

# CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS PARA MAPEAMENTO DIGITAL DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DOS ÓRGÃOS (PARNASO)

ROBSON LOPES DE FREITAS JUNIOR  
GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

Universidade do estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Faculdade de Engenharia - FEN  
Pós-Graduação em Engenharia da Computação – Ênfase em Geomatica  
robson\_lfjr@yahoo.com.br  
gilberto.pessanha@gmail.com

**RESUMO** – O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) é o Parque Nacional mais pesquisado no Brasil e configura-se como uma importante Unidade de Conservação inserida no estado do Rio de Janeiro, devido à sua importância ambiental para o estado. Foi constatado que essa área tem passado por alguns problemas, relativamente recentes, de ocupação desordenada devido à expansão urbana em sua vizinhança caracterizada por pressão antrópica. Através do processamento de imagens digitais, mais especificamente as etapas de segmentação e classificação, foi possível ilustrar o processo de ocupação humana por meio de documentos cartográficos. Além de estes processos possibilitarem a geração de mapas de uso da Terra e cobertura vegetal, com o intuito de auxiliar e dar fomento à execução de atividades, o mapeamento digital configura-se numa importante ferramenta para a análise ambiental, contribuindo para o posterior zoneamento da área de estudo. Adotaram-se classes temáticas de uso e ocupação da Terra com o propósito de permitir a classificação das imagens digitais trabalhadas. São elas: afloramento rochoso, área urbana, agricultura e vegetação. Estudos foram feitos no sentido de indicar e explorar as funcionalidades das ferramentas SPRING e DEFINIENS e resultados foram comparados a partir do uso de imagens LANDSAT, CBERS, SPOT e IKONOS.

**Palavras chave:** PARNASO, Classificação, Mapeamento Digital.

**ABSTRACT** - The National Park of “Serra dos Órgãos” (PARNASO) is the more studied National Park in Brazil and is configured as an important Conservation Unit in Rio de Janeiro’s state, because the environmental importance for the state. This area has passed for some problems, relatively recent, of disordered occupation because the urban expansion in its neighborhood characterized for human pressure. Through the digital image processing, more specifically the stages of segmentation and classification, were possible to illustrate the occupation process human being by means of cartographic documents. Beyond this process to make possible the generation of use the Land and vegetal covering maps, with the intention for assisting and giving foments to the execution of activities, the digital mapping is configured in an important tool for the environmental analysis, and the posterior zoning to the study area. Thematic classes of Land use and occupation with the intention had been adopted to allow the classification of digital images. They are: rocky outcrop, urban area, agriculture and vegetation. Studies had been made in the direction to indicate and to explore the functionalities of tools SPRING and DEFINIENS and results they had been compared from use of images LANDSAT, CBERS, SPOT and IKONOS.

**Key words:** PARNASO, Classification, Digital mapping.

## 1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que tem se tornado, atualmente, muito valorizada para suporte a análise ambiental em Unidades de Conservação. Devido a sua disseminação, muito se tem avançado para as técnicas de processamento digital de imagens com o objetivo de fornecer subsídios e dar sustentação para a gestão de recursos naturais, principalmente no que tange ao

processo de tomada de decisões e gestão de Unidades de Conservação (UC).

O presente trabalho faz uso das técnicas de processamento digital com a finalidade de realizar o mapeamento digital do Parque Nacional da Serra dos Órgãos - PARNASO (região serrana do estado do Rio de Janeiro que contém áreas dos municípios de Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim).

A classificação supervisionada de imagens é um processo preponderante para os estudos ambientais, pois é através dela que se diferenciam as classes temáticas de uso da Terra e cobertura vegetal, para a posterior execução do zoneamento ambiental. Assim, buscou-se realizar testes para a classificação de imagens de diferentes sensores remotos tais como LANDSAT, CBERS, SPOT e IKONOS.

Estudos relevantes já foram realizados utilizando-se técnicas de processamento de imagens com o uso do sistema SPRING para a área de estudo. Cruz (2008) buscou comparar os métodos de classificação utilizados pelo Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) utilizando-se de imagens CBERS. Já Pereira e Ribeiro (2008) realizaram o mapeamento da área urbana de Teresópolis, adjacente ao PARNASO com imagens IKONOS – II e MILHOMENS et al. (2008) construiu um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a atividade de ecoturismo, muito utilizada na área de estudo. No entanto, este trabalho se diferencia dos anteriores por buscar novas formas de análise e interpretação de imagens através do potencial de dois sistemas bem diferenciados em seu conjunto estrutural: o DEFINIENS e o SPRING. Por isso, optou-se em investir nessas tecnologias.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

Para efeitos de mapeamento, foi definida como área de trabalho o retângulo envolvente delimitado pelas coordenadas de canto superior esquerdo 685.374,919E e 7.523.040,633N e para canto inferior direito 709.508,481E e 7.498.963,196N conforme ilustra a Figura 1. Este retângulo envolvente está contido em áreas dos municípios de Petrópolis, Teresópolis, Magé e Guapimirim, além de conter a unidade de conservação do PARNASO, conforme ilustra a Figura 1.

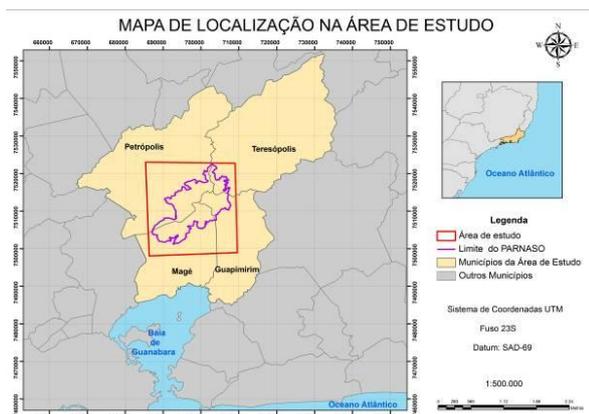


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o PARNASO é classificado como unidade de proteção integral e categorizado como Parque Nacional que pode ser definida como área destinada à proteção dos ecossistemas naturais e possibilita o

desenvolvimento de pesquisas científicas, recreação e educação ambiental.

Criado no governo Getúlio Vargas, pelo Decreto-Lei nº 1822, de 30 de novembro de 1939, com uma área aproximada de 9.000 hectares, contendo parte dos municípios de Magé, Petrópolis e Teresópolis. Mais tarde, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos teve sua área delimitada com 10.619 hectares (106 Km<sup>2</sup>), através do Decreto nº 90.023, de 2 de agosto de 1984. O município de Guapimirim foi criado na década de 1990, emancipado de Magé (ICMBIO, 2009).

## 3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Foram utilizadas no presente trabalho imagens de média e de alta resolução espacial. Neste sentido, buscou-se identificar a pressão urbana na área adjacente ao PARNASO em perspectivas de escalas diferenciadas.

Para a execução da classificação de imagens, foram realizadas etapas de pré-processamento tais como geração de composição colorida, realce e contraste e georreferenciamento. Após o pré-processamento, testes de segmentação foram efetuados nos sistemas SPRING e DEFINIENS para minimização de esforço do intérprete visual e para posterior etapa de classificação supervisionada.

Nos dois sistemas foi utilizada a segmentação por crescimento de regiões. Neste sentido, o sistema SPRING efetua a segmentação a partir de dois parâmetros: similaridade e área. O primeiro consiste no tamanho dos objetos gerados pela segmentação. O segundo relaciona a área de pixels de uma região, por exemplo, 20x20, constituindo, portanto, uma área de 400 pixels. O limiar de similaridade refere-se à diferença entre níveis de cinza abaixo do qual duas regiões são consideradas similares e, então, agrupadas. Corresponde ao valor da distância Euclidiana mínima entre as médias das regiões consideradas. Já o limiar de área é o valor que define o número mínimo de pixels para que uma região seja individualizada. Regiões menores que o limiar estipulado são absorvidas por outras regiões que possuem média espectral mais próxima. Os melhores resultados de segmentação para as imagens utilizadas no presente artigo foram para similaridade 10 e área 400, conforme ilustra a Figura 2.

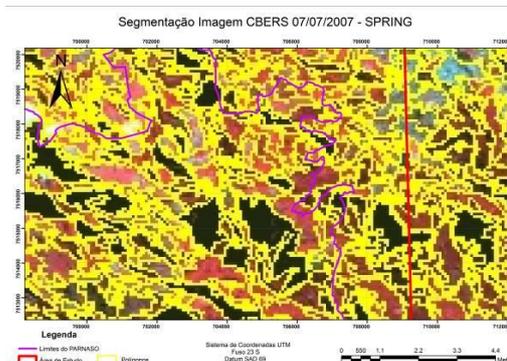


Figura 2 – Segmentação da imagem CBERS 2007 com parâmetros de Similaridade 10 e Área 400 – SPRING.

A segmentação do sistema DEFINIENS é denominada de Multi-Resolução e consiste em uma técnica onde a imagem é dividida em diferentes níveis de detalhamento, dando origem a diferentes escalas de segmentação. Neste processo, o procedimento de agrupamento dos pixels é similar ao utilizado na técnica de crescimento de regiões, com o diferencial de que a segmentação Multi-Resolução considera não só os parâmetros espectrais, como também a forma dos segmentos no momento do agrupamento (SCHIEWE et al., 2001).

Para a imagem CBERS, por exemplo, foi verificado que parâmetros de escala menores que 30 e maiores que 50 não atingiram o grau de diferenciação dos objetos desejado para o mapeamento do PARNASO. Portanto, os melhores valores para este parâmetro foram de 40 a 50. Já para os parâmetros de forma e cor, os valores de 0,1 e 0,5 atingiram os resultados almejados pelo estudo conforme ilustra a Figura 3.

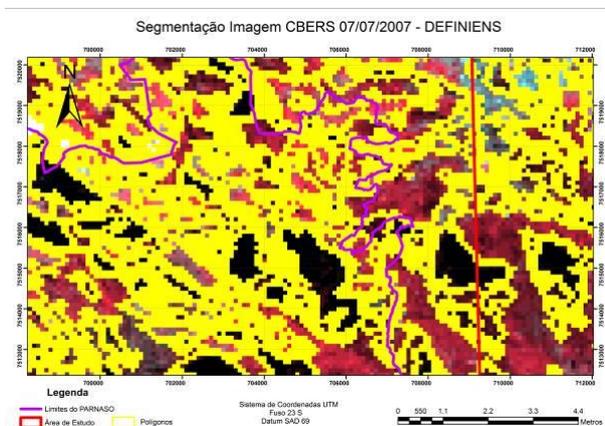


Figura 3 – Segmentação da imagem CBERS de 2007 – DEFINIENS.

Na etapa de classificação supervisionada, foram utilizados o algoritmo Bhattacharya no sistema SPRING, com grau de aceitação 99,9%, e os algoritmos assign class e classification no sistema Definiens. Neste último, regras booleanas e inferências fuzzy foram executadas através de informações espectrais das imagens LANDSAT, CBERS, SPOT e IKONOS, levando em consideração, principalmente, características como brilho e textura dos objetos das imagens.

Para fins de mapeamento digital da área de estudo, foram adotadas quatro classes temáticas: afloramento rochoso, agricultura, área urbana e vegetação. As figuras 4 e 5 ilustram resultados de classificação para os sistemas SPRING e DEFINIENS, respectivamente.

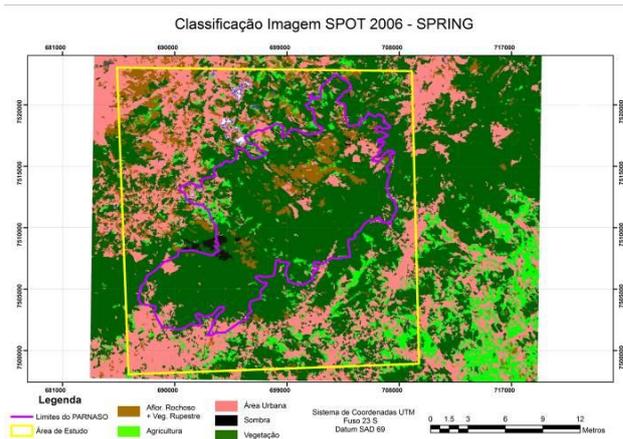


Figura 4 – Classificação da imagem SPOT 2006 – SPRING.

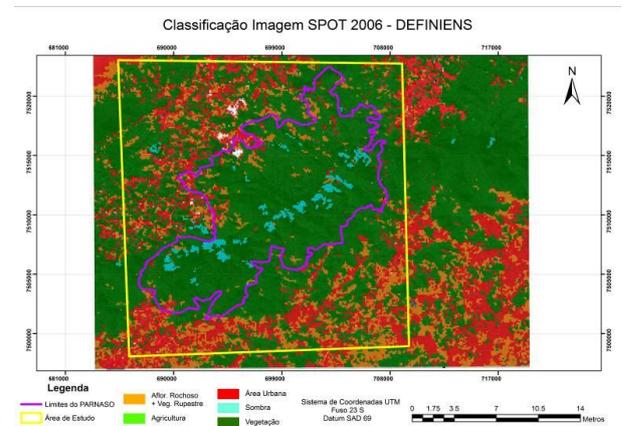


Figura 5 – Classificação da imagem SPOT 2006 – DEFINIENS.

Neste sentido, buscando-se avaliar a classificação supervisionada das imagens nos sistemas SPRING e DEFINIENS, foram sorteadas amostras aleatórias através da criação de pontos aleatórios (ferramenta create random points do sistema ArcGIS).

De posse dos pontos criados aleatoriamente, foram configuradas matrizes de erros com o objetivo de identificar possíveis erros de inclusão e de omissão nos resultados de classificação.

Uma matriz de erros é um arranjo quadrático de números dispostos em linhas e colunas que expressam o número de amostras associadas a uma determinada classe em relação ao número de amostras associadas a uma classe em um documento de referência (Congalton e Green, 1999).

Geralmente, as colunas de uma matriz de erros representam o dado de referência, enquanto que as linhas indicam a classificação gerada a partir de dados de sensoriamento remoto. Este instrumento possui a finalidade de identificar o erro global da classificação para cada categoria, mostrando também como se deram as confusões entre as categorias (BRITES, 1996). As tabelas 1 e 2 ilustram exemplos de matrizes de erros utilizadas no presente artigo.

Tabela 1 – Matriz de erros da classificação do SPRING – Imagem IKONOS 2003.

Referência/Classificação	Aflor. Rochoso	Agricultura	Área Urbana	Sombra	Vegetação	Total
Aflor. Rochoso	10	0	5	0	5	20
Agricultura	4	13	8	0	8	33
Área Urbana	0	5	30	0	2	37
Sombra	0	0	0	15	10	25
Vegetação	6	4	6	3	55	74
Total	20	22	49	18	80	189

Tabela 2 – Matriz de erros da classificação do DEFINIENS – Imagem IKONOS 2003.

Referência/Classificação	Aflor. Rochoso	Agricultura	Área Urbana	Sombra	Vegetação	Total
Aflor. Rochoso	15	5	3	0	8	31
Agricultura	0	13	2	0	5	20
Área Urbana	0	0	18	0	0	18
Sombra	0	0	0	16	4	20
Vegetação	5	6	5	4	50	70
Total	20	24	28	20	67	159

Com base na tabela 1, pode-se perceber que as classes temáticas que mais apresentaram concordância com o documento de referência foram as classes temáticas área urbana, sombra e vegetação. Já as classes temáticas afloramento rochoso e agricultura apresentaram maiores índices de confusão.

Já a tabela 2 indica maior concordância nas classes temáticas agricultura, área urbana, sombra e vegetação. No entanto, a classificação para afloramento rochoso apresentou significativos erros de discordância com a referência.

Por último, com o objetivo de validar a classificação gerada, foi utilizado o índice Kappa. Este índice considera que tanto o produto gerado, como o documento de referência, possuem o mesmo grau de verdade (BRITES, 1996). Esta técnica de análise é utilizada pela sociologia e psicologia há vários anos. Em sensoriamento remoto, a primeira publicação descrevendo a utilização do método foi realizada por Congalton e Green, em 1983. Desde então, vários artigos recomendando o uso desta técnica têm sido publicados. Abaixo, demonstra-se a equação 1 que expressa como o índice Kappa é calculado:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \quad (1)$$

Onde,

k = número de linhas da matriz de erros;  
 n = número total de observações (amostras);  
 nii = número de observações na linha i e coluna i;  
 ni+ = total da linha i;  
 n+i = total da coluna i.

Aplicando-se a equação 1 nas tabelas 1 e 2, respectivamente, temos as equações 2 e 3 que descrevem os índices Kappa para as imagens utilizadas como exemplo.

$$n \sum_{i=1}^k n_{ii} = 10 + 13 + 30 + 15 + 55 = 123$$

$$\sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i} = (20 \times 20) + (33 \times 22) + (37 \times 49) + (25 \times 18) + (74 \times 80) = 9.309$$

$$K = \frac{(189 \times 123) - 9.309}{189^2 - 9.309} = \frac{23.247 - 9.309}{35721 - 9.309} = \frac{13.938}{26.412} = 0,53. \quad (2)$$

$$n \sum_{i=1}^k n_{ii} = 15 + 13 + 18 + 16 + 50 = 112$$

$$\sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i} = (31 \times 20) + (20 \times 24) + (18 \times 28) + (20 \times 20) + (70 \times 67) = 6.694$$

$$K = \frac{(159 \times 112) - 6.694}{169^2 - 6.694} = \frac{17.808 - 6.694}{28561 - 6.694} = \frac{11.114}{18.587} = 0,60. \quad (3)$$

Deste modo, pode-se inferir que a equação 2 mostra o valor de índice Kappa 0,53 para o sistema SPRING e a equação 3 o valor de 0,60.

A tabela 3 demonstra os valores de índice Kappa para todas as imagens utilizadas no estudo.

Tabela 3 – Valores de Kappa para as imagens do estudo.

Imagem	SPRING	DEFINIENS
LANDSAT 1994	0.66	0.62
LANDSAT 2001	0.64	0.64
LANDSAT 2005	0.64	0.52
LANDSAT 2009	0.67	0.61
CBERS 2007	0.65	0.50
SPOT 2006	0.62	0.62
IKONOS 2003	0.53	0.60

Para definir o quanto a classificação está correta, Landis e Koch (1977) Apud Congalton e Green (1999) caracterizaram os níveis de qualidade da classificação em seis grupos de acordo com o índice Kappa:

CONCORDÂNCIA MUITO FORTE =  $K > 0,80$   
CONCORDÂNCIA SUBSTANCIAL =  $0,60 < K < 0,79$   
CONCORDÂNCIA MODERADA =  $0,40 < K < 0,59$   
CONCORDÂNCIA LEVE =  $0,20 < K < 0,39$   
CONCORDÂNCIA POBRE =  $0,00 < K < 0,19$   
SEM CONCORDÂNCIA =  $K < 0,00$

Desta forma, de acordo com a classificação de Landis e Koch (1977), pode-se afirmar que para a classificação realizada pelo sistema SPRING, todas as imagens apresentaram concordância substancial ( $0,60 < K < 0,79$ ) com a base de dados, com exceção da imagem IKONOS do ano de 2003 que apresentou concordância moderada ( $K = 0,53$ ).

Já para a classificação realizada pelo sistema DEFINIENS pode-se inferir que as imagens LANDSAT 2005 e CBERS 2007 apresentaram concordância moderada com a base de dados ( $K = 0,52$  e  $0,50$ , respectivamente). Para as demais imagens utilizadas no estudo, a concordância com a base de dados foi a substancial ( $0,60 < K < 0,79$ ).

Sendo assim, pode-se concluir que os resultados gerados pelas classificações de imagens efetuadas pelos sistemas SPRING e DEFINIENS apresentaram valores concordantes com o que a literatura recomenda para aplicações de sensoriamento remoto em estudos ambientais.

#### 4 CONCLUSÕES

Com base nas etapas anteriores do estudo, percebeu-se que o processo de segmentação deve ser valorizado devido a esta etapa do processamento digital de imagens ter se mostrado como estratégia eficaz no mapeamento digital, uma vez que podem ser exploradas alternativas automatizadas para a definição da geometria dos objetos geográficos a serem extraídos e que irão se transformar em classes temáticas na etapa posterior de classificação.

Vale salientar ainda que do ponto de vista do trabalho computacional, as segmentações realizadas pelo sistema DEFINIENS além de apresentarem melhores resultados do ponto de vista computacional (mais agilidade e rapidez) também ilustraram melhores resultados qualitativos no que se refere a tamanho e diferenciação dos objetos.

No que tange a classificação digital de imagens, o estudo comparativo entre os dois sistemas, SPRING e DEFINIENS, quando se referem a recursos e funcionalidades apontou resultados semelhantes, sendo que se observaram tendências de melhores resultados de índice Kappa no sistema SPRING para imagens de média resolução (LANDSAT e CBERS) e nas imagens de alta resolução (SPOT e IKONOS) no sistema DEFINIENS.

Contudo, como já fora mencionado no presente projeto, cabe mencionar que o sistema DEFINIENS possui uma grande diversidade de funcionalidades que não foram totalmente exploradas em virtude do pouco tempo hábil para se estudar estas aplicações.

Por último, pode-se concluir que através das três categorias lógicas do espaço geográfico (extensão, localização e distribuição) uma sistemática para monitoramento da expansão urbana, principalmente nas zonas de vizinhança do Parque, é necessária com base na temporalidade e na possibilidade de aquisição das imagens de sensoriamento remoto para estudos ambientais como apresentado nesta pesquisa e que podem e devem contribuir, principalmente para gestão do PARNASO, sobretudo com o uso de aplicações e soluções gratuitas tais como as imagens LANDSAT e CBERS e o sistema SPRING.

#### REFERÊNCIAS

BAATZ, M.; SCHAPE, A. **Objected oriented and multiscale image analysis in semantic network**. 2nd International Symposium on Operational Remote Sensing (ITC). Netherlands, 1999.

BRITES, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeito de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão**. 1996. 101 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. 1999. **Assessing the Accuracy of Remote Sensed Data: Principle and Practices**. Lewis Publishers. New York, 123p.

CRUZ, Z. Q. **Mapeamento Digital Regional do Uso e Cobertura da Terra em Unidades de Conservação a partir de Imagens CBERS para apoio à Gestão Ambiental**. Monografia de Graduação. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Cartográfica: Rio de Janeiro, 2008.

MILHOMENS, A. et al. **Sistema de Informações Geográficas de Ecoturismo (SIGECOTUR) do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. Espaço e Geografia. Vol.11, Nº 1 (2008). 147:190. ISSN:1516-9375.

PEREIRA, M. F. M.; RIBEIRO, G. P. **Mapeamento Digital de Zona Urbana em Teresópolis (RJ), Adjacente ao Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), a partir de imagens IKONOS II**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, 2008.

SCHIEWE, J; TUFTE, L.; EHLERS, M. **Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing**. Geoinformation 6: 34 – 39, 2001