

Identificação de remanescentes do bioma Mata Atlântica e análise temporal a partir de imagens SPOT, município de Gramado - Rio Grande do Sul

Laurindo Antonio Guasselli ¹
Gabriel de Oliveira ¹
Dejanira Luderitz Saldanha ¹
Maria do Carmo Lima e Cunha ¹
Jorge Ricardo Ducati ¹

¹ Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia / CEPSRM –
Universidade Federal do Rio Grande do Sul / UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 9.500 – 91.501-970. Caixa Postal 15.044
Porto Alegre, RS / Brasil.

{laurindo.guasselli, dejanira.saldanha, maria.cunha}@ufrgs.br
gabrieloliveira13@hotmail.com
ducati@if.ufrgs.br

Abstract. This study is part of the project for conservation of the Atlantic Rainforest (Projeto Conservação da Mata Atlântica - PCMA / RS) that aims to preserve the remaining parts of the Atlantic Rainforest in order to prevent the destruction of the natural ecosystems. As a case study, it is proposed the identification, quantification, and analysis of fragments of native Atlantic Rainforest formations in Gramado, RS / BR, through the construction of maps of dynamics and land cover during the years 2002 and 2007 using SPOT images. Gramado represents a significant economic center due to its important furniture industry as well as in the regional and national tourism in Rio Grande do Sul. The occupation pattern of the territorial space is largely influenced by these economic activities causing environmental concern about the forests of the region. Transformations on the natural landscape of the Atlantic Rainforest and in relation to the brazilian pine tree (*Araucaria angustifolia*), a reference of the regional landscape, has been responsible for environment impact in the natural touristic atractives. Comparative mapping analysis has shown a decrease of 11.88% on forest formations (Mixed Ombrophile Forest, Seasonal Semi-Deciduous Forest, Secondary Forest Formations). The most part of the remanecents are composed of Secondary Forest Formations which shows an increasing process of forest degradation in this region, mostly evident in valleys and in areas with strong agriculture activity.

Palavras-chave: remote sensing, land cover, native forests, sensoriamento remoto, cobertura da terra, florestas nativas.

1. Introdução:

O presente estudo está inserido no Projeto Conservação da Mata Atlântica - PCMA / RS¹, mais especificamente no subprojeto intitulado: “*Monitoramento do impacto na vegetação da área de abrangência do PCMA-RS. Geração de mapas de uso, cobertura e dinâmica do solo*”, executado pelo CEPSRM, que tem por objetivo assegurar que os remanescentes da Mata Atlântica sejam protegidos, visando deter a destruição dos recursos naturais, conter os riscos para o clima global e manter as reservas genéticas.

Os remanescentes da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul vêm sendo alterados pelos mais diversos motivos, ainda assim o estado figura entre os que mantêm a maior quantidade

¹ Cooperação Financeira Brasil / Alemanha - Banco Kreditanstalt Für Wiederaufbau (KfW) e Governo do Estado do Rio Grande do Sul / Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA / RS). Esta cooperação para a preservação das florestas tropicais é decorrente dos compromissos assumidos pelas Convenções Internacionais sobre o Meio Ambiente, entre elas a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - Eco 92.

de florestas intactas. Segundo dados da Fundação SOS Mata Atlântica / INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de 2008, no Rio Grande do Sul, a área do bioma Mata Atlântica ocupa 13.352.714 ha, o que representa 47% do estado, permanecendo apenas 7,39% desta área coberta por remanescentes florestais. Esses dados mostram a necessidade de pensar medidas de monitoramento e conservação para reverter o avanço desses números nos tempos futuros, buscando a sustentabilidade e preservação dos ecossistemas naturais.

A forte redução de ecossistemas naturais, quase sempre acompanhada por perturbações de diferentes naturezas, resulta numa preocupante perda da diversidade vegetal e animal (Viana et al., 1992). Estas perturbações podem estar ligadas a aspectos de cunho econômico, crescimento populacional, especulação imobiliária, avanço das áreas de ocupação agrícola, e até mesmo o reflorestamento por espécies exóticas como Pinus e Eucalipto. Tais perturbações ocasionam diversos problemas relacionados à gestão e monitoramento das formações florestais por parte – principalmente - de pequenos municípios que possuem uma estreita relação com o ambiente natural e necessitam que este seja preservado, como é o caso do município de Gramado no Rio grande do Sul.

O município de Gramado se configura de extrema importância econômica no estado do Rio Grande do Sul, seja por sua indústria moveleira, seja por se caracterizar como referência turística de caráter regional como também nacional. Essas características -nos últimos dez anos- vêm moldando as formas de apropriação do espaço e causando preocupações quanto a realidade ambiental nesse município em relação as suas florestas, extremamente importantes como subsídios integrados às diversas formas de turismo e conseqüentemente geradoras de emprego e renda na região. Com isso se torna fundamental seu monitoramento contínuo para garantia de que a posteriori, a partir de planos conjuntos, possa se observar uma redução nos níveis de desmatamento das áreas de floresta nativa.

O processamento digital, o emprego da cartografia computadorizada, o suporte de uma estatística inferencial aplicada à problemática ambiental e o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), cumprem importante papel no avanço das tecnologias disponíveis para gerenciar estudos de conteúdo ambiental (Argento et al., 1992), aliado a isso as imagens de Sensoriamento Remoto servem cada vez mais como base viável para diversos estudos nas mais variadas escalas diminuindo custos e aumentando a rapidez na confecção de diagnósticos. Segundo Metzger (2003), o mapeamento de fragmentos florestais é de extrema importância para diversas informações que possibilitem possíveis planos de conservação, como a implantação de corredores ecológicos, que são essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem, reduzindo os riscos de extinção local e favorecendo recolonizações.

Desta forma, este trabalho propõe a utilização de dados de Sensoriamento Remoto integrados a Sistemas de Informação Geográfica como subsidio para a identificação e quantificação dos fragmentos de formações florestais nativas da Mata Atlântica no município de Gramado, através da geração de mapas de uso, cobertura e dinâmica do solo nos anos de 2002 e 2007, utilizando imagens SPOT.

1.1 Área de Estudo:

A área de estudo corresponde ao município de Gramado (Figura 1) que está localizado no Planalto Meridional do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM zona 22S 498995, 6735998 e 519995, 6761998, compreendendo uma área total de aproximadamente 24.155,95 ha.

Diversas características físicas do território como clima, geomorfologia, geologia e altitude corroboram para a preservação das formações florestais existentes na área. Destacam-se os remanescentes de Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária), Floresta Estacional Semidecidual e Formações Florestais Secundárias, além da Estepe Gramíneo Lenhosa (regionalmente denominada Campos de Cima da Serra).

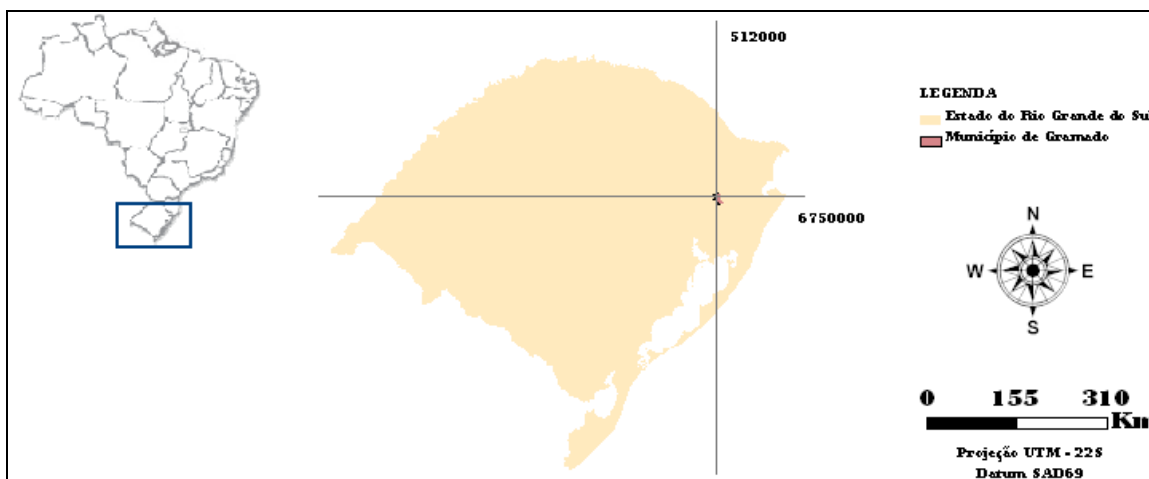


Figura 1: Localização do município de Gramado em relação ao Rio Grande do Sul.

2. Metodologia de Trabalho:

Na elaboração do presente estudo, foram utilizadas imagens multiespectrais obtidas pelo sensor HRG, do satélite SPOT 5, nas quatro bandas espectrais (comprimentos de onda das regiões espectrais do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas), com resolução espacial de 10 metros, referentes a órbita-ponto 710-409 em dois períodos: agosto de 2002 e julho de 2007.

Pela ausência na região de uma base cartográfica atualizada e numa escala que fosse compatível com a resolução das imagens SPOT, para o georreferenciamento optou-se pela coleta de pontos de controle com auxílio de GPS (*Global Position Sisting*) em campo. Para tanto, através do software ERDAS 9.1 utilizou-se um polinômio linear de primeira ordem para modificação do sistema de coordenadas e pelo método do vizinho mais próximo como parâmetro para reamostragem dos pixels; finalmente obtiveram-se as imagens referenciadas de acordo com a projeção UTM (*Transversa Universal de Mercator*), e Datum SAD69. Após o georreferenciamento e definição de parâmetros de projeção a estas imagens, foi feito o recorte da área do município através de arquivos vetoriais disponibilizados pela SEMA / RS (Secretaria Estadual do Meio Ambiente).

Para o mapeamento, inicialmente foi necessário definir as classes temáticas a ser identificadas na geração dos mapas finais. A definição das classes levou em consideração os critérios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2004). Foram definidas 13 classes: Floresta Ombrófila Densa (FOD); Floresta Ombrófila Mista (FOM); Floresta Estacional Decidual (FED); Floresta Estacional Semi-Decidual (FESD); Formações Florestais Secundárias (FFS); Estepe Gramíneo Lenhosa (EGL); Banhado (BHD); Corpo d'água (CA); Florestamento (FL); Área de Ocupação Agrícola (AOA); Solo Agrícola (SA); Sombra (SO) e Mancha Urbana (MU). A partir desta definição, foram realizadas verificações de campo com o objetivo de: 1) identificar classes de ocorrência na área de estudo; 2) Obter pontos GPS de áreas de florestas preservadas para estabelecer padrões característicos de algumas classes; 3) identificar áreas de possível confusão espectral.

Para a classificação das imagens foi utilizado no *software* ERDAS 9.1 o método MAXVER, que aplica a regra de decisão da máxima verossimilhança gaussiana. Posteriormente, foram coletadas amostras de pixels referentes às classes delimitadas e sobre as imagens originais foi aplicado um filtro do tipo Passa Baixa, cujo efeito é a suavização da imagem e a redução do número de níveis de cinza da cena, onde as altas frequências, que correspondem às transições abruptas, são atenuadas.

Ao final foi feita uma análise a partir do arquivo de assinatura espectral (SIG), no qual as diferentes classes são confrontadas por meio de seus atributos estatísticos (vetores de médias,

e matrizes de covariância) sobre os quais são estimadas as funções de decisão que serão usadas no método MAXVER. Uma vez definida a regra do classificador, a escolha das amostras e a geração do arquivo das assinaturas espectrais houve a possibilidade da geração dos mapas municipais contendo dados sobre o uso, cobertura e dinâmica dos solos.

3. Resultados e Discussão

No mapeamento foram identificadas 10 das 13 classes temáticas previamente estabelecidas na metodologia. A Figura 2 apresenta os mapas municipais, gerados a partir do processo de classificação, referentes aos anos de 2002 e 2007. A Tabela 1 ilustra as áreas em hectares e porcentagem das 10 classes constantes na área de estudo para as duas datas analisadas.

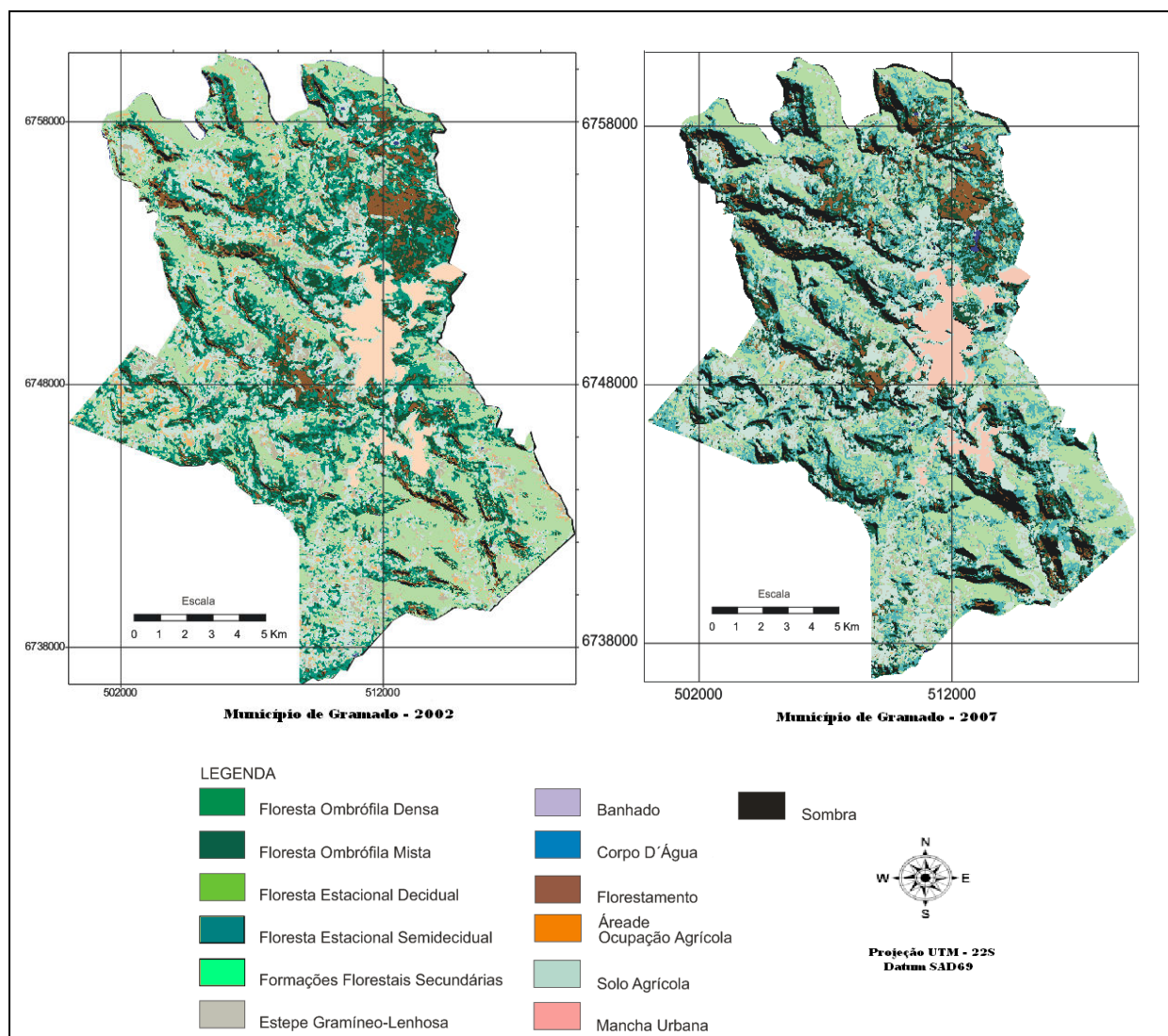


Figura 2: Mapas municipais de 2002 e 2007 do município de Gramado, RS.

Tabela 1: Quantificação das classes de mapeamento em 2002 e 2007 no município de Gramado, RS.

| Classes de Uso | 2003 | | 2007 | |
|----------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| | Área (ha) | % | Área (ha) | % |
| FOM | 2.911,72 | 12,05 | 3.203,39 | 13,26 |
| FOD | - | - | - | - |
| FESD | 5.099,59 | 21,11 | 4.443,84 | 18,40 |
| FED | - | - | - | - |
| FFS | 7.333,35 | 30,36 | 5.874,26 | 24,32 |
| EGL | 1.005,96 | 4,16 | 1.057,83 | 4,37 |
| BHD | - | - | - | - |
| SO | 426,46 | 1,77 | 2.996,87 | 12,41 |
| CA | 97,75 | 0,40 | 24,59 | 0,10 |
| FL | 1.366,09 | 5,66 | 949,73 | 3,93 |
| AOA | 487,63 | 2,02 | 20,69 | 0,09 |
| SA | 4.483,26 | 18,56 | 4.640,61 | 19,21 |
| MU | 944,14 | 3,91 | 944,14 | 3,91 |
| TOTAL | 24.155,95 | 100,00 | 24.155,95 | 100,00 |

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, os remanescentes da Mata Atlântica (FOM, FESD, FFS) no município de Gramado, passaram de um total de 15.344,66 ha em 2002 para 13.521,49 ha em 2007, ou seja, decréscimo de 11, 88 % da cobertura original nesse período.

Individualmente verifica-se um aumento na área total de FOM de 2.911,72 ha para 3.203,39 ha (1,21%), e uma diminuição na área de FESD 5.099,59 ha para 4.443,84 ha (2,71%).

Cabe salientar que a influência da variação do relevo e as diferenças de iluminação solar nas encostas voltadas para as direções norte, sul ou nordeste-sudeste dificultaram a identificação das características espectrais dos alvos, principalmente daqueles relativos às florestas nativas. Desse modo, a classe sombra, que aumentou 10,6 % em relação ao ano de 2003, foi responsável pela dificuldade de se distinguir e obter padrões relacionados ao incremento ou decremento da cobertura vegetal nativa.

Esse efeito pode ser observado, principalmente, entre as classes FOM E FESD (Figura 3), ocasionando confusões no mapeamento final. Essas confusões se devem principalmente pela forte variação e orientação preferencial do relevo. Esse fato fez com que, dependendo da área classificada houvesse grande confusão entre essas classes, principalmente quando da comparação entre as classificações dos períodos analisados (2002 e 2007).

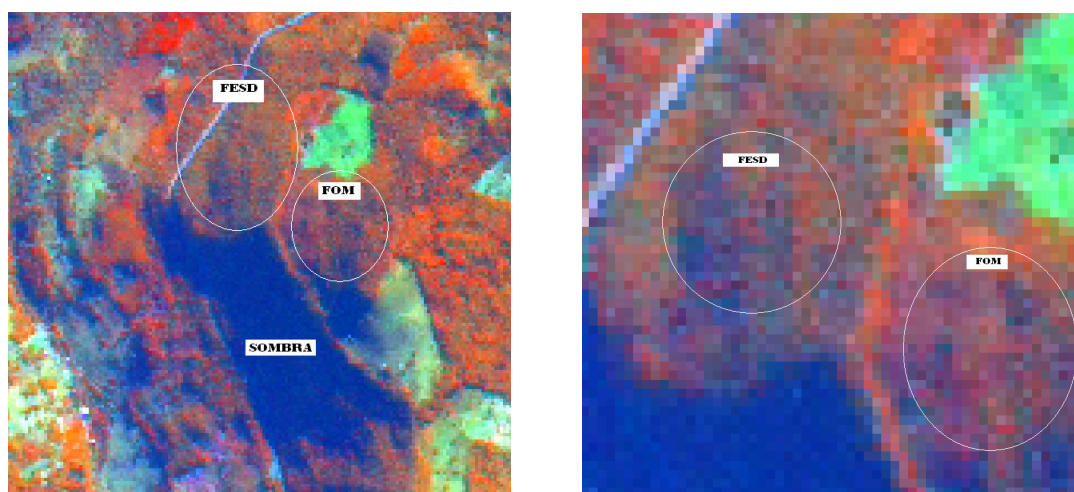


Figura 3: Dificuldade na definição de padrões relacionados as classes Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista, imagem SPOT (R1G4B3) – julho de 2007.

No que se refere à FFS, ela corresponde a maior parte da área das formações florestais da Mata Atlântica no município, evidenciando o acelerado processo de degradação das florestas nessa região, principalmente nas áreas de vale e em áreas com marcada presença de atividades agrícolas. Pode-se observar uma transição, durante este período, de áreas de FESD para FFS, nas porções leste e sudoeste do município; principalmente pelo avanço de áreas agrícolas. Nestes lugares a floresta nativa é derrubada e caso não haja cultivo ou utilização em determinado tempo, esta vegetação, então campestre, torna-se sucessão secundária.

Regionalmente os Campos de Cima da Serra (EGL) se configuram como formações dominantes na fisionomia da paisagem, ocupando topos e encostas de morros, principalmente em relevo mais suave, verificando-se muitas áreas de contato entre o campo e a mata. No período analisado o EGL apresentou pequena variação passando de 1.005,96 ha para 1.057,83 ha (0,21%).

As áreas de reflorestamento com espécies exóticas como Pinus e Eucalipto tiveram um decréscimo em relação ao ano de 2002, de 1.366,09 ha para 949,73 ha, ou seja, uma diminuição de 1,73%. Essa redução na área mapeada está relacionada: a) ao corte periódico, sendo classificadas como solo exposto; b) a migração das áreas de plantio para às áreas de EGL em outras regiões.

Em relação às áreas antropizadas, se observa uma alternância no padrão de cobertura em áreas de ocupação agrícola e áreas de solo agrícola (ou solo exposto) e vice-versa, característica típica de pequenas propriedades rurais do município, como a rotação de cultivos e áreas de pastagem. Nestas duas classes não houve modificações acentuadas em relação às suas áreas totais, diminuindo no ano de 2007, em cerca de 0,74%.

Por motivos metodológicos, optou-se por utilizar o mesmo arquivo vetorial de mancha urbana para ambas as datas, este também disponibilizado pela SEMA / RS, configurando esta classe, então, 3,91% da área total do município.

A aceleração dessas transformações nas paisagens naturais associadas a ocorrência de Mata Atlântica, onde aparece o pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*) como referência da paisagem regional tem causado impactos do ponto de vista dos atrativos turísticos no município de Gramado.

4. Conclusões

Algumas dificuldades relacionadas as variações radiométricas das cenas pela diferença das datas de aquisição das imagens, dos usos sazonais do solo, da morfologia do terreno e das formações florestais na unidade geomorfológica do Planalto Meridional contribuíram para uma grande variabilidade no comportamento espectral dos alvos. Essa variabilidade dificultou a identificação dos alvos, entretanto, às imagens SPOT se mostraram eficazes para o objetivo geral do trabalho.

A metodologia corroborou para a aquisição de dados plausíveis em relação aos estados atuais de cobertura vegetal nativa e quais os processos que podem estar interligados ao decréscimo de 11,88% verificados no total de área coberta por remanescentes de Mata Atlântica. O impacto sobre os remanescentes da Mata Atlântica a partir do aumento esperado das áreas de plantio com espécies exóticas não foi verificado. A tendência à expansão dessas espécies na região tem se dado em municípios onde os Campos de Cima da Serra são mais extensos.

Acreditamos que as técnicas adotadas neste mapeamento, em relação a custo, tempo e operacionalidade podem servir de forma bastante ampla, tanto para o município de Gramado - de forma a integrar estes dados a programas ambientais visando a conservação de seus ecossistemas- quanto para as mais diversas esferas públicas. Podendo servir como base não somente para projetos relacionados a Mata Atlântica, como também para planejamento de uso

da terra, vetores de mudança nos padrões de utilização do espaço, gestão do território, entre outros.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Cooperação Financeira Brasil / Alemanha - Banco Kreditanstalt Für Wiederaufbau (KfW) e Governo do Estado do Rio Grande do Sul / Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA / RS). À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia.

5. Referências bibliográficas

Star, J. & Estes, J. **Geographic Information Systems. An Introduction**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1990. 303 p.

Viana, V.M., Tabanez, A.J.A. e Martinez, J.L.A. Restauração e Manejo de Fragmentos Florestais. In Congresso Nacional sobre Essências Nativas: Conservação da Biodiversidade, 2., 1992, Campos de Jordão. **Anais...** Revista do Instituto Florestal, Vol. 4, 400-406.

Argento, M.S.F.; Costa, D.T.M.A; Reis, C.H. Análise da distribuição temporo-espacial de metais pesados na baía de Sepetiba com suporte do geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Disponível em: <marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.22.16.42/doc/04_391.pdf>. Acesso em 10.out.2008.

Metzger, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: Cullen Junior, L., Pádua, C. V. & Rudran, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. UFPR/ Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 539-553. 667p.

Marcuzzo, S.; Pajé, S.M.; Chiappetti, M.I.S. A reserva da biosfera da Mata Atlântica no Rio Grande do Sul: situação atual, ações e perspectivas. Porto Alegre: **Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**, Caderno nº 11. 1998. 60p.

Venturieri, A.; Santos, J.R. dos. Técnicas de Classificação de Imagens para Análise de Cobertura Vegetal. In: Assad, E.D. e Sano, E.E. **Sistema de Informações Geográficas**. 2.ed., 1998, Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC. Capítulo 18, p. 351-371.

5.1 Sítios eletrônicos consultados

Prefeitura Municipal de Gramado. **A Cidade**. Disponível em: <<http://www.gramado.rs.gov.br/index.php/Gramado/A-Cidade.html>>. Acesso em 13.out.2008.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica – Período 2000 a 2005**. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/ATLAS%20MATA%20ATLANTICA%20-%20RELATORIO2000-2005.pdf>. Acesso em 2.nov.2008.