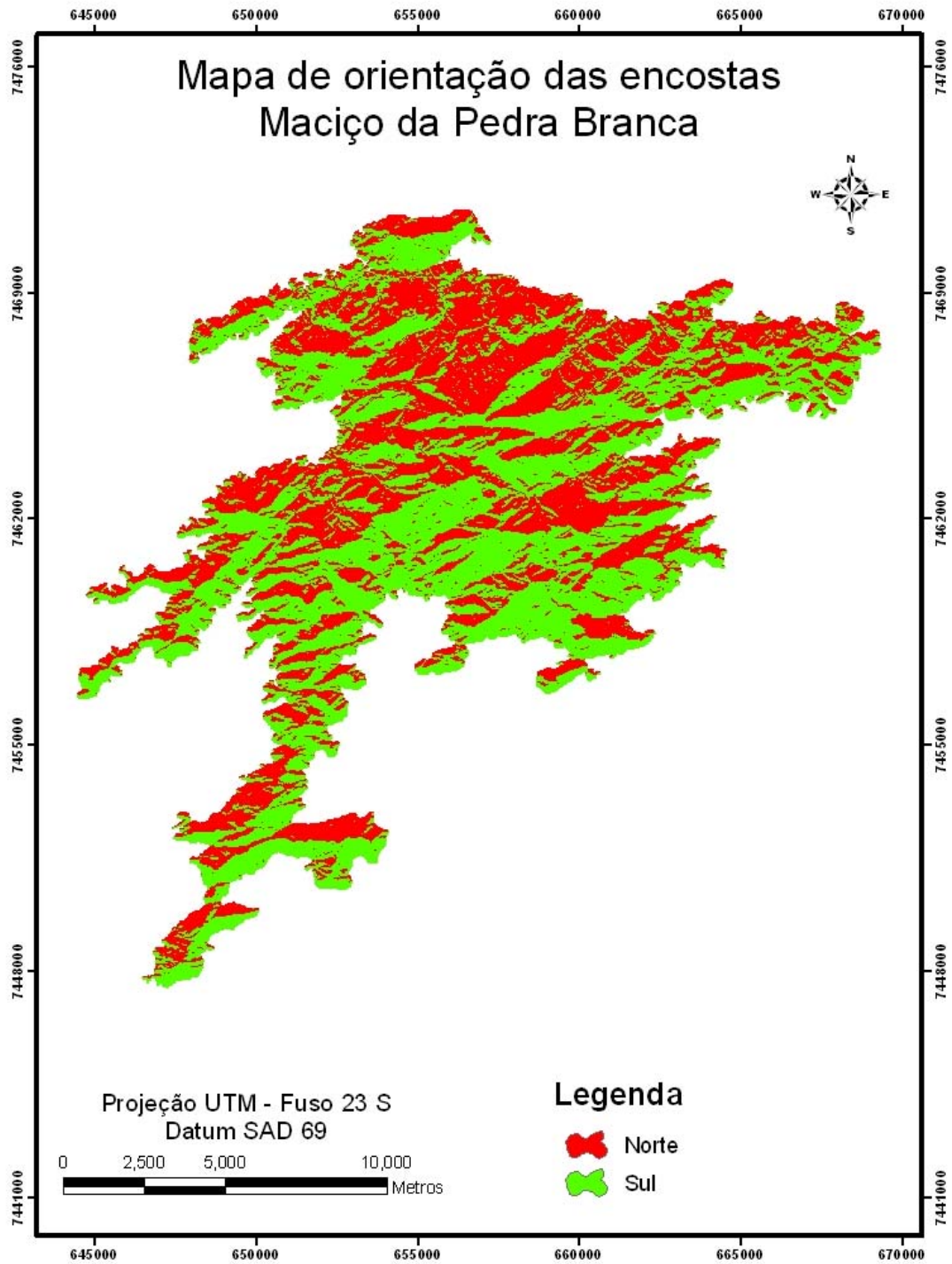
### **4.2.3. Parâmetros de orientação de encostas e radiação solar**

#### **4.2.3.1. Mapa de orientação de encostas**

A classificação do maciço em vertentes norte e sul se deve ao fato de que a vertente norte é vista como mais suscetível aos incêndios porque, de acordo com estudos de OLIVEIRA *et al* (1995), na latitude da cidade do Rio de Janeiro, as encostas voltadas para o Norte recebem três vezes mais luz além dos primeiros e os últimos raios de sol do dia, ao passo que a vertente sul apresenta uma deposição de orvalho durante um período mais longo, como consequência de uma maior duração do período de sombreamento.

O mapa de orientação das encostas é dividido por vertentes voltadas para o norte e para o sul (figura 29). 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 apresenta maior susceptibilidade à ocorrência de incêndios. Já a vertente sul é mais úmida, porque recebe muita umidade proveniente do litoral, o que permite a formação de uma vegetação mais densa e um bioma mais protegido de degradação.





**Figura 29: Mapa de orientação das encostas do maciço da Pedra Branca**

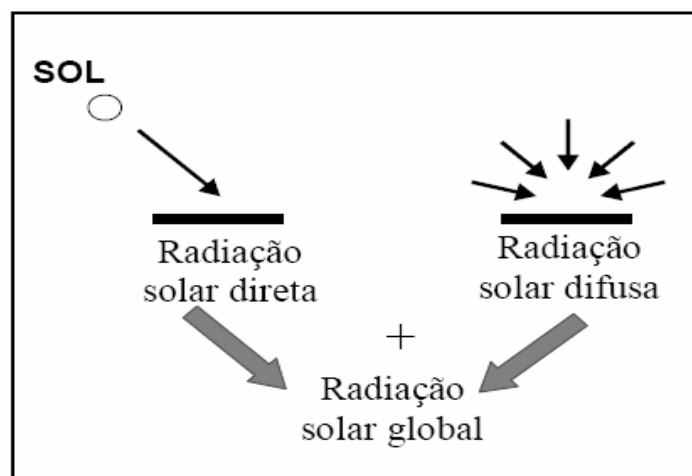
#### 4.2.3.2. Mapa de radiação solar anual

A radiação solar é vista como a designação dada à energia radiante emitida pelo Sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. É a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta.

O espectro eletromagnético é composto por um feixe de raios diferenciados pela magnitude de seus comprimentos de onda e pela frequência com que essas ondas se manifestam (dada em ciclos por segundo), ou pela distância das próprias ondas entre si, tomadas como comprimento de onda (em centímetro – cm, micrômetro -  $\mu\text{m}$  ou angstrom –  $\text{\AA}$ ) (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Segundo MOTA (1977), a radiação que incide na superfície horizontal é constituída de uma componente direta, que não sofre influência da massa ótica e incide na forma de feixes de raios solares paralelos, e uma componente difusa, resultante da interação da radiação solar com gases e partículas existentes na atmosfera.

Uma vez emitida por um corpo, a radiação pode ser refletida (diretamente ou por difusão), absorvida ou transmitida por outro corpo qualquer, de acordo com suas propriedades físicas (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). A soma dessas duas componentes é denominada de radiação solar global (figura 30).



**Figura 30: Componentes da radiação solar (Mota, 1977)**

Entre as propriedades físicas dos corpos, MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA (2007) destacam o albedo, que se caracteriza pela capacidade que os corpos apresentam de refletirem a radiação solar que sobre eles incide. O albedo varia de acordo com a cor e a constituição que o corpo apresenta. Dessa forma, será máximo nos corpos brancos e mínimo nos corpos pretos.

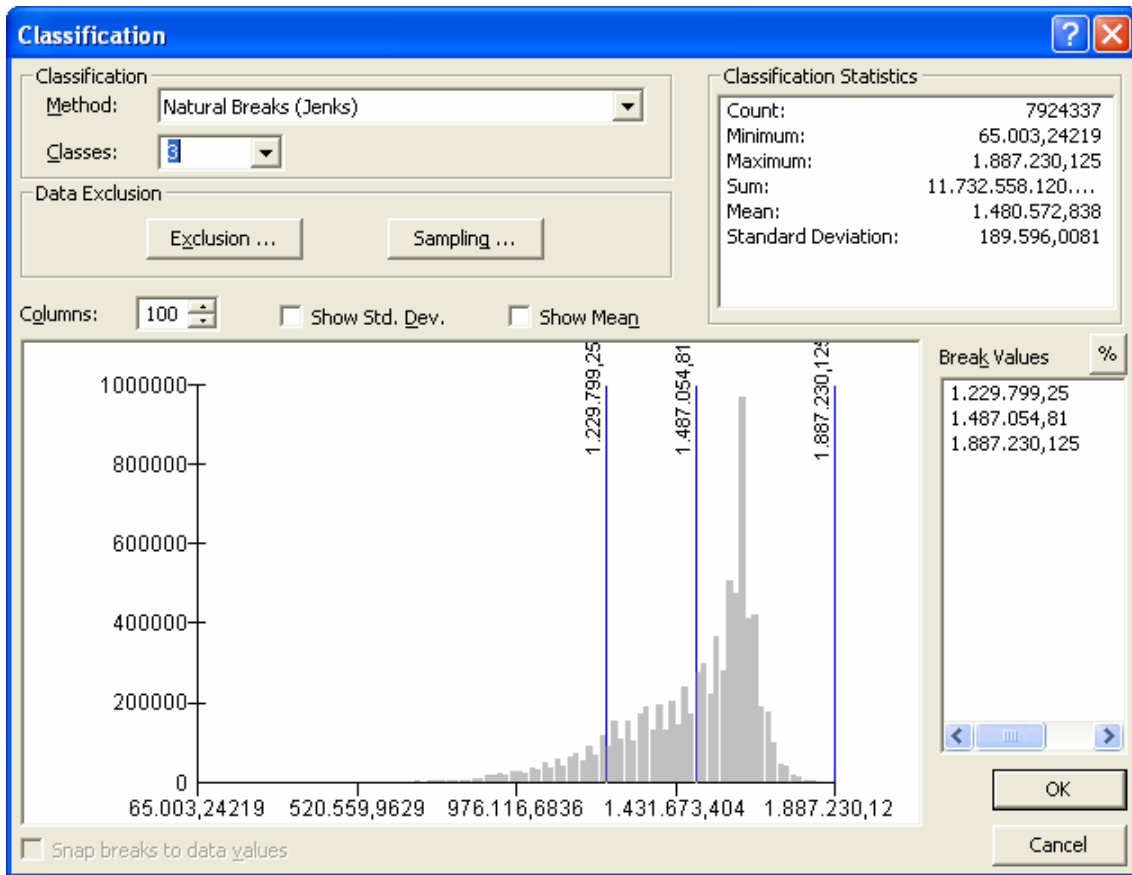
Os autores apontam ainda que um dado corpo que apresente elevado albedo terá uma baixa intensidade de absorção de energia devido que a maior parte dela foi refletida como observamos na tabela 8.

**Tabela 8: Albedos de algumas superfícies**

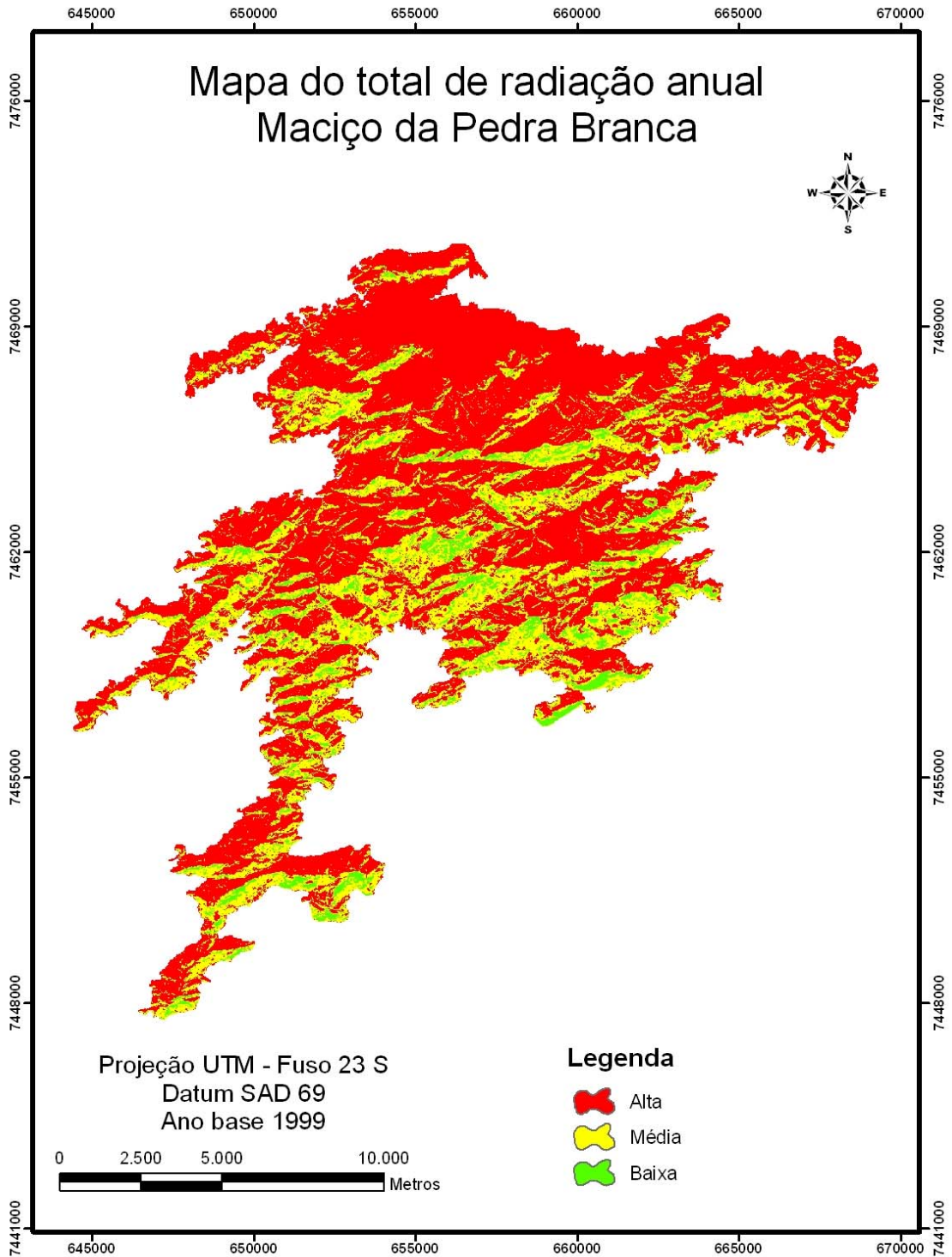
<b>Tipo de superfície</b>	<b>Albedo (%)</b>
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7 – 20
Areia	15 – 25
Florestas	3 – 10
Floresta tropical úmida	7 – 15
Gramados	15 – 30
Nuvens cumuliformes	70 – 90
Água, altura solar 5 – 30°	6 – 40
Água, altura solar > 40°	2 – 4
Cidades	14 – 18
Concreto seco	17 – 27
Asfalto	5 – 10

Fonte: Adaptado de MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA (2007).

O MDE gerado pelo ArcGIS proporciona a elaboração de diversas variáveis que levam em consideração a posição das encostas e a posição do sol de acordo com a periodicidade definida pelo analista. O espaço temporal definido foi do ano de 1999 e teve classificação de alta, média e baixa, através da quebra natural dos valores distribuídos no histograma apresentado no ArcGIS conforme observamos nas figuras 31 e 32.



**Figura 31: Histograma de classificação de quebra-natural de valores**



**Figura 32: Mapa de radiação solar 1999 do maciço da Pedra Branca**

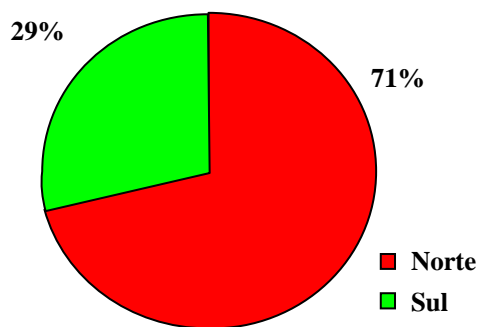
#### 4.2.3.3. Orientação de encosta x radiação solar anual

Os mapas elaborados têm a sua importância dentro das pesquisas geológicas quando é observada principalmente a temática dos incêndios. O mapa de orientação de encosta leva em consideração o posicionamento das vertentes através da localização do

objeto no espaço separando-as em quadrantes norte e sul. Essa divisão busca apontar quais áreas possuem maior ou menor período de exposição solar. Já o mapa de radiação solar vai além desses princípios porque apresenta as áreas que possuem essa exposição solar respeitando situações como o encobrimento de encostas mais elevadas que podem provocar sombreamento durante alguns períodos do dia.

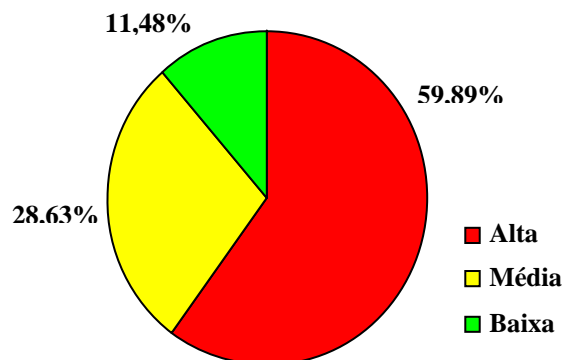
As características do mapa de radiação solar levam ao aumento do detalhamento das áreas, ou seja, o percentual de área maior possibilitando melhores resultados para a susceptibilidade à ocorrência de incêndios (figuras 33 e 34).

**Percentual de orientação por área**



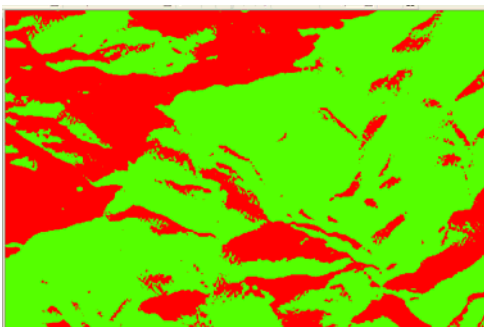
**Figura 33: Gráfico de distribuição das variáveis do mapa de orientação das encostas**

**Percentual de radiação por área**

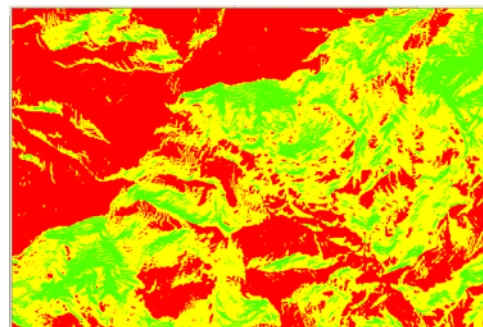


**Figura 34: Gráfico de distribuição das variáveis do mapa de radiação**

Visualmente é percebida uma disparidade existente entre o mapa de radiação e o mapa de orientação. Nas figuras 35 e 36, percebe-se que as encostas classificadas pela radiação possuem caracterização mais heterogênea, com um maior detalhamento principalmente quando é verificado o número de classes. Já na orientação ela é mais homogênea.



**Figura 35: Encosta classificada por orientação**



**Figura 36: Encosta classificada por radiação**

Os resultados apontam a radiação com detalhamento mais aprimorado em relação à orientação das encostas. Isso porque a radiação é uma variável quantitativa, o que permite mensurar o quanto que cada encosta recebe de radiação de acordo com o período analisado, uma vantagem importante para o estudo em questão. Esse detalhamento é importante uma vez que mesmo voltadas para a mesma orientação, as encostas podem receber graus de radiação diferentes. Diante desses resultados, o estudo pretende utilizar as informações referentes a radiação solar anual baseada no ano de 1999 observando o uso e cobertura do solo produzido que é deste mesmo ano.

#### 4.2.4. Mapa de combustibilidade

As ortofotos possibilitaram a construção do mapa de uso e cobertura do solo (figura 38) que foi vetorizado 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.

A reclassificação das classes de uso e cobertura do solo para a legenda do mapa de combustibilidade foi realizada através de conhecimentos de campo, opinião de especialistas da área e contatos com a ONG SOS Pedra Branca que trabalham diretamente no combate aos incêndios na área de estudo. O esquema ilustrativo da figura 37 evidencia a metodologia utilizada para elaboração do mapa de combustibilidade (figura 39).

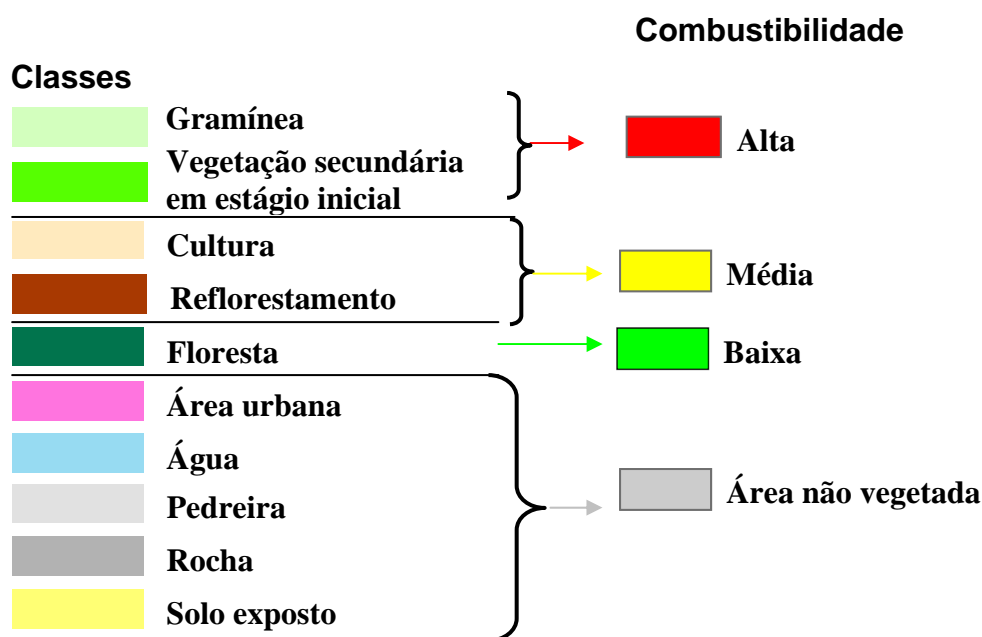
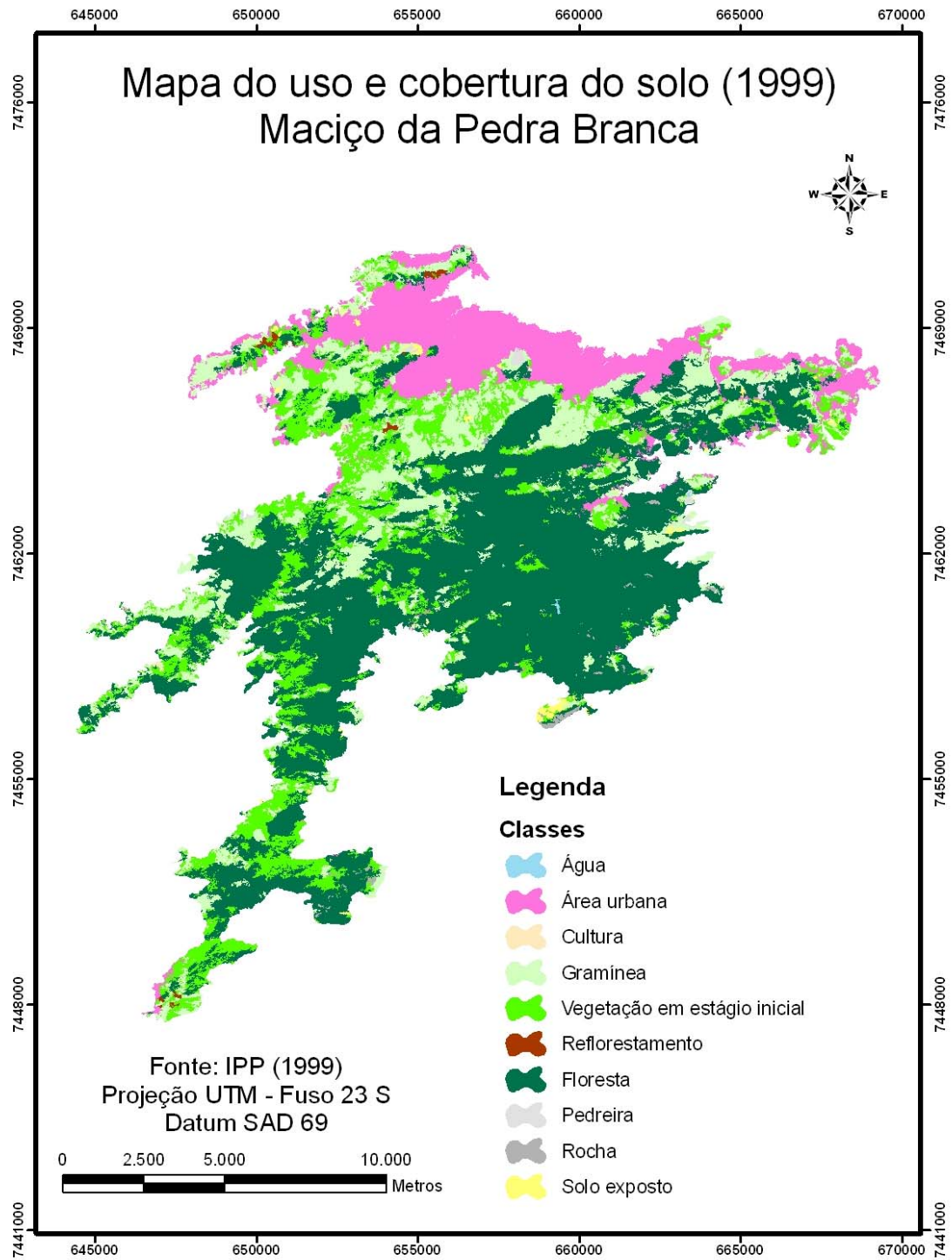
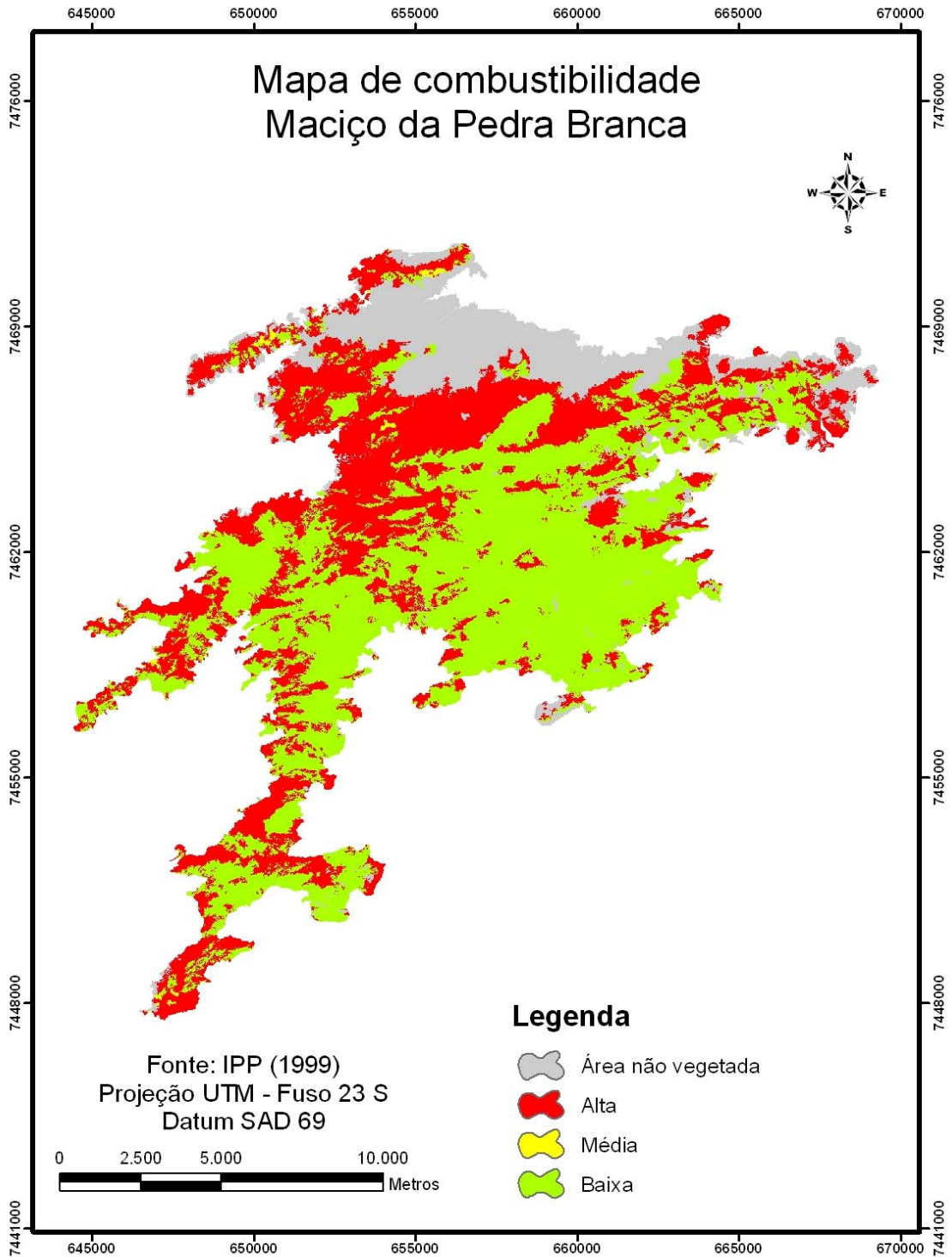


Figura 37: Legenda de combustibilidade de acordo com classes de uso e cobertura do solo



**Figura 38: Mapa de uso e cobertura do solo do maciço da Pedra Branca (1999)**





**Figura 39: Mapa de combustibilidade do maciço da Pedra Branca**

O mapa de combustibilidade representa a realidade da área de estudo através do uso e cobertura do solo existentes refletidos na capacidade dos mesmos apresentarem-se apropriados à combustão, possibilitando incêndios florestais. Observando o mapa, é interessante notar que encontra-se dividido entre classes de alta e baixa

combustibilidade, não refletindo em muitas áreas com média combustibilidade. Isso se deve principalmente a chave de classificação utilizada em que as áreas de vegetação secundária em estágio inicial foram apresentadas como alta combustibilidade devido à sua localização dentro do maciço e por serem grandes receptoras das freqüentes quedas de balões.

Outra observação importante vem através da proximidade com as áreas urbanizadas que apresentam alta combustibilidade que vem ocorrendo de acordo com a devastação existente principalmente na vertente norte do maciço. Essa proximidade é importante quando serão apontadas as áreas de risco à deflagração de incêndios que observa variáveis relacionadas à presença humana dentro da área de estudo.

A vertente sul do maciço encontra-se em baixa combustibilidade devido a menor concentração urbana existente se comparada com a vertente norte.

O mapa de combustibilidade será sobreposto aos mapas de radiação solar e de forma de encosta proporcionando assim o mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca que será descrito com detalhes no item 4.2.5.

#### **4.2.5. Susceptibilidade à ocorrência de incêndios**

A susceptibilidade é observada nesse trabalho como decorrente das características da paisagem. As variáveis utilizadas para a susceptibilidade são provenientes do Modelo Digital de Elevação construído a partir da hipsometria da área de estudo em escala 1:10.000 e dados de combustibilidade advindos do uso e cobertura do solo de 1999.

A susceptibilidade é construída através do método analítico-integrativo proposto por COELHO NETTO et al. (1993) que é apresentado nas seguintes etapas:

- a) seleção de variáveis a serem utilizadas de acordo com a temática;
- b) seleção dentro dos mapas temáticos das características que influenciam o tema principal abordado através da aglutinação de classes de comportamento semelhante, relativo ao tema;
- c) sobreposição das informações de acordo com a análise dos mapas gerados (redefinindo fatores, temas e pesos);
- d) nova sobreposição;
- e) validação dos resultados utilizando dados de campo e de fontes confiáveis.

Dentre os produtos gerados pelo MDE foram construídos os mapas de forma das encostas e de radiação solar que foram classificados e sobrepostos ao mapa de

combustibilidade. As classes que foram definidas nos mapas que originaram a susceptibilidade são apresentadas na tabela 9 que ainda apresenta a chave de classificação para a susceptibilidade.

**Tabela 9: Composição das classes de susceptibilidade**

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

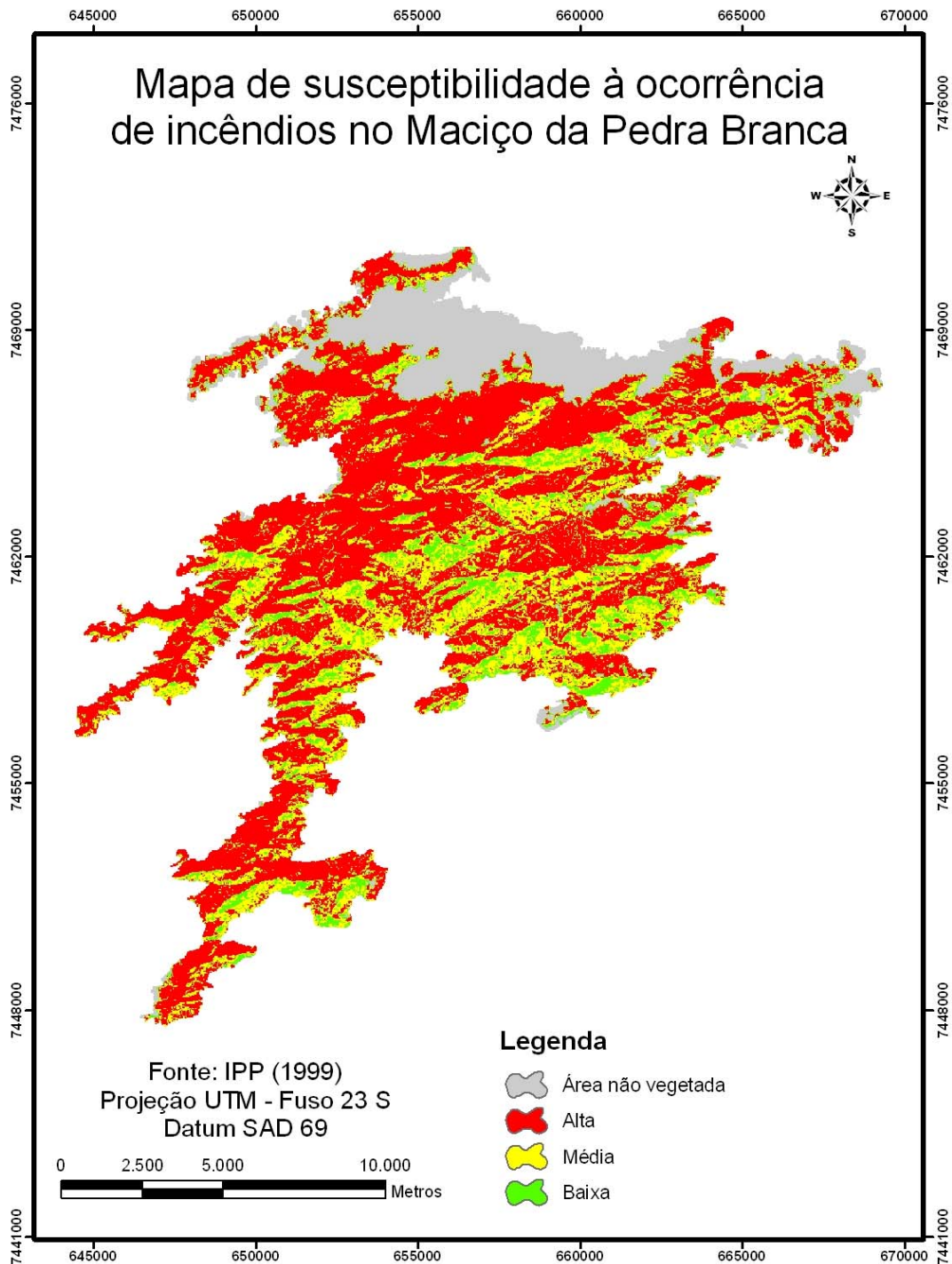
Através do MDE foi gerado o mapa de forma das encostas que verifica a capacidade de dispersão dos fluxos apontando assim quais áreas possuem umidade em relação a outras menos úmidas.

A radiação solar foi gerada com base no período do estudo (1999) e com orientação de encosta observada de acordo com o posicionamento do sol durante o período abordado. O mapa de radiação solar anual permite o conhecimento das áreas que recebem maior insolação e que conseqüentemente são classificadas como mais secas.

Os dois mapas provenientes do MDE são sobrepostos com as informações de combustibilidade. A combustibilidade é definida pelas áreas que possuem alta, média ou baixa combustibilidade das classes do uso e cobertura do solo gerado. A

combustibilidade foi vista também pelas características existentes na área como a declividade e a proximidade das áreas urbanas que oferecem risco de incêndio.

Baseado no método analítico-integrativo, a susceptibilidade foi elaborada por meio das características observadas nos mapas de forma de encosta, radiação solar e combustibilidade que proporcionaram o mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca (figura 40).



**Figura 40: Mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios**

A susceptibilidade proporcionou um refinamento das variáveis ambientais existentes na área de estudo quando relacionamos à temática dos incêndios florestais. As classes existentes no mapa de susceptibilidade apontam para alta susceptibilidade à incêndios em boa parte da vertente norte do maciço de acordo com a grande devastação dessa área e a presença de grande intensidade da radiação solar proporcionando as características observadas.

As áreas de média susceptibilidade se concentram em boa parte numa área em que divide espaço com a baixa susceptibilidade pelo fato de serem áreas que estão sendo devastadas principalmente por atividades humanas que proporcionam características de uso e cobertura do solo de vegetação secundária em estágio inicial, gramínea além de culturas diversas.

Concluindo, a susceptibilidade verificada por meio das variáveis abordadas no método analítico-integrativo observa de maneira simples como a paisagem é influenciada por inúmeros fatores que proporcionam o ressecamento e, o posterior, incêndio florestal que pode também ser decorrente de características locais. Assim como a conservação das áreas de floresta existentes no maciço da Pedra Branca que por esses fatores apresentam com baixa susceptibilidade por serem quase intocadas.

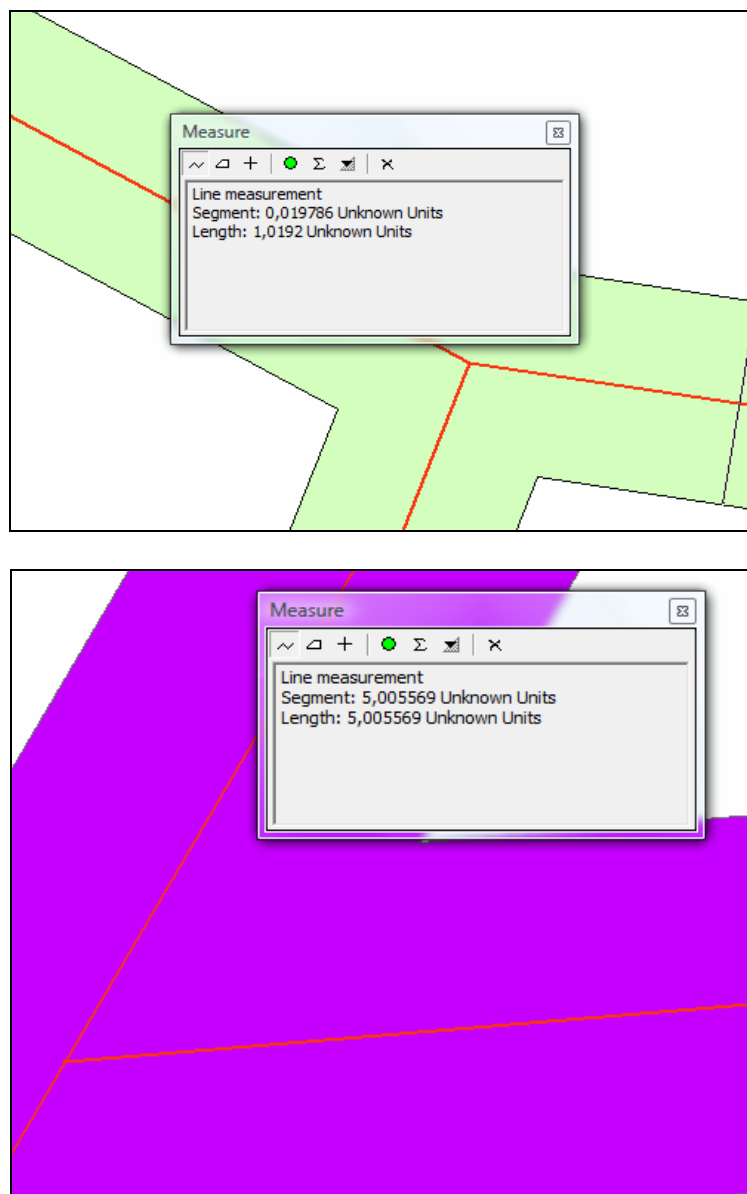
#### **4.2.6. Risco à deflagração de incêndios**

O risco é abordado neste trabalho por meio de fatores que dependem principalmente da presença antrópica na paisagem que está sendo estudada. A percepção é uma idéia ou entendimento que se faz de alguma coisa. A percepção do risco, que se encontra atrelada ao ideário que um indivíduo possui sobre o acontecimento de determinados eventos, ou seja, ao processo cognitivo representado por meio de sua atividade psicológica sobre a possibilidade (incerta) de um perigo ocorrer, independentemente de sua vontade. Assim como para EGLER (1996), risco ambiental está relacionado à incerteza e ao desconhecimento das verdadeiras dimensões do problema ambiental.

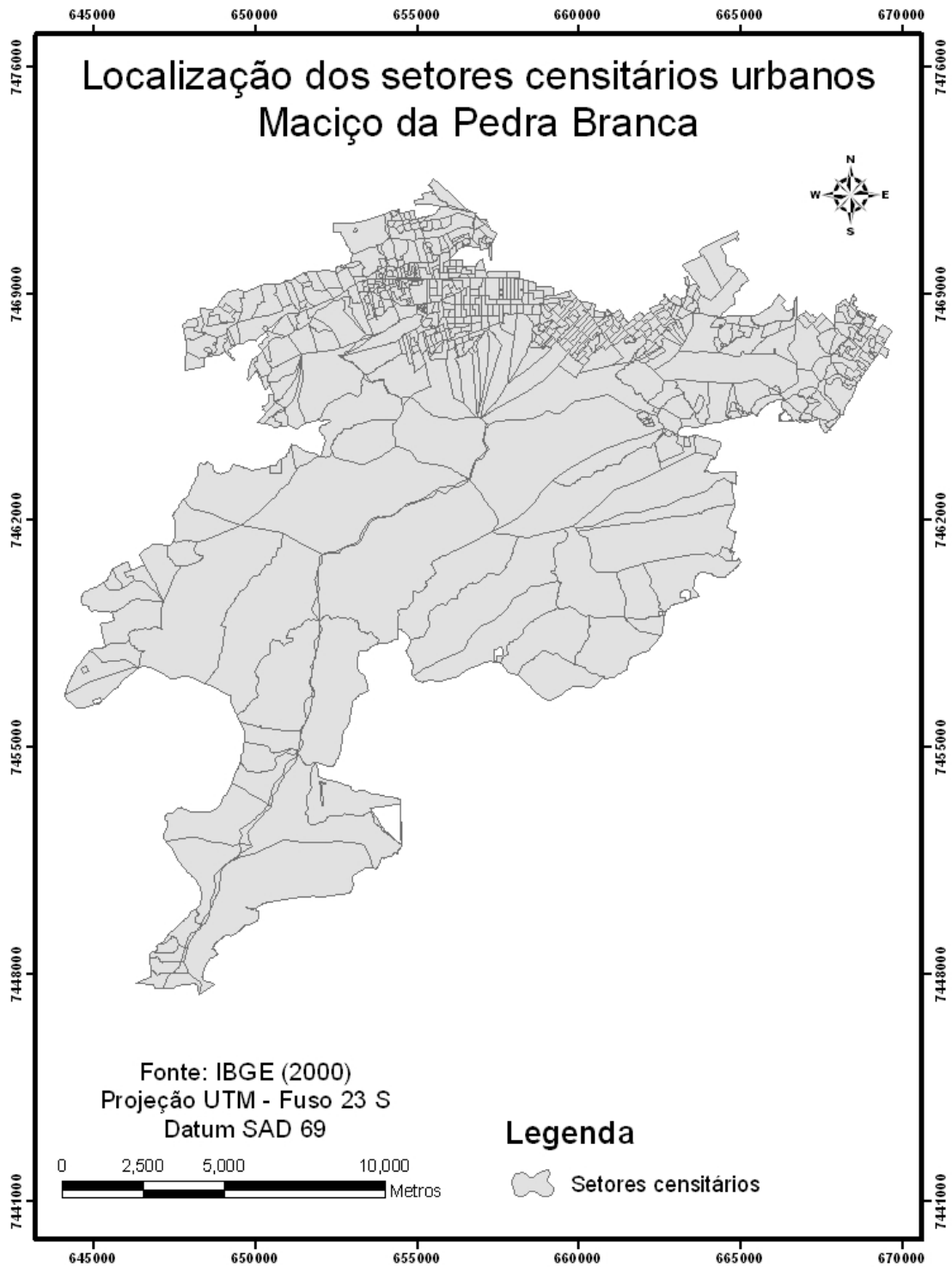
O risco é observado de maneira a verificar a presença humana dentro da paisagem proporcionando assim a ocorrência do fenômeno dos incêndios diferente da susceptibilidade que é vista como proveniente da paisagem. Por isso, foram utilizadas informações referentes às vias de acesso próximas e internas ao maciço da Pedra Branca e informações de localidades que possuem loteamentos e favelas mapeados pela

Prefeitura além dos dados da queima de lixo adquiridos dos setores censitários urbanos do Censo IBGE 2000 (figura 42).

As vias de acesso foram classificadas de acordo com as características observadas em campo relativas à área de influência das mesmas no que tange ao risco da presença humana na deflagração dos incêndios. As vias identificadas como caminhos foram ampliadas 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 (figura 41). 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.

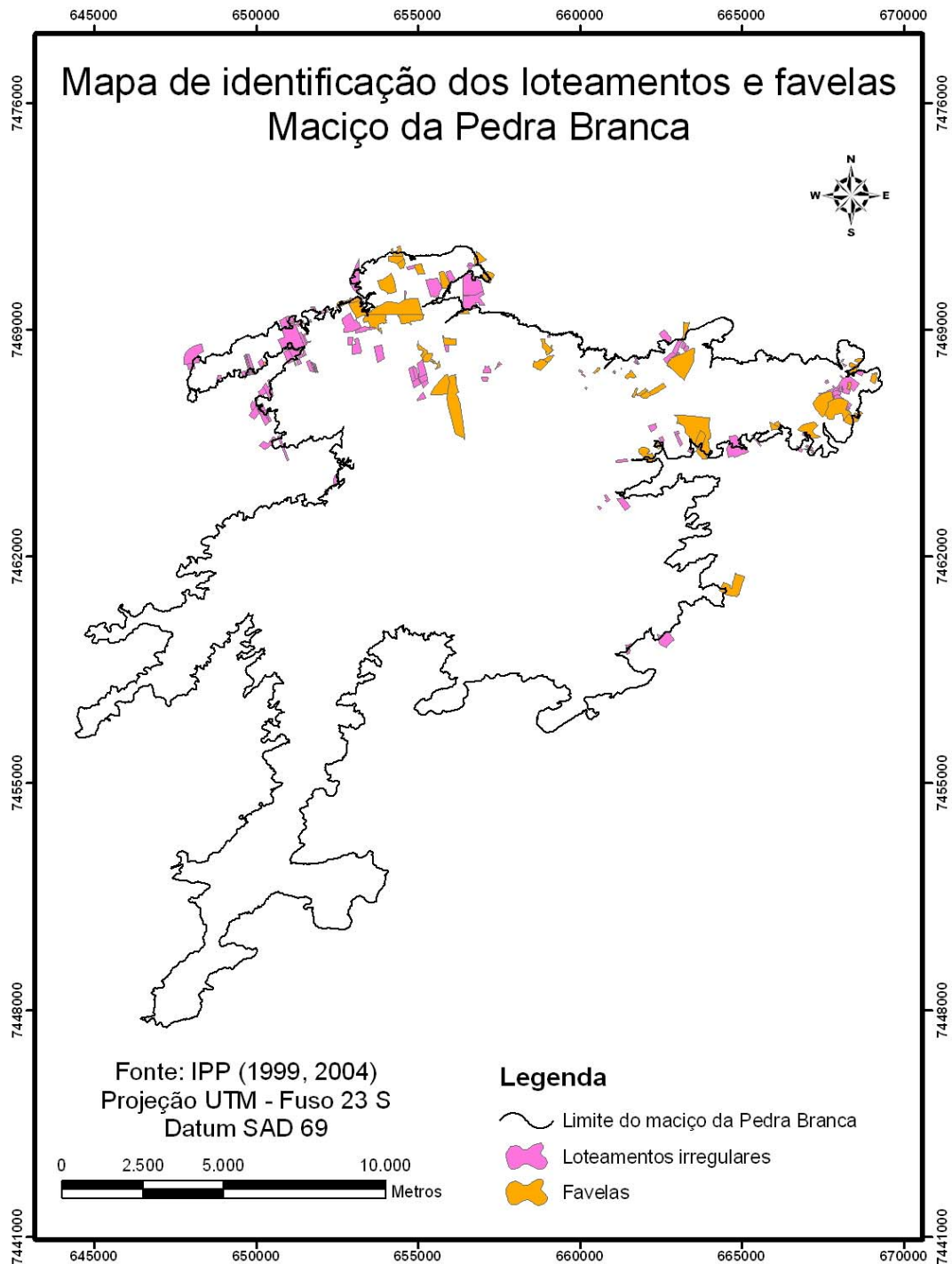


**Figura 41: Ampliação das áreas de influência dos Caminhos (verde – 1,0 metro) e dos Eixos de rua (roxo – 5 metros)**



**Figura 42: Delimitação dos setores censitários urbanos que encontram-se na área de estudo (IBGE, 2000)**

A presença de áreas de loteamentos e favelas próximas às áreas classificadas com vegetação secundária em estágio inicial e gramínea que apresentam alta combustibilidade também são fatores preponderantes do risco. Essas áreas foram adquiridas através de levantamentos realizados pelo IPP (Figura 43).



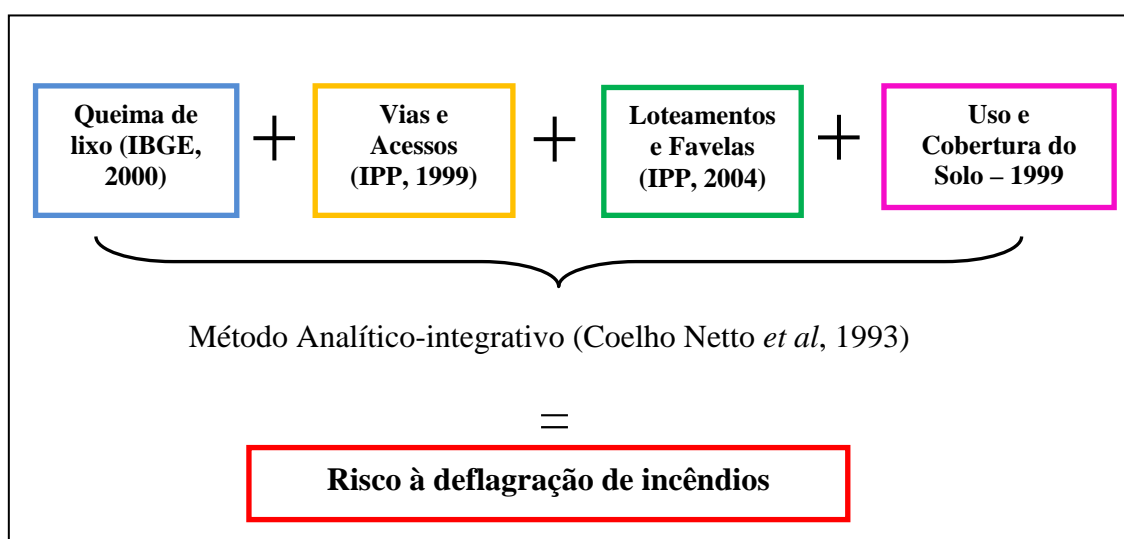
**Figura 43: Identificação dos loteamentos irregulares e favelas existentes no maciço da Pedra Branca.**



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.

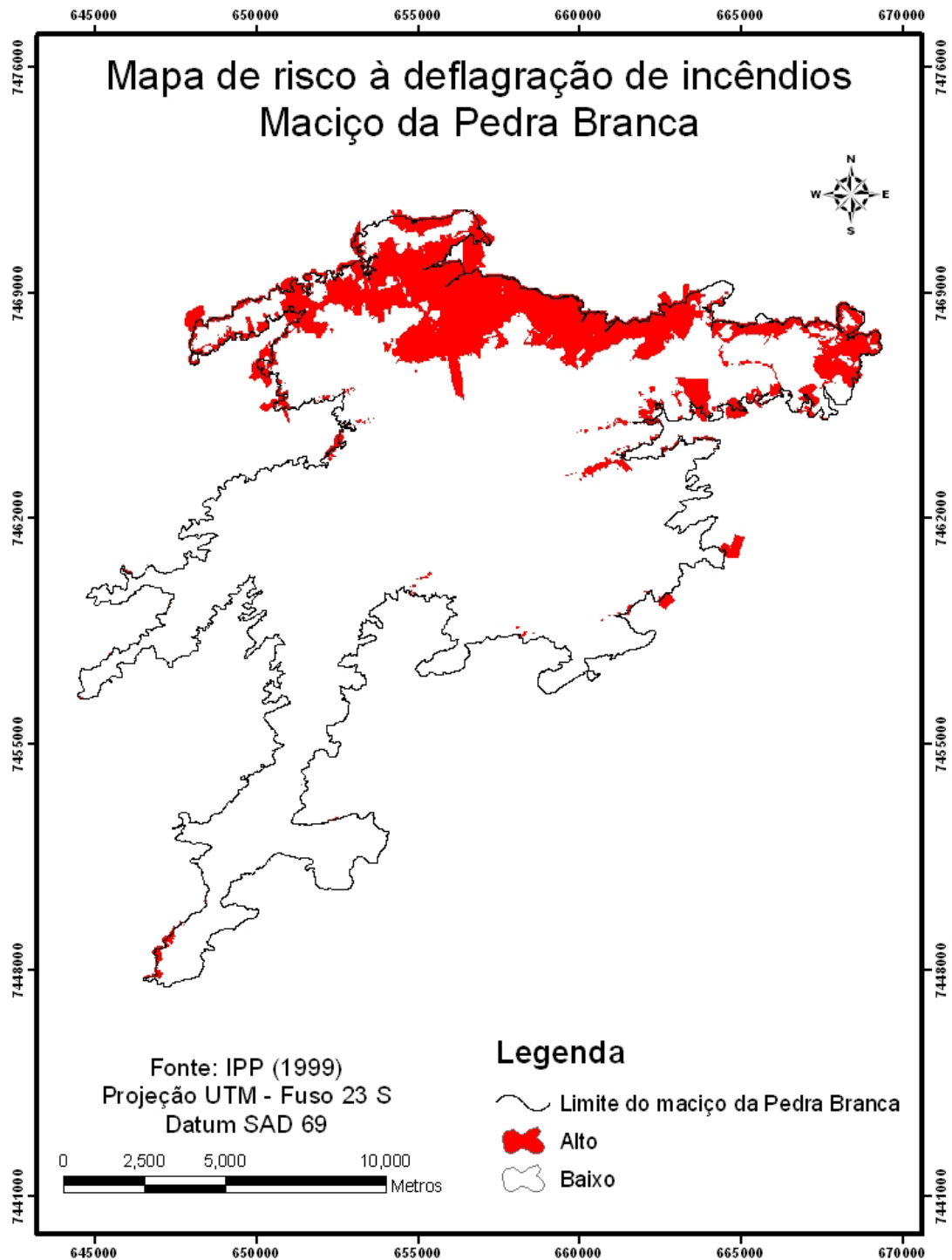
Os setores foram selecionados de acordo com a variável socioeconômica que indica os domicílios particulares permanentes em que o destino final do lixo produzido pelas residências é queimado. Os setores que apresentam algum registro de queima de lixo foram considerados e, posteriormente, delimitados pelas áreas urbanas, extraídas do mapa de uso e cobertura do solo - 1999, apontando 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 utilizando o método analítico-integrativo (figura 44).



**Figura 44: Esquema ilustrativo da metodologia aplicada para elaboração do mapa de risco à deflagração de incêndios no maciço da Pedra Branca.**

O mapa de risco à deflagração de incêndios (figura 45) apresenta, assim como o mapa de uso e ocupação do solo, que a vertente norte apresenta-se bastante urbanizada. As diversas vias e acessos que se encontram dentro das áreas com baixo risco, proporcionam possíveis entradas de visitantes ao Parque Estadual da Pedra Branca que podem oferecer algum risco de incêndio ou de outras atividades degradantes.



**Figura 45: Mapa de risco à deflagração de incêndios do maciço da Pedra Branca**

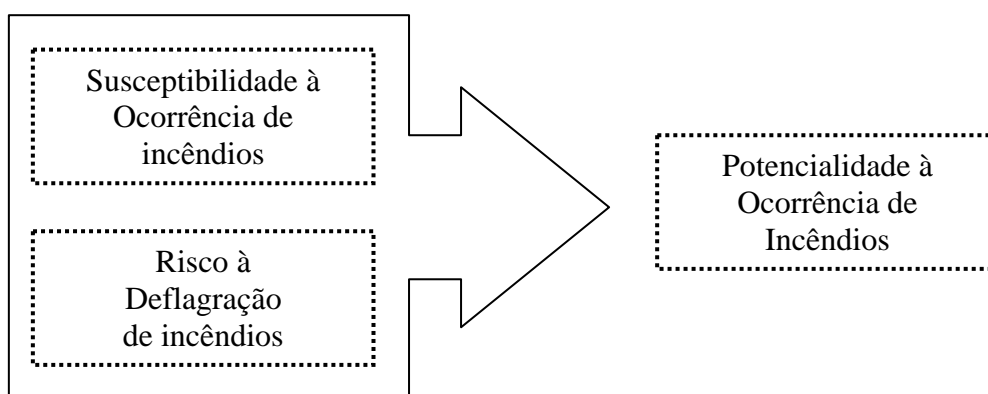
É importante destacar, portanto, que o estudo do risco à deflagração de incêndios é ferramenta essencial à metodologia do Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios por traduzir a atuação da presença humana, alterando e acelerando a dinâmica da paisagem.

Ainda dentro da metodologia em questão, o mapa de risco à deflagração complementa a susceptibilidade à ocorrência de incêndios no que tange à presença humana na área de estudo.

Os dados dos setores censitários proporcionaram uma localização do fenômeno da queima de lixo dentro das áreas vegetadas quando observados em conjunto com as áreas urbanas do uso e cobertura do solo, esse fator torna importante a observação mais próxima da realidade dentro de cada setor censitário urbano.

#### 4.2.7. Potencialidade à ocorrência de incêndios (anual):

Os incêndios florestais são provenientes da ação humana e também de diversas variáveis relacionadas à paisagem. Diante disso, o estudo em questão visa utilizar o risco que é observado como oriundo do homem e a susceptibilidade que faz parte de condicionantes ambientais (figura 46).



**Figura 46: Sobreposição dos dados de susceptibilidade e risco à deflagração de incêndios resultando na potencialidade à ocorrência de incêndios.**

A potencialidade à ocorrência de incêndios é elaborada através das características apontadas e relacionadas à realidade da paisagem. Na tabela 10 esses parâmetros são apresentados e registram como foram abordadas as variáveis localizadas nos mapas de risco e susceptibilidade que proporcionaram a geração da potencialidade durante a utilização do método analítico-integrativo.

**Tabela 10. 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

Algumas áreas da susceptibilidade foram indicadas como “Áreas não vegetadas”, 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. As áreas identificadas como queimadas nas ortofotos foram utilizadas como parâmetro principal da metodologia. Foram sobrepostas com a potencialidade e trouxeram resultados importantes, no que tange à utilização da radiação solar como fator importante dentro da variável de susceptibilidade que proporcionou maior refinamento metodológico.

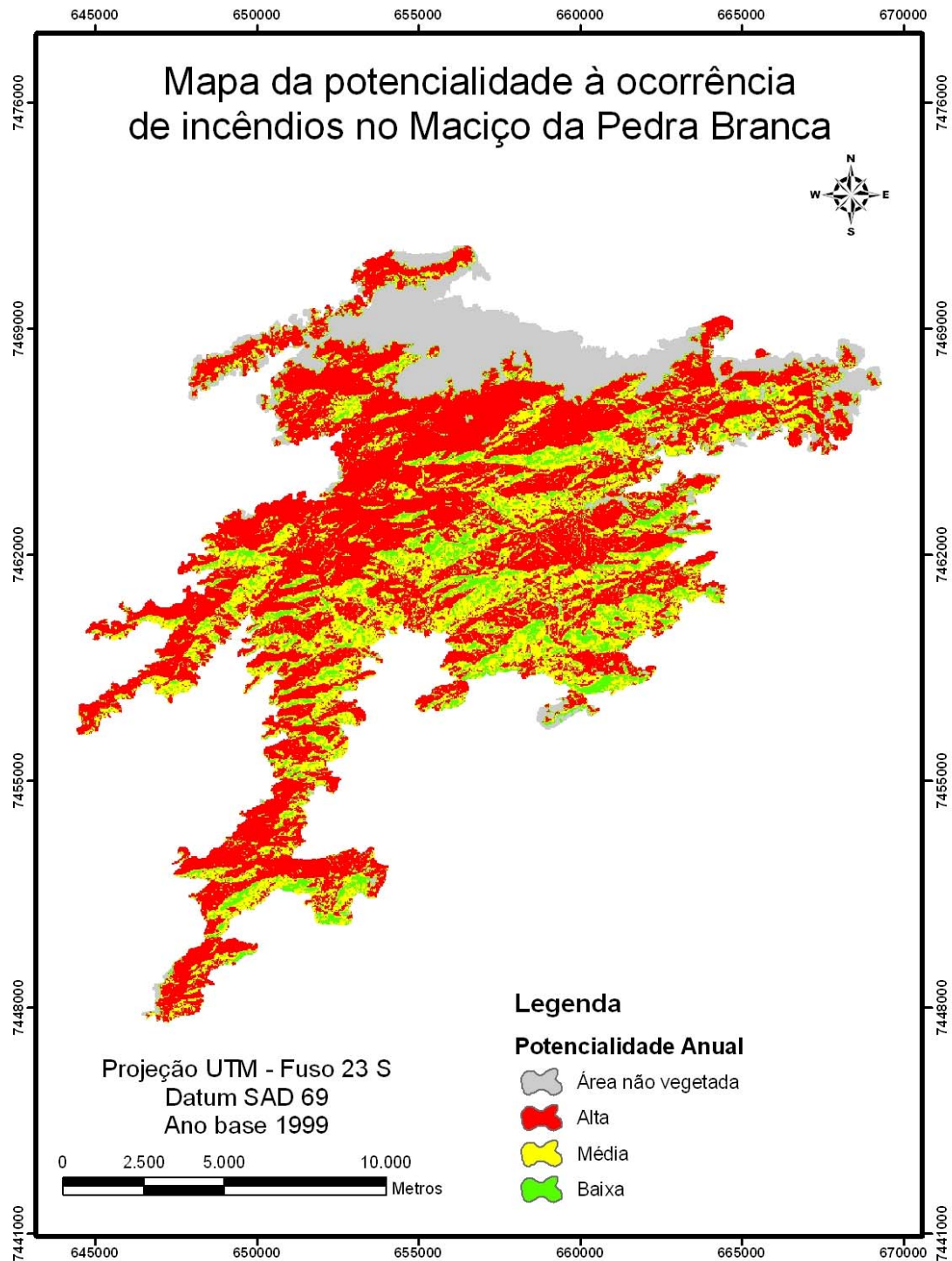
Outras informações foram utilizadas para conhecimento e possibilitar aprimoramento da metodologia que foram os dados do sensor MODIS, os incêndios identificados em campo e as informações das estatísticas de incêndios florestais do IEF.

O mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios do maciço da Pedra Branca (figura 47) apresenta-se com classes de alta potencialidade, média potencialidade e baixa potencialidade, além de áreas que não possuem susceptibilidade a incêndios que portanto não são classificadas pela não existência de áreas de vegetação.

Dentre as classes, a que obteve maior resultado foi a de alta potencialidade, isso mostra que o maciço da Pedra Branca encontra-se com uma grande quantidade de variáveis que possibilitam a combustão da biomassa existente.

As áreas de baixa potencialidade ocupam principalmente as vertentes voltadas para o sul e que possuem concomitantemente baixa radiação solar. O parâmetro de radiação solar proporcionou maior detalhamento dessas áreas além das áreas com média e alta potencialidade.

Visando aprimorar ainda mais a metodologia, foram utilizadas variáveis relacionadas a pluviosidade no capítulo 5 proporcionando, assim a potencialidade vista de acordo com alguns períodos do ano classificados como chuvosos e secos.



**Figura 47: Mapa da potencialidade à ocorrência de incêndios no maciço da Pedra Branca.**

#### **4.2.8. Análise dos mapas e validação:**

A metodologia do mapeamento geológico da potencialidade à ocorrência de incêndios é validada através de dados provenientes de fontes diversas e que proporcionam observar de maneira mais detalhada a qualidade do mapeamento

realizado e busca de aprimoramento do mesmo. Os dados utilizados encontram-se na tabela 11 que apresenta ainda como são apresentados no âmbito do geoprocessamento e o grau de validação dentro do estudo.

**Tabela 11: Dados utilizados para análise dos mapas e validação da metodologia**

Fonte do dado	Período	Representação	Validação/Suporte
IPP	1999	Polígono	Validação
MODIS (INPE)	2002-2005	Ponto	Suporte
Campo	2002-2007	Ponto	Suporte
IEF	2006-2007	Ponto	Suporte

Conforme a tabela 11, todos os dados pontuais serão utilizados como suporte a validação do mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios, isso se deve a fatos como o grau de acuidade do dado.

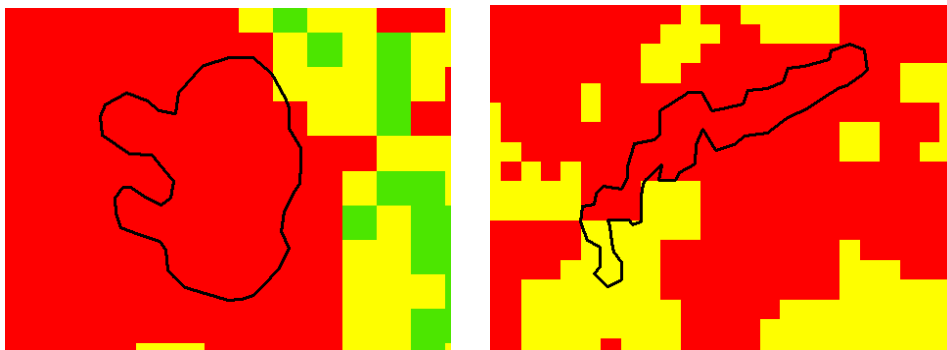
Os dados do MODIS possuem parâmetros bastante interessantes como a periodicidade da detecção dos eventos de incêndio, mas não dão a certeza da ocorrência dos mesmos. Quando essa informação é confrontada com os dados do IEF, é percebida apenas a ocorrência coincidente de um evento que não foi georreferenciado (Serra do Barata – 30/08/2005, vide anexo 1). Este evento no caso do MODIS é detectado por duas vezes devido a transposição do pixel ou a área queimada é bastante representativa? Além disso, o MODIS possui uma detecção que é representada em pixel de 1 km x 1 km, adaptando à escala aplicada deste estudo, como um dado que serve como suporte a validação.

Os dados de campo apontam três incêndios florestais que não puderam ter a localização exata e nem o tamanho da área. São informações importantes por pertencerem à área da vertente sul, mais exatamente as áreas da bacia do Camorim que apresenta diversos estudos como os de PENNA FIRME *et al.* (2005) além de outros pesquisadores.

Diante das características apresentadas, observa-se que as informações mais apropriadas à validação do estudo são provenientes das ortofotos do IPP que inclusive aconteceram na mesma época do registro das ortofotos que geraram o mapa de uso e cobertura do solo. Essas informações foram mapeadas e transformadas em dois polígonos que foram utilizados como validadores da metodologia em questão.

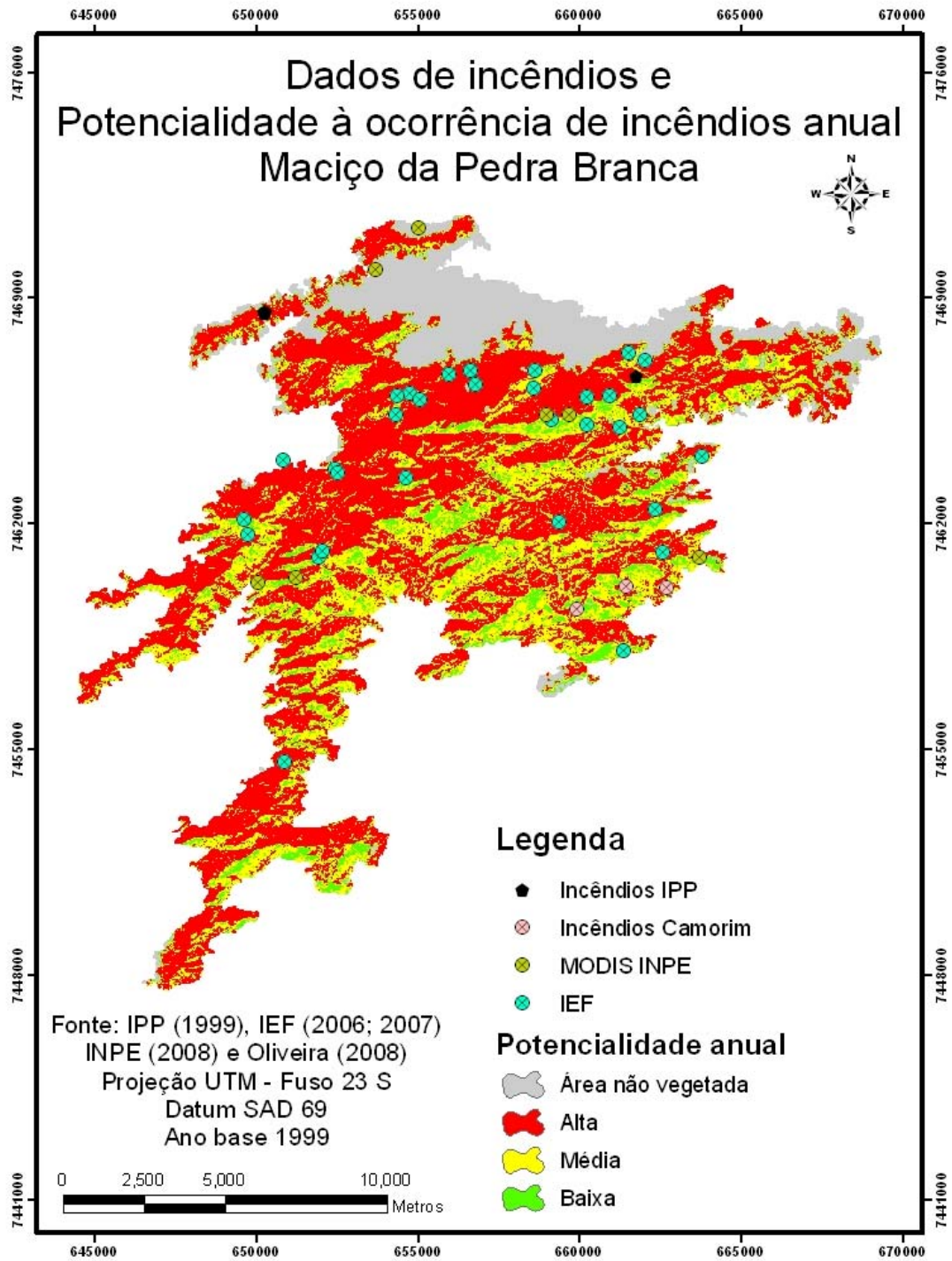
As áreas identificadas como queimadas nas ortofotos foram sobrepostas com a potencialidade e trouxeram resultados importantes à metodologia, no que tange à utilização da radiação solar como fator importante dentro da variável de susceptibilidade que proporcionou maior refinamento metodológico.

Os resultados da potencialidade apontaram para as áreas identificadas (Figura 48) através da metodologia realizada percentuais expressivos de alta (94%) e média potencialidade (6%) que indicam boa aceitação das variáveis utilizadas.



**Figura 48: Relação entre a potencialidade à ocorrência de incêndios e áreas identificadas**

Esses resultados proporcionaram um excelente aproveitamento da metodologia do mapeamento geocológico e a posterior tentativa de sobreposição dessas informações produzidas com os dados de suporte de validação verificando assim outras observações conforme observamos na figura 49 e na tabela 12.



**Figura 49: Sobreposição dos dados de suporte para a validação com o resultado da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Maciço da Pedra Branca**



**Tabela 12: Estatística dos pontos utilizados como suporte da validação em relação à potencialidade à ocorrência de incêndios anual no maciço da Pedra Branca**

Potencialidade	Quantidade de pontos	Percentual	Percentual sem área não vegetada
Área não vegetada	3	6,8 %	-
Alta	26	59,1 %	63,4%
Média	4	9,1 %	9,7%
Baixa	11	25 %	26,8%
<b>TOTAL DE PONTOS</b>	<b>44</b>	<b>100 %</b>	<b>100%</b>

Os resultados do mapa apontaram para uma boa observação da classe de alta potencialidade (63,4%) quando verificamos os pontos de suporte da validação. Esse resultado é importante porque aponta que mesmo com a diversidade de fontes de dados utilizados, sem utilizar o tamanho real das áreas queimadas proporcionou um percentual de 73,1% para potencialidade média e alta. Os incêndios analisados como potencialidade baixa são provenientes do IEF (10 incêndios) que possuem metodologia em construção e com necessidade de maiores cuidados nas informações sobre a obtenção das coordenadas geográficas e 1 adquirido em campo (OLIVEIRA, 2008).

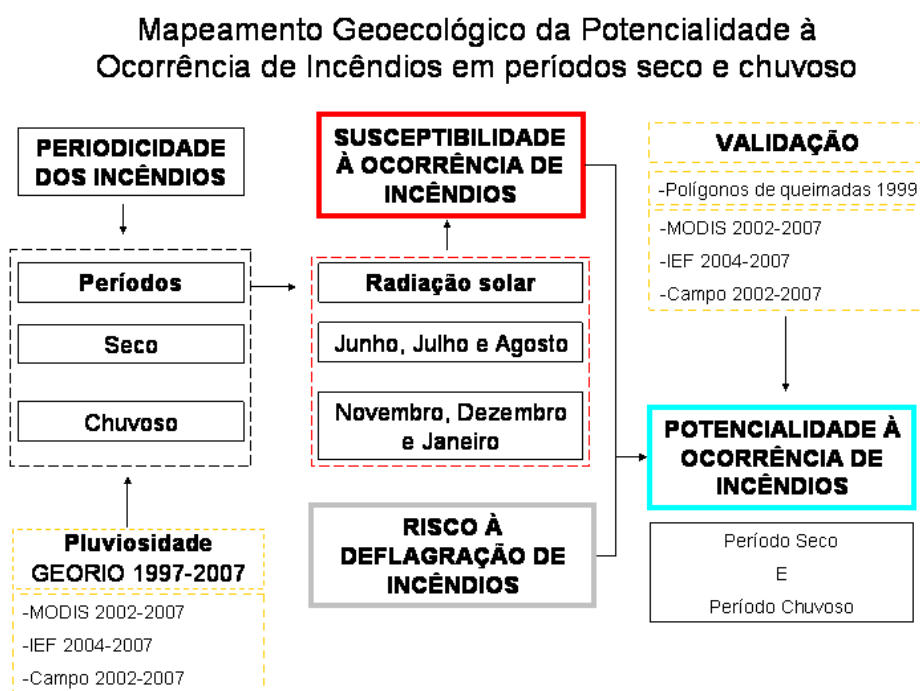
Os dados do MODIS correspondem a 7 pontos de focos de calor e proporcionaram o resultado de 4 pontos para alta potencialidade, 2 pontos para área não vegetada e 1 ponto para média. Esses resultados são interessantes em vista que os dados do MODIS correspondem ao centro do pixel de 1 km x 1 km e não a localização exata do evento existindo alguns cuidados inseridos na informação.

## 5. MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS

Este capítulo trata dos materiais e métodos do Mapeamento Geológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios utilizando como referencial os períodos secos e chuvosos observados no entorno do maciço da Pedra Branca. A análise dos resultados será abordada com base nesses períodos relacionados aos apresentados no capítulo 4 que trata da potencialidade anual de 1999.

### 5.1. MATERIAIS E MÉTODOS DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS

O fenômeno dos incêndios depende de diversos fatores climatológicos conforme já foram abordados em capítulos anteriores. O estudo em questão apresenta neste capítulo o refinamento da metodologia aplicada com base nos períodos seco e chuvoso visando utilizar duas dinâmicas relacionadas à susceptibilidade à ocorrência de incêndios através de diferentes parâmetros de radiação solar adotados (Figura 50).



**Figura 50: Metodologia do mapeamento geológico dos incêndios realizado em períodos seco e chuvoso.**

A metodologia inicia com a observação do regime de chuvas existente na área de estudo e, com base nesses dados, construir mapas de radiação solar referentes a esses

meses e ao ano base do estudo que é de 1999. Posteriormente, gerada a susceptibilidade à ocorrência de incêndios e utilizando o risco à deflagração de incêndios serão gerados os mapas de potencialidade à ocorrência de incêndios dos períodos seco e chuvoso que serão validados com dados de incêndios.

### 5.1.1. Aquisição de dados pluviométricos e metodologia de elaboração dos mapas pluviométricos dos períodos chuvoso e seco no entorno da área de estudo

A Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (GEORIO) desde de 1997 implantou um sistema de alerta que visa informar a população da Cidade do Rio de Janeiro através da emissão de boletins de alerta para previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações nas vias públicas além de deslizamentos.

O sistema possui um total de 32 estações pluviométricas automáticas (Figura 51), imagens de radares meteorológicos, detector de raios, dados climáticos de duas estações meteorológicas, imagens de satélite e informações disponíveis via Internet. Essas informações são analisadas na sede da GEORIO por geotécnicos e meteorologistas que ficam de plantão 24 horas por dia, segundo a própria instituição.

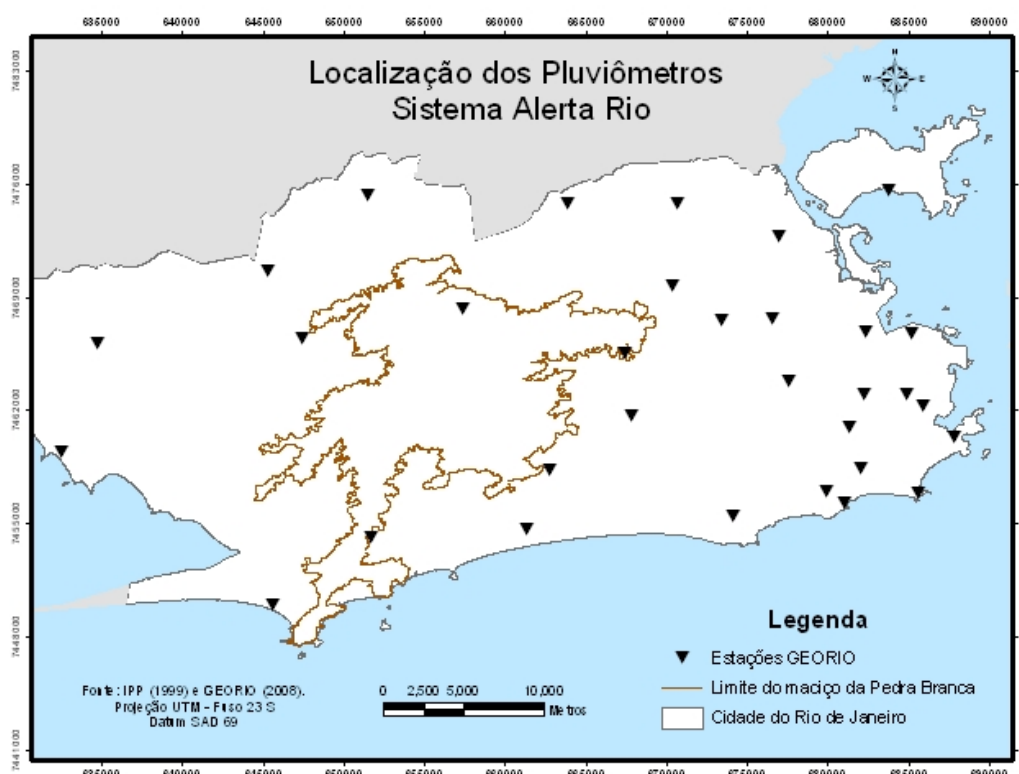


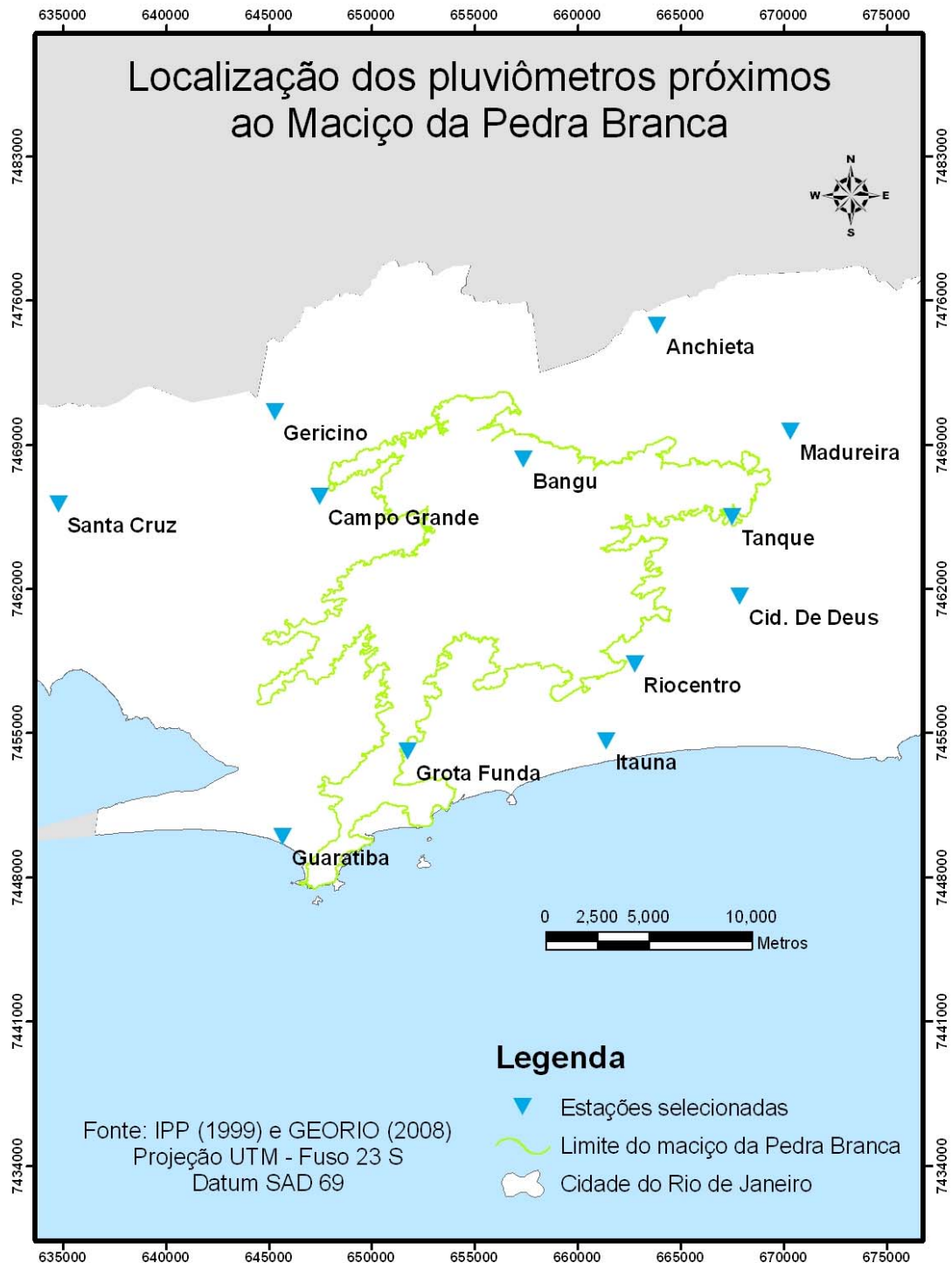
Figura 51: Localização dos pluviômetros do Sistema Alerta Rio

As informações das estações pluviométricas desde a implantação do sistema em 1997 até os dias atuais encontra-se disponibilizada no site da Fundação GEORIO (<http://www.rio.rj.gov.br/alertario/>) que atualiza esses dados a cada meia hora. Com base na média dos totais pluviométricos mensais, anuais além das estações de meses mais secos e meses chuvosos foram construídos mapas pluviométricos para apresentar o regime de chuvas no entorno do maciço da Pedra Branca.

Os mapas pluviométricos foram construídos baseados no modelo isoplético com base nas médias de intensidade das chuvas dos anos de 1997-2007. O modelo isoplético de acordo com LOCH (2006), “*em contraste com um mapa coroplético, o mapa isoplético ou isolinhas mostra claramente em que direções os valores ou intensidades de um fenômeno crescem ou decrescem*”.

A pluviosidade foi observada pela temporalidade anual, referente a todos os meses do ano; período seco, que consta os três meses com menores índices pluviométricos e; período chuvoso que corresponde aos meses com maiores registros de chuva.

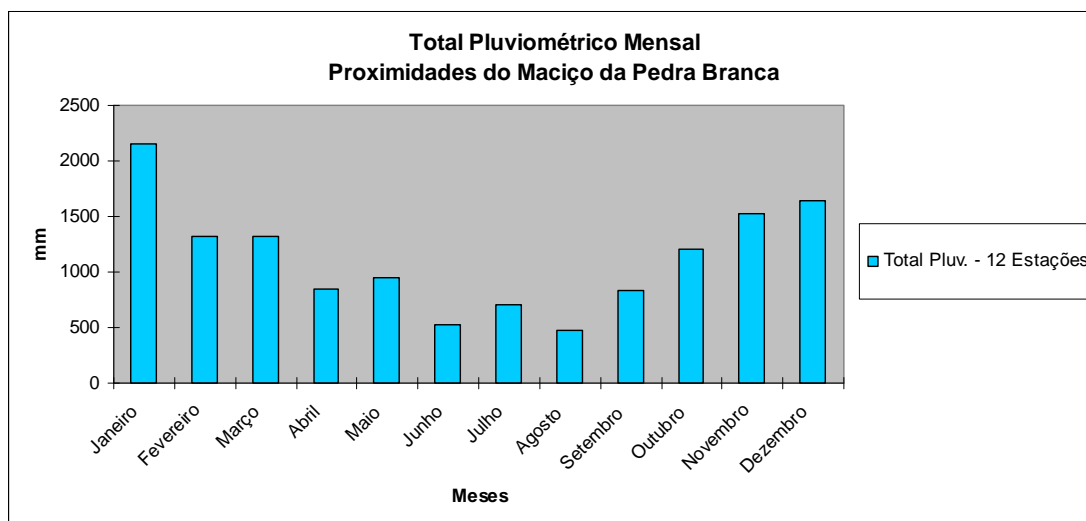
Os períodos chuvosos e secos foram definidos a partir da utilização das informações de 12 estações pluviométricas localizadas nas proximidades para obtenção dos dados de maneira mais próxima à realidade da área de estudo (figura 52). As estações selecionadas foram as de Madureira, Bangu, Tanque, Cidade de Deus, Riocentro, Guaratiba, Gericinó, Santa Cruz, Anchieta, Grota Funda, Campo Grande e Itaúna.



**Figura 52: Localização das 12 estações pluviométricas utilizadas para a obtenção dos períodos chuvoso e seco**

Os dados referentes às estações selecionadas foram tabulados e resultam na figura 53 que apresenta o total pluviométrico mensal das proximidades da área de

estudo. Os meses de novembro, dezembro e janeiro verificam-se como os mais chuvosos e os de junho, julho e agosto como os meses mais secos.



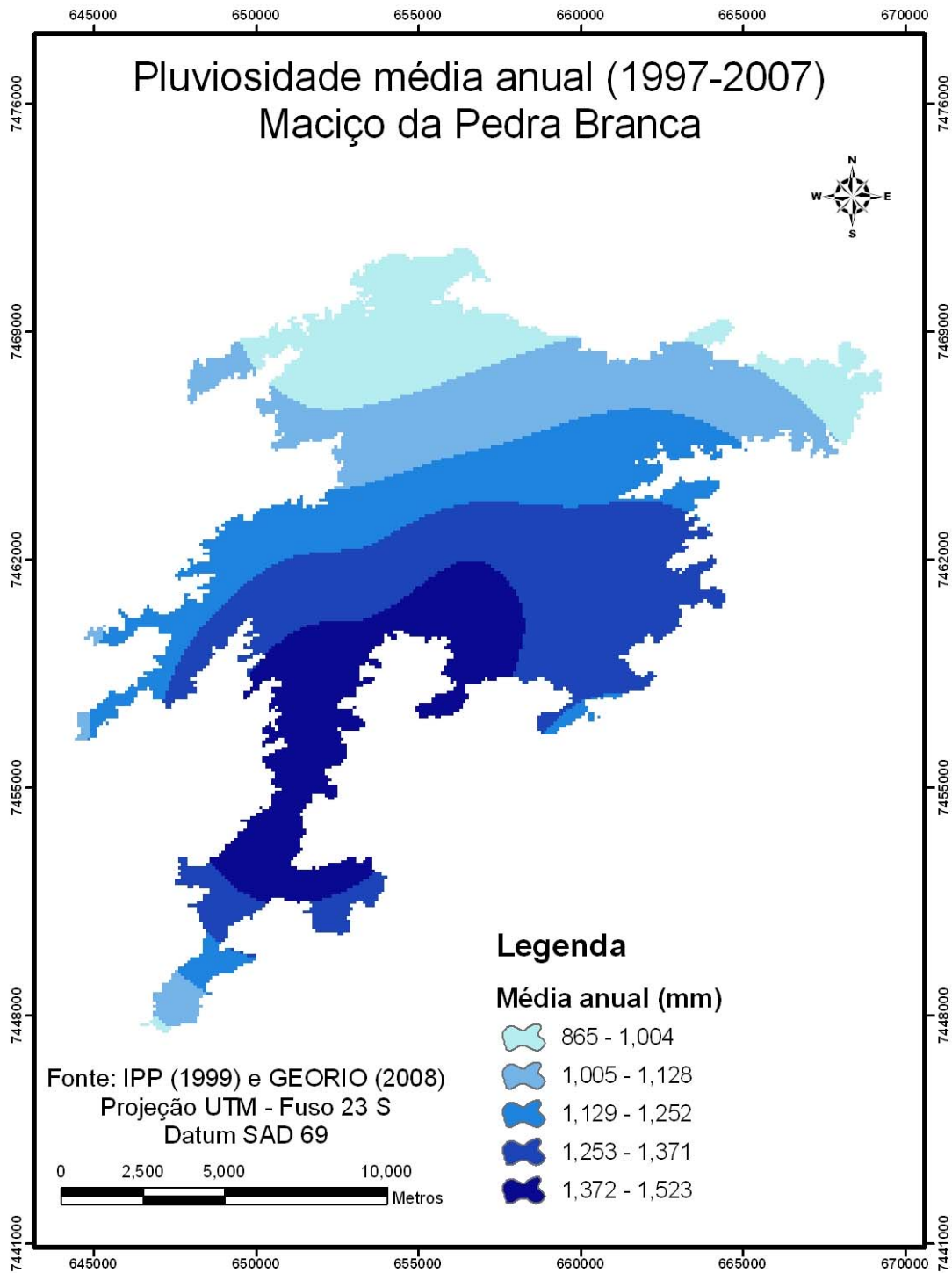
**Figura 53: Distribuição da média do total pluviométrico mensal (1997-2007) nas proximidades do maciço da Pedra Branca.**

Os meses citados serão utilizados para elaboração dos mapas pluviométricos dos períodos seco e chuvoso para análise com os dados de incêndio utilizados na validação.

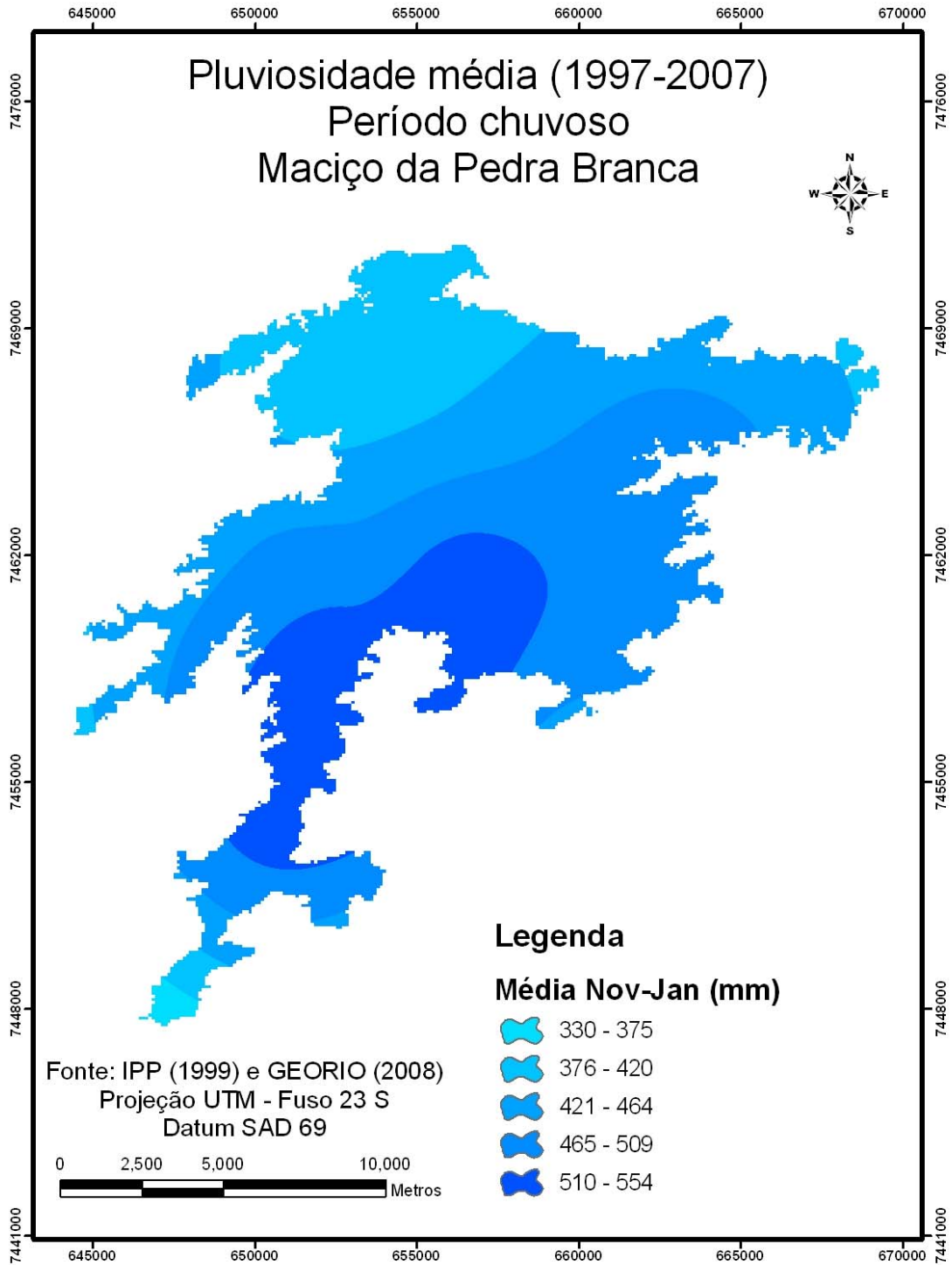
#### **5.1.1.1. Construção dos mapas pluviométricos dos períodos chuvoso e seco**

As informações dos pluviômetros da GEORIO foram tabuladas e ajustadas em planilhas para cálculo das médias de chuva no software Microsoft Excel que possibilitou a exportação dos dados para o ArcGis 9.2. Em ambiente SIG, após as informações serem georreferenciadas em pontos, foi possível a geração das isopletas por meio do método interpolador spline, que gerou os mapas pluviométricos anual, período chuvoso e período seco (Figuras 54, 55 e 56).

É importante salientar que não foi feito nenhum ajuste na interpolação gerada, mas mesmo assim o mapa resultante mostrou-se satisfatório em relação aos conhecimentos do comportamento pluviométrico da área. Vale ressaltar que esses ajustes seriam necessários a partir do momento em que a interpolação não leva em consideração o relevo, considerando a área isotrópica, o que poderia afetar o mapeamento proposto.

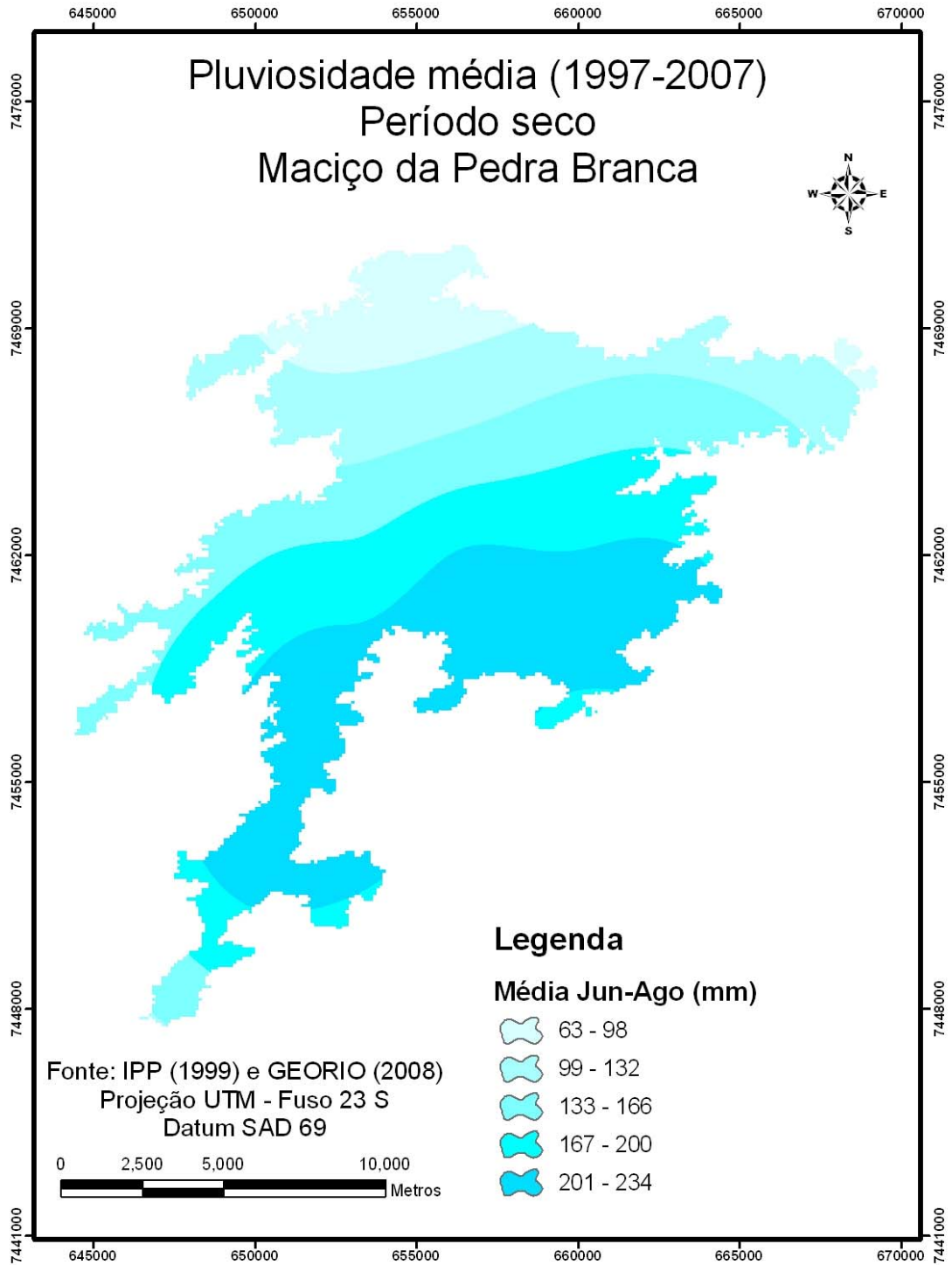


**Figura 54: Mapa pluviométrico anual do maciço da Pedra Branca**



**Figura 55: Mapa pluviométrico do período chuvoso**





**Figura 56: Mapa pluviométrico do período seco**

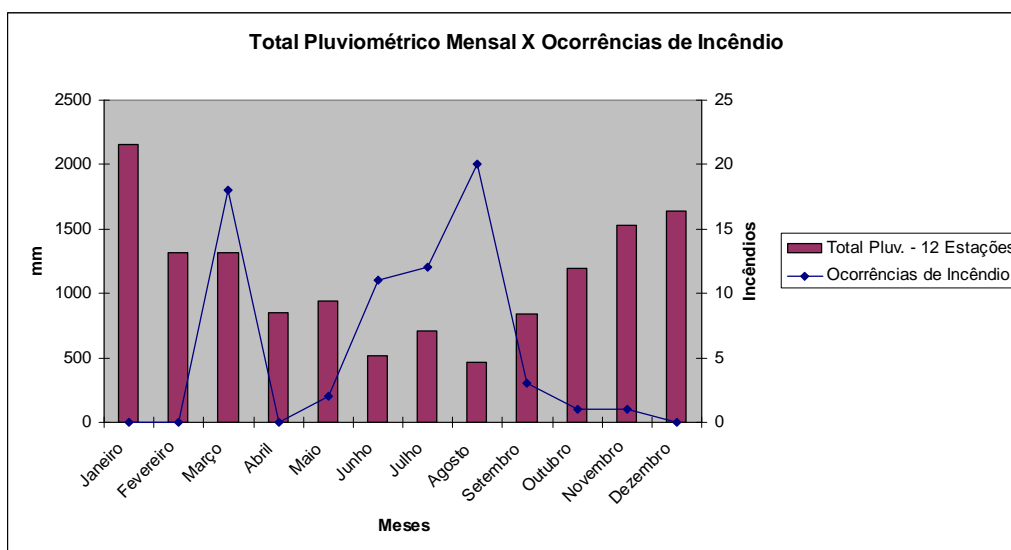
### 5.1.2. Aquisição de dados de incêndios florestais

Os dados relativos aos incêndios florestais foram adquiridos de diversas fontes dentre as quais destacamos as ortofotos do Instituto Pereira Passos (IPP) que registraram duas queimadas que ocorreram durante o ano de 1999, que foi tomado como ano base deste estudo.

As queimadas extraídas das ortofotos foram utilizadas como principal validador da pesquisa pelo fato de serem do mesmo período da grande maioria dos dados utilizados que representam melhor a realidade do ano de 1999. As ortofotos foram adquiridas durante os meses de Abril e Junho deste ano, que estão próximos ou fazem parte do período seco.

Outras informações serão utilizadas como suporte da validação, visto que apontam incêndios ou focos de calor (no caso do INPE) detectados a partir de 2002. As informações provenientes do Instituto Estadual de Florestas (IEF) correspondem a 35 incêndios florestais que ocorreram nos anos de 2006 e 2007. O INPE disponibilizou 7 focos de calor que podem ser a representação de possíveis incêndios que ocorreram entre os anos de 2002 a 2007. Os últimos dados correspondem a 3 incêndios que ocorreram na bacia do Camorim, na vertente sul do maciço e que foram disponibilizados pelo conhecimento de campo do Prof. Rogério Oliveira.

A periodicidade dos incêndios é disponibilizada pelas fontes e pode ser percebida na figura 57 em que estão relacionadas junto à média mensal da pluviosidade obtida das 12 estações da GEORIO.



**Figura 57: Ocorrências de incêndios (2002-2007) e pluviosidade média mensal (1997-2007)**

O gráfico evidencia que os meses de junho, julho e agosto possuem grande incidência de incêndios florestais e fazem parte dos meses com menores totais pluviométricos. O mês de março apresenta 18 incêndios que ocorreram em 2007 quando este mês teve um total mensal de chuvas muito abaixo do normal.

Os meses de novembro, dezembro e janeiro possuem uma relação interessante entre o total pluviométrico médio mensal e os incêndios, desta forma foram confirmados como os meses mais chuvosos.

### **5.1.3. Radiação solar dos períodos chuvoso e seco**

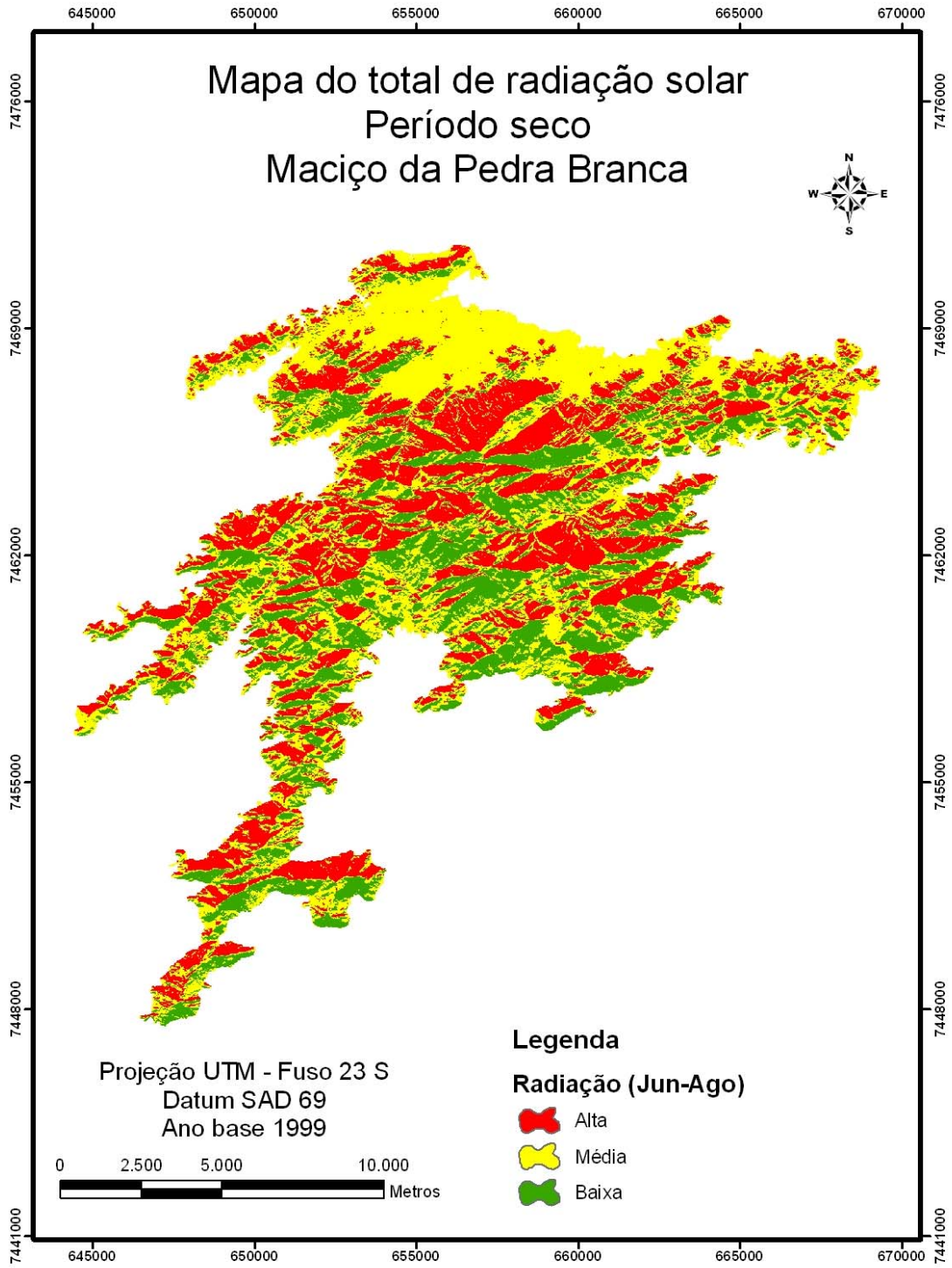
Os parâmetros de radiação solar foram gerados no software ArcGIS 9.2, através da ferramenta *Area solar radiation*, que permite construir procedimentos para aquisição dos parâmetros do total de radiação anual referente ao ano de 1999, utilizado no capítulo 4. Utilizando os dados de pluviosidade que apontaram os meses mais chuvosos e secos, foram construídos os mapas de total de radiação solar referentes aos meses verificados.

O conhecimento da pluviosidade e a observação da dinâmica dos incêndios possibilitaram uma melhor verificação dos períodos adotados para os mapas de radiação solar. Para a radiação do período seco (figura 58) foram indicados os dias dos meses de junho, julho e agosto de 1999 e, no período chuvoso (figura 59) foram adotados os meses de novembro e dezembro de 1999 e janeiro de 2000.

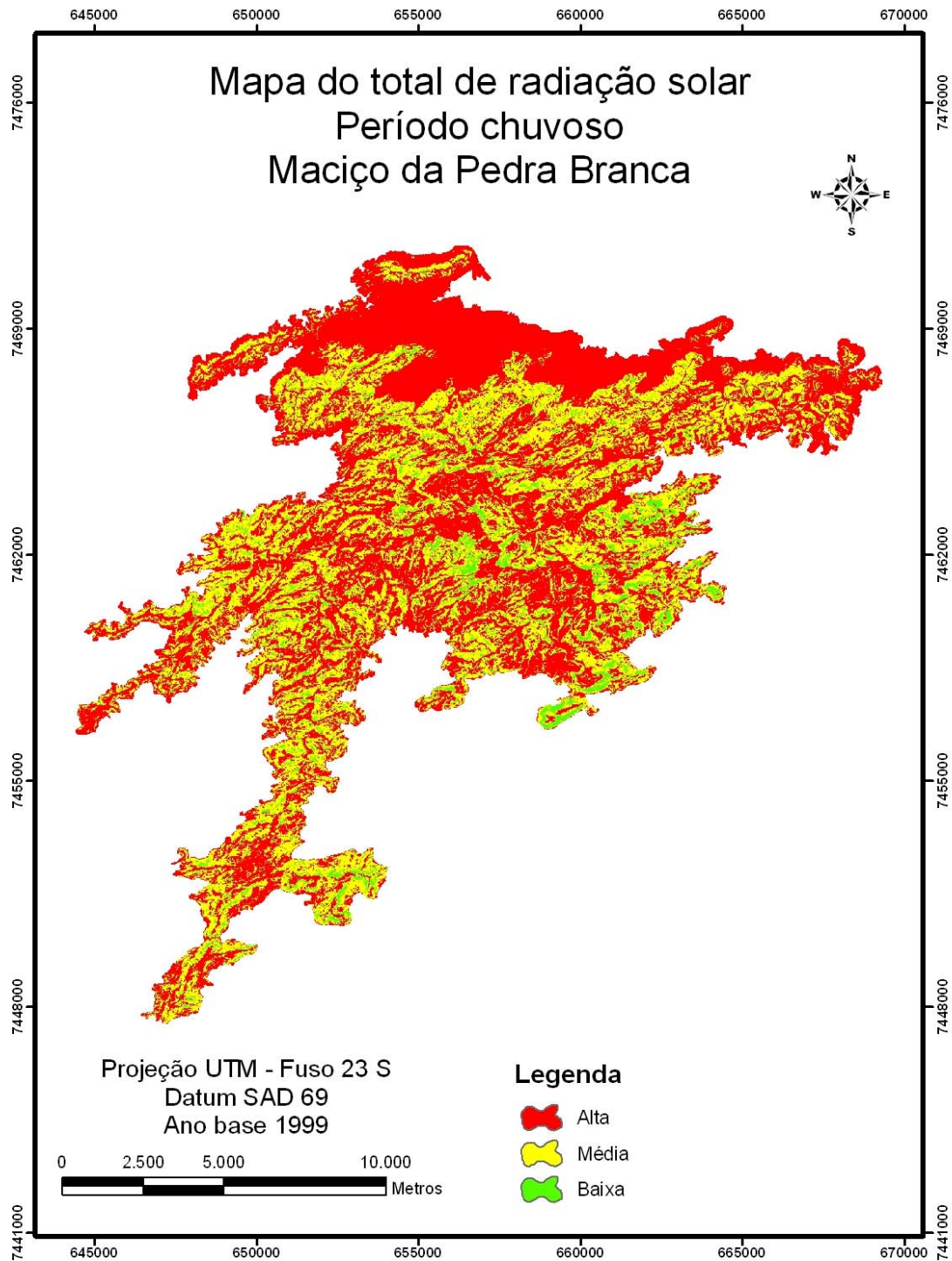
A radiação solar apresenta resultados que levam em consideração as altitudes, a orientação das encostas e a periodicidade dos meses em estudo que proporciona diversidade de resultados de acordo com a época do ano.

Os resultados iniciais proporcionam a observação do detalhamento do período seco como o que tem as áreas de radiação alta, média e baixa mais distribuídas. Isso se deve ao fato de que o posicionamento do sol em relação ao hemisfério sul durante o inverno proporciona tempo seco e com menor quantidade de chuvas. Esse afastamento do sol e a menor pluviosidade proporcionam maior susceptibilidade aos incêndios.

O período chuvoso apresenta maior quantidade de registros de alta radiação devido ao verão e à conseqüente proximidade do sol no hemisfério sul. O grande total de radiação observado proporciona maior evaporação e regimes pluviométricos mais elevados que proporcionam maior umidade na vegetação e a conseqüente redução na quantidade de incêndios durante essa época do ano.



**Figura 58: Total de radiação solar do período seco**



**Figura 59: Total de radiação solar do período chuvoso**

Os mapas de total de radiação solar gerados proporcionam um refinamento importante na metodologia do Mapeamento Geocológico da Potencialidade à Ocorrência de incêndios pelo fato da inserção dos períodos seco e chuvoso na Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios, proporcionando assim, uma análise dos

resultados referentes aos incêndios florestais mais eficiente e completa se comparada ao período anual que será observado posteriormente.

## **5.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MAPEAMENTO GEOECOLÓGICO DA POTENCIALIDADE À OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS EM PERÍODOS CHUVOSO E SECO**

A paisagem sofre influência de diversos fatores ambientais que a compõem. A modificação de algum desses fatores pode provocar grandes mudanças em diversas outras variáveis existentes na paisagem. Os incêndios sofrem influência diretamente das variáveis climáticas que podem proporcionar o ressecamento da vegetação ou a concentração de umidade que torna difícil o início da formação desse fenômeno.

A dinâmica das mudanças existentes na paisagem torna necessária uma observação mais aprofundada e que possibilite a predição de ações de maneira ágil e eficaz durante o combate ao fenômeno dos incêndios. Um exemplo disso ocorreu durante março de 2007, em que a redução do regime pluviométrico tornou o mês com o maior número de ocorrência de incêndios daquele ano segundo dados do IEF.

A verificação e obtenção dessas informações relacionadas ao clima são observadas através da Susceptibilidade à Ocorrência de Incêndios que construída com essas variáveis de forma das encostas, de combustibilidade e o total de radiação solar elaborado de acordo com o período de estudo é um produto importante para a metodologia do Mapa Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios dos períodos seco e chuvoso.

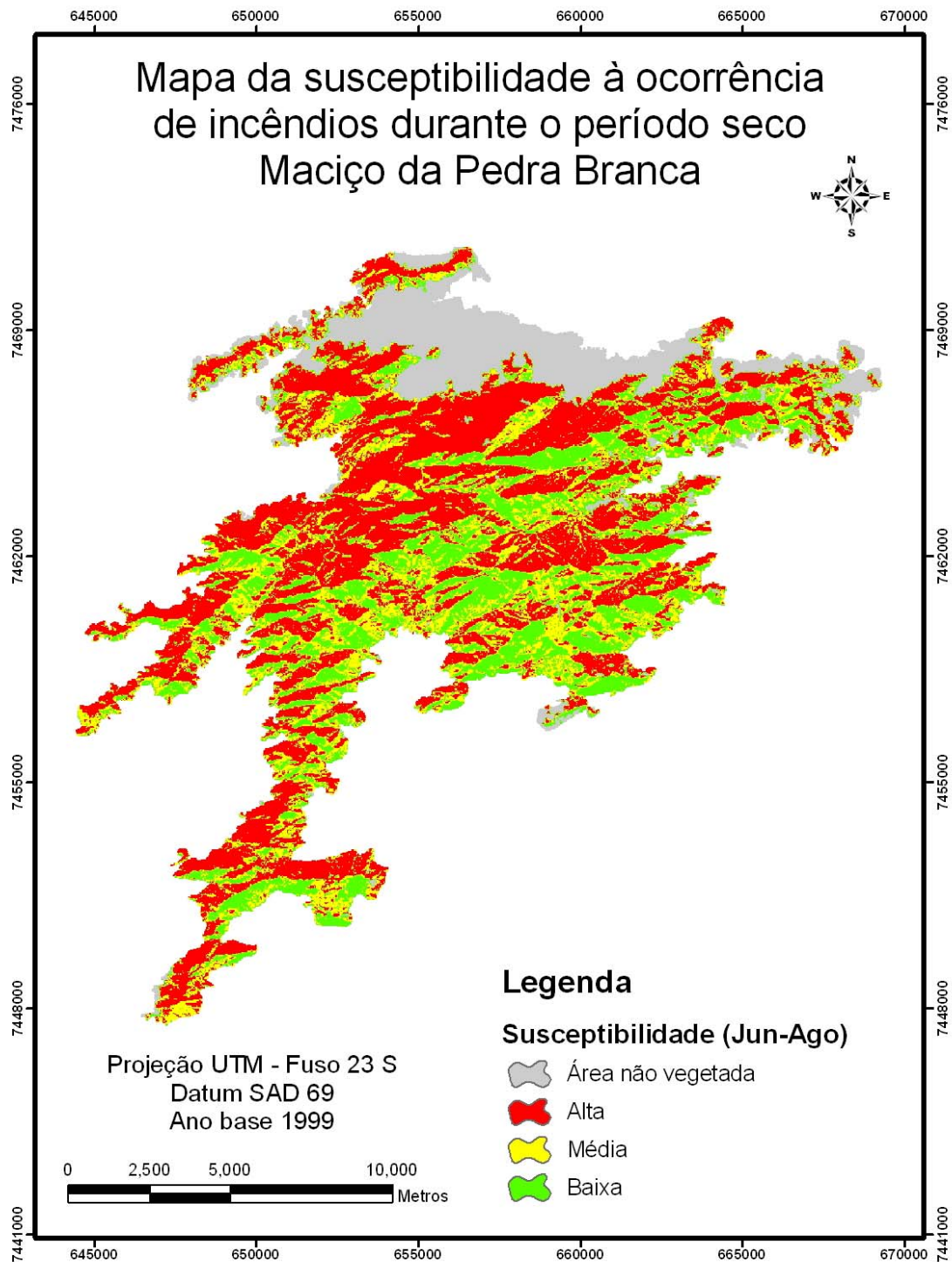
### **5.2.1. Susceptibilidade à ocorrência de incêndios dos períodos chuvoso e seco**

A susceptibilidade durante os períodos seco e chuvoso é verificada de acordo com dados da paisagem e a variação da radiação solar desses períodos, que são observados a partir da pluviosidade.

Os dados provenientes da paisagem foram extraídos do MDE e correspondem à forma das encostas e à radiação solar referente à média dos meses secos e chuvosos referente aos anos de 1997 a 2007. O resultado dessas variáveis é sobreposto com a combustibilidade referente ao período de estudo de 1999.

O mapa de susceptibilidade correspondente ao período seco é referente aos meses de junho, julho e agosto de 1999 e apresenta-se bastante uniforme quando são observados os efeitos das vertentes e que durante esse período influenciam

consideravelmente no ressecamento da vegetação que encontra-se diversificada (figura 60).

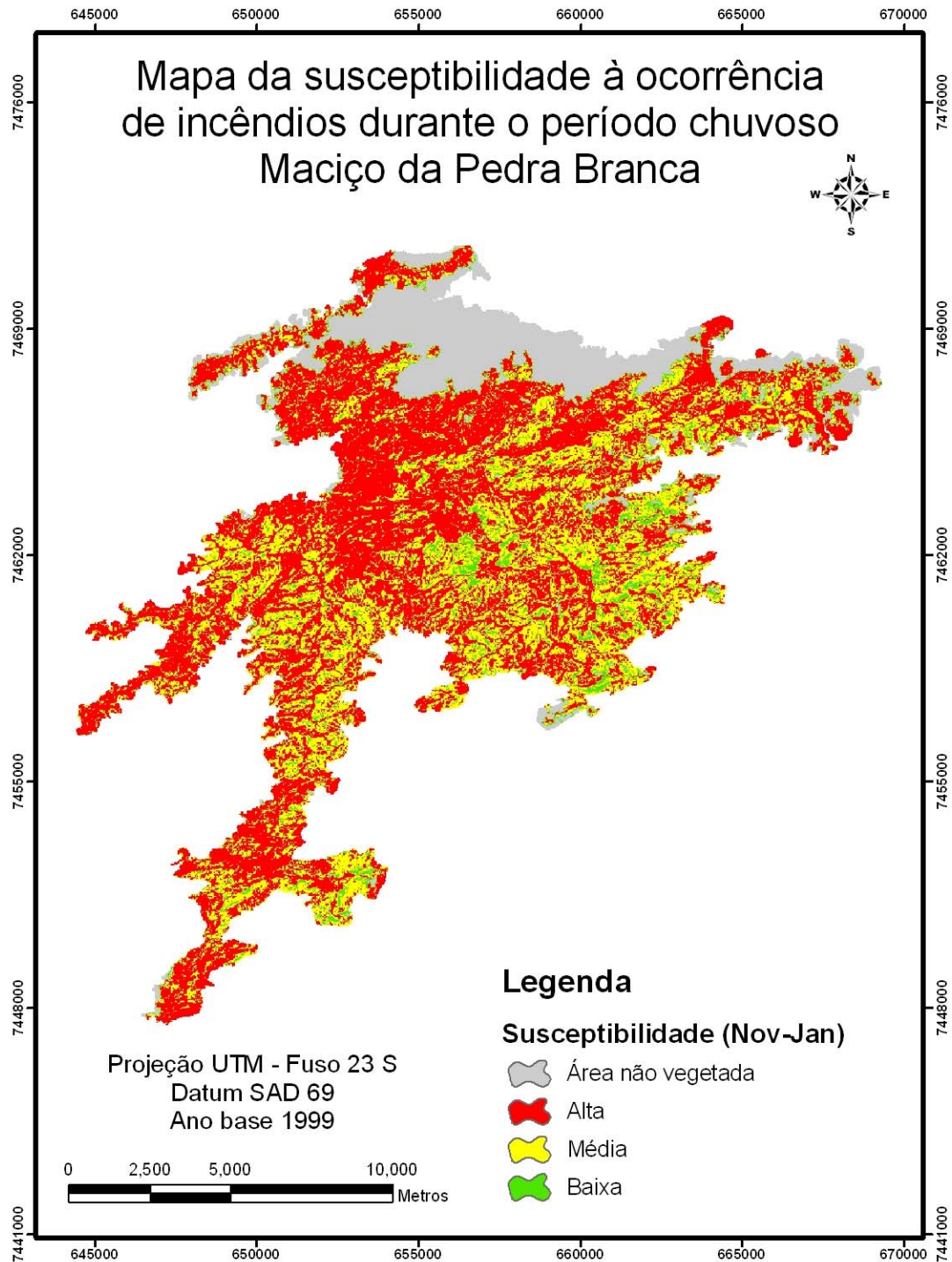


**Figura 60: Susceptibilidade à ocorrência de incêndios do período seco**

As áreas de alta e baixa combustibilidade destacam-se muito se comparadas com as áreas de média combustibilidade que são praticamente inexistentes na visualização geral do mapa. A geração da susceptibilidade relacionada ao período mais seco do ano é

importante para obtenção das áreas que exigem maiores cuidados das equipes e organizações que combatem os incêndios no maciço da Pedra Branca.

O mapa da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no período chuvoso corresponde aos meses de novembro, dezembro e janeiro, sendo os dois primeiros correspondentes ao ano de 1999 e o último ao ano de 2000 (figura 61).



**Figura 61: Susceptibilidade à ocorrência de incêndios do período chuvoso**



O mapa gerado apresentou diversidade nas áreas de susceptibilidade alta e baixa e proporcionou a observação de áreas classificadas com média susceptibilidade. A maior pluviosidade existente durante esse período proporciona a não ocorrência constante de incêndios florestais como observa-se durante o período seco que apresenta-se com baixa umidade.

Os resultados apresentados pela susceptibilidade dos dois períodos serão sobrepostos com o risco de deflagração de incêndios que proporciona o mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios.

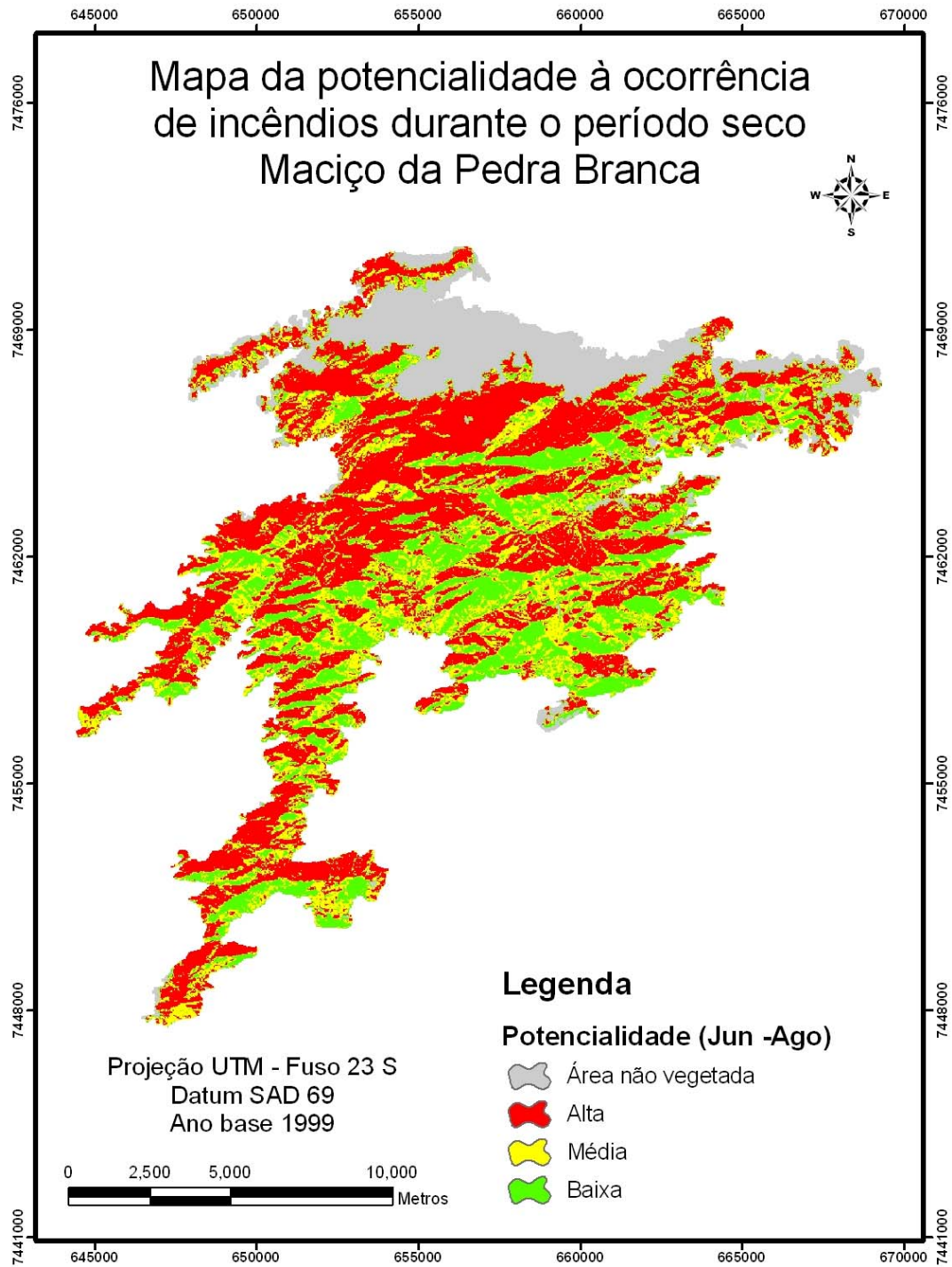
### **5.2.2. Potencialidade à ocorrência de incêndios dos períodos seco e chuvoso**

A potencialidade é observada como o resultado final da susceptibilidade e do risco que são interligados e proporcionam a obtenção de um resultado comum, que no caso deste trabalho é a predição de áreas que possuem potencialidade à incêndios florestais.

A utilização de variáveis climáticas traz um excelente ganho para a metodologia apresentada através do fato de verificar a radiação solar como elemento principal da ignição e manutenção dos incêndios no maciço da Pedra Branca que aponta a susceptibilidade desse fenômeno.

A presença humana também proporciona a deflagração dos incêndios que é apresentado através do mapa de risco que aborda a existência de vias e acessos à área de estudo além de variáveis socioeconômicas da prática de queima de lixo realizada em áreas adjacentes ao maciço da Pedra Branca.

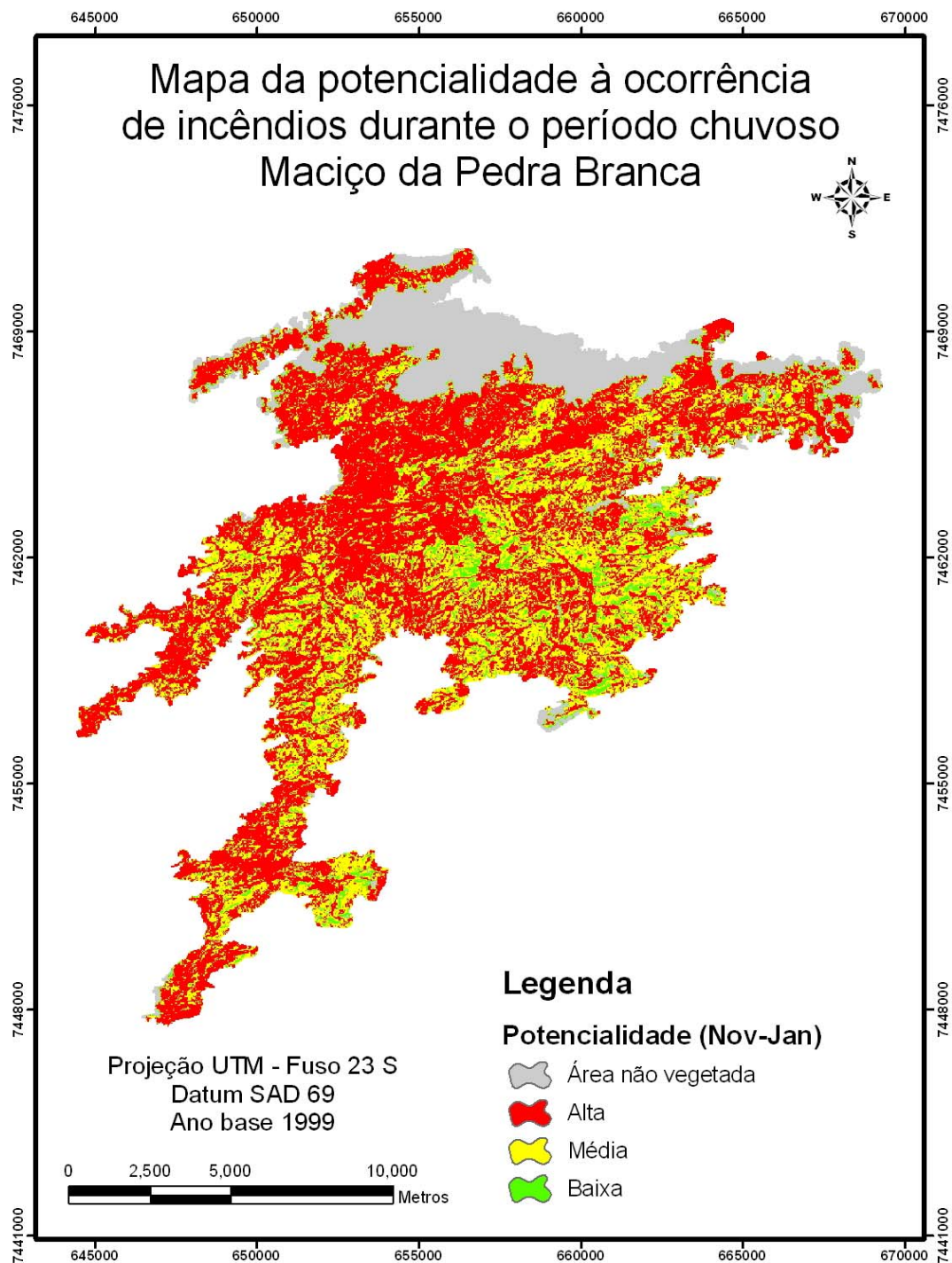
O mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios durante o período seco apresenta, em geral, considerável distribuição das classes de alta e baixa potencialidade em que verifica-se a influência das vertentes durante essa época do ano (figura 62).



**Figura 62: Potencialidade à ocorrência de incêndios durante o período seco**

Os meses do período seco apresentam baixo total pluviométrico e possibilitam a deflagração dos incêndios florestais tendo em vista ainda o uso do solo presente que proporciona diversos fatores de combustibilidade que são acrescidos ao mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios que compõe em conjunto a potencialidade à ocorrência de incêndios florestais.

Durante o período chuvoso, os efeitos da radiação solar são aliviados em comparação com o período seco devido à presença de chuvas nesse período. O mapa de potencialidade à ocorrência de incêndios do período chuvoso (figura 63) apresenta em grande parte áreas com alta potencialidade e um aumento considerável das áreas de média potencialidade que ultrapassam as áreas de baixa potencialidade menos perceptíveis.



**Figura 63: Potencialidade à ocorrência de incêndios durante o período chuvoso**

O mapa da potencialidade durante o período chuvoso apresenta disparidade em relação ao período seco quando comparados. Isso se deve ao fato de que a pluviosidade é um fator preponderante para a não ocorrência constante de incêndios durante este período.

O período chuvoso não deve ser visto como uma época não propícia aos incêndios florestais tendo em vista que também existe a possibilidade de acontecerem queimadas de balões ou provenientes de outra origem antrópica ou natural.

### 5.2.2.1. Validação e análise dos resultados

Os mapas gerados em períodos distintos foram validados utilizando áreas que foram extraídas das ortofotos utilizadas para a geração do uso e cobertura do solo. As ortofotos são dos meses de maio e julho, adquiridas dessa forma durante o período seco.

As áreas de queimadas foram sobrepostas aos mapas e proporcionaram resultados bastante interessantes da dinâmica da potencialidade em relação aos períodos chuvoso e seco (figuras 64 e 65).



**Figura 64: Áreas queimadas e potencialidade durante o período seco**



**Figura 65: Áreas queimadas e potencialidade durante o período chuvoso**

Os resultados referentes aos períodos seco e chuvoso mostraram-se bastantes distintos e proporcionou novos subsídios a metodologia. O período seco apresentou na área dos polígonos de validação a divisão em duas classes de potencialidade: alta com percentual de área em 77,30% e média que apresentou 22,70%.

O período chuvoso apresentou resultado diferente se comparado com o número de classes apresentado no período seco e o aparecimento de áreas com baixa potencialidade.

Os resultados apontam que durante o período chuvoso nas áreas de alta potencialidade o percentual apresentado foi de 77%, média em 22,74% e baixa 0,26%. A presença de áreas com baixa potencialidade são surpreendentes quando verificamos que o mapa de combustibilidade foi gerado a partir do uso e cobertura do solo realizado em período seco.

Essa abordagem de validação também foi observada com os pontos de suporte adquiridos e utilizados durante a potencialidade anual. Os pontos do IEF e do INPE dispõem da informação da periodicidade dos eventos registrados e, devido a isso, serão divididos para uma observação dos resultados de maneira mais coerente com a realidade verificada nos mapas de potencialidade. Já os pontos de campo, não possuem essa informação trazendo assim a utilização dos mesmos nas duas temporalidades estudadas.

Os dados selecionados para o período seco correspondem a 22 pontos e os correspondentes ao período chuvoso são 19 pontos e apresentam-se nas tabelas 13 e 14.

**Tabela 13: Potencialidade dos pontos IEF e MODIS adquiridos durante o período seco**

<b>Potencialidade</b>	<b>Quantidade de pontos</b>	<b>Percentual</b>	<b>Percentual sem área não vegetada</b>
Área não vegetada	3	13,6%	–
Alta	14	63,6%	73,7%
Baixa	5	22,7%	26,3%
Total	22	100%	100%

**Tabela 14: Potencialidade dos pontos IEF e MODIS adquiridos durante o período chuvoso**

Potencialidade	Quantidade de pontos	Percentual
Alta	11	57,9%
Média	3	15,7%
Baixa	5	26,3%
Total	19	100%

Os pontos utilizados do IEF e sensor MODIS divididos de acordo com os períodos seco e chuvoso apresentam realidades semelhantes das verificadas com todos os pontos durante a potencialidade anual verificada no capítulo 5. A grande diferença que ocorre entre os períodos seco e chuvoso está na presença ou não da classe de média potencialidade que encontra-se durante o período de maior pluviosidade.

Essa observação tornou necessária a obtenção de informações mais detalhadas dos pontos utilizados através da utilização destes em todos períodos gerados na potencialidade à ocorrência de incêndios e o resultado da sobreposição com os períodos anual, seco e chuvoso foi o seguinte (Tabela 15).

**Tabela 15: Verificação de mudança de classe entre os pontos utilizados como suporte da validação entre períodos estudados**

Mudança de classe	Quantidade de pontos	Percentual
SIM	16	36,4%
NÃO	28	63,6%
TOTAL	44	100%

Essa verificação foi vista independente da data em que os pontos foram adquiridos e apontados quando comparamos os períodos seco e chuvoso com a potencialidade anual.

As modificações de classe foram grandes na geração da potencialidade chuvosa, apresentando assim a diversidade existente nos resultados desse período que somente não torna-se o que possui maior quantidade de incêndios florestais devido à grande pluviosidade existente, conforme verificado também nos polígonos de validação utilizados neste estudo.

Comparando os resultados apresentados pela validação das áreas queimadas e pelos pontos utilizados como suporte dessa validação temos as tabelas 16 e 17 que representam se apresenta o maciço da Pedra Branca de acordo com os períodos de estudo.

**Tabela 16: Comparativo dos resultados da potencialidade das áreas queimadas utilizadas como validação**

Potencialidade	Anual	Período seco	Período chuvoso
Alta	94%	77,3%	77%
Média	6%	22,7%	22,74%
Baixa	-	-	0,26%

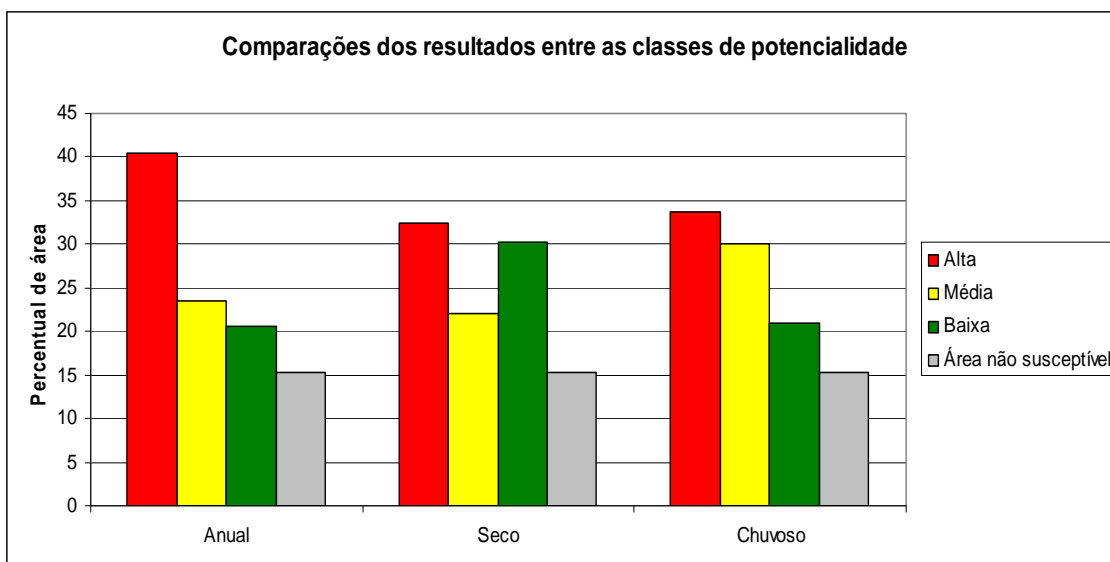
**Tabela 17: Comparativo dos resultados da potencialidade dos pontos de suporte da validação**

Potencialidade	Anual	Período seco	Período chuvoso
Alta	63,4%	63,6%	57,9%
Média	9,7%	-	15,7%
Baixa	26,8%	22,7%	26,3%

Os resultados demonstram que o período chuvoso encontra-se diversificado do período seco e da potencialidade anual. Esse fato é verificado de acordo com a posição do sol no hemisfério durante o verão, que causa a radiação mais intensa em boa parte do maciço da Pedra Branca.

A figura 66 ilustra as classes da potencialidade abordadas neste estudo com base em toda a área de estudo. Os resultados confirmam um considerável acréscimo da classe de média potencialidade que torna o cenário durante o período chuvoso alarmante no caso da não ocorrência de chuvas durante dias seguidos conforme os incêndios registrados pelo IEF durante março de 2007 (anexo 1).

A classe de alta potencialidade nos cenários de período seco e chuvoso não apresenta grandes discrepâncias. A baixa potencialidade aponta decréscimo entre os períodos chuvoso (30%) e seco (22%) levando ao acréscimo da média potencialidade em 30,2% e 20,9% respectivamente.



**Figura 66: Gráfico comparativo dos cenários estudados no maciço da Pedra Branca**

O intenso total de radiação solar existente no período chuvoso não leva ao aumento dos registros de incêndios florestais no maciço da Pedra Branca devido aos elevados totais pluviométricos existentes na área durante os meses estudados. Esse fato é preocupante e demonstra que essas áreas merecem extrema atenção em conjunto com as áreas de alta potencialidade.



## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia do Mapeamento Geoecológico da Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no maciço da Pedra Branca apresentou resultados significativos e que merecem destaque na iniciativa da utilização de novos parâmetros gerados por meio do MDE que proporcionaram refinamento no mapa de susceptibilidade à ocorrência de incêndios.

A metodologia aplicada é baseada em estudos anteriores e apresenta uma inovação a partir da utilização da variável radiação solar que proporcionou a criação de diferentes cenários de potencialidade para o mesmo ano.

A utilização da radiação solar, substituindo a orientação das encostas, permitiu observar que a área de estudo encontra-se “protegida” de incêndios de origem natural durante o período chuvoso pelo fato de que este período possui alta pluviosidade como foi observado pela rede de estações pluviométricas da GEORIO.

Outro fator interessante é que a radiação solar é um importante vetor de transformação da paisagem, mas que deve ser observado em conjunto com outras variáveis ambientais como pluviosidade e balanço hídrico. Essas variáveis permitem melhor detecção das áreas com alta potencialidade à ocorrência de incêndios.

O estudo em questão sinaliza áreas que merecem especial atenção, principalmente durante os períodos de déficit hídrico, independente dos meses de verão ou inverno, em que os órgãos de prevenção e combate à incêndios devem priorizar essas áreas.

A validação com as áreas queimadas adquiridas das ortofotos do IPP tornou possível a utilização dos pontos de suporte da validação adquiridos de diversos órgãos e que trouxeram elementos interessantes, apesar da temporalidade ser diversificada, se comparada ao período de aquisição de boa parte dos dados do mapeamento geoecológico (1999).

O período chuvoso apresentou potencialidade diversificada se comparada aos períodos seco e anual. Esse fato, confirmado através das áreas queimadas e dos pontos de suporte da validação, mostra que as potencialidades das áreas existentes no maciço podem sofrer modificações de acordo com a época do ano e, na verificação de déficits hídricos (falta de chuva) durante o período de verão (dezembro a fevereiro) tornando a situação de alerta à ocorrência de incêndios mais delicada.

A realização de estudos de levantamentos com o objetivo de estipular limiares críticos de estresse vegetacional visando a inicialização dos incêndios é importante para a verificação e conhecimento da realidade das Unidades de Conservação.

Os dados do sensor MODIS disponibilizados pelo INPE foram de grande valia para a metodologia em questão e podem fornecer outras informações se forem espacializados através da geração de áreas de influência. Essa utilização pode ser interessante para escalas médias.

A utilização da ferramenta de radiação solar existente no software ArcGIS 9.2 foi importante. Não existem informações mais aprofundadas a respeito do efeito da exposição solar à vegetação. É importante a aquisição de dados de campo para validação da ferramenta e que pode ser realizado através da utilização de espectrorradiômetros. Essa validação é primordial para a calibração da radiação solar gerada a partir das informações provenientes do MDE.

A construção do mapeamento do uso e cobertura do solo e da combustibilidade mais recentes proporciona à obtenção da potencialidade atual e a verificação da dinâmica da paisagem permitindo a relação entre as áreas que foram deflorestadas e os incêndios florestais.

A busca de outras fontes de dados de incêndios possibilita a obtenção de maior número de dados de validação principalmente relacionados a áreas queimadas e não necessariamente à pontos de coordenadas. Esse dado relativo às áreas proporciona melhor calibração da metodologia.

Alguns estudos apresentam a utilização do NDVI para obtenção de novos dados relacionados à combustibilidade, essa iniciativa torna possível a verificação destes com a combustibilidade realizada através do uso e cobertura do solo trazendo novos elementos para a metodologia como ocorreu entre as variáveis existentes na orientação das encostas e radiação solar.

Outros fatores ambientais podem alimentar a metodologia de mapeamento geocológico da potencialidade à ocorrência de incêndios visando o refinamento da pluviosidade que são a umidade antecedente, a intensidade das chuvas e a ocorrência dos ventos terrais.

É importante a realização de novas pesquisas na vertente norte do maciço da Pedra Branca visto que essa área do maciço é carente de pesquisas principalmente relacionadas à temática dos incêndios florestais que serão importantes para a conservação da vegetação existente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ANDERSON, L.O., LATORRE, M.L., SHIMABUKURO, Y.E., ARAI, E. & CARVALHO JUNIOR, O.A.de. (2003) *Sensor MODIS: Uma abordagem geral*. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marciana/2003/12.11.08.55/doc/publicacao.pdf>
- ASPINALL, R.J. (1999) - GIS and landscape conservation. In: *Geographical Information Systems*, org. by GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J. & RHIND, D.W.; Ed. John Wiley & Sons, New York, 2º ed., pp. 967 - 980.
- BONHAM-CARTER, G. F. (1996) - *Geographic Information Systems for Geoscientists - Modelling with GIS*. Kindlington: Pergamon Press, 2º ed., 400 p.
- BRIDGEWATER, P.B.(1993) - Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation. In: HAINES-YOUNG, R.; GREEN, D.R. & COUSINS, S.H. (editors) *Landscape Ecology and GIS*, cap. 3, pp. 23 - 36.
- BURROUGH, P.A. & MCDONNELL, R.A. (1998) - *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, New York, 2º ed., 333 pp.
- CALDARARO, J. (2002) – Human Ecological Intervention and the Role of Forest Fires in Human Ecology. *The Science of the Total Environment*. v. 292, n. 3, pp. 141-165.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. (1998) *Princípios Básicos em Geoprocessamento*. In: Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura. Brasília, Embrapa – SPI/Embrapa – CPAC, p. 03 – 12.
- CARVALHO, M. S., PINA, M. de F. de. & SANTOS, S. M. *Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde*. Brasília. Organização Panamericana da Saúde/ Ministério da Saúde, 2000, 124 p.
- CASTRO, A.L.C. de. (1998) *Glossário de Defesa Civil – Estudos de riscos e medicina de desastres*. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil. 2ª ed. 96 p.
- CASTRO, et al. (2005) *Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas*. Environmental Risks and Geography: Conceptualizations, Approaches and Scales. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 28-2 p. 11-30.
- COELHO NETTO , A. L., AVELAR, A. S., FERNANDES, M. C., LACERDA, W. A. (2007) 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.

- COELHO NETTO, A. L., (2000) *Sistemas Ambientais e Estruturas Funcionais da Paisagem Tropical Úmida: um método de análise geográfica sob a ótica geo-hidroecológica*. Pesquisa desenvolvida sob os auspícios do Cons. Nac.de Desenv. Científico e Tecnológico/CNPq, Fund. de Amp. Pesq. do Rio de Janeiro/FAPERJ, Fund. Univ. José Bonifácio/FUJB, PRONEX/FINEP-CNPq e FUJB-PROBIO-Banco Mundial.
- COELHO NETTO, A.L., DANTAS, M.E. & ROSAS, R.O. (1993) *Grandes domínios geoecológicos 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.
- CROSTA, A.P. (1992) *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas: Unicamp. 170 p.
- CRUZ, C. B. M. (2000) - As bases operacionais para a modelagem e implementação de um banco de dados geográficos em apoio à gestão ambiental - um exemplo aplicado à bacia de Campos, RJ. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 394 p.
- CONAMA *Resolução nº 10, de 1 de outubro de 1993*. Publicada no DOU no 209, de 3 de novembro de 1993, Seção 1, páginas 16497-16498
- CUNHA, A.M.C.; LIMA, C.A.; DIETZSCH, L. (2007) Levantamento de áreas de maior risco de incêndios através de dados NOAA12. Estudo de caso: Reserva Biológica do Guaporé. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., Florianópolis. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2007, p. 4439-4446. CD-ROM. ISBN 978-85-17-00031-7
- DALCUMUNE, M.A.B.; SANTOS, A.R. dos. (2005) Mapeamento de índice de risco de incêndio para a Região da Grande Vitória/ES, utilizando imagens do satélite Landsat para o ano de 2002. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005, p. 1485-1492. CD-ROM. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.22.54/doc/1485.pdf>. Acesso em 5 Dez. 2007
- DENT, B.D. (1999) *Cartography thematic map design*. Boston: WCB McGraw-Hill. 5<sup>th</sup> edition. 417 p.

- DRUMMOND, J.A. (1991) A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. *Estudos Históricos*. v. 4, n. 8, pp. 177-197, Rio de Janeiro.
- EGLER, C.A.G. (1996). Risco ambiental como critério de gestão do território. *Território*, 1:31-41.
- FERNANDES, M.C. (1998) *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.
- FERNANDES, M.C. (2004) *Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 263 f.
- FERNANDES, M.C., MENEZES, P.M.L., & PAES, M. (2002) Potencialidades e limitações do Geoprocessamento em Estudos Geoecológicos. In: *Revista de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ*, ano 5, vol (5): 53 - 68
- FERNANDES, N.F. & AMARAL, C. P. do. (2000) Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.T. & CUNHA, S.B. da. *Geomorfologia e meio ambiente*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 123-194.
- FIOCRUZ/ABRASCO (Fundação Oswaldo Cruz/ Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva) (2003). *Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas*. CONFALONIERI, U.E.C. (coordenador do projeto). Relatório final.
- FIORIO, P.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; MELÉM JUNIOR, N.J.; MAZZA, J.A. (1999) Potencialidade do Uso de Terra na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Ceveiro na Região de Piracicaba. In: *Scientia Agricola*, v.56, n.4, out./dez, p.1273-1280.
- FLORENZANO, T. G. (2002) *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos. 97p.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. (1986) - Overall structure. In: *Landscape Ecology*. New York: wiley, cap. 6, pp. 191 - 221.
- FORMAN, R.T.T. (1995) - *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University press, 631p.
- FREIRE, P. F. B. (2006) *Refletindo Sobre o Conceito do Risco Natural e de sua Dimensão: Breve Análise dos Incêndios Florestais no Parque Nacional da*

*Chapada dos Guimarães. Uma contribuição do Cadastro Técnico Multifinalitário para a Defesa Civil.* Monografia, Especialização em Planejamento e Gestão em Defesa Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. 100 fls.

Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro – GEO-RIO (2007) *Sistema Alerta Rio – 1997-2006*, disponível em [www.rio.rj.gov.br/alertario](http://www.rio.rj.gov.br/alertario) Acessado em 18/07/07.

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF (2004) *Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2004.*

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF (2005) *Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2005.*

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF (2006) *Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2006.*

Fundação Instituto Estadual de Florestas – IEF (2007) *Estatística de Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação – Ano de 2007.*

GONDIM, M. de M. (2007) Do conceito de risco ao da precaução: entre determinismos e incertezas. In: Fonseca, A.F. (org). *O território e o processo saúde-doença.* Rio de Janeiro: EPSJV/FIOCRUZ. p. 87-120.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2008). *Monitoramento de focos de queimadas.* Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/> Acesso em outubro de 2008.

INPE (2007). *Tutorial do SPRING 4.3.3.* São José dos Campos. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/>

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.

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.

IVIG/COPPE – Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais. (2007) *Projeto de Estudo de Adaptação e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro às Mudanças Climáticas – Relatório Final.* Convênio entre Fundação COPPETEC/UFRJ e Secretaria de Estado do Ambiente/RJ. 59 f.

- KLINK, H. (1974) - Geocology and natural regionalization - bases for environmental research. *In: Applied Sciences and Development*. Institute for Scientific Co-operation. vol. 4, pp. 48 - 73.
- KRUIJF, H. A. M.; SCHOUTEN, A. J. (1987) *On Problem of Measuring Vulnerability os Soil Ecosystems*. W. van Duijvenbooden, H. G. v. W., ed., *Vulnerability of Soil and Groundwater Polluttants*. The Hague, p 97-109.
- LOCH, R. E. N. (2006) *Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais*. Ed. da UFSC: Florianópolis, 313p.
- LUCHIARI, A. (2001) Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. *In.: Revista do Departamento de Geografia, USP, n° 14, pp. 47-58.*
- Manual Técnico de Uso da Terra*. (2006) Rio de Janeiro: IBGE, v. 7, 2.ed, 95p. (Manuais técnicos em geociências, n. 7).
- MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. (2004) O risco em perspectiva: tendências e abordagens. *Geosul*, Florianópolis, v.19, n.38, p. 25-58, jul./dez.
- MATEO, J.; MAURO, A. (1994) *Análise da Paisagem como Base para uma Estratégia de Organização Ambiental*. UNESP, Rio Claro. 29 p.
- MENDONÇA, F. & DANNI-OLIVEIRA, I.M. (2007) *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos. 206 p.
- MENEZES, P. M. L & COELHO NETTO, A L. (1999) - Escala: Estudo de Conceitos e Aplicações. *In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, Recife, P.E., CD Rom*
- MENEZES, P.M.L. (1997) Notas de aula de Cartografia, não publicadas, Departamento de Geografia/UFRJ, Rio de Janeiro, 353 f.
- MENEZES, P.M.L. (2000) *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 f.
- MOREIRA, M. A. (2001) *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação*. São José dos Campos: INPE. 250 p.
- MOTA, F.S. (1977) *Meteorologia agrícola*. São Paulo: Nobel, 375 p.
- NAVEH, Z. & LIEBERMAN, A. (1993) – *Landscape Ecology: Theory and Application*, 2<sup>nd</sup> Ed. New York. Springer Verlag, 265 p.

- NOVO, E.M.L. (1992) *Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda. 308p.
- O'RIORDAN, T. (2002) Precautionary Principle. In: TOLBA, M.K. (ed): *Encyclopedia of Global Environmental Change*, vol. 4. Chichester, UK: John Wiley.
- OLIVEIRA, R.R. (2005) – Os Cenários da Paisagem. In: OLIVEIRA, R.R. (org) *As Marcas do Homem na Floresta: História Ambiental de um Trecho de Mata Atlântica*. Ed. PUC Rio: Rio de Janeiro, pp. 23-33.
- OLIVEIRA, R.R. (2008) Três incêndios florestais no Camorim. Comunicação por e-mail.
- 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*, v.1, p. 523-541.
- OLIVEIRA-GALVÃO, A.L.C. de.; SAITO, C.H. (2003) *A modelagem de dados temáticos geoespacializados na identificação dos diferentes níveis de susceptibilidade à desertificação da região semi-árida do nordeste brasileiro*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003, p. 1399 - 1406. CD ROM.
- ORMELING, J. F. (1989) *Environmental Mapping in Transition*. Proceedings of the Seminar on Teaching Cartography for Environmental Information Management. Enschede, Net.
- PAGE, Talbot. (1978) *A Generic View of Toxic Chemicals and Similar Risk*. Ecology Law Quarterly 7.
- PENNA FIRME, R. & OLIVEIRA, R.R. (2005) – Resultantes Ecológicas de um Incêndio Florestal na Produção de Serapilheira de uma Mata Atlântica de Encosta. In: OLIVEIRA, R.R. (org) *As Marcas do Homem na Floresta: História Ambiental de um Trecho de Mata Atlântica*. Ed. PUC Rio: Rio de Janeiro, pp. 167-182.
- PENNA FIRME, R. et al. (2005) – Aspectos estruturais da paisagem da Mata Atlântica em áreas alteradas por incêndios florestais. . In: OLIVEIRA, R.R. (org) *As Marcas do Homem na Floresta: História Ambiental de um Trecho de Mata Atlântica*. Ed. PUC Rio: Rio de Janeiro, pp. 183-203.
- PEREIRA JUNIOR, A. da C. (2002) *Métodos de Geoprocessamento na avaliação da susceptibilidade do cerrado ao fogo*. Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais – PPG-ERN) UFSCar: São Carlos/SP



- PEREIRA, A.; FRANÇA, H.; SANTOS, J.E. dos. (2003) Método para avaliação da suscetibilidade da vegetação do cerrado ao fogo em relação a indicadores antrópicos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., Belo Horizonte. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2003, p. 501-508. CD-ROM. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em [http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.22.03/doc/04\\_427.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.18.22.03/doc/04_427.pdf). Acesso em 5 Dez. 2007.
- PICKETT, S. T A & WHITE, P. S. (1985) (eds) *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Orlando: Academic Press.
- PYNE, S. J. (1998) Forged in Fire: History, Land, and Antropogenic Fire. In: Balée, William, editor. *Advances in Historical Ecology*. Columbia University Press: New York, pp. 64-103
- QUINTELLA, J. (1994) *Determinacion de las Potencialidades Naturales en un Sector del Municipio San Antonio de Cabeza*. Universidad de Habana. Cuba.
- RAMOS, P. C. M. (1995) Sistema Nacional de Prevenção e Combate Aos Incêndios Florestais. In: *Anais IPEF – I Fórum Nacional sobre incêndios florestais – III Reunião Conjunta IPEF-FUPEF-SIF: 29:38*, Abril, 1995. Disponível em [http://www.ipef.br/publicacoes/forum\\_incendios/cap09.pdf](http://www.ipef.br/publicacoes/forum_incendios/cap09.pdf) Acesso em 3 Dez. 2007.
- REGO, L.F.G. (2005) O espaço geográfico visto do espaço orbital. In: OLIVEIRA, R.R. (org) *As Marcas do Homem na Floresta: História Ambiental de um Trecho de Mata Atlântica*. Ed. PUC Rio: Rio de Janeiro, pp. 51-62.
- RISSER, P.G.; KARR, J.R. & FORMAN, R.T.T. (1984) - *Landscape ecology: directions and approaches*. Illions Natural History Survey Special Publications 2.
- RIVERA-LOMBARDI, R. J. (2001) Identificação de áreas vulneráveis à ocorrência de incêndios florestais provocados por atividades antrópicas, utilizando diferentes métodos de inferência espacial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10., Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2001, p. 963-965. CD-ROM. ISBN 85-17-00016-1. Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/11.09.10.25/doc/0963.965.281.pdf>. Acesso 5 Dez. 2007.

- ROSIM, S.; FELGUEIRAS, C.A. & NAMIKAWA, L.M. (1993) - Uma metodologia para geração de MNT por grades triangulares. In: Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, vol. 2, pp. 420-427.
- SILVA, L.C.V. (2006) – *Modelagem Ambiental de Cenários de Potencialidade à Ocorrência de Incêndios no Parque Nacional do Itatiaia/RJ*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação, FEN/UERJ, 101 f.
- SILVA, R. G. da. (1998) *Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 80 p.
- SISMANOGLU, R.A.; SETZER, A. (2005) Risco de fogo da vegetação na América do Sul: comparação de três versões na estiagem de 2004. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3349-3355. CD-ROM. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em [http://pururuca.cptec.inpe.br/pesquisa/fulltexts/Simanoglu\\_Setzer\\_XIISBSR.pdf](http://pururuca.cptec.inpe.br/pesquisa/fulltexts/Simanoglu_Setzer_XIISBSR.pdf) Acesso em 5 Dez. 2007.
- SMITH, P. G. R.; THEBERGE, J. B. (1986) *A Review of Criteria for Evaluating Natural Areas. Environmental Management*. Vol 10. p 715-734.
- SOUZA, C.M.M. (2003) *Avaliação ambiental estratégica como subsídio para o planejamento urbano*. Tese (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, UFSC, Florianópolis.
- SOUZA, C.R.G. (2005) Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 6, nº 1, p. 45-61.
- SOUZA, L.G.; COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.; FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. (2009) Digital Elevation Models for Geoecological Studies in Pedra Branca Massif, Rio de Janeiro, Brazil. In: *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*. Vol. 32 – 1/2009, p. 21-33.
- STOW, D.A. (1993) - The role of geographic information systems for landscape ecological studies. In: HAINES-YONG, R.; GREEN, D.R. & COUSINS, S.H. (editores) *Landscape and GIS*, cap. 2, pp. 11 - 21.
- TROLL, C. (1939) *Luftboldplan und ökologische bodenforschung*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, p.p. 241-298.

- TURNER, M.G. (1989) – Landscape Ecology: Effect of Pattern on Process. In: *Annual Review of Ecological Systems*, vol. 10, nº 3, pp. 171-197.
- Tutorial do SPRING*. (2007) São José dos Campos: INPE.
- TYNER, J. (1992) *Introduction to Thematic Cartography*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, 299 pp.
- UMBELINO, L.F. (2004) *Florestas Secundárias e Reflorestamento: Estrutura e Variáveis Ambientais na Vertente Norte do Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense.
- VEYRET, Y. (2007) *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. São Paulo: Contexto. 320 p.
- Vocabulário básico de recursos naturais e meio ambiente* – IBGE (2004). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2 ed. Rio de Janeiro:IBGE. 346p.
- XAVIER DA SILVA, J. (2000) - Geomorfologia, análise ambiental e geoprocessamento. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Rio de Janeiro, R.J., ano 1(1): 48 - 58.
- ZAUÍ, A.S. (1994) *Variação da cobertura vegetal e efeitos na hidrologia superficial: maciço da Tijuca-RJ*. Tese de Mestrado, IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- ZONNEVELD, I. S. (1972) - *Textbook of Photointerpretation*, Vol 7. (Chapter 7: Use of aerial photointerpretation in Geography and Geomorphology). ITC. Enschede.

**ANEXO 1 – ESTATÍSTICAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS UNIDADES  
DE CONSERVAÇÃO – ANOS 2004-2007.**

## ESTATÍSTICA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS UC`S - ANO DE 2004

<b>PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA (03 INCÊNDIOS)</b>			
<b>DATA</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>VEGETAÇÃO</b>	<b>LOCALIDADE</b>
27/06/04	0,28	HERBÁCEA	JACAREPAGUÁ
01/07/04	1,6	HERBÁCEA	SANTA MARIA
08/09/04	0,60	HERBÁCEA	CAMPO GRANDE
<b>TOTAL (ha)</b>	<b>2,48</b>		

Fonte: IEF (2004)

**ESTATÍSTICA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS UC'S - ANO DE 2005**

<b>PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA (18 INCÊNDIOS)</b>			
<b>DATA</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>VEGETAÇÃO</b>	<b>LOCALIDADE</b>
17/05/05	10	HERBÁCEA	RIO DA PRATA
10/06/05	1	HERBÁCEA	PIRAQUARA
10/06/05	0,06	HERBÁCEA	VALE DOS TEIXEIRAS
12/06/05	0,4	ARBÓREA	QUILOMBO
14/06/05	6	HERBÁCEA	PEDREIRA TAMOIO
14/06/05	2	HERBÁCEA	SERRA DE BANGÚ
14/06/05	3	HERBÁCEA	SERRA DA BARATA
17/07/05	0,5	HERBÁCEA	Stª MARIA/TEIXEIRAS/BOIUNA
04/08/05	0,5	HERBÁCEA	ESTRADA DE SANTA MARIA
07/08/05	2	HERBÁCEA	ESTRADA DA LIGAÇÃO (TAMOIO)
22/08/05	2	HERBÁCEA	ALTO DO BARATA
22/08/05	3,5	HERBÁCEA	ESTRADA DO OUTEIRO SANTO
22/08/05	0,5	ARBUSTIVA	ESTRADA DO OUTEIRO SANTO
22/08/05	1	HERBÁCEA	ESTRADA DO RIO GRANDE
24/08/05	9	HERBÁCEA	SERRA DAS PIABAS
24/08/05	1	ARBUSTIVA	SERRA DAS PIABAS
29/08/05	8	HERBÁCEA	ESTRADA DA LIGAÇÃO – SERRILHA DA PEDRA GRANDE
29/08/05	2	ARBUSTIVA	ESTRADA DA LIGAÇÃO – SERRILHA DA PEDRA GRANDE
30/08/05	2	HERBÁCEA	SERRA DO BARATA
30/08/05	1,5	HERBÁCEA	SERRA DE BANGU
30/08/05	0,5	ARBUSTIVA	SERRA DE BANGU
31/08/05	0,8	HERBÁCEA	SERRA DOS VIEGAS
31/08/05	0,2	ARBUSTIVA	SERRA DOS VIEGAS
<b>TOTAL</b>			<b>57,46</b>

Fonte: IEF (2005)

**ESTATÍSTICA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS UC'S - ANO DE 2006**

<b>PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA (12 INCÊNDIOS)</b>				
<b>DATA</b>	<b>ÁREA (ha) na UC Coordenadas</b>	<b>VEGETAÇÃO</b>	<b>LOCALIDADE</b>	<b>POSSÍVEL CAUSA</b>
19/05	0,5 23K0661362/7 458046	VEGETAÇÃO RUPESTRE	VARGEM PEQUENA (PEDRA NEGRA)	QUEDA DE BALÃO
25/06	4,5	HERBÁCEA	PEDREIRA TAMOIO	QUEDA DE BALÃO
	0,5 23K0662347/7 462450	ARBUSTIVA		
11/07	0,5 23K0650866/7 454612	HERBÁCEA	AV AMÉRICAS 25050	QUEIMA DE LIXO
11/07	0,5 23K0650817/7 463981	HERBÁCEA	MORRO GRANDE	IGNORADO
22/07	6 23K0656784/7 466319	HERBÁCEA	SERRA DE BANGU	QUEIMA DE PASTO
23/07	0,02 23K0652446/7 463690	HERBÁCEA	RIO DA PRATA	QUEIMA DE LIXO
27/07	1,8	HERBÁCEA	SANTA MARIA	QUEIMA DE PASTO
	0,2 23K0661847/7 465354	ARBUSTIVA		
28/07	3 23K0658590/7 466207	ARBÓREA	PIRAQUARA	QUEDA DE BALÃO
10/08	2 23K0659121/7 465220	HERBÁCEA	SERRA DO BARATA	PIROMANI ACO
10/08	0,015	HERBÁCEA	RIO DA PRATA	QUEIMA DE PASTO
	0,005 23K0652490/7 463590	ARBUSTIVA		
16/08	2 23K0651932/7 460949	HERBÁCEA	MORRO DOS CABOCLOS	QUEIMA DE PASTO
16/08	2	HERBÁCEA	SERRA DOS VIEGAS	QUEIMA DE PASTO
	2 23K0654750/7 466036	ARBÓREA		
<b>TOTAL</b>	<b>25,54</b>			

Fonte: IEF (2006)

**ESTATÍSTICA DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NAS UC'S - ANO DE 2007**

<b>PARQUE ESTADUAL DA PEDRA BRANCA (26 INCÊNDIOS)</b>					
<b>Data</b>	<b>Área (ha) na UC</b>	<b>Vegetação Predominante</b>	<b>Localidade</b>	<b>Possível Causa</b>	<b>Coordenadas Geográficas</b>
04/03	2	Herbácea (capim colonião)	Serra do Barata (Realengo)	Renovação de Pasto	0660221 7465904
04/03	1	Herbácea (capim colonião)	Morro do Caboclo (Campo Grande)	Renovação de Pasto	0652025 7461134
04/03	1,5	Herbácea (capim colonião)	Morro do Lameirão (Campo Grande)	Limpeza de Terreno	0654327 7465362
05/03	0,02	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)	Morro da Piraquara (Realengo)	Limpeza de Terreno	0658627 74666724
08/03	0,04	Herbácea (capim colonião)	Serra de Bangu	Renovação de Pasto	0656610 7466724
08/03	0,5	Herbácea (capim colonião)	Serra do Viegas (Bangu)	Limpeza do Terreno	0655033 7465861
	0,5	Arbustiva (árvore de pequeno porte)			
09/03	0,01	Herbácea (capim colonião)	Serra do Jardim Novo (Realengo)	Limpeza do Terreno	0661517 7467289
10/03	2	Herbácea (capim colonião)	Pedra do Urubu (Taquara)	Queda de Balão	0662554 7461119
	1	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)			
	1	Rupestre (de área rochosa)			
11/03	0,5	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)	Morro dos Teixeiras (Taquara)	Queda de Balão	0660942 7465944



Data	Área (ha) na UC	Vegetação Predominante	Localidade	Possível Causa	Coordenadas Geográficas
11/03	6	Herbácea (capim colonião)	Serra do Barata (Realengo)	Queda de Balão	0652025 7461134
11/03	0,02	Herbácea (capim colonião)	Morro do Cabloco (Campo Grande)	Queda de Balão	Sem informação
11/03	4	Herbácea (capim colonião)	Morro da Cachamorr a (Campo Grande)	Queda de Balão	0649619 7462118
12/03	0,02	Herbácea (capim colonião)	Morro do Lameirão (Campo Grande)	Renovação de Pasto	0654336 7465978
12/03	0,04	Herbácea (capim colonião)	Serra do Barata (Realengo)	Renovação de Pasto	0660221 7465904
14/03	0,01	Herbácea (capim colonião)	Santa Maria (Bangu)	Queima de Lixo	0660221 7465069
16/03	3	Herbácea (capim colonião)	Serra de Bangu	Renovação de Pasto	0656610 7466724
	1	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)			
16/03	0,5	Herbácea (capim colonião)	Rio da Prata (Realengo)	Renovação de Pasto	0655933 7466608
28/03	1	Herbácea (capim colonião)	Morro da Boiúna (Taquara)	Renovação de Pasto	0661244 7464970
24/06	0,02	Serrapilheira	Serra do Quilombo	Queda de Balão	0659365 7462056
27/06	0,5	Herbácea (capim colonião)	Floresta de Guaratiba	Limpeza de Terreno	0649709 7461642
	0,5	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)			
27/06	1	Herbácea (capim colonião)	Serra de Bangu	Renovação de Pasto	0656610 7466724
06/07	2	Herbácea (capim colonião)	Mº. dos Macacos	Renovação de	0662030 7467037

			(Realengo)	Pasto	
08/07	5	Herbácea (capim colonião)	Serra de Bangu	Queda de Balão	0656610 7466724
08/07	4	Herbácea (capim colonião)	Pedreira Tamoyo (Taquara)	Queda de Balão	0663778 7464074
	0,02	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)			
08/07	2	Herbácea (capim colonião)	Morro dos Carvalhos Rio da Prata	Queda de Balão	0654608 7463411
	0,02	Arbustiva (Árvore de pequeno porte)			
11/09	0,01	Arbórea (Árvore de grande porte)	Face Leste do morro da Pedra Branca	Queda de Balão	Sem informação
	0,01	Rupestre (de área rochosa)			
<b>TOTAL</b>	<b>40,74</b>				

Fonte: IEF (2007)

**ANEXO 2 – TABELA DO BANCO DE DADOS DO MONITORAMENTO DE QUEIMADAS DO INPE (FOCOS DE CALOR)**

**MONITORAMENTO DE QUEIMADAS - INPE/MODIS**

Id	Lat	Lon	Latgms	Longms	X	Y	Data	Hora	Satelite	Municipio
S225736O43321120021016163020	22,9600	43,5367	S 22 57 36.00	O 43 32 12.00	650020,6875	7460152,0000	20021016	163020	AQUA	Rio De Janeiro
S225730O43313020021016163020	22,9583	43,5250	S 22 57 30.00	O 43 31 30.00	651218,8125	7460324,0000	20021016	163020	AQUA	Rio De Janeiro
S225705O43241120021123144630	22,9517	43,4033	S 22 57 6.00 S 22 54	O 43 24 12.00	663702,5000	7460932,0000	20021123	144630	TERRA	Rio De Janeiro
S225443O43263420050830162500	22,9120	43,4430	S 22 54 43.20	O 43 26 34.80	659681,3125	7465368,0000	20050830	162500	MMODIS-01D	Rio de Janeiro
S225443O43270020050830162500	22,9120	43,4500	S 22 54 43.20	O 43 27 0.00	658963,3125	7465375,0000	20050830	162500	MMODIS-01D	Rio de Janeiro
S225219O43300720040924165000	22,8720	43,5020	S 22 52 19.20	O 43 30 7.20	653674,5000	7469860,0000	20040924	165000	MMODIS-01D	Rio de Janeiro
S225136O43292020040901164500	22,8600	43,4890	S 22 51 36.00	O 43 29 20.40	655022,0000	7471175,0000	20040901	164500	MMODIS-01D	Rio de Janeiro

Uf	Regiao	Pais	Vegetacao	Suscet	Prec	NDiasSchuv	Risco	Persist	id_1
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	0,0000	12	0,9150	0	0
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	0,0000	12	0,9150	0	1
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	8,4700	0	0,1240	0	2
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	2,6000	3	1,1000	0	3
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	2,6000	3	1,1000	0	4
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	18,3000	10	0,5000	0	5
RJ	SD	Brasil	Indeterminada	MEDIA	8,1000	2	0,4000	0	6

Fonte: INPE (2008)