Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS

Joel Juliano Kleinpaul[1]
Rudiney Soares Pereira[2]
Elvis Rabuske Hendges[3]
Ana Carolina Paim Benedetti[4]
Cícero Zorzi[5]
Renata Ferrari[6]

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS. Foram utilizadas quatro imagens de satélite: LANDSAT 5 (1987), LANDSAT 5 (1995), LANDSAT 7 (2002) e CBERS 2 (2005). As imagens foram classificadas empregando-se o algoritmo Bhattacharya. Após a classificação das imagens, foi realizado o cruzamento dos mapas temáticos. Como resultado, obteve-se mapas com os seguintes usos da terra: cobertura florestal, regeneração e desmatamento, ou seja, as florestas que permaneceram inalteradas de uma época para outra, as que regeneraram e as que foram desmatadas. Para um período de 18 anos, a cobertura florestal aumentou 10,24% na área da microbacia, passando de 14.135,42 ha (40,01%) em 1987 para 17.752,20 ha (50,25%) em 2005. Isto ocorreu devido à entrada em vigor do Código Florestal Estadual, à conscientização dos proprietários rurais e à implantação em maior escala de povoamentos de espécies exóticas no estado.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, SIG, dados multitemporais.

[1] Engenheiro Florestal, mestrando do PPGEF/UFSM. joeljuk@yahoo.com.br
[2] Engenheiro Florestal, Doutor, Professor titular do Departamento de Engenharia Rural.rudiney@smail.ufsm.br
[3] Geógrafo, doutorando do PPGEF/UFSM. elvis@mail.ufsm.br
[4] Engenheira Florestal, mestranda do PPGEF/UFSM. anacaroline@mail.ufsm.br
[5] Geógrafo, mestrando do PPGG/UFSM, czorzi@mail.ufsm.br
[6] Acadêmica do Curso de Geografia/UFSM. renatageo_2003@yahoo.com.br

Multitemporal Analysis of Forest Cover in the Arroio Grande Small Hydrological Basin, Santa Maria, RS

ABSTRACT

This work aims to carry out a multitemporal analysis of the forest cover of Arroio Grande small hydrological basin located in Santa Maria, RS, Brazil. Four satellite images were used: LANDSAT 5 (1987), LANDSAT 5 (1995), LANDSAT 7 (2002) and CBERS 2 (2005). The images were classified according to the Bhattacharya algorithm. After the classification of such images, the crossing of the thematic maps was accomplished. Maps with different land uses were obtained: unaffected forest cover, regeneration and deforestation for the period 1987 – 2005. During 18 years, the forest cover increased 10,24% in the basin area, changing from 14.135,42 ha (40,01%) in 1987 to 17.752,20 ha (50,25%) in 2005. This happened because the State Forest Law has become effective as well as the rural owners' consciousness and also due to increment of exotic forest plantations in the State.

Keywords: remote sensing, GIS, multitemporal data, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma posição de destaque no cenário mundial no que diz respeito às relações entre o uso da terra e as mudanças globais: primeiro, por suas dimensões territoriais e demográficas, que o situam entre as dez maiores nações do planeta; segundo, pela presença da imensa massa contínua da floresta pluvial, em grande parte ainda intocada, o que o coloca em situação privilegiada quanto à sua participação nos remanescentes de cobertura natural do planeta. Em terceiro lugar, destaca-se pela extrema desigualdade na distribuição social e territorial de renda, que reduz as alternativas de ascensão social e contribui para a grande mobilidade espacial de sua população, o que é um dos fatores principais para explicar a velocidade e extensão das mudanças do uso da terra.

A interferência dos colonizadores sobre o ambiente natural encontrado foi o começo de uma mudança no uso do solo observada até os dias de hoje. A exploração das florestas, a transformação em agricultura, a urbanização e a industrialização, eram processos gradativos que necessitavam de mais espaço físico e recursos naturais.

Para Carvalho Júnior et al. (2005), os trabalhos que abordam a análise multitemporal, cada vez mais se intensificam, considerando as características espectrais das imagens de satélite. Esses procedimentos permitem monitorar e auxiliar os trabalhos de extensão agrícola, como também avaliar a evolução dos desmatamentos e o crescimento urbano.

Um problema associado com os dados históricos (multitemporais) de sensoriamento remoto para a detecção de mudanças é que estes não são da mesma data (dia/mês), apresentando variação entre os ângulos de incidência solar, nas condições atmosféricas e umidade do solo. Idealmente, dados de sensoriamento multitemporais devem ser normalizados (equalizados) para que estes efeitos sejam minimizados ou eliminados (JENSEN, 1996).

Vários autores já empregaram análise multitemporal, como por exemplo, Alencar et al. (1996), na floresta amazônica no norte do estado do Pará, para as datas de 1984 e 1991. Também no Pará, porém para a região leste, Watrin et al. (1998) efetuaram uma análise multitemporal para os anos de 1985 e 1995. Sua área de estudo foi dividida em dois módulos: Tauari, no município de Capanema e módulo Prata, no município de Igarapé-Açu.

Já Gomes & Ponzoni (2005), estudando florestas no norte de Minas Gerais, para o período de novembro de 1994 a setembro de 1999, concluíram que quando se trabalha em regiões nas quais a cobertura vegetal apresenta uma fenologia característica devido à sazonalidade, há de se levar em consideração que a base temática não poderá ser definida mediante uma série temporal pequena de imagens e sim deverá ser aprimorada em sucessivas intervenções ao longo do tempo.

Duarte & Brito (2005), também em Minas Gerais, estudaram a bacia hidrográfica do Rio Uberabinha, localizado na região de Uberlândia.

Conforme Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1980), as informações

atualizadas sobre o uso da terra e a sua distribuição são essenciais para o manejo eficiente dos recursos agrícolas e florestais e há necessidade sempre crescente de constantes atualizações sobre os registros de uso da terra, para que suas tendências possam ser analisadas.

Para Giotto (1981), o monitoramento do uso da terra recebe importância redobrada, pois além de permitir avaliar as alterações provocadas pela ação do homem, fornece informações essenciais para o manejo eficiente dos recursos naturais. Neste contexto, surgem medidas como: previsões de safras como suporte básico ao processo de comercialização; cobertura florestal e suas alterações; determinação de novas áreas de expansão agrícola e florestal.

De acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, citado por Moreira (2003), a segmentação de imagem é um procedimento adotado antes da fase de classificação. Com esse procedimento, a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, em que algumas dessas áreas são utilizadas como treinamento do classificador.

Segundo o mesmo autor, os processos utilizados para dividir as imagens em regiões espectralmente homogêneas, implementados no SPRING, são três: crescimento de regiões, detecção de bordas e a combinação desses dois. Neste estudo, utilizou-se o crescimento de regiões, por ter demonstrado bom desempenho na área florestal.

Moreira (2003) também cita que no início do processo de segmentação a região pode ser um *pixel* ou um conjunto de *pixels*. 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 de área, que são fornecidos pelo analista.

Segundo Câmara (1995), a linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), utilizada para se fazer o cruzamento entre planos de informação, provê um ambiente geral para análise geográfica, com operadores espaciais sobre geo-campos e geo-objetos existentes no banco de dados do SPRING, introduzidas pelo modelo conceitual. Nessa programação, são utilizados esquemas conceituais para definir especializações das classes do modelo de dados.

Conforme o mesmo autor, um programa em LEGAL é estruturado em uma lista de sentenças que descrevem um procedimento, ou um conjunto de ações sobre dados espaciais. Tais sentenças são estruturadas em quatro grandes grupos: declarações das variáveis, instanciações das variáveis, operações de álgebra de mapas e comandos de controle.

Este trabalho teve como objetivo monitorar os processos de desmatamento e regeneração e também determinar quais são as taxas de conversão de florestas primárias em outros usos da terra e destes em regeneração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área da microbacia do Arroio Grande está localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, na microrregião geográfica de Santa Maria, situando-se entre as seguintes coordenadas geográficas: 29º29'20" e 29º43'25" de latitude sul e 53º33'47" e 53º48'12" de longitude oeste.

A microbacia possui uma área de 35.326,75 ha, localizados principalmente nos municípios de Silveira Martins e Itaara, e também uma pequena área no município de Santa Maria.

Conforme Moreno (1961), o clima da região é subtropical úmido, do tipo "Cfa", segundo a classificação de Köppen, caracterizado por temperaturas médias anuais entre 17,9ºC e 19,2ºC. A região, segundo Brena & Longhi (2002), é enquadrada fitogeograficamente em Floresta Estacional Decidual. Esta é caracterizada por uma grande densidade de indivíduos, com estratos que variam desde espécies herbáceas até espécies com mais de 30 metros de altura.

De acordo com a classificação de solos do Rio Grande do Sul, proposto por Streck et al. (2002), os tipos de solos encontrados no local são os seguintes: Associação Chernossolo Férrico com Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico (MTf – Rle1), Alissolo Hipocrônico Argilúvico (APt2), Planossolo Hidromórfico (SGe1), Argisolo Vermelho Distrófico Arênico (PVd2), Argissolo Vermelho Amarelo (PVAa1) e Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico (PVAa3).

Para o desenvolvimento desta pesquisa, os materiais utilizados foram os seguintes: cartas topográficas, imagens de satélite, computador e aplicativos computacionais.

Foram utilizadas as seguintes cartas topográficas: Camobi, Santa Maria e Val de Serra, todas na escala de 1:50.000. Já as imagens utilizadas foram as dos satélites LANDSAT 5, órbita-ponto 233-080 e datadas de 15 de março de 1987 e 23 de outubro de 1995; LANDSAT 7, órbita-ponto 233-080 e datada de 15 de março de 2002 e CBERS 2, órbita-ponto 160-133 e datada de 07 de janeiro de 2005.

Os aplicativos utilizados foram os seguintes: SPRING 4.0, utilizado para o registro, contraste, composição, segmentação e classificação das imagens; IMPIMA 4.0, SCARTA 4.0 e IPLOT 4.0, aplicativos acessórios do SRING; Adobe Photoshop 5.5, utilizado para montagem do mosaico com as cartas topográficas e Corel Draw 12.0, utilizado para acabamento final dos mapas.

Inicialmente, as cartas topográficas foram digitalizadas em *scanner* (com tamanho A3) e salvas em formato JPG com resolução de 200 dpi. Porém, então, importadas pelo programa Adobe Photoshop 5.5, para mosaicagem e gravação em formato TIFF.

No programa Impima 4.0, o mosaico de cartas foi salvo em formato GRIB, a fim de poder ser importado pelo SPRING 4.0. Antes de se importar o mosaico no SPRING, criou-se um banco de dados e um projeto com projeção CYLINDRICAL/ Datum WGS84, por se tratar de uma projeção muito utilizada para mapeamentos em Sistemas de Informações Geográficas.

Então, o mosaico foi georreferenciado (registro), onde os pontos de controle foram obtidos dos cruzamentos de coordenadas UTM que existem nas cartas topográficas. Fez-se a importação do mosaico através da separação das bandas nos canais RGB, a fim de poderem ser desenhadas com várias composições no SPRING.

Em seguida, foram digitalizadas as entidades geográficas: o polígono máscara do limite da microbacia, a rede viária, a rede de drenagem. Cada entidade foi digitalizada como sendo um plano de informação individual, formando, assim, uma camada de informação distinta.

Foram criadas várias categorias que continham os planos de informação: imagem (modelo imagem), com as bandas e composições em RGB das imagens LANDSAT e CBERS; drenagem (modelo temático), com toda rede de drenagem; estradas (modelo temático), com rodovias, ferrovias e caminhos; limites (modelo cadastral) com o limite da microbacia; uso da terra (modelo temático), com as imagens classificadas nos temas pré-estabelecidos e cruzamentos (modelo temático), com as imagens classificadas e cruzadas no programa legal a fim de se detectar mudanças na área de estudo.

As imagens foram primeiramente importadas pelo Impima 4.0 no formato TIFF. Cada banda foi salva separadamente, tanto as do LANDSAT 5, como LANDSAT 7 e CBERS 2. Após cada banda ser recortada (área da microbacia) e salva em formato GRIB, foi então georreferenciada e importada pelo SPRING.

Aplicou-se contraste nas bandas 345 nos canais RGB com operação linear do aplicativo SPRING 4.0, a fim de melhorar a visualização das feições. Em seguida, efetuou-se a segmentação das imagens, ou seja, a imagem foi dividida em regiões espectralmente homogêneas, das quais algumas seriam utilizadas como treinamento do classificador.

Para cada região, o segmentador calculou os seguintes atributos espectrais: média, variância e textura. A agregação das regiões foi feita segundo os critérios de similaridade e de área, que são fornecidos pelo analista.

O limiar de similaridade é o valor mínimo abaixo do qual duas classes foram consideradas similares e agrupadas em uma única região, enquanto que o limiar de área definiu o número mínimo de *pixels* necessários para que uma área fosse individualizada. Neste estudo, adotou-se 10 para similaridade e 20 para área, respectivamente, por se tratar de valores já utilizados por outros pesquisadores, como Ruhoff (2004).

A classificação digital foi conseguida pelo algoritmo classificador de regiões Bhattacharrya com uma aceitação de 100% para as amostras em cada classe criada. A medida de distância de Bhattacharya foi utilizada neste classificador por regiões para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidade de classes espectrais.

Após a classificação da imagem, foram realizados os cruzamentos dos mapas temáticos. Através de uma programação em linguagem LEGAL, foram cruzadas duas imagens temáticas para dois períodos seguidos. O único tema incluído na programação foi o de florestas. *Pixels* que mantiveram a mesma legenda de um período para o outro permaneceram inalterados e foram denominados de cobertura florestal; *pixels* que passaram a apresentar a legenda "floresta" representam a regeneração; *pixels* que representavam "floresta" e desapareceram no período foram denominados "desmatamento".

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 EVOLUÇÃO FLORESTAL ENTRE OS ANOS DE 1987 E 1995

Conforme ilustra a Figura 1, a cobertura florestal manteve-se principalmente na encosta e também no planalto. A regeneração se deu principalmente no planalto e em alguns pontos na planície. O desmatamento foi maior na encosta com alguns focos no planalto e também na planície.

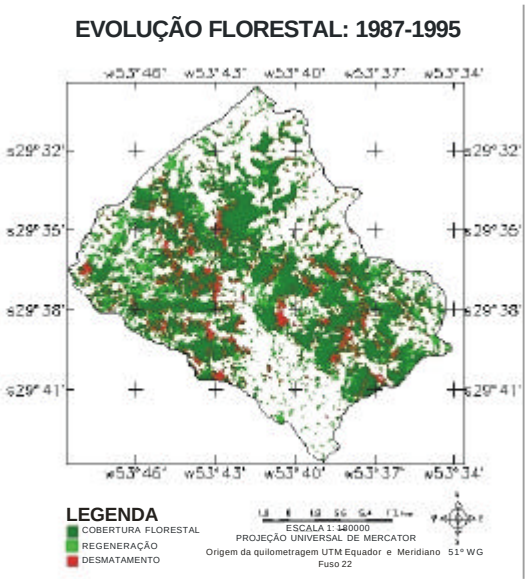

Figura 1. Evolução Florestal entre os anos de 1987 e 1995.

Na Figura 1, que apresenta o resultado do cruzamento dos mapas relativos à evolução da cobertura florestal entre 1987 e 1995, observa-se que existiam 14.135,42 ha de florestas em 1987. Destes, 3.725,30 ha foram desmatados, resultando em uma cobertura florestal de 10.410,12 ha em 1995.

Porém, houve uma regeneração florestal de 4.390,65 ha neste período, principalmente em locais onde antes existiam lavouras e campos, resultando em uma área florestal de 14.800,77 ha no ano de 1995, ou seja, um aumento de 4,50% da área florestal ou 1,89% da área total da microbacia.

3.2 EVOLUÇÃO FLORESTAL ENTRE OS ANOS DE 1995 E 2002

Podemos observar na Figura 2 que a cobertura florestal se manteve principalmente no planalto. A regeneração ocorreu, sobretudo, no planalto e em alguns focos da encosta. O desmatamento foi mais representativo no planalto e em alguns pontos na planície.

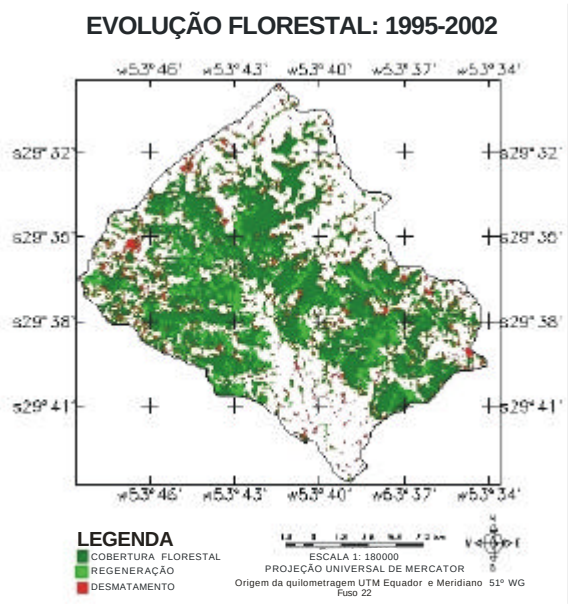

Figura 2. Evolução Florestal entre os anos de 1995 e 2002.

Na Figura 2, que apresenta o resultado do cruzamento dos mapas relativos à evolução da cobertura florestal entre 1995 e 2002, observa-se que existiam 14.800,77 ha de florestas em 1995. Destes, 3.630,15 ha foram desmatados, resultando em uma cobertura florestal de 11.170,62 ha em 2002.

Em contrapartida, houve uma regeneração florestal de 4.565,00 ha neste mesmo período, resultando em uma área florestal de 15.735,62 ha no ano de 2002. Isto representa um aumento de 5,94% da área florestal ou 2,64% da área total da microbacia.

3.3 EVOLUÇÃO FLORESTAL ENTRE OS ANOS DE 2002 E 2005

A Figura 3 nos mostra que a cobertura florestal se manteve principalmente no planalto e na encosta. A regeneração se deu em grandes áreas do planalto e também da planície. Já o desmatamento se deu em focos no planalto e também em alguns pontos da planície.

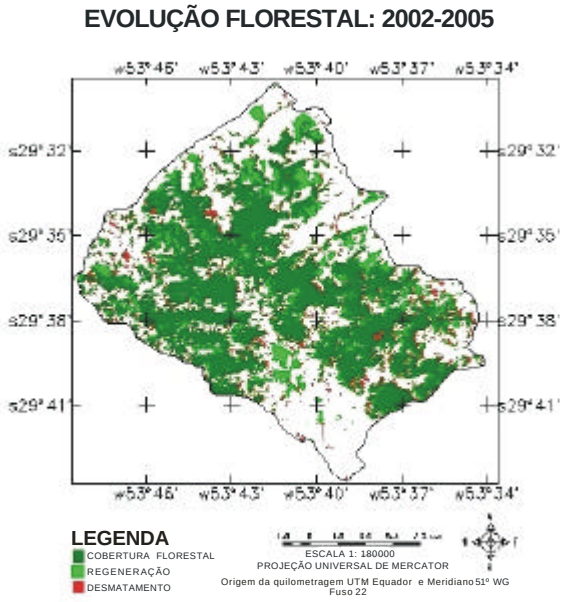

Figura 3. Evolução Florestal entre os anos de 2002 e 2005.

Na Figura 3, que apresenta o resultado do cruzamento dos mapas relativos à evolução da cobertura florestal entre 2002 e 2005, observa-se que existiam 15735,62 ha de florestas em 2002. Destes, 2.887,58 ha foram desmatados, resultando em uma cobertura florestal de 12.848,04 ha em 2005.

Para tanto, houve uma regeneração florestal de 4.904,16 ha neste período, resultando em uma área florestal de 17.752,20 ha no ano de 2005. Isto significa um aumento de 11,36% da área florestal ou 5,71% da área total da microbacia.

Moreira et al. (2005) estudaram análise multitemporal nos municípios em torno do Parque Nacional das Emas em Goiás, entre os anos de 1989 e 2002. Eles analisaram a percentagem de área desmatada para cada município em torno do parque.

Nesta pesquisa, para um período de 18 anos, a cobertura florestal aumentou 10,24% na área da microbacia, passando de 14.135,42 ha (40,01%) em 1987 para 17.752,20 ha (50,25%) em 2005. Estes dados são muito próximos aos encontrados para o inventário florestal do Rio Grande do Sul.

Considera-se que um dos fatores determinantes para a diminuição dos desmatamentos no estado foi a aprovação do Código Florestal do Rio Grande do Sul, no dia 21 de janeiro de 1992, que impôs uma série de barreiras ao corte das florestas nativas. A partir desta data, o corte sem licença foi proibido e o desrespeito a esta lei resulta em multa para os infratores.

Outro fator que pode estar reduzindo o corte de florestas nativas no Estado é a implantação cada vez maior de povoamentos com espécies exóticas, como por exemplo, *Eucalyptus sp.* (eucalipto), *Pinus sp.* (pinus) e *Acacia mearnsii* (acácia-negra). O eucalipto, principalmente, vem sendo utilizado em pequenas propriedades para geração de energia e até mesmo na construção civil.

Além de todos estes fatores já mencionados, existe hoje uma maior conscientização dos proprietários sobre a importância das florestas para o meio ambiente. Foram abandonadas áreas mais difíceis para o cultivo agrícola e estão se preservando mais as matas ciliares nas regiões de encosta do planalto.

4. CONCLUSÕES

Houve um aumento da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande para todos os períodos estudados, passando de 14.135,42 ha (40,01%) no ano de 1987 para 14.800,77 ha (41,91%) em 1995; 15.735,62 ha (44,54%) em 2002 e 17.752,20 ha (50,25%) em 2005, ou seja, um aumento real de 3.616,78 ha (10,24%) para todo o período estudado. Este aumento ocorreu principalmente nas regiões de planalto e encosta do planalto. As áreas de maior declividade (encosta do planalto) estão quase totalmente tomadas por capoeirão (floresta secundária), enquanto na planície praticamente inexiste mata ciliar.

5. REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. C.; VIEIRA, I. C. G.; NEPSTAD, D. C.; LEFEBVRE, P. Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia Oriental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais**... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996. 1 CD-ROM.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário florestal da Quarta Colônia. In: ITAQUI, J. **Quarta Colônia**: inventário técnico da flora e da fauna Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, 2002. p. 47-73.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. 1995. 286 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T.; MELO, A. F.; SILVA, P. A. Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 1 CD-ROM.

DUARTE, W. O.; BRITO, J. L. S. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do alto curso do rio Uberabinha utilizando imagens CBERS 2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 1 CD-ROM.

GIOTTO, E. **Aplicabilidade de Imagens RBV do LANDSAT 3 em levantamento do uso da terra no município de Tapera - RS**. 1981, 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GOMES, A. R.; PONZONI, F. J. Utilização de dados multitemporais para o projeto Atlas de Remanescentes Florestais de mata Atlântica como subsídio ao mapeamento de florestas estacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais.**.. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 1 CD-ROM.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Curso de treinamento**: introdução às técnicas de sensoriamento remoto e aplicações. São José dos Campos, 1980. Relatório INPE–1969–MO/004.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**: a remote sensing perspective. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 318 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Ed. da Universidade Federal de Viçosa, 2003. 299 p.

MOREIRA, R. A.; RAMOS NETO, M. B.; MACHADO, C. P.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; MENEZES, B. A. C.; MACHADO, S. J. M.; FERREIRA, R. G. Análise temporal do uso do solo nos municípios do entorno do Parque Nacional das Emas com a utilização de imagens LANDSAT e CBERS-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia.

Anais... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 1 CD-ROM.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de recursos hidrográficos**: modelagem ambiental com a simulação de cenários preservacionistas. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER-RS; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126 p.

WATRIN, O. S. dos; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N. Análise multitemporal do uso da terra e suas interrelações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do nordeste paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais**... São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998. p. 1573-1583. 1 CD-ROM.