

## **Estudo da fragmentação florestal da APA Petrópolis, na escala de 1:100.000, a partir de métricas da paisagem em observações de superfície planimétrica e real**

Bruna Santos Miceli<sup>1</sup>  
Alessa Favero Duque Estrada<sup>1</sup>  
Beatriz Cristina Pereira de Souza<sup>1</sup>  
Luciana Mara Temponi de Oliveira<sup>2</sup>  
Manoel do Couto Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/IGEO  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Bloco H – Sala 017  
Ilha do Fundão - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ - 21949-900  
bruna.miceli@ufrj.br; alessaduque@gmail.com; biasouza91@gmail.com;  
manoel.fernandes@ufrj.br

<sup>2</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Av. República do Chile, 500, 15º andar – 20031-170 – Centro – Rio de Janeiro – RJ, Brasil  
lutemponi@gmail.com

**Abstract.** The forest fragmentation continues to show an ongoing increase. The anthropic action has been perceived in the principal forests ecosystems in Brazil. The aim of this work is the analysis of the forest fragments in the Environmental Protection Area of Petrópolis (APA Petrópolis) through landscape metrics. To accomplish this work, were used land cover and land use maps of the Ecological-Economic Zoning of Rio de Janeiro (2007), at scale 1:100,000. The forest class was separated and was utilized the minimum area criterion for the identification of forest fragments. After this, the areas, the perimeters and the circularity indexes of fragments were calculated in planimetric and real surfaces. The real surface was obtained by the overlapping of forest fragments in the Digital Elevation Model – TOPODATA. In general, the methodology presented showed consistent results and may be used in others studies, involving forest fragmentation. The main results portrayed the variations between the observations in planimetric and real surface became clear in all metrics differences, especially in the area with differences around 50%. The circularity index showed that fragments in real surface are less circular than in planimetric surface. It is assumed that the conservation state of a forest fragment have a different interpretation when observed in real surface.

**Palavras-chave:** forest fragmentation, digital elevation models, landscape metrics, geocology, fragmentação florestal, modelos digitais de elevação, métrica da paisagem, geocologia.

### **1. Introdução**

No tocante aos estudos sobre fragmentação florestal, observa-se que esta pode ser compreendida como resultado da atuação tanto de fatores naturais (barreiras naturais, como montanhas e lagos), quanto da própria ação do homem. Entretanto, atualmente, verifica-se que este fenômeno tem mostrado um avanço cada vez mais rápido e intenso, principalmente, no tocante da atuação do homem com suas práticas sócio-econômicas, e em especial nas Florestas Tropicais, como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. Desta forma, os trabalhos mais atuais sobre a temática analisam a fragmentação florestal e procuram alertar para um assunto que está bastante em voga nos estudos ambientais: a perda de biodiversidade.

Ainda diante das perspectivas atuais dos estudos ambientais, as análises geológicas com suporte nas geotecnologias relacionadas ao Geoprocessamento vêm recebendo reconhecimento de diversos autores, Risser *et al.* (1984), Forman & Gordon (1986), Fernandes (2004) e Coelho Netto *et al.* (2007). Essas geotecnologias possibilitam a operacionalização de análises complexas, compatíveis com o estudo de sistemas ambientais, de modo a possibilitar a criação de modelos ambientais. Estes modelos constituem-se, desse modo, como um dos principais instrumentos para realizar a integração e análise do meio

físico, biológico e sócio-político-econômico na transformação do balanço de massa e energia das diferentes paisagens existentes na superfície terrestre.

Desde o início de sua utilização, as geotecnologias vêm trazendo uma gama variada de possibilidades e soluções para questões que tratam de análises espaciais, seja auxiliando na otimização do tempo, com trabalhos realizados de maneira cada vez mais eficiente, como a aquisição de informações de maneira remota, ou mesmo na questão do aproveitamento máximo dos produtos relacionados a essas geotecnologias.

A Geoecologia na busca de entender o inter-relacionamento entre os elementos que estruturam uma paisagem, suas funcionalidades e dinâmica, se apóia no geoprocessamento como meio de operacionalização destes tipos de análise. Entretanto, a grande problemática recai sobre questionamentos acerca de como são direcionados esses estudos da paisagem, principalmente no que concerne a dimensionalidade dos dados e informações, que acabam por colocar em confronto os processos de abstração e simplificação da realidade em modelos bidimensionais. Dificuldade esta apontada por Bernhardsen (1999), em que todo o modelo se baseia em uma generalização do mundo real, face às impossibilidades de reprodução da paisagem e seus processos nos mínimos detalhes em sistemas computacionais ou manuais, com base na própria característica contínua dos elementos geobiofísicos e humanos na superfície terrestre.

Na avaliação proposta, empregam-se as métricas da paisagem, que são indicadores ambientais que se utilizam de algoritmos, de modo a quantificar e qualificar as características espaciais da fragmentação florestal. As métricas descrevem o tamanho e a forma das paisagens, dentre outras características. O cálculo dessas métricas é realizado, comumente, com informações de superfície planimétrica, contudo, esses dados podem mascarar os resultados obtidos, em especial em áreas de relevo acidentado, onde elementos representados de forma plana podem apresentar valores maiores quando analisados em superfície real. Assim, as observações de superfície real aproximam os resultados da realidade e fornecem uma avaliação mais complexa da paisagem (Figura 1).

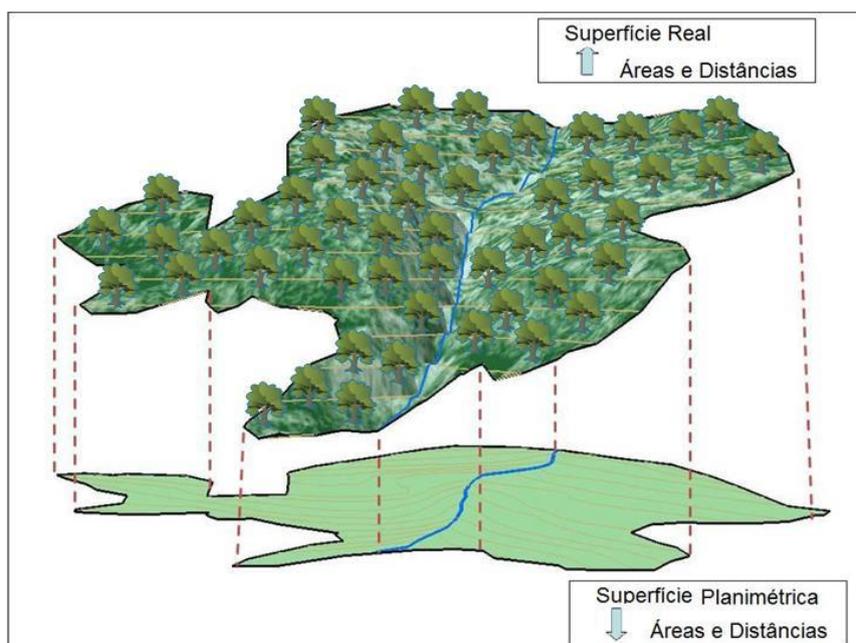


Figura 1. Fragmento florestal da APA de Petrópolis, analisado em superfície planimétrica e em superfície real

Dado o exposto, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar, à luz de cálculos de métricas de paisagem, os fragmentos florestais encontrados na Área de Proteção

Ambiental de Petrópolis (APA de Petrópolis), na escala de 1:100.000, comparando os resultados encontrados tanto para observações em superfície planimétrica como em superfície real.

### 1.1 Área de Estudo

A área de estudo em questão – a APA Petrópolis – se encontra no domínio do bioma Mata Atlântica, sendo a primeira APA federal a ser criada (1982) e oficializada em 1992, sendo atualmente administrada pelo antigo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), atual ICMBio (Instituto Chico Mendes de Biodiversidade). Na figura 2, apresenta-se a delimitação da área de estudo.

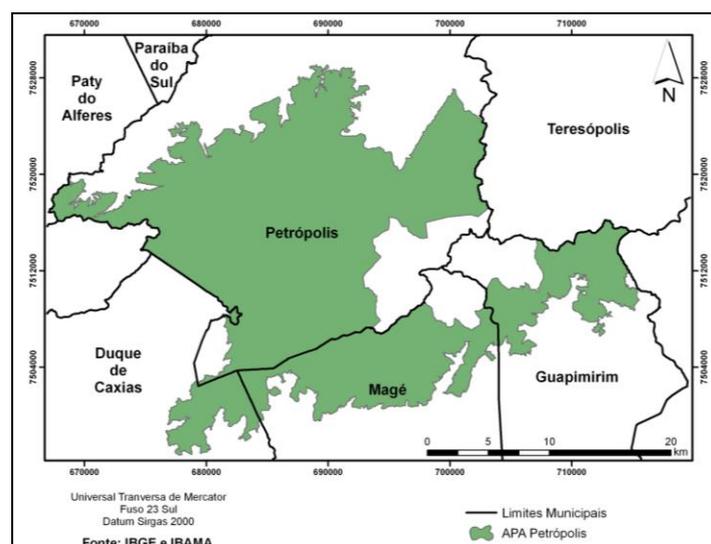


Figura 2. Delimitação da área de estudo – Área de Proteção Ambiental de Petrópolis

A APA Petrópolis possui uma área de 595,22 km<sup>2</sup>, ocupando parte dos municípios de Petrópolis, Magé, Duque de Caxias e Guapimirim, abrangendo uma população estimada em 300 mil habitantes.

A APA possui distintos arranjos em nível biótico, abiótico e antrópico, conferindo-lhe diferentes descargas hidráulicas que convergem para a bacia do rio Paraíba do Sul e Baía de Guanabara, que são reguladas pelas relações funcionais entre esses elementos naturais e artificiais. Sua vegetação natural está localizada integralmente na Região Fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa (Radambrasil, 1993 *apud*. Plano de Manejo, 2007) e ocupa cerca de 50% do seu território.

Entretanto, o resultado da grande exploração e ocupação, desde a colonização do Brasil, foi a sua intensa fragmentação florestal. O ciclo do pau-brasil, cana-de-açúcar, ouro, café e outros, foram os precursores na devastação desse bioma e na eliminação de diversos ecossistemas naturais, alterando habitats ricos e extinguindo diversas espécies.

## 2. Metodologia de Trabalho

Um dos principais materiais para a realização do trabalho compreende o mapeamento de uso e cobertura da terra realizado para o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do estado do Rio de Janeiro, em 2007, na escala de 1:100.000 (CRUZ, *et al.*, 2009). Para este mapeamento, empregou-se o método da classificação orientada a objetos de imagens Landsat 5 TM de agosto de 2007 e a metodologia consistiu nas seguintes etapas: georreferenciamento das cenas (Spring 4.3); equalização e mosaico (Orthoengine/PCI 10.1); classificação (eCognition 5.0); e edição final (ArcGIS 9.1). Destaca-se que os pontos de controle para a

realização do georreferenciamento e as amostras que auxiliaram na modelagem das classes foram obtidos em campo (ZEE, 2009).

Para as análises em superfície real, utilizou-se o modelo digital de elevação (MDE) do Banco de Dados Morfométricos para o Brasil - TOPODATA (Valeriano, 2008) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Sua escolha foi realizada mediante uma análise comparativa de MDEs disponibilizados gratuitamente na internet, de acordo com a metodologia do Padrão de Exatidão Cartográfica definido pelo Decreto 89.817 de 20 de Julho de 1984 (CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia, 2004), em trabalho realizado para a APA Petrópolis, com o auxílio de pontos obtidos a partir de carta topográfica da área de estudo na escala de 1:10.000 (Miceli *et al.*, 2010).

A análise baseou-se na medição do erro médio quadrático (ou desvio padrão) e da tolerância vertical dos modelos. Como principal resultado encontrou-se que o modelo TOPODATA, que apresentou o mais baixo dos EMQ para a APA (7,619), conseguiu se enquadrar inclusive na classe B da escala 1:50.000. Nas figuras 3 e 4 pode-se observar o comportamento vertical dos modelos analisados e a razão pela qual da escolha do TOPODATA como material do estudo, que apresentou melhor desempenho.



Figura 3. Cálculo do Erro Médio Quadrático

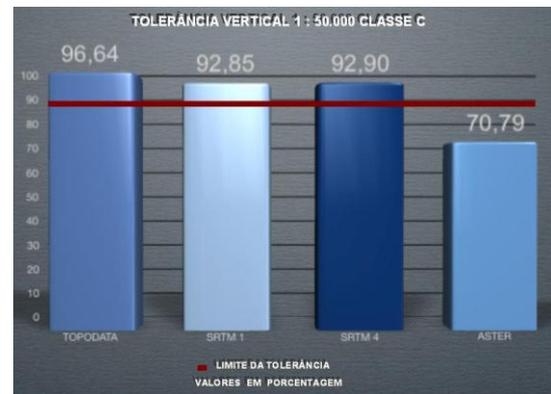


Figura 4. Tolerância vertical dos modelos na escala 1:50.000, classe B

A metodologia empregada dividiu-se em algumas etapas, a saber, que podem ser resumidas na figura 5.

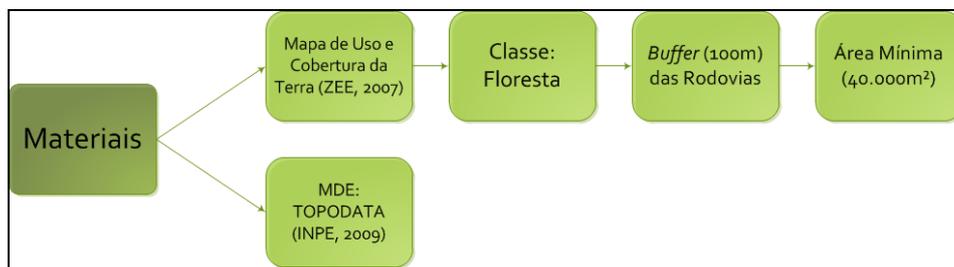


Figura 5. Metodologia empregada para a análise dos resultados

Além dos materiais, já descritos anteriormente, foi definido que os fragmentos florestais se encontrariam somente na classe de floresta primária, de acordo com os dados do ZEE. Isso foi determinado por comparação com outros mapeamentos, imagens de satélite, entre outros.

Posteriormente, a critério de refinar os resultados da quantidade de fragmentos, utilizando-se as principais rodovias federais e estaduais que cortam a área de estudo, foi realizado um *buffer* (área de influência) de 100m para cada lado das rodovias, a fim de eliminar os fragmentos que se encontram muito próximos a essas vias. A utilização do *buffer*

justifica-se uma vez que, as rodovias são consideradas como um fator externo de extrema importância para o estudo da fragmentação florestal, já que constitui uma barreira ao fluxo gênico e de animais nas áreas com sua presença. O valor de 100 metros foi estipulado de modo a ser compatível a escala de análise (1:100.000).

Já partindo uma análise comparativa dos resultados em superfície real e planimétrica, realizou-se mais um refinamento dos resultados, utilizando-se do estabelecimento de uma área mínima do que constituiria um ambiente de fragmentação florestal propriamente dito. Apesar do documento da Divisão do Serviço Geográfico (DSG) de 1998, estipular uma medida lateral de 5mm (ou seja, uma área mínima de 25mm<sup>2</sup>) para mapeamentos temáticos, procurou-se verificar a realidade da fragmentação da área de estudo e optou-se por utilizar uma medida lateral de 2mm (ou seja, área mínima de 4mm<sup>2</sup> e 40.000m<sup>2</sup> na escala do mapeamento). Constatou-se que a área mínima de 40.000m<sup>2</sup>, na escala de 1.100.000, poderia ser considerada uma área de tamanho suficientemente razoável para a apresentação de elementos que pudessem a classificar como um ambiente de fragmentação florestal. Entretanto, é importante ressaltar que outros parâmetros, como número de espécies, condições climáticas, entre outros, também devem ser levados em consideração.

Para o cálculo das métricas da paisagem, utilizou-se a metodologia resumida da figura 6.



Figura 6. Principais etapas para a análise das métricas em superfície real e planimétrica

As métricas observadas, tanto em superfície real quanto planimétrica, foram: o perímetro (borda do fragmento); a área (o tamanho médio dos fragmentos); e o índice de circularidade (a forma dos fragmentos – que pode ser definido “*como a raiz quadrada da área do polígono em questão (área do fragmento – A1), dividido pela área (A2) de um círculo de mesmo perímetro (P) do polígono (fragmento). (...) quando C for igual a 1 (um), o fragmento florestal é circular. À medida em que ele se torna mais alongado, o valor de C tende a diminuir, até chegar próximo de 0 (zero)*” de acordo com Borges et al. (2004).

### 3. Resultados e Discussão

Após o refinamento com a classe floresta do ZEE, obteve-se um mapeamento preliminar, com 258 fragmentos, encontrado na figura 7.

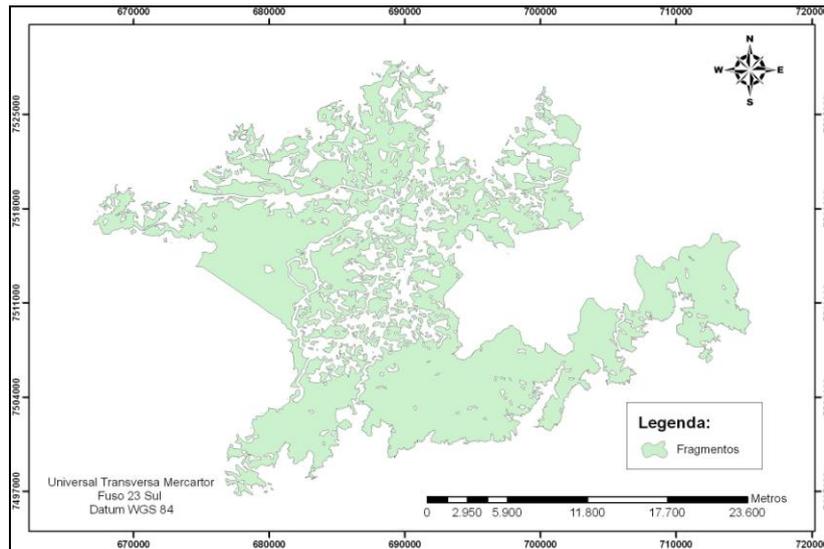


Figura 7. Mapeamento, apresentando 258 fragmentos florestais.

Aplicando-se a metodologia da área mínima de 40.000m<sup>2</sup>, tanto em superfície planimétrica quanto em real, obteve-se um refinamento diferenciado entre as observações: em superfície planimétrica foram encontrados 99 fragmentos e em superfície real, 101 fragmentos.

Nas análises da quantidade de floresta, observa-se que as diferenças continuam aparecendo em superfície e superfície planimétrica (Tabela 1).

Tabela 1. Diferenças de total de floresta encontradas para a área de estudo

<b>Floresta (ha)</b>	
Em Superfície Planimétrica	42514,16
Em Superfície Real	47629,73
<i>Percentual de diferença</i>	12,03%

Em relação às métricas, analisaram-se as diferenças percentuais das observações em superfície planimétrica e real para cada métrica.

Para o perímetro, as diferenças encontradas são apresentadas na tabela 2 e na figura 8.

Tabela 2. Diferença percentual entre as observações em superfície real e planimétrica para o perímetro do fragmento.

	<b>Menor diferença</b>	<b>Maior diferença</b>	<b>Média</b>
Perímetro	0,14%	14,08%	3,59%

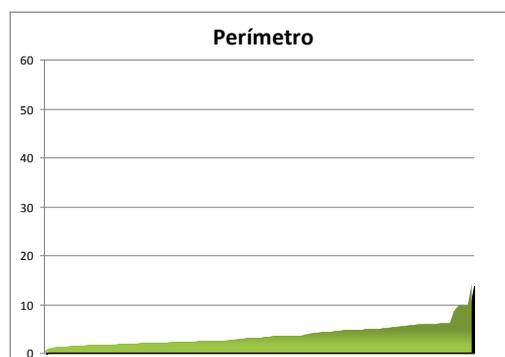


Figura 8. Variação das diferenças percentuais para a métrica perímetro do fragmento. Para a área, as diferenças encontradas são apresentadas na tabela 3 e na figura 9.

Tabela 3. Diferença percentual entre as observações em superfície real e planimétrica para a área do fragmento.

	Menor diferença	Maior diferença	Média
Área	0,16%	50,95%	9,42%

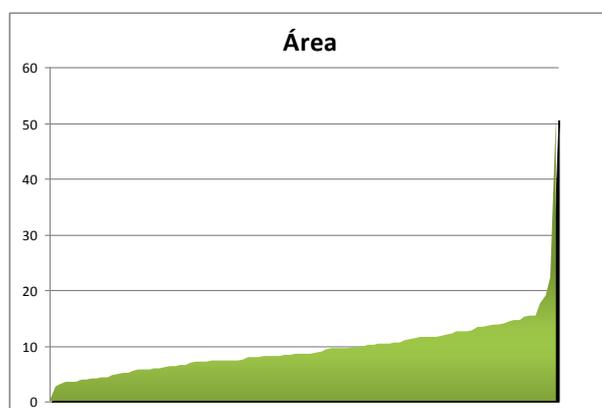


Figura 9. Variação das diferenças percentuais para a métrica área do fragmento

Para o índice de circularidade, as diferenças encontradas são apresentadas na tabela 4 e na figura 10.

Tabela 4. Diferença percentual entre as observações em superfície real e planimétrica para o índice de circularidade do fragmento.

	Menor diferença	Maior diferença	Média
Índice de Circularidade	-3,37%	7,69%	1,31%

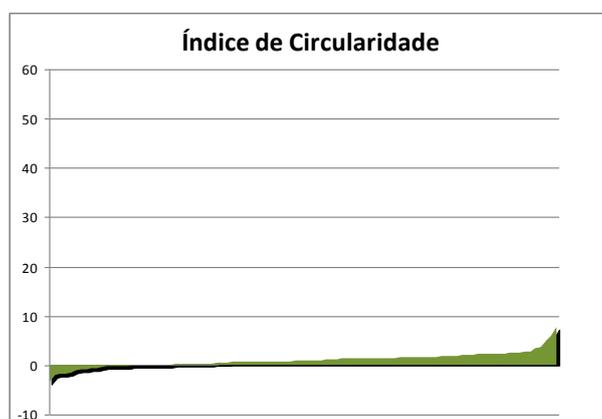


Figura 10. Variação das diferenças percentuais para a métrica índice de circularidade do fragmento

Verifica-se, portanto, que a variação entre as observações tornou-se bastante clara em todas as métricas, principalmente na métrica área dos fragmentos, com diferenças acima de 50%. Já a métrica índice de circularidade (IC), apresentou pouca linearidade de resultados, incluindo valores negativos, que indicam que os fragmentos quando observados em superfície real são menos circulares do que na superfície projetada. A movimentação do relevo acaba por justificar esse tipo de comportamento. Ou seja, a diversidade do fragmento pode estar mais comprometida, quando observada em superfície real.

#### 4. Conclusões

A pesquisa realizada procurou verificar que manifestações da dinâmica da paisagem, como a fragmentação florestal, devem passar por uma análise que leve em consideração o relevo, pois este pode apresentar respostas diferentes e mais significativas para a atual situação da fragmentação de uma determinada área.

Os resultados preliminares demonstram que as observações em superfície real apresentam-se como as mais adequadas a tratar uma superfície dotada de rugosidade, uma vez que no caso da comparação dos índices de circularidade, observou-se bem essa diferença entre as observações em superfície planimétrica e real, encontrando-se valores que mostram a movimentação do relevo da área, ou seja, menos circulares. Destaca-se, desta forma, a utilização, cada vez maior, da modelagem digital de elevação em estudos que procurem produtos mais próximos a realidade.

De maneira geral, para a escala analisada (1:100.000), a metodologia desenvolvida atendeu as expectativas de resultados, podendo-se realizar as comparações entre as métricas em superfície planimétrica e real.

Além disso, para trabalhos futuros, será importante a realização de uma análise integrada com compartimentações do relevo, a fim de associar a movimentação do relevo às avaliações.

#### Agradecimentos

Laboratório de Cartografia (GEOCART) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGG) da UFRJ  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ  
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES  
Comitê Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

#### Referências Bibliográficas

- BERNHARSDEN, T. **Geographic information systems: an introduction**. John Wiley and Sons, United States of America, 1999 2º ed. 372 p.
- BORGES, L. F. R.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de; JUNIOR, F. W. A.; FREITAS, G. D. de. Inventário de Fragmentos Florestais e Propostas para seu Manejo e o da Paisagem. In: **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 22-38, jan./jun. 2004.
- COELHO NETTO, A.L.; AVELAR, A.S.; FERNANDES, M.C. & LACERDA, W.A. Landslide Susceptibility in a Mountainous Geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: The Role of Morphometric Subdivision of the Terrain. In: **Geomorphology, Elsevier**, 2007, nº 80, pp. 120 – 131.
- CRUZ, C.B.M.; ROSÁRIO, L.S. do; ABREU, M.B. de; ALMEIDA, P.M.M. de; VICENS, R.S.; CRONEMBERGER, F.M. Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7789-7796.
- Divisão de Serviço Geográfico (DSG). **Manual Técnico T34-700 Convenções Cartográficas (Parte 1)**. Normas para o Emprego dos Símbolos. 2ª edição. 1998. 109 p.
- FERNANDES, M.C. **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geocológicas**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 2004. 263 f.
- FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. Overall structure. In: **Landscape Ecology**. New York: 1986, wiley, cap. 6, pp. 191 - 221.
- MICELI, B. S.; DIAS, F. de M.; SEABRA, F. M., SANTOS, P. R. A. dos; FERNANDES, M. do C. Avaliação Vertical de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) em Diferentes Configurações Topográficas para Médias e Pequenas Escalas. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia**, Aracaju/SE, Maio de 2010.
- Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2007. 489 p.
- RISSER, P.G.; KARR, J.R. & FORMAN, R.T.T. **Landscape ecology: directions and approaches**. Illions, 1984. Natural History Survey Special Publications 2.
- VALERIANO, M. de M. **TOPODATA: GUIA PARA UTILIZAÇÃO DE DADOS GEOMORFOMÉTRICOS LOCAIS**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: Setembro de 2009.