

AVALIAÇÃO RÁPIDA DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE, GEOPROCESSAMENTO E CAMPO

KONRATH, JÚLIO¹; BITENCOURT, MARISA²; MANTOVANI, WALDIR³

1. Rua São Pedro, 1240, ap. 406, São Leopoldo-RS, CEP 93010-260 - Programa de Doutorado/Curso de Pós-Graduação em Ecologia -USP(jkonrath@usp.br)

2. Rua do Matão, 321, Trav.14, CEP 05508-900, São Paulo-SP – Departamento de Ecologia – Universidade de São Paulo (tencourt@ib.usp.br)

3. idem (wmantova@ib.usp.br)

Abstract: The use of remote sensing data and geoprocessing techniques is becoming very common amongs biologists interested in rapid assessment. This work show how the land cover/land use were mapped, using geoprocessing techniques and orbital remote sensing, to approach for biodiversity conservation and sustainable land use of forests ecosystems from the Brazilian meridional border plateau (Serra Geral, Rio Grande do Sul). The main objective were to elaborate a spatial database to minimize field work. Thus, MNT and multispectral analyses were performed to relate field samplings and maps of the RBMA in Rio Grande do Sul – Brazil. Due to the topography, only *isocluster* classificator showed good relation between map classes and field classes.

Keywords: geoprocessing, remote sensing, rapid assesment, forests ecosystems.

1. Introdução

A definição de estratégias efetivas de conservação e uso sustentável da biodiversidade, pressupõe uma avaliação abrangente do *status* dos ecossistemas, em nível da paisagem (Garay, 2001). Esse tipo de avaliação implica na disponibilidade de informações ecológicas básicas, tais como levantamentos sobre a distribuição da flora e da fauna de uma determinada unidade geográfica, que produzam informações confiáveis e de modo eficiente, sobre habitats e ecossistemas ou espécies ameaçadas, em escala local e regional (UNEP, 1995).

A maximização da relação entre esforço/tempo e custo de amostragem, bem como a confiabilidade dos resultados, são os principais pré-requisitos para avaliação rápida da biodiversidade. O compromisso com tais pré-requisitos para avaliação rápida de ecossistemas florestais, varia de acordo com os objetivos do trabalho e o tipo de ambiente (Sobrevilla & Bath, 1992).

Levantamentos de cobertura/uso da terra são fundamentais para realização de inventários sobre flora e fauna de regiões desconhecidas, e podem ser obtidos a partir da interpretação de imagens aéreas ou orbitais. A possibilidade de integração desses dados com informações sobre a distribuição espacial dos organismos e sobre o ambiente físico, por meio de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica (SIG), vem se tornando indispensável nas avaliações rápidas e no monitoramento da conservação da biodiversidade (Fonseca, 2001). Nos dias de hoje pode-se contar com diversos métodos de campo para avaliações rápidas que foram baseados na literatura (Cain & Castro, 1956; Chronquist, 1981; Cottan & Curtis, 1956).

Este trabalho demonstra o emprego destas ferramentas para o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação rápida de ecossistemas florestais da Borda do Planalto Meridional Brasileiro (Serra Geral/RS), para diagnóstico do estado de conservação e da variabilidade espacial da estrutura dos ecossistemas em relação à cobertura/uso da terra.

2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi realizar um levantamento da cobertura e uso da terra, para servir de suporte à aplicação de uma metodologia de avaliação rápida de ecossistemas florestais de uma área prioritária para conservação e uso sustentável da biodiversidade, desconhecida. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) elaborar uma base de dados espaciais sobre a área de estudo;
- b) realizar um levantamento preliminar da cobertura/uso da terra; e
- c) maximizar o esforço de amostragem dos ecossistemas.

3. Material e Métodos

3.1. Área de Estudo

A área de estudo situa-se numa região de 5º grau de prioridade para a conservação, devido a importância das variáveis abióticas associadas ao forte gradiente ambiental da Serra Geral (RS) e ao alto grau de influência antrópica na paisagem da região para a manutenção da biodiversidade (MMA/REDE de ONGS, 1998).

A região da área de estudo está localizada a 29º15' S e 29º45' S e a 50º40' W e 51º05' W, ocupando uma superfície aproximada de 28.934.820 m² (2.893,5 ha) e um perímetro de 52.933,6 m (53 Km), incidente sobre parte do território dos municípios de Sapiranga, Araricá, Nova Hartz, Igrejinha, Sta. Maria do Herval e Três Corôas (RS).

Os ecossistemas florestais existentes nessa área encontram-se sob a forma de áreas seminaturais remanescentes, em diferentes estádios de sucessão secundária da vegetação, associados à agricultura, agropecuária, silvicultura e áreas de vegetação antrópica.

Essas áreas seminaturais constituem-se micro-corredores de Áreas de Preservação Permanente (APP), localizadas em pequenas propriedades rurais, que servem de conexão entre remanescentes de outras importantes formações florestais do Estado, tais como a Floresta Ombrofila Densa, a Floresta Ombrofila Mista e a Floresta Estacional Decidual, que integram o corredor ecológico da Borda do Planalto Meridional Brasileiro. Estes remanescentes encontram-se sob a proteção da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA), segundo SOS Mata Atlântica (1998) e Baptista (1990).

A área está situada sobre terrenos da Formação Serra Geral, constituídos por rochas efusivas básicas ou basaltos e fenobasaltos, associadas a rochas sedimentares da Formação Rio do Rastro ou arenitos e riolitos, oriundas da região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, pela qual é delimitada.

O clima da região é do tipo subtropical sempre úmido (Cfa) segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias do mês mais quente acima de 22º C e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A temperatura média anual varia entre 18 e 20º C e a precipitação anual varia entre 1500 a 1750 mm.

3.2. Procedimentos

Os procedimentos de avaliação rápida utilizados, envolveram uma série de atividades para levantamento preliminar das classes cobertura e uso da terra, mapeamento de habitats e áreas naturais ou seminaturais, existentes na área *core* da RBMA/RS, bem como uma faixa tampão adjacente de 2 km de extensão em torno desta. Os materiais utilizados são apresentados na Tabela 1, assim como suas fontes.

Tabela -1. Materiais utilizados na elaboração da base de dados espaciais.

Material	Detalhes	Fontes
Carta planialtimétrica	1:50.000 – Taquara, RS	(DSG/EXÉRCITO, 1975)
Carta planialtimétrica	1:50.000 – Novo Hamburgo/RS	(DSG/EXÉRCITO, 1975)
Aerolevantamentos	1:20.000 – vôo n.111, fxs.14-19 (1979)	(METROPLAN-RS)
Landsat-TM 5	Órbita/ponto(81/22), de 13.03.1999	(CSR/UFRGS)
Landsat-TM 7	Órbita/ponto(81/22), de 17.11.1999	(INPe)
Bco. dados vetorial	Delimitação da área de estudo	(CRBMA/FEPAM-RS)
Fotos áreas oblíquas	Nova Hartz/RS, de 31.05. 2001	(FZBRS-RS)

3.3. Interpretação de imagens de satélite

O mapeamento preliminar da cobertura vegetal e dos usos predominantes das terras, foi feito a partir da interpretação de imagens multiespectrais do sistema TM-Landsat, com apoio de verdades terrestres posicionados com GPS (Sistema de Posicionamento Global) e de fotografias aéreas oblíquas geo-referenciadas.

As imagens multiespectrais foram geo-referenciadas ao sistema de projeção cartográfica Transversal Universal de Mercator (UTM), coordenadas planas. Para tanto foram utilizados 16 pontos referenciados para retificação da cena utilizada para este trabalho (colunas 492000 e 500000 e linhas 672000 e 6736000), em conformidade com a imagem de satélite. O erro médio de localização obtido com este procedimento foi inferior a 30 m.

O processamento das imagens envolveu uma análise visual e estatística preliminar das características espectrais das bandas TM-3, TM-4 e TM-5, separadamente. Foram então selecionados 250 alvos geo-referenciados para verificação de verdades-terrestres da área *core* da RBMA/RS e da matriz espacial do entrono, a partir de uma composição colorida RGB.

Para o mapeamento da cobertura vegetal e usos predominantes da terra, inicialmente foi feita uma pré-classificação da imagem Índice de Diferença Normalizada de Vegetação (NDVI), do programa IDRISI for Windows. O objetivo desse passo foi indicar as áreas com maior densidade vegetação arbóreo-arbustiva.

Foram então extraídos os valores brutos do NDV, correspondentes a 10 sítios de treinamento, de 3 x 3 *pixels*, para cada fisionomia arbóreo-arbustiva e feita uma tabulação cruzada dos valores médios com os dados de verdades-terrestres.

Posteriormente, também foi feita uma classificação multiespectral não-supervisionada, das bandas 3, 4 e 5, com o classificador *isocluster* do módulo de processamento de imagens do programa IDRISI for Windows (Eastman, 1996). As classes resultantes desta classificação foram interpretados com o auxílio de fotos aéreas oblíquas geo-referenciadas, em conjunto com 150 registros de verdades-terrestre.

4. Resultados

4.1. Levantamento da cobertura/uso da terra

Apesar das diferenças evidentes na fisionomia das áreas naturais remanescentes observadas, os resultados dos padrões de resposta espectral da vegetação, obtidos pela classificação da imagem NDVI, não permitiram a diferenciar os tipos de fisionomias da cobertura vegetal arbóreo-arbustiva como mostra a Tabela 2.

Tabela- 2. Variação do NDVI em relação à fisionomia da cobertura vegetal .

	arbórea (florestal)	arbóreo-arbustiva (capoeiras)	arbustiva (capoeirinha)
média	0.628	0.634	0.586
desvio padrão	0.030	0.040	0.050
mínimo	0.522	0.466	0.493
máximo	0.687	0.700	0.700

Por outro lado, a classificação da cobertura/uso da terra, feito através do método de classificação não-supervisionada, módulo *isocluster*, permitiu a discretização e a delimitação das classes de cobertura da vegetação e de usos predominantes da terra na região.

4.2. Delineamento amostral

A estratégia de amostragem utilizada para avaliação rápida na área *core* da RBMA, foi feita de forma estratificada-aleatória, em função de sua forma alongada, do forte gradiente altitudinal (70 a 530 m) e de declividade (5 a 55 graus), da área de estudo. Foram sorteados 200 alvos geo-referenciados para amostragem da estrutura dos dosséis, das áreas seminaturais remanescentes em estádios de sucessão secundária inicial (SSIn), intermediário (SSMd) e avançado (SSAv) da vegetação, alvos estes distribuídos proporcionalmente entre unidades de análise da paisagem. A Figura 01 mostra imagem composição colorida com limite da área *core* e os pontos de tomada de dados no campo.

Para analisar os resultados obtidos através dessa metodologia de avaliação rápida, foram localizados os pontos centrais dos polígonos correspondentes a três fragmentos florestais identificados pelo trabalho de Monitoramento dos Remanescentes Florestais e Ecossistemas Associados do Domínio da Mata Atlântica existentes na área de estudo, para amostragem completa da vegetação. A Figura 02 mostra uma imagem com as classes solo exposto, pastagem, uso humano + SSIn e SSAv.

A área total sem cobertura vegetal arbóreo-arbustiva, identificada na região da área de estudo, com auxílio desta metodologia de levantamento da cobertura/uso da terra, corresponde a aproximadamente 28.735 ha de terras. Enquanto que, a área total com cobertura vegetal arbóreo-arbustiva, corresponde a aproximadamente 22.465 ha.

Já a área com cobertura vegetal arbóreo-arbustiva identificada dentro da *core* da RBMA/RS, corresponde a aproximadamente 1.627 ha de terras, sob a forma de uso agrícola/agropecuária e outros usos, associadas a vegetação seminaturais com fisionomia arbustiva. Enquanto que, a área com cobertura vegetal, sob a forma de áreas seminaturais com fisionomia florestal, corresponde a aproximadamente 1.360 ha de terras.

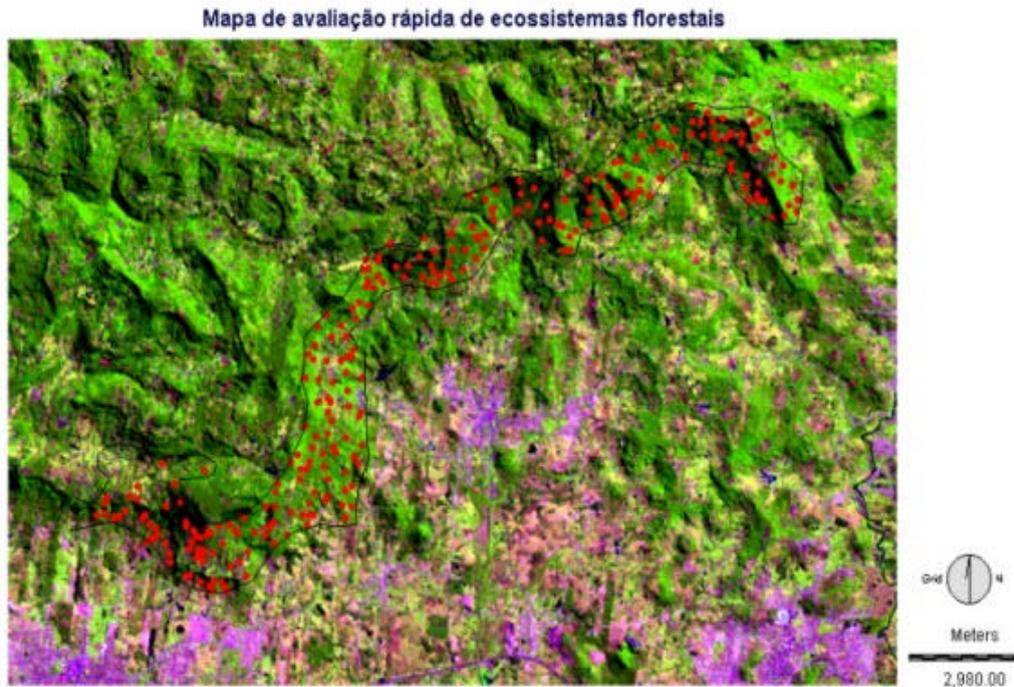


Figura – 1. Imagem com limite da área *core* da RBMA (linha preta) e os locais de tomada de dados de campo (pontos vermelhos)

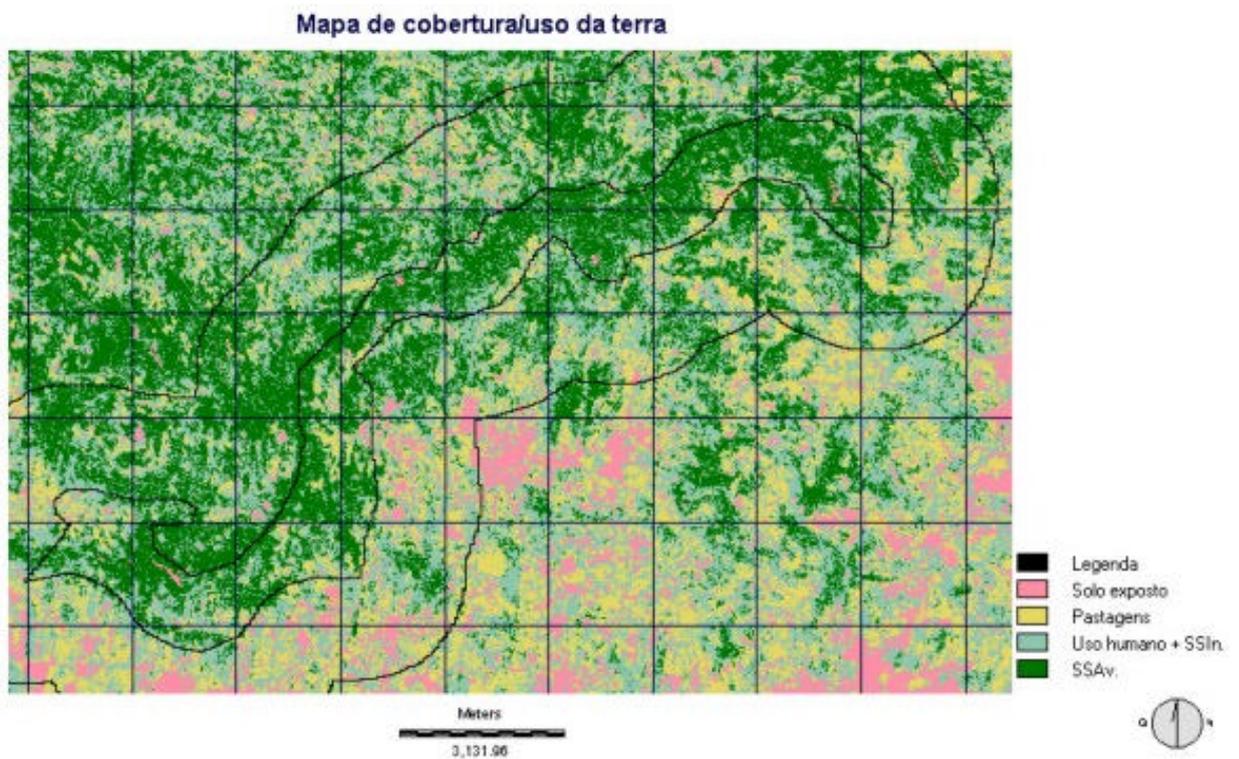


Figura –2. Mapeamento da cobertura/uso da terra de obtido por classificação não-supervisionada *isocluster*.

O próximo passo é a quantificação de áreas disponíveis para conservação e uso sustentável, nas diferentes unidades de análise da paisagem, o que ainda não foi possível, em função da necessidade de compensar o efeito da topografia, para se obter classes de cobertura/uso da terra mais distintas.

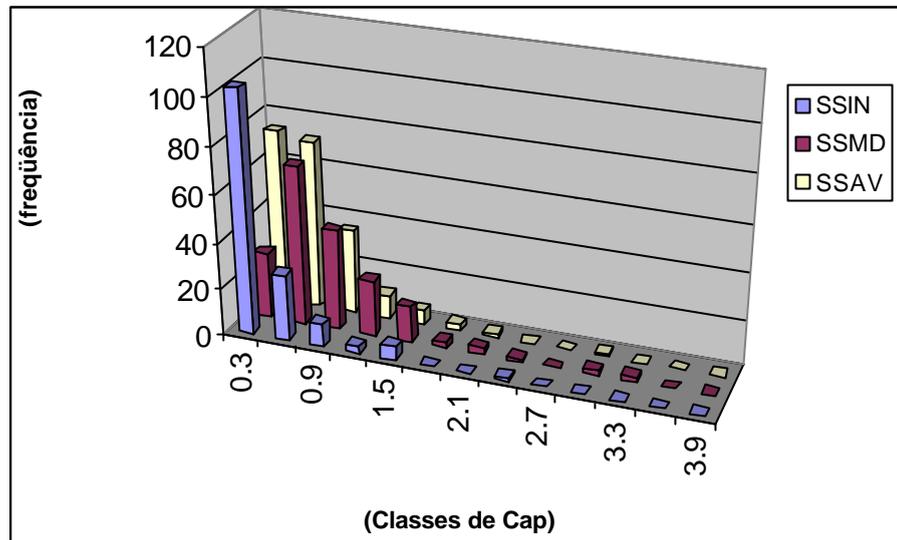


Figura – 3. Distribuição das classes de tamanho dos indivíduos (Circunferência na altura do peito – Cap), em áreas com cobertura vegetal em estádio de sucessão secundária inicial (SSIn), intermediária (SSMd) e avançada (SSAv).

4.3. Amostragem da estrutura dos dosséis

Foram identificadas 91 espécies arbóreo-arbustivas, distribuídas em 37 famílias botânicas, entre as quais *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Euphorbiaceae*, *Leguminosae* e *Moraceae* foram dominantes. Os indivíduos mortos corresponderam a 6% do número total amostrado.

Foram observadas maiores diferenças em relação aos dados complementares de estrutura dos dosséis, do que em relação a composição de composição de espécies das áreas seminaturais com diferentes fisionomias.

A Figura 3 mostra que a classe SSIn apresenta um Cap em torno de 0,3 m e que a classes SSAv apresenta um Cap entre 0,3 e 1,5 m.

5. Discussão

5.1. Variabilidade de classes.

O NDVI espectral, é um parâmetro consagrado para estudos de diagnóstico e monitoramento da cobertura vegetal (Gamon *et al.* 1995). Contudo, a sua aplicação apresenta restrições em florestas densas e em ambientes com uma elevada complexidade de relevo, devido a interação da energia eletromagnética refletida com a topografia e orientação solar do terreno, entre outros fatores (Ricota, Avena & Ferri, 1996).

Embora os resultados do NDVI sejam úteis para delimitação das áreas com maior densidade de cobertura vegetal, correspondente às áreas seminaturais remanescentes com

fisionomia florestal, estes não permitiram diferenciar SSIn de SSAv arbóreo-arbustiva existentes na área de estudo.

Os resultados do módulo *isocluster* de classificação multiespectral não-supervisionada (bandas 3, 4 e 5), permitiram diferenciar áreas seminaturais remanescentes com fisionomia florestal e arbustiva, devido ao ganho de informação relacionado com a influência do conteúdo de água no solo e/ou na biomassa vegetal sobre a reflectância espectral, detectada através da banda do infravermelho médio (banda 5). Porém, não permitiram distinguir áreas com áreas seminaturais com fisionomia arbustiva (capoeiras) das áreas de uso humano (agricultura/agropecuária), devido ao contraste difuso e ao elevado grau de amosaicamento existente entre estas classes de cobertura/uso da terra.

A metodologia de mapeamento da cobertura/uso da terra utilizada neste trabalho, demonstrou a existência de um mosaico vegetacional na área de estudo, constituído por uma matriz de áreas seminaturais com diferentes fisionomias florestais, intercalada com áreas de uso agropastoril e áreas seminaturais com fisionomias arbustivas (capoeiras) e núcleos e vilarejos de ocupação humana.

5.2. Variabilidade espacial e Avaliação rápida de ecossistemas

Na região de domínio morfo-estrutural característico dos remanescentes de Floresta Pluvial Tropical Atlântica, deve-se considerar a interferência marcante do relevo acidentado constituído por serras e morros, sobre o registro da reflectância eletromagnética pelo sensor orbital remoto (Siqueira, 200).

O mapeamento da cobertura/uso da terra realizado através da metodologia de classificação multiespectral permitiu diferenciar as áreas seminaturais remanescentes com fisionomia florestal (mata) das áreas seminaturais com fisionomia arbustiva (capoeiras). Entretanto, não permitiu diferenciar as áreas seminaturais com fisionomia arbustiva das áreas de uso humano (agricultura e agropecuária), em virtude do elevado grau amosaicamento existente entre estas classes de cobertura/uso da terra.

Embora muitos trabalhos de monitoramento da cobertura vegetal sejam feitos atualmente com base nessas técnicas de sensoriamento remoto, não se sabe até que ponto é possível distinguir florestas primárias pouco perturbadas, ou em estágio de sucessão secundária avançado, de florestas em estágio de sucessão intermediário, sujeitas a um maior grau de perturbação.

6. Conclusão

Os resultados da estratégia de amostragem para avaliação rápida de ecossistemas utilizada neste trabalho, não teriam sido alcançados sem as informações contidas na base de dados espaciais, as informações obtidas através do mapeamento da cobertura/uso da terra e sem o contato prévio com a área de estudo.

Os principais fatores limitantes para amostragem dos ecossistemas verificados neste tipo de abordagem, foram: a dificuldade de acesso, a complexidade do relevo, as limitações do GPS e o número restrito de pessoas para coleta de dados de campo. A amostragem da estrutura dos dosséis das áreas seminaturais remanescentes, realizada através do método de avaliação rápida de ecossistemas, consumiu 6 meses de trabalho de campo. Foram feitas 50 excursões de coleta, com uma frequência de 8 a 10 excursões por mês, equivalente a um esforço de 3,5 coletas/dia e percorridos 12 Km a pé por dia, em média, e 65 de 150 pontos de coleta da vegetação foram localizados em campo.

7. Referências Bibliográficas

- Baptista, de M. L. R. 1990. Classificação fisionômica da vegetação do Domínio Mata Atlântica: Levantamento, classificação e mapeamento na sua área de maior incidência no estado do R.G.S. Porto Alegre. Centro de Ecologia. UFRGS.
- Brasil, 1976. Mapa Planialtimétrico de Novo Hamburgo/RS. Ministério do Exército/DSG.
- Brasil, 1976. Mapa Planialtimétrico de Taquara /RS. Ministério do Exército/DSG.
- Brasil, 1993. Decreto Federal No. 70/93: Corte, exploração e supressão de vegetação primária ou em estágio avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica.
- Cain, S.A. & Castro, G.M. 1959. *Manual of vegetation analysis*. Harper & Bros., New York.
- Chronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. New York Columbia Univ. Press. 1262 p.
- Cottan, G. & Curtis, J.T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37: 451-460.
- Eastman, J.R. 1996. *IDRISI for Windows: exercícios tutoriais*. Porto Alegre: Centro de Recursos Idrisi. UFRGS. 109 p.
- Fonseca, G. Avaliação Rápida da Biodiversidade. In: Garay, J. & Dias, J. 2001. Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais, p:147-150. Petrópolis. Ed. Vozes.
- Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1976. Preceituação Ecológica para Preservação dos Recursos Naturais da Região da Grande Porto Alegre. Porto Alegre. Publ. Avulsa FZB No. 1. p: 83 a 85.
- Gamon, J.A., Field, C.B., Goulden, M.L., Griffin, K.L., Hartley, A.E., Joel, G., Penuelas, J. , and Valentini, R. 1995, Relationships Between NDVI, Canopy Structure, and Photosynthesis in three Californian Vegetation Types. *Ecol. Applications*, 5(1):28-41.
- Garay, J. & Dias, J. 2001. Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais, p:147-150. Petrópolis. Ed. Vozes
- Ministério do Meio Ambiente/Rede ONGS da Mata Atlântica, 2000. Avaliação e ações prioritárias par a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos. Cons. Intern. do Brasil/Fund. SOS Mata Atlantica /Fund. Biodiversitas/Intituto de Pesquisas Ecológicas/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo/ Instituto Estadual de Florestas de MG/Min. Meio Ambiente-MMA-SBF, Brasília, DF. 40 p.
- Ricota, C; Avena, G.C. & Ferri, F. 1996. Analysis of human impact on a forested landscape of central Italy eith a simplified NDVI texture descriptor. *Int. J. Remote Sensing*, 17(14):2869-2874.
- Sobrevilla, C. & Bath, P. 1992. *Evaluacion ecologica rápida: un manual para usuarios de América Latina e Caribe*. The Nature Conservancy. Washington.
- SOS-Mata Atlântica, 1998. Atlas da Evolução dos Remanescentes Florestais e ecossistemas associados no Domínio da Mata Atlântica, no período 1990-1995. Relatório Nacional. Fundação SOS Mata Altântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Intituto Socioambiental. São Paulo. pg 35-38.
- UNEP, 1995. *Global Biodiversity Assessment*. United Nations Environmental Programme. 1080 p.

8. Agradecimentos

Ao Centro de Sensoriamento Remoto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela magem de satélite TM Landsat 5 de 1999; ao Laboratório de Geoprocessamento - Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, pela magem de satélite ETM Landsat 7, de 2000; e ao CNPq pela bolsa de Doutorado de Julio Konrath.