MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAIPITINGA, SERRINHA DO Alambari, município de Resende

Felipe Sodré Mendes Barrosⁱ

Graduado em Geografia Mestre (Mestrado Profissional) em Biodiversidade Pesquisador Associado Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS)

Julia Strauchⁱⁱ

Doutora em Engenharia de Sistemas e Computação Professora do Departamento de Engenharia Cartográfica Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

ⁱ Endereço institucional: Estrada Dona Castorina, n. 124. Horto. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 22460-320. Endereço eletrônico: felipe.b4rros@gmail.com

ⁱⁱ Endereço institucional: Rua São Francisco Xavier, n. 524. Bl. B, sl. 4020. Maracanã. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 20550-900.

Endereço eletrônico: Julia.strauch@ibge.gov.br

Pesquisadora da Escola Nacional de Ciências Estatísticas, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (ENCE/IBGE).

Resumo

Este artigo apresenta a metodologia empregada para efetuar uma avaliação inicial sobre o cenário ambiental da bacia do rio Paraipitinga, localizada na Serrinha do Alambari, no município de Resende, Rio de Janeiro. A metodologia objetivou atualizar a quantificação das principais classes de uso e cobertura da terra da área em questão. Para tal, foi utilizada a tecnologia de processamento digital de imagens orbitais do satélite LANDSAT ETM + 7 empregando o Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) desenvolvido pelo INPE. O procedimento de classificação baseou-se no algoritmo Bhattacharya, com limiar de aceitação de 99%, após a segmentação por regiões da cena em questão. As classes identificadas foram: área antrópica, áreas degradadas, floresta e solo exposto. O processo de classificação teve grandes resultados com variação o e aceitação de 100% no desempenho geral e nas estatísticas KHAT e TAU apresentou resultados satisfatórios. A metodologia utilizada demonstrou não apenas pertinente com a otimização de tempo na obtenção de informações de uso e cobertura da área, mas também importante, uma vez que ótimos resultados foram obtidos em relação à qualidade do mapa final.

Palavras-chave: segmentação por regiões; algoritmo Bhattacharya; mapa de uso e cobertura da terra; bacia hidrográfica do Rio Piraipitinga; Serrinha do Alambari.

LAND USE AND COVER MAPPING OF PI-RAIPITINGA RIVER BASIN, SERRINHA DO ALAMBARI, RESENDE COUNTY

Abstract

This paper presents a methodology used to perform an initial assessment of environmental scenario in Paraipitinga river basin, located in Alambari Saw in Resende County, Rio de Janeiro. The methodology aimed to update the quantification major classes of land use and cover in the area at issue. Thus, we used satellite images digital processing technology of LANDSAT ETM + 7 using the Georeferenced Information Processing System (SPRING) developed by INPE. The classification procedure was based on Bhattacharya algorithm, with acceptance threshold of 99%, after segmentation regions of the scene in question. The classes identified were: area

anthropogenic degraded areas, forestry and exposed soil. The classification process had great results with varying o and 100% acceptance in overall performance and statistics KHAT and TAU showed satisfactory results. The methodology demonstrated not only the time optimization in getting information about usage and coverage of the area, but also great results regarding the final map quality.

Keywords: segmentation; Bhattacharya algorithm; land use and cover map; Piraipitinga river basin; Alambari Saw.

O Sensoriamento Remoto constitui nos dias de hoje uma ferramenta importante para a gestão territorial no Brasil ao possibilitar o estudo e monitoramento de objetos e fenômenos da superfície terrestre a partir da interação entre tais objetos e fenômenos com a radiação eletromagnética

No Brasil, sua aplicação teve início nos anos 40, a partir da interpretação de fotografias aéreas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Contudo, o projeto de maior evidência foi, sem dúvida, o RADAM Brasil. Iniciado na década de 70, o projeto utilizou dados de RADAR (Radio Detection And Ranging) para realizar o mapeamento e estudos territoriais, como por exemplo, o mapeamento das classes fitofisionômicas da vegetação, solos e outros elementos naturais do Brasil.

Ponzoni e Shimabukuro (2007), assim como, Meneses e Almeida (2012), evidenciam que na década de 80, os dados de sensores remotos passaram a ser utilizados em larga escala, principalmente em programas governamentais. Grande parte dessa difusão se deve aos projetos orbitais, dos quais o que apresenta maior destaque no Brasil é o LANDSAT. Isto ocorre não só pela qualidade de seus dados, mas pela disponibilidade da serie histórica e da facilidade de acesso a estes dados que é disseminado pelo Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE).

Atualmente, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido difundidas principalmente na sua aplicação em estudos ambientais, que perpassam pela quantificação de áreas de desmatamento, incidência de queimadas, acompanhamento de poluição, dentre outras. Uma importante aplicação para análise ambiental e gestão do território é o mapa de uso e cobertura da terra. Trata-se de um produto final do sensoriamento remoto e o ponto de partida de um trabalho investigativo mais detalhado, uma vez que oferece uma representação cartográfica que auxilia a compreender

melhor os conflitos no uso dos recursos naturais, crescimento urbano, fronteiras agropecuárias e estrutura fundiária. Por esta razão, trata-se de uma ferramenta importante na compreensão de elementos-chave para a produção e organização do espaço geográfico. Deste modo, um mapa de uso e cobertura da terra, constitui-se um referencial técnico para a elaboração de estudos e pesquisas que envolvam a análise da dinâmica territorial, da ocupação do espaço, estudos ambientais, zonea-mentos agroecológicos, dentre outros.

Segundo IBGE (2006), a classificação de uso e cobertura da terra é fundamental, pois além de mapear a distribuição geográfica das diferentes tipologias de uso, identificadas através da distinção e homogeneidade das respostas espectrais dos alvos encontrados na superfície terrestre, possibilita a construção de indicadores ambientais frente aos diferentes usos e sua capacidade de suporte às pressões antrópicas.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a metodologia empregada para atualização do mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica da Serrinha do Alambari, Rio de Janeiro, de modo a quantificar as principais classes de uso e cobertura da terra, almejando uma primeira apreciação quanto à configuração ambiental da bacia hidrográfica em questão. Trata-se de uma região rural, ainda preservada, com várias nascentes de rios, que contribuem com o Rio Paraíba do Sul, porém com potencial de crescimento urbano devido a proximidade a região de desenvolvimento da Via Dutra (BR-101) onde está sendo instaladas novas indústrias.

Na literatura já são encontrados alguns trabalhos relacionados à gestão do território, produção do plano diretor e zoneamento para o recorte espacial da área de estudo em questão (MEANDRO, 2008; DIAS, 2007), bem como outros trabalhos de classificação do uso e cobertura da terra por técnicas de sensoriamento remoto da Serrinha do Alambari (ROCHA; MADUREIRA; RICHER, 2004), trazendo à luz da ciência a atual situação da área de estudo, não só no contexto organizacional, mas também, ambiental. É justamente neste viés que se enquadra o presente trabalho.

Para melhor compreensão deste trabalho, na *seção 2* é apresentada a área de estudo e um breve histórico de sua ocupação; na *seção 3* são descritos os matérias e

métodos empregados; na *seção 4* são apresentados resultados e a discussão destes; e, finalmente, na *seção 5* são apresentadas as considerações finais deste trabalho.

Área de estudo

A Serrinha do Alambari situa-se no município de Resende, no distrito Pedra Selada, localizado pelas coordenadas 44°32'59,13" W Gr., 22°23'14,25" S, conforme apresentado mapa da figura 1.



Figura 1: Delimitação da área do estudo: bacia hidrográfica do Rio Paraipitinga, no município de Resende, estado do Rio de Janeiro

A importância desta área de estudo se dá não apenas pelo seu caráter rural, segundo IBGE (2010), mas também pelo fato de o rio Paraipitinga ter sua nascente no Parque Nacional do Itatiaia e a maior parte de sua bacia integrar a Área de Proteção Ambiental Serra da Mantiqueira. Esse quadro ambiental se torna ainda mais sensível por sua localização na Microrregião do Vale do Paraíba, uma das principais áreas de desenvolvimento industrial no estado do Rio de Janeiro, pois é atravessada via Dutra (BR-101) que atualmente é o principal eixo de comunicação entre as cidades do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo.

A Serrinha do Alambari tem seu histórico de ocupação iniciado no século XIX quando passou a ser ocupada por algumas fazendas de café. Contudo, poucas fazendas foram, de fato, produtoras de café. Tal motivo se deve à precariedade do solo, muito pedregoso e a sua difícil localização. No século XX, as fazendas foram dividi-

das mudando o foco produtivo para as lavouras. Todavia, uma grande mudança começou a tomar rumo a partir da década de 40, quando se intensificou a ocupação da localidade associada à extração predatória de madeira, acarretando na supressão florestal de tal bacia hidrográfica.

A partir dos anos 80, teve-se início um novo processo de ocupação, mas dessa vez, relacionada à conservação ambiental por habitantes das grandes cidades que buscavam se refugiar do estresse urbano. Assim aumentou a demanda por novas residências e serviços de turismo. A partir desse movimento, áreas de pastagens, antes desmatadas, voltaram a ser regeneradas agregando valor ao turismo ecológico local.

Ao final de tal década, e início da década de 90, a associação de moradores da Serrinha do Alambari levou ao poder público a necessidade de cuidados com a localidade tendo em vista sua importância ambiental. A partir desse movimento, a prefeitura de Resende, deu início a um processo de implantação da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serrinha, que foi criada pela Lei Municipal 1.726 de 1991.

Materiais e métodos

Visando ter maior controle sobre o processo de classificação e a qualidade do resultado, propôs-se a execução de classificação de uso e cobertura da terra respeitando as seguintes etapas, conforme apresentadas na figura 2:



Figura 2: Fluxo das etapas desenvolvidas no presente projeto

Materiais

Inicialmente foi selecionada a imagem orbital do satélite LANDSAT ETM+/7, cena ponto/orbita 218/075, que contém parte do município de Resende e toda a bacia hidrográfica da Serrinha do Alambari, adquirida a partir do catálogo de imagens do INPE na internet (http://www.dgi.inpe.br). A cena selecionada foi adquirida em 15 de julho de 2001 e tratava-se da única que se enquadrava no critério de o% de nuvens.

Como a área de estudo é uma pequena porção de toda a cena adquirida, o primeiro procedimento adotado foi o de recortar a cena de forma a limitar a área de estudo, evitando, assim, sobrecarregar o processo de classificação de uso e cobertura da terra.

O sistema utilizado para processar as imagens foi o SPRING, aplicativo livre para o processamento de imagem desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Métodos

A análise exploratória consiste na aplicação de técnicas estatísticas univariadas com o objetivo de obter uma primeira aproximação sobre os dados. É através destas técnicas que se analisa o comportamento e a distribuição desses dados, o que torna possível trabalhá-los cientes de suas limitações e potencialidades (CÂMARA *et al.*, 2004).

Ao realizar a análise exploratória para cada uma das sete bandas que compõem o sensor LANDSAT 7 ETM+, obteve-se o valor médio dos *pixels* e a sua variância, ou seja, o quanto os demais valores se dispersam do valor médio. A tabela 1 apresenta os valores da análise exploratória de cada banda. A banda 6 não foi utilizada, pois sua resolução espacial é de 60 m.

Outra análise proposta foi a verificação da existência de correlações entre as bandas mediante análise da matriz de correlação, apresentada na tabela 2. Diferente da análise anterior onde a exploração dos dados se fez para entender o comportamento de cada banda, a matriz de correlação apresenta uma análise de comportamento entre as bandas, visando identificar possíveis correlações. Esta matriz mostra

o quão forte é a relação entre as bandas. Quando há valores elevados próximos de ±1 significa que há uma forte correlação. Se este alto valor for positivo significa que são positivamente correlacionadas, ou seja, as variáveis aumentam ou diminuem no mesmo sentido. Por outro lado, um alto valor negativo significa que são negativamente correlacionadas, isto é, são inversamente proporcionais. Os valores próximos ao o representam bandas com baixa correlação. Assim, na tabela 2, observa-se que a banda 4 não apresenta correlação com todas as outras bandas.

Bandas	Média	Variância
B1	51,76	20,36
B2	40,30	37,14
B3	35,99	88,53
B4	74,08	450,13
B5	54,35	442,54
B7	33,25	154,27
B1 B2 B3 B4 B5 B7	51,76 40,30 35,99 74,08 54,35 33,25	20,36 37,14 88,53 450,13 442,54 154,27

Tabela 1: Análise exploratória das bandas LANDSAT 7

Tabela 2: Matriz de correlação entre as bandas LANDSAT 7

	Bı	B2	B3	B4	B5	B7
Bı	1	0,901	0,878	0,332	0,787	0,806
B2	0,901	1	0,943	0,531	0,917	0,902
B3	0,878	0,943	1	0,348	0,9	0,933
B 4	0,332	0,531	0,348	1	0,617	0,436
B5	0,787	0,917	0,9	0,617	1	0,965
B ₇	0,806	0,902	0,933	0,436	0,965	1

Em seguida realizou-se a técnica de componentes principais aplicadas às bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do sensor em questão. O objetivo da análise de componentes principais é o de encontrar a melhor combinação linear de variáveis que explique a maior parte da variância nos dados como um todo (HAIR, 2005). Trata-se de uma técnica da analise multivariada que propicia a redução de dados, a partir das combinações lineares das variáveis observadas, com o objetivo de reproduzir o máximo da variância original dos dados (MINGOTI, 2007).

Deste modo, nesta técnica é gerado um novo conjunto de imagens conhecidas como componentes, que estão descorrelacionados umas com as outras e são ordenadas em termos da variância do conjunto de bandas originais. A primeira

componente principal contém a informação de brilho associada às sombras de topografia e às grandes variações da refletância espectral geral das bandas. Esta componente principal possui a maior parte da variância total dos dados, concentrando a informação antes diluída, em várias dimensões. A segunda componente principal e as subsequentes componentes principais apresentam gradativamente menos contraste entre os alvos e são desprovidas de informação topográfica, devido à ausência de sombreamento. A terceira e quarta componentes principais contêm tipicamente menos estrutura da imagem e mais ruído que as duas primeiras, indicando a compressão dos dados nos primeiros canais. A última componente representa basicamente o ruído existente nos dados originais. Dessa forma, elimina-se a redundância espectral das bandas compondo uma com os componentes mais importantes do conjunto de imagens da cena.

Como resultado da análise de componentes principais, foram geradas seis novas camadas. Cada uma delas possui uma porcentagem de contribuição das bandas originais. Tais resultados estão expostos na tabela 3, onde se observa que a componente principal 1 (P1), com o maior percentual de autovalor, 76,99%; a segunda componente principal (P2), apresentando apenas 21,15% e assim por diante. Estas duas primeiras componentes somam quase 90% de explicação da variância dos dados originais. Neste trabalho, portanto utilizou-se para a classificação a componente principal 1.

Componentes principais	Auto-valor	Porcentagens de contribuição
P1	918,45	76,99 %
P2	252,31	21,15 %
P3	14,56	1,22 %
P ₄	3,51	0,29 %
P5	2,91	0,24 %
P6	1,22	0,10 %

Tabela 3: Auto-valores e percentagens na constituição das componentes principais

A seguir passou-se a etapa de construção do índice de vegetação normalizado, também denominado NDVI (*normalized difference vegetation index*). A utilização deste índice objetivou identificar e diferenciar as diferentes áreas florestais, dei-

xando também, mais evidente a distinção entre essas áreas e as áreas antrópicas. Tal índice é elaborado a partir de operações aritméticas entre as bandas do sensor em questão. Neste caso, utilizou-se as bandas que captam as respostas espectrais na faixa do vermelho (banda 3 ETM+) e infravermelho próximo (banda 4 ETM+). A primeira foi selecionada pelo fato da refletância da vegetação na banda do vermelho ser baixa devido à absorção da radiação eletromagnética pelos pigmentos das folhas, principalmente da clorofila. A segunda banda foi selecionada devido à refletância no infravermelho próximo ser alta por causa do espalhamento por parte da estrutura das células das folhas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). O modelo para o NDVI escolhido é descrito pela seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR - NR}{NIR + NR}$$

Onde:

- NIR = resposta espectral no comprimento de onda do infravermelho próximo (0,75 – 0,90 μm);
- NR = resposta espectral no comprimento de onda do vermelho (0,63 0,70 μm).

Para o processo de segmentação foram utilizadas as imagens da P1, obtida na análise dos componentes principais, a imagem gerada no cálculo do NDVI e a banda 5 do ETM + do LANDSAT 7. A escolha dessa última banda se deu por proporcionar uma possível análise de áreas de solo exposto, uma vez que esta última banda atua na faixa espectral do infravermelho médio.

Contudo, antes de realizar a segmentação, foi efetuada uma análise quanto à normalidade dessas camadas a serem utilizadas. Assim, na figura 3 verifica-se que todos os gráficos da probabilidade apresentam uma distribuição normal. Todavia ressalta-se que a imagem P1, é a imagem que apresenta a distribuição mais próxima da normal entre as camadas analisadas.

A etapa de segmentação foi executada por crescimento de região usando as imagens P1(R), NDVI(G) e banda 5(B). Para este processo foi estabelecido como parâmetros de similaridade 25 e área mínima 20. Esses parâmetros foram estabelecidos após a experimentação até identificação do mais adequado para o objetivo e a área de estudo.



Figura 3: Gráficos de probabilidade normal para cada uma das bandas utilizadas na segmentação: P1, NDVI e banda 5, respectivamente

Depois de realizada a segmentação, prosseguiu-se a etapa de classificação supervisionada baseada nas regiões obtidas no processo de segmentação anterior. Para tal, foram estipuladas as classes de cobertura da terra a serem identificadas: área antrópica, área degradada, solo exposto e floresta. Para cada classe foram adquiridas amostras de treinamento que subsidiaram a execução do algoritmo de classificação supervisionada.

O algoritmo utilizado foi o Battacharya uma vez que permite a supervisão e controle do usuário, através do treinamento. A principal característica deste algoritmo consiste em medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais através da distância média entre as suas distribuições de probabilidades. O limiar de aceitação utilizado neste algoritmo foi de 99,9%. Na tabela 4, são descritos o número de amostras obtidas para cada classe, bem como a quantidade de *pixels* adquiridos para cada classe de cobertura da terra.

	Am. 1	Am. 2	Am. 3	Am. 4	Am. 5	Am. 6	Am. 7	Am. 8	Am. 9	Total
Solo ex- posto	381	88	103	516	158	225	146	37	21	1675
Floresta	106.886	15.649	3.388	1.064	343	1.016	34	-	-	128.380
Área de- gradada	611	248	1.095	72	23	26	-	-	-	2.075
Área an- trópica	13.931	3.789	-	-	-	-	-	-	-	17.720

Tabela 4: Número de amostras (Am.) e quantidade de pixels adquiridos

Resultados e discussão

Na etapa de segmentação, foi observado que apesar da complexidade da operação para ajustar os parâmetros, o processo se mostrou uma ferramenta muito interessante e pertinente para a realização da classificação de imagem orbital. É impor-

tante ressaltar que através desse procedimento, pode-se distinguir de forma mais eficiente diferentes feições existentes na área de estudo.

O processo de aquisição das amostras das regiões segmentadas, tornou o processo de classificação mais preciso, como evidenciado na tabela 5, que apresenta a matriz de erro de classificação:

	Floresta	Área an- trópica	Solo ex- posto	Área de- gradada	Abstenção	Soma da linha
Floresta	128.380	0	0	0	0	128.380
	85,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Área an- trópica	0	17.720	0	0	0	17.720
	0,00%	11,83%	0,00%	0,00%	0,00%	
Solo ex- posto	0	0	1.675	0	0	1.675
	0,00%	0,00%	1,12%	0,00%	0,00%	
Área de- gradada	0	0	0	2.075	0	2.075
	0,00%	0,00%	0,00%	1,38%	0,00%	
Soma da coluna	128.380	17.720	1.675	2.075	0	149.850

Tabela 5: Matriz de erro de classificação utilizando as regiões segmentadas e o algoritmo Bhattacharya, com limiar de aceitação de 99,9 %

Analisando a tabela 5, verifica-se que não houve nenhuma abstenção, bem como, não houve nenhum erro de classificação em nenhuma das classes definidas. Tal classificação proporcionou então, uma taxa de exatidão de 100% tanto na produção quanto para a utilização, como apresentado a tabela 6.

	Exatidão do produto	Exatidão do usuário
Floresta	100,00 %	100,00 %
Área antrópica	100,00 %	100,00 %
Solo exposto	100,00 %	100,00 %
Área degradada	100,00 %	100,00 %

Tabela 6: Taxa de exatidão para a classificação elaborada, tanto para o produto, quanto para o usuário

Apesar dos resultados já evidenciados apresentarem taxas ótimas de aceitação para a classificação elaborada, recorreu-se ainda a estatísticas pós-validação, que

apresentou desempenho de 100% com variância zero e estatísticas KHAT e TAU 100%, conforme descritas na tabela 7.

Desempenho geral	100 %
Confusão média	o %
Abstenção média	o %
Estatística KHAT	100 %
Variância KHAT	0,00E+00
Estatística TAU	100 %

Tabela 7: Análise estatística de desempenho da classificação

Na etapa de classificação obteve-se o mapa uso e cobertura da terra, ilustrado na figura 4. Neste mapa extraíram-se informações a respeito da quantidade de área ocupada por cada classe (tabela 8).





Dessa forma, fica comprovado que de fato a maior parte da imagem classificada é composta pela classe de florestas (com mais de 323 mil km²), seguida pela área antrópica, com mais de 63 mil km², solo exposto e área degradada, em último com 23 mil km². Vale ressaltar que tais resultados são referentes a toda a imagem classificada (que, mesmo sendo menor que toda a cena LANDSAT 7, é maior que a área de estudo).

Classe	Área (km²)
Floresta	323,2404
Área antrópica	63,927
Solo exposto	25,0371
Área degradada	23,6403
Área total das classes	435,8448
Área total não classificada	0
Área total do plano de informação	435,8448

Considerações finais

Apesar do bom desempenho da metodologia desenvolvida, há que se atentar para alguns detalhes que comprometem o viés científico do trabalho proposto. O primeiro ponto a ser levantado seria o fato de o presente trabalho ter sido desenvolvido sem a realização do registro da imagem. Isso de forma alguma compromete a classificação, contudo, intervêm na análise e validação da classificação em campo, pelo fato da imagem não ter sido retificada.

Outra questão pertinente a ser evidenciada é a escolha das classes, que se deu de forma genérica, e sem a possibilidade de reconhecimento da área de estudo para se definir tais classes. Assim, essas classes não necessariamente corresponderão com a realidade identificada na área de estudo.

Por fim, e complementarmente aos pontos levantados, a necessidade de realização de pesquisas de campo que subsidiem o pesquisador no processo de classificação é muito importante, quiçá fundamental para tal análise. Esse argumento se fundamenta na ideia de que o Sensoriamento Remoto com o processamento digital de imagens e o Geoprocessamento com o ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG) são ferramentas pelas quais são possíveis otimizar tempo e investimentos. Contudo tais ferramentas não são um fim em si mesmo, nem muito menos excluem a necessidade do conhecimento e da pesquisa *"in situ"* para o cumprimento dos objetivos almejados.

Referências

CÂMARA, G.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; MONTEIRO, A. V. M. (Eds.) Análise espacial de dados geográficos. Brasília (DF): EMBRAPA, 2004.

DIAS, J. R. Unidades geoambientais da Área de Proteção Ambiental da Serrinha do Alambari - Capelinha, Resende – RJ. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia)– Departamento de Artes e Humanidades, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2007.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre (RS): Bookman, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de uso da terra. 2. ed. Rio de Janeiro (RJ), 2006. (Manuais técnicos em Geociências, 7).

_____. [Base de informações do Censo Demográfico 2010]. Disponível em: <ftp: //ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010>. Acesso em: 1 maio 2013.

MEANDRO, H. A. **Gestão participativa em unidades de conservação**: estudo de caso da Área de Proteção Ambiental da Serrinha do Alambari/Resende – RJ. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia)– Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói (RJ), 2008.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília (DF): UNB, 2012.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte (MG): UFMG, 2007.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos (SP): Parêntese: 2007.

ROCHA, S. P.; MADUREIRA, C. B.; RICHER, M. Levantamento da cobertura vegetal através de produtos de sensoriamento remoto nas APAs da Mantiqueira e Serrinha do Alambari, Resende – RJ. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 1., 2004, Recife (PE). **Anais...** Recife (PE): UFPE, PGCGTG, 2004.

Recebido em 4 jul. 2015 Aceito em 22 jun. 2016.