

Processamento de dados orbitais para o mapeamento de unidades de conservação na área de influência da rodovia RST/453/RS486 (Rota do Sol), RS

Gabriel de Oliveira ¹
Roberto Verdum ²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
gdo@dsr.inpe.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Instituto de Geociências – Departamento de Geografia
Caixa Postal 91581-970 - Porto Alegre - RS, Brasil
verdum@ufrgs.br

Abstract. This work aims to evaluate via digital processing techniques of remote sensing data the mapping of land use and land cover of two conservation units (CU's) located in the area of influence RST/453/RS486 highway (Rota do Sol – Rio Grande do Sul), as support for the identification and quantification of fragments of native or secondary Atlantic Rainforest and other categories of land use and land cover associated. Mapping of land use and land cover of CU's supervised digital classification carried out by using the algorithm Bhattacharya, proved extremely reliable according to the indexes used to measure their accuracy. The overall accuracy for “Estação Ecológica Estadual de Aratinga” was 85.88%, and for the “Área de Proteção Ambiental Rota do Sol” 84.39%. In “Estação Ecológica Estadual de Aratinga” were mapped 4076.78 ha of forest types, separated in Dense Ombrophile Forest, Mixed Ombrophile Forest and Secondary Forest Formations. In “Área de Proteção Ambiental Rota do Sol” were mapped 25,121.78 ha of forest types, separated in Dense Ombrophile Rainforest, Mixed Ombrophile Forest and Secondary Forest Formations. The use and processing of remote sensing data showed great potential in agreement with the objectives proposed in this study. The results obtained enabled the establishment of a current diagnostic of the remaining areas of grassland and forest allowing the identification of major ongoing environmental degradation as well as actions for its control in CU's.

Palavras-chave: processamento digital de imagens, unidades de conservação, uso e cobertura da terra, digital image processing, units of conservation, land use and land cover.

1. Introdução

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e o suporte de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) cumprem importante papel no avanço das tecnologias disponíveis para realização de estudos ambientais. De acordo com Lillesand et al. (2004), o processamento de imagens é uma equação ou conjunto de equações aplicadas aos dados dos sensores, armazenando os resultados da computação para cada pixel.

As informações contidas em imagens de satélite podem ser melhor interpretadas através da classificação destas. A classificação é um processo de extração de informações que abrange um conjunto de técnicas, que podem ser matemáticas ou estatísticas. As técnicas de classificação digital implicam na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe. Tais procedimentos tornam o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subsequentes (Novo, 1992). No formato digital a imagem pode ser interpretada utilizando os programas computacionais, no intuito de aproximar o máximo possível a representação digital da cena à realidade.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo efetuar através de técnicas de processamento digital de dados advindos de sensores remotos, o mapeamento de uso e cobertura da terra de duas unidades de conservação localizadas em área de influência da rodovia Rota do Sol, como

subsídio para a identificação e quantificação dos fragmentos de formações florestais nativas ou secundárias da Mata Atlântica e demais classes de uso e cobertura da terra associadas.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área do estudo se localiza na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, englobando duas Unidades de Conservação Estaduais (UC's), representadas na Figura 1. Em vermelho destaca-se a Estação Ecológica Estadual de Aratinga e em azul a Área de Proteção Ambiental Rota do Sol.

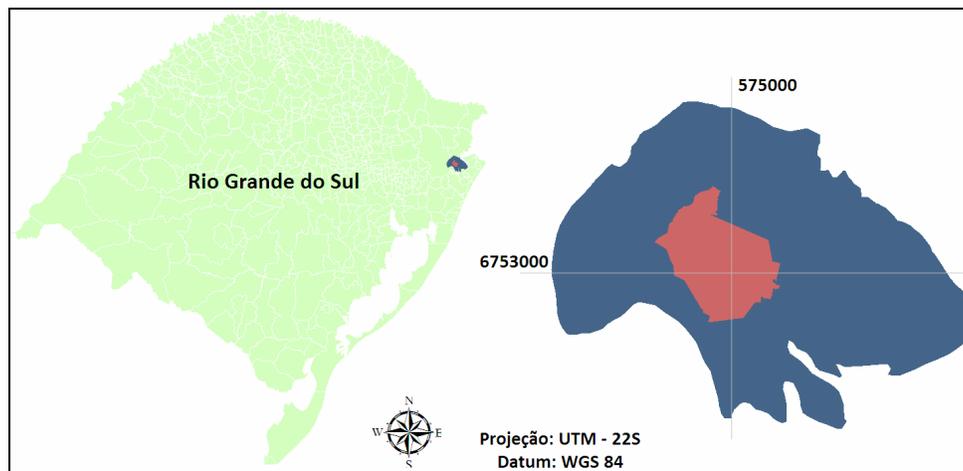


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Dados

Para elaboração deste 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). Estas imagens apresentam resolução espacial de 10 metros, e referem-se às órbitas-ponto 710-409 e 711-409, correspondentes a julho e agosto de 2007.

2.3 Pré – Processamento

Inicialmente, de porte das duas cenas que cobriam toda a área do estudo, no software ERDAS 9.1 as imagens foram exportadas para o formato GEOTIFF, no qual elas poderiam ser manipuladas no *software* SPRING 5.1.3. Após isto, foi efetuado o recorte das áreas das UC's através de arquivos vetoriais disponibilizados pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA / RS).

No *software* SPRING 5.1.3 foi criado um banco de dados para onde foram importados os recortes das UC's; foi então criado um projeto no qual iriam constar todos os dados e arquivos que seriam gerados a partir dos processos de classificação digital das imagens. Como parte integrante da rotina do *software* foram estabelecidas no “Modelo de Dados Temático”, as classes previamente definidas para o mapeamento, tendo sido utilizado como referência os dados do Projeto Conservação da Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul (PCMA/RS, 2008), porém com adaptações de nomenclatura. As classes previamente designadas foram: Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa, Formação Secundária, Campo, Áreas Úmidas, Água, Florestamento, Sombra e Área de Uso Antrópico.

Como primeiro passo, antes de se iniciar propriamente as rotinas para o efetivo processo de classificação, as imagens foram submetidas ao realce de contraste, utilizando-se a técnica

de realce de contraste linear, expandindo-se os valores numéricos dos pixels presentes na imagem de forma a ocuparem toda a capacidade de visualização do monitor, tendo como limiar o valor médio dos pixels mais dois desvios-padrão (2σ).

2.4 Classificação das Imagens

Foi adotada como método, a classificação automática por região baseada no algoritmo de Battacharya, disponível no software SPRING (Inpe, 2002). A medida de distância usada para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais é a “Distância de Bhattacharya”. Segundo Moreira (2005), a distância de Bhattacharya é expressa pela seguinte equação:

$$B(p_i, p_j) = \frac{1}{2}(m_1 - m_2)^T \sum (m_i - m_j) + \frac{1}{2} \ln \frac{|\sum (m_i - m_j)|}{|\sum i|^{1/2} |\sum j|^{1/2}} \quad (2)$$

Onde, B = Distância de Bhattacharya; P_i e p_j = pixels nas classes i e j; m_i e m_j = médias das classes i e j; T = matriz transposta; ln = logaritmo neperiano; i e j = classes dentro do contexto. Este algoritmo opera ao nível de regiões, utilizando como amostras de treinamento regiões geradas no processo de segmentação e selecionadas pelo analista.

A segmentação automática, em geral, baseia-se nas características de descontinuidade e similaridade dos tons de cinza de uma imagem. Conforme Venturieri e Santos (1998), a operação de segmentação por crescimento de regiões consiste em agrupar pixels com características similares em termos tonais e tesourais, formando regiões homogêneas. Desta forma, a imagem é particionada em um conjunto de regiões correspondentes às feições da superfície terrestre, que irão servir de base para a análise e cartografia temática. Os resultados desse processo são áreas com aspecto contínuo, onde cada área possui características espectrais bem diferentes das vizinhas que a cercam.

De acordo com Meinel e Neubert (2004), a definição de valores para os limiares na segmentação de imagens depende, principalmente, do conhecimento dos padrões de repartição espacial dos objetos de cada área e da definição da generalização cartográfica ideal, em função da escala cartográfica da abordagem realizada. O processo de segmentação é essencialmente empírico e, em geral, ajustável aos diferentes tipos de imagens, com limiares definidos face à complexidade dos alvos investigados. Assim, para este estudo serão utilizados os limiares definidos por Oliveira (2009), que ao testar uma série de possíveis valores de segmentação para discriminação de uso e cobertura da terra em imagens HRG-SPOT 5, definiu os critérios de 10 para similaridade e 26 para área.

Após isto, foram iniciados os procedimentos para geração das imagens temáticas. Para tanto, no software SPRING 5.1.3 se inseriu o arquivo vetorial correspondente a segmentação 10-26 e os recortes de imagem correspondentes as UC's. Foram então coletadas as amostras de treinamento para o algoritmo classificador, em uma média de quinze por classe temática. Cabe salientar que para a coleta de amostras de treinamento para a análise dos alvos baseou-se no conhecimento do analista a respeito dos padrões característicos de cada classe na imagem, valendo-se de observações realizadas em campo.

Enfim, de modo a se analisar a confiabilidade do mapeamento, no software SPRING 5.1.3 foram geradas as matrizes de erro e calculados os índices de exatidão. Neste trabalho o índice utilizado foi o de Acurácia Global (*ag*) (Story e Congalton, 1986):

$$ag = \sum_{i=1}^m p_{ii} \quad (2.1)$$

Ela é calculada pela soma do total dos pixels corretamente classificados, dividida pelo número total de pixels da matriz de confusão. Desta forma, quanto mais perto do valor 100%, maior a confiabilidade do mapa temático.

3. Resultados e Discussão

A análise dos resultados está estruturada em duas partes: **3.1 Estação Ecológica Estadual de Aratinga** e **3.2 Área de Proteção Ambiental Rota do Sol**, em que são apresentados os mapas e as respectivas quantificações das classes de uso e cobertura da terra identificadas nestas UC's.

3.1 Estação Ecológica Estadual de Aratinga

De acordo com o Plano de Manejo de junho de 2008, desenvolvido pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA/RS) e Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS), a Estação Ecológica Estadual de Aratinga é uma Unidade de Conservação de proteção integral, sendo permitida somente a pesquisa científica e a visitação com objetivo educacional.

Esta Unidade de Conservação preserva os recursos hídricos da região, principalmente as nascentes do rio Três Forquilhas, além conservar as áreas ocupadas pelos campos caracterizados como Estepe Gramíneo-Lenhosa (Verdum et al., 2006). Também tem o objetivo de proteger as áreas com floresta ombrófila mista e ombrófila densa, propiciando, assim, a preservação da fauna silvestre.

A Figura 2 representa o uso e cobertura da terra da Estação Ecológica Estadual de Aratinga. As Tabelas 1 e 2 ilustram o índice de acurácia do mapeamento e as quantificações em área e porcentagem das classes presentes nesta UC.

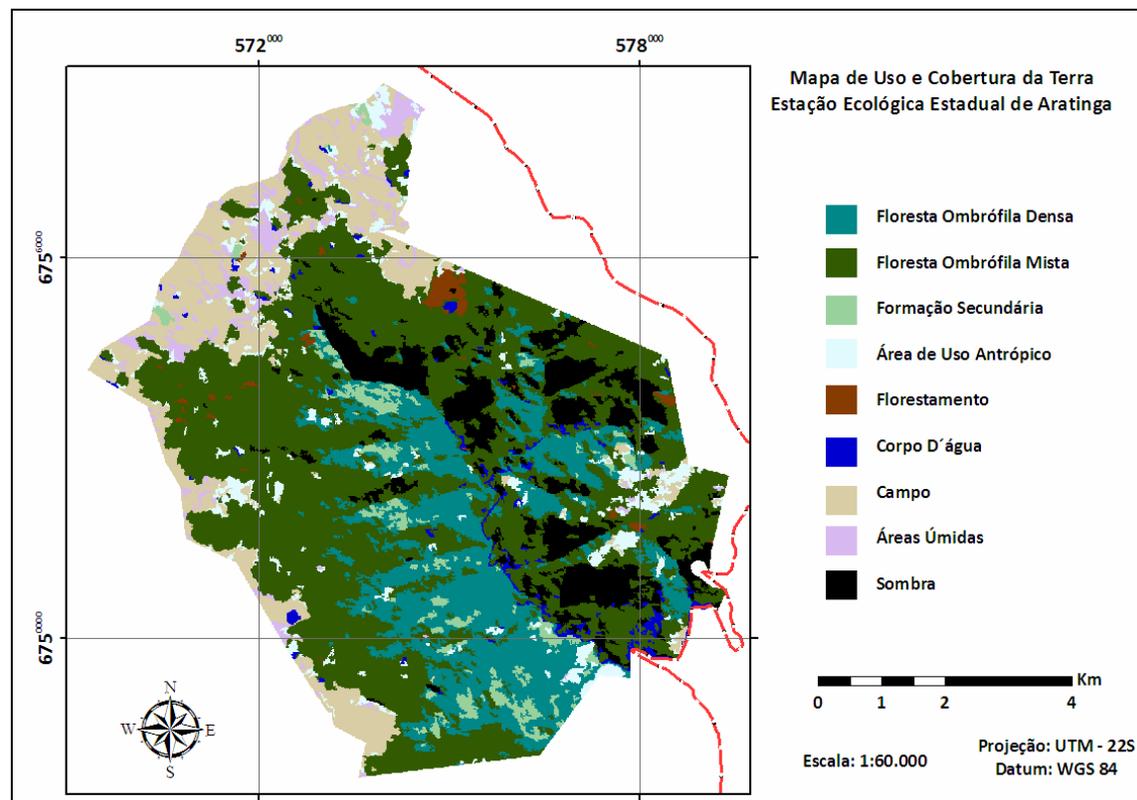


Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra, Estação Ecológica Estadual de Aratinga.

Tabela 1: Acurácia do mapeamento do uso e cobertura da terra da Estação Ecológica Estadual de Aratinga.

	VALOR
ACURÁCIA GLOBAL	85,88%

De acordo com a Tabela 1, o índice de Acurácia Global foi de 85,88%, significando que dos 1452 pixels coletados como amostras de treinamento, 1247 foram corretamente classificados.

Tabela 2: Quantificação das classes de mapeamento de uso e cobertura da terra, Estação Ecológica Estadual de Aratinga.

Classes	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Densa	1.060,13	17,51%
Formação Ombrófila Mista	2.832,63	46,79%
Formação Florestal Secundária	184,02	3,04%
Áreas Antropizadas	277,31	4,58%
Florestamento	51,16	0,85%
Corpo d'Água	88,19	1,46%
Campo	786,50	12,99%
Banhado	181,93	3,01%
Sombra	591,41	9,77%
TOTAL	6.053,28	100,00%

A Tabela 2 demonstra que as classes de tipologias florestais, separadas em Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Formação Florestal Secundária, representam 4.076,78 ha, equivalendo a 67,34% da área da UC.

Com relação a estas tipologias, é possível encontrar dentro da área da UC, espécies como a araucária (*Araucária angustifolia*), o pinho-bravo (*Podocarpus lambertii*), o ipê-amarelo da-serra (*Tabebuia alba*), o xaxim (*Dicksonia sellowiana*), o palmito (*Euterpe edulis*) e canelas, além de uma variedade de gramíneas, orquídeas e bromélias.

As Áreas de Uso Antrópico correspondem a 277,31 ha, ou 4,58% da área total, devendo se constituir em um foco de atenção por parte dos órgãos gestores, pois teoricamente na área desta UC, as atividades antrópicas que degradam a biota são inteiramente proibidas, sendo que nela deveria se ter acesso, somente, para atividades de pesquisa e visitação com objetivo educacional.

Os florestamentos por espécies exóticas como *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. correspondem a 0,85% da área de estudo, se constituindo em áreas bastante diminutas e sem grandes consequências em termos de preservação ambiental.

Os campos, correspondem a 786,56 ha, ou 12,99% da área da UC, e devem se constituir em áreas de grande cuidado com relação a sua manutenção, principalmente pela grande biodiversidade de espécies herbáceas que é possível encontrar neste tipo de bioma.

3.2 Área de Proteção Ambiental Rota do Sol

De acordo com o Plano de Manejo de novembro de 2008, desenvolvido pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA/RS) e Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS), a Área de Proteção Ambiental Rota do Sol é constituída de terras públicas e privadas, sendo assim, permitida a ocupação humana e a utilização dos recursos naturais.

Esta UC tem como objetivo preservar os recursos hídricos existentes na região, principalmente as nascentes dos rios Tainhas e Três Forquilhas, além de conservar as áreas ocupadas pelos campos e pelas florestas da encosta da Mata Atlântica. A proteção da área permite a recuperação de zonas com floresta ombrófila mista e floresta ombrófila densa,

proporcionando a preservação e a conservação da fauna silvestre, além de garantir a conservação da paisagem e da cultura regional.

A Figura 3 representa o uso e a cobertura da terra da Área de Proteção Ambiental Rota do Sol. As Tabelas 3 e 4 ilustram o índice de acurácia do mapeamento e as quantificações em área e porcentagem das classes presentes nesta UC.

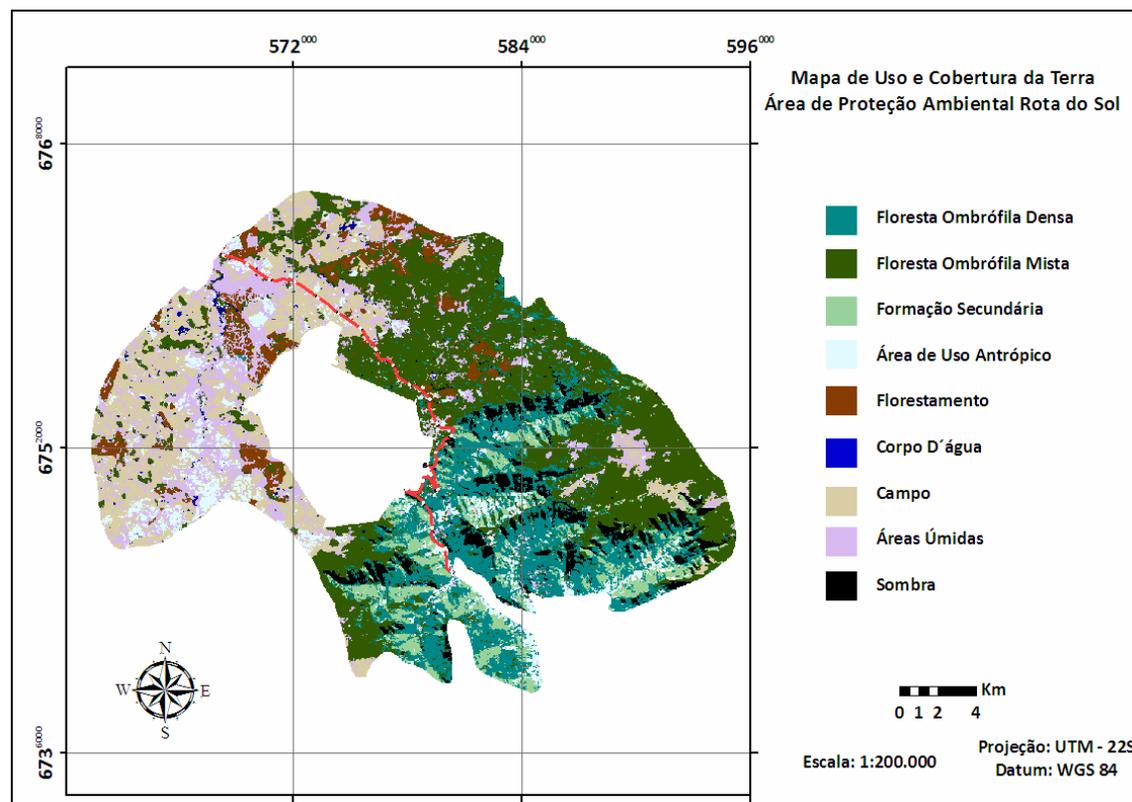


Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra, Área de Proteção Ambiental Rota do Sol.

Tabela 3: Acurácia do mapeamento do uso e cobertura da terra da Área de Proteção Ambiental Rota do Sol.

	VALOR
ACURÁCIA GLOBAL	84,39%

De acordo com a Tabela 3 o índice de Acurácia Global foi de 84,39%, significando que dos 8963 pixels coletados como amostras de treinamento, 7564 foram corretamente classificados.

Tabela 4: Quantificação das classes de mapeamento de uso e cobertura da terra, Área de Proteção Ambiental Rota do Sol.

Classes	Área (ha)	%
Floresta Ombrófila Densa	7.420,99	14,12%
Formação Ombrófila Mista	14.722,61	28,00%
Formação Florestal Secundária	2.978,18	5,66%
Áreas Antropizadas	3.748,43	7,13%
Florestamento	2.081,85	3,96%
Corpo d'Água	2.274,87	4,33%
Campo	9.071,65	17,26%
Banhado	6.001,44	11,42%
Sombra	4.271,72	8,13%
TOTAL	52.571,74	100,00%

A Tabela 3 demonstra que as classes de tipologias florestais, separadas em Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Formação Florestal Secundária, representam 25.121,78 ha, equivalendo a 47,78% da área da UC.

Com relação a estas tipologias, é possível encontrar dentro da área da UC diversas espécies de gramíneas, orquídeas e bromélias, além de palmito (*Euterpe edulis*), canela-sassafrás (*Ocotea pretiosa*) e araucária (*Araucaria angustifolia*).

As Áreas de Uso Antrópico correspondem a 3.748,43 ha, ou 7,13% da área total, sendo encontradas manchas por toda a área da UC, pelo fato de ser permitida a ocupação humana e a utilização dos recursos naturais.

Os florestamentos por espécies exóticas como *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. correspondem a 2.081,85 ha, ou 3,96% da área de estudo, se constituindo em áreas de certa forma extensas e com fins objetivamente comerciais, devendo ser um foco de atenção por parte dos gestores, principalmente ao se relacionar a diminuição de áreas pertencentes a florestas nativas, ou de campo, por este tipo de cultivo, o que acaba por comprometer a biodiversidade existente nesta área de abrangência do bioma Mata Atlântica.

Os campos, correspondem 9.071,65 ha, ou 17,26% da área da UC, e devem se constituir em áreas de atenção quanto ao uso do solo, pois pela visualização do mapeamento é possível identificar extensas áreas que deveriam pertencer a este bioma, que foram e estão sendo substituídas por hortigranjeiros, batatinha, além de florestamentos por espécies exóticas, com destaque para o *Pinus elliotti*.

4. Conclusões

A partir dos resultados gerados neste trabalho, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- O mapeamento de uso e cobertura da terra das UC's realizado por classificação digital supervisionada utilizando-se do algoritmo de Bhattacharya, se mostrou extremamente confiável segundo os índices utilizados para medir sua exatidão, apresentando uma Acurácia Global de 85,88% para a Estação Ecológica Estadual de Aratinga e 84,39% para a Área de Proteção Ambiental Rota do Sol.
- Na Estação Ecológica de Aratinga foram mapeados 4.076,78 ha de tipologias florestais, separadas em Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Formação Florestal Secundária.
- Na Área de Proteção Ambiental Rota do Sol foram mapeados 25.121,78 ha de tipologias florestais, separadas em Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista e Formação Florestal Secundária.
- A utilização e o processamento de dados de sensoriamento remoto, para o cumprimento dos objetivos propostos neste trabalho, apresentaram grande potencial, fornecendo subsídios para a articulação de políticas de gestão ambiental com práticas de uso da terra. Além disso, os

produtos gerados possibilitaram estabelecer um diagnóstico atual dos remanescentes campestres e florestais sendo capaz de identificar as principais degradações ambientais em desenvolvimento, assim como ações para o seu controle em UC's.

Referências bibliográficas

Crósta, A. P. 1999. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: IG/Unicamp, 170 p.

Inpe, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING 3.6 – Tutoriais**. São José dos Campos, SP. 2002.

Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; Chipman, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 5 ed. New York: John Wiley & Sons, 2004.

Meinel, G.; Neubert, M.: A Comparison of segmentation programs for high resolution remote sensing data. **Int. Arch. of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. XXXV-B4, pp. 1097-1102. 2004.

Moigne, J. L.; Tilton, J. C. Refining image segmentation by integration of edge and region data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, n. 3, p. 605-615, 1995.

Moreira, M. A. (2005) **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**, Ed. UFV, 3ed., 320p.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

Oliveira, G. **Integração de dados HRG-SPOT5 e SRTM para espacialização de bananais em área do bioma Mata Atlântica no município de Três Cachoeiras, RS**. 2009. 83 p. Trabalho de Graduação em Geografia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009. 83 p.

Pekkarinen, A. A method for the segmentation of very high spatial resolution images of forested landscapes. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2817-2836, 2002.

Story, M & Congalton, R. **Accuracy Assessment: a User's Perspective**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol 52, nº3. p 379-399, 1986.

Venturieri, A.; Santos, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998.

Verdum, R.; Vieira, L. de F. dos S.; Ruckert, A.; Heidrich, Á. L.; Basso, L. A.; Fontoura, L. F.; Pinto B. F.; Silveira, C. T.; Berretta, M.; Andrade M. T. M. de; Gamalho N. P.; Castro R. F. de. **Relatório Técnico**. Diagnóstico sócio-econômico e ambiental da Unidade de Conservação Estação Ecológica Aratinga. 2006.