



**Rafael da Silva Nunes**

**A criação de um modelo de classificação  
semi-automática utilizando conhecimento  
geográfico: um estudo de caso na porção  
setentrional do Maciço da Tijuca – RJ.**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Guanaes Rêgo

Rio de Janeiro  
Abril de 2013



**Rafael da Silva Nunes**

**A criação de um modelo de classificação semi-automática utilizando conhecimento geográfico:** um estudo de caso na porção setentrional do Maciço da Tijuca – RJ.

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Geografia do Departamento de Geografia do Centro de Ciências Sociais da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego**

Orientador  
Departamento de Geografia – PUC-Rio

**Prof. Marcelo Motta de Freitas**

Departamento de Geografia – PUC-Rio

**Prof. Gilson Alexandre Ostwald Pedro da Costa**

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

**Profª Mônica Herz**

Vice-Decana de Pós-Graduação do Centro de  
Ciências Sociais – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de abril de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor do orientador.

## **Rafael da Silva Nunes**

Graduou-se em Geografia na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em 2009, desenvolvendo sua monografia de conclusão do curso sobre sensoriamento remoto. Iniciou o mestrado, na linha de Transformação da Paisagem, no ano de 2011. Participou de vários trabalhos orientados para os estudos ambientais e trabalha no ramo da consultoria ambiental.

### Ficha Catalográfica

Nunes, Rafael da Silva

A criação de um modelo de classificação semi-automática utilizando conhecimento geográfico: um estudo de caso na porção setentrional do Maciço da Tijuca - RJ / Rafael da Silva Nunes ; orientador: Luiz Felipe Guanaes Rêgo. – 2013.

153 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, 2013.

Inclui bibliografia

1. Geografia – Teses. 2. Uso e cobertura do solo. 3. Paisagem. 4. Geotecnologias. 5. Imagem de satélite. 6. Classificação semi-automática. I. Rêgo, Luiz Felipe Guanaes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia. III. Título.

CDD: 910

Para minha família: com honra e amor.

## Agradecimentos

Ao meu avô, Francelino da Silva, que contribuiu diretamente para a construção da minha identidade e da minha moral, além de todas as oportunidades e investimentos a mim confiados. Agradeço também aos meus pais e irmã pela construção e pelos cuidados na minha educação e instrução moral e espiritual.

À minha namorada, Kenia Wandscheer, por todo o passado, presente e futuro.

Ao meu orientador, Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego, pelos anos de trabalhos desenvolvidos em parceria, pelas oportunidades apresentadas, pelo incentivo e aprendizado ao longo de toda a minha vida acadêmica.

Aos profissionais do Departamento de Geografia da PUC-Rio, pela colaboração e contribuição ao meu caráter pessoal e profissional.

À CAPES e à PUC-Rio, pelo apoio para a realização desse trabalho, assim como aos professores que participaram da banca examinadora.

Aos amigos que fiz ao longo de minha vida profissional e acadêmica com destaque à Tâmara Simão e Guilherme Barroso.

Aos amigos da ECOBRAND Gestão Ambiental pelos anos trabalhados em conjunto e aprendizado, em especial à Marcelo Motta, Rodrigo Paixão, Felipe Fraifeld, Alex Farias, Paula Almeida, Felipe Noronha, Paloma Arantes.

Aos amigos do Clube de Hóquei Copacabana Waves, em especial à Nelson Siqueira (vice-presidente), Thiago de Mattos (Diretor de Hóquei) e Luiz Azevedo (Tesoureiro).

A todos os amigos que fiz no ambiente acadêmico e no ambiente profissional que contribuíram em diferenciados momentos e de diferenciadas formas direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

## Resumo

Nunes, Rafael da Silva. Rêgo, Luiz Felipe Guanaes. **A criação de um modelo de classificação semi-automática utilizando conhecimento geográfico: um estudo de caso na porção setentrional do Maciço da Tijuca – RJ.** Rio de Janeiro, 2013. 153p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os processos de transformação da paisagem são resultantes da interação de elementos (bióticos e abióticos) que compõe a superfície da Terra. Baseia-se, a partir de uma perspectiva holística, no inter-relacionamento de uma série de ações e objetos que confluem para que a paisagem seja percebida como um momento sintético da confluência de inúmeras temporalidades. Desta maneira, as geotecnologias passam a se constituir como um importante aparato técnico-científico para a interpretação desta realidade ao possibilitar novas e diferentes formas do ser humano interpretar a paisagem. Um dos produtos gerados a partir desta interpretação é a classificação de uso e cobertura do solo e que se configura como um instrumento central para a análise das dinâmicas territoriais. Desta maneira, o objetivo do presente trabalho é elaboração de um modelo de classificação semi-automática baseada em conhecimento geográfico para o levantamento do padrão de uso e cobertura da paisagem a partir da utilização de imagens de satélite de alta resolução, tendo como recorte analítico uma área na porção setentrional no Maciço da Tijuca. O modelo baseado na análise de imagens baseadas em objetos, quando confrontados com a classificação visual, culminou em um valor acima de 80% de correspondência tanto para imagens de 2010 e 2009, apresentando valores bastante elevados também na comparação classe a classe. A elaboração do presente modelo contribuiu diretamente para a otimização da produção dos dados elaborados contribuindo sobremaneira para a aceleração da interpretação das imagens analisadas, assim como para a minimização de erros ocasionados pela subjetividade atrelada ao próprio classificador.

## Palavras-chave

Uso e cobertura do solo; Paisagem; Geotecnologias; Imagem se Satélite; Classificação Semi-Automática

## Abstract

Nunes, Rafael da Silva. Rêgo, Luiz Felipe Guanaes. (advisor) **The creation of a semi-automatic classification model using geographic knowledge: a case study in the northern portion of the Tijuca Massif - RJ** Rio de Janeiro, 2013. 153p. MSc. Dissertation – Departamento de Geografia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The transformation processes of the landscape are results from the interaction of factors (biotic and abiotic) that makes up the Earth's surface. This interaction, from a holistic perspective, is then based on the inter-relationship of a series of actions and objects that converge so that landscape is perceived as a moment of confluence of numerous synthetic temporalities. Thus, the geotechnologies come to constitute an important technical and scientific apparatus for the interpretation of this reality by enabling new and different ways of interpreting the human landscape. One of the products that can be generated from this interpretation is the use classification and land cover and is configured as a central instrument for the analysis of territorial dynamics. Thus, the aim of this work is the development of a semi-automatic classification model based on geographic knowledge to survey the pattern of land use and cover the landscape from the use of satellite images of high resolution, with the analytical approach an area in the northern portion of the Tijuca Massif. The model built on an Object-Based Image Analysis, when confronted with the visual classification, culminated in a value above 80% match for 2010 and 2009, with very high values in the comparison class to class. The development of this model directly contributed to the optimization of the production of processed data contributing greatly to the acceleration of the interpretation of the images analyzed, as well as to minimize errors caused by the subjectivity linked to the classifier itself.

## Keywords

Land Use and Land Cover; Landscape; Geotechnologies; Satellite Images; Semi-Automatic Classification

## Sumário

1. Pela representação da paisagem em transformação: uma introdução	14
1.1. Introdução	14
1.2. Objetivos	18
1.3. Organização do Trabalho	19
2. As implicações geográficas na representação espacial através da paisagem: uma discussão conceitual	22
2.1. A paisagem geográfica e a sua perspectiva totalizante	22
2.2. Classificação de imagens de satélite: a necessidade de pensar o modelo baseado no conhecimento humano	25
2.3. Os desafios da técnica: a importância da dimensão escalar no estudo da paisagem geográfica	28
2.3.1. Da escala da representação à escala dos fenômenos	28
2.3.2. Unidades Geográficas: pela necessidade de delimitação?	31
2.3.3. A relação Global/Local e a vivacidade da paisagem	34
3. O Maciço da Tijuca: Uma visão do ontem para o pensar geográfico do hoje	46
3.1. O café: da floresta à cultura, da cultura à floresta	46
3.2. A Floresta do Século XX: a paisagem produzida da maior floresta urbana do mundo	51
4. O estudo do Sensoriamento Remoto – Modelagem de classificação e trabalhos discutidos	59
4.1. Importância do estudo baseado em objetos	59
4.2. Topologia: Uma análise crucial para o entendimento dos relacionamentos dos objetos geográficos	66
4.3. Aplicações dos estudos de classificação automática	71
5. Metodologia	77
5.1. Definição da área de estudo	77
5.2. Definição dos Materiais e Métodos	78
5.3. Modelo de conhecimento para a classificação da cobertura do solo	80
5.4. Da avaliação dos Resultados: a Matriz de Confusão	84
6. Resultados	87
6.1. Estabelecimento da legenda, rede hierárquica e classificação visual	87
6.2. Estabelecimento do modelo de Classificação Semi-automática dos anos de 2010 e 2009	97
6.2.1. O desenvolvimento do modelo atrelado às classes de “Não Vegetação”	99
6.2.2. O desenvolvimento do modelo atrelado às classes de “Vegetação”	109
7. Discussões	115
7.1. Análise quantitativa dos resultados	115
7.2. Análise qualitativa dos resultados	122
7.2.1. Vegetação	122

7.2.2. Área Urbana	127
7.2.3. Outros Elementos	132
7.3. Dos resultados finais	135
8. Considerações Finais: Por um modelo complexo	136
9. Referências Bibliográficas	140
10. Anexos	152

## Lista de Figuras

Figura 1: Alguns fatores formadores da paisagem e seus inter-relacionamentos	23
Figura 2: Exemplo de chave de classificação baseada em descritores de forma e textura.	26
Figura 3: A hierarquia espacial definida e apresentada por Richard Forman	33
Figura 4: Representação da Teoria da Hierarquia	33
Figura 5: Exemplo de chave de classificação para a interpretação de imagens de satélite	41
Figura 6: Bandeira Real do Brasil na qual aparecem os ramos de café e tabaco, demonstrando assim a centralidade que tal produto possuía para a economia do país	47
Figura 7: Representação de um dos quadros de Taunay	47
Figura 8: Ruínas da antiga fazenda de café localizada na Floresta da Tijuca	51
Figura 9: Local conhecido atualmente como “Mesa do Imperador”	51
Figura 10: Aceiro localizado na vertente norte do maciço da Tijuca através de imagem de satélite	53
Figura 11: Aceiro localizado na vertente norte do maciço da Tijuca através de sobrevôo	53
Figura 12: A representação das antenas no Maciço da Tijuca a partir de imagem de satélite	55
Figura 13: A representação das linhas de transmissão no Maciço da Tijuca a partir de imagem de satélite	55
Figura 14: Representação de possíveis trilhas no Maciço da Tijuca a partir de imagem de satélite	56
Figura 15: Representação de estradas no Maciço da Tijuca a partir de imagem de satélite	56
Figura 16: A situação da relação objeto-píxel	61
Figura 17: Matriz de relações topológicas	67
Figura 18: Possibilidades de correlação de vetores complexos e vetores Simples	68

Figura 19: Diferentes relações de tamanho e forma do interior com o exterior	70
Figura 20: Localização da área teste no Maciço da Tijuca	78
Figura 21: Modelo conceitual da classificação baseada em objeto	81
Figura 22: Exemplo de uma rede semântica conceitual	82
Figura 23: Diferentes percepções e representações do real a partir do software Google Earth	83
Figura 24: Estrutura da fórmula básica para realização do cálculo do Índice Kappa	86
Figura 25: Fotos tiradas nas proximidades da área de interesse em visita de campo	89
Figura 26: Rede hierárquica inicial	94
Figura 27: Resultados provenientes da classificação visual para o ano de 2009	96
Figura 28: Resultados provenientes da classificação visual para o ano de 2010	96
Figura 29: Resultados da primeira diferenciação entre Vegetação e Não Vegetação	99
Figura 30: Etapa de adequação das áreas que não havia, em um primeiro momento, sido rotulados como área urbana devido a inexistência de "Telhados Brilhantes" no nível inferior	101
Figura 31: Identificação de múltiplos padrões de ocupação na área de interesse	102
Figura 32: Resultado da operação que resultou na separação entre "Área Urbana Consolidada" e "Área Urbana Não Consolidada"	104
Figura 33: Resultado da operação que resultou na separação entre "Uso de Estrutura Predial" e "Uso de Estrutura Residencial"	106
Figura 34: Identificação das torres de transmissão na área de interesse e respectivo resultado de suas detecções a partir da utilização do plano de informação temático de linhas de transmissão	107
Figura 35: Resultado da operação que resultou na escrutinização das classes "Afloramento Rochoso", "Torres de Transmissão", "Edificações Isoladas", "Estradas", "Solo Exposto" e "Sombra"	109

Figura 36: Resultado da operação que resultou na escrutinização das classes "Afloramento Rochoso", "Torres de Transmissão", "Edificações Isoladas", "Estradas", "Solo Exposto" e "Sombra"	110
Figura 37: Adequações para a diminuição do exagero associado à classe Vegetação do Tipo Gramínea	112
Figura 38: Representação dos resultados associados ao levantamento de "Indicadores de Degradação - Embaúbas"	113
Figura 39: Representação do produto final da classificação automática gerada para o ano de 2010	113
Figura 40: Representação do produto final da classificação automática gerada para o ano de 2009	114
Figura 41: Visualização do comportamento em tons de cinza dos atributos oriundos do "NDVI" para os segmentos obtidos no processo de segmentação, assim como dos atributos oriundos da "Divisão da média da banda 4 pela média da banda 3"	123
Figura 42: Diferenciação entre os resultados da classificação para a mesma área de interesse:	126
Figura 43: Apresentação de edificações isoladas que não são contempladas nem pelos Setores Censitários e nem pelos Setores Censitários Subnormais	129
Figura 44: Representação de algumas das Torres de Energia da área teste em dois momentos: 2009 e 2010 respectivamente	133

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Mudanças plantadas, Índice de Sobrevivência e Mudanças bem sucedidas no Maciço da Tijuca entre os anos de 1862 e 1872	50
Tabela 2: Número de predicados topológicos entre dois objetos espaciais simples	67
Tabela 3: Legenda utilizada para a classificação	90
Tabela 4: Parâmetros de Segmentação adotados para a Classificação Visual	95
Tabela 5: Parâmetros de Segmentação adotados para o Nível 1 da Classificação Semi-Automática	98
Tabela 6: Parâmetros de Segmentação adotados para os Níveis 2 e 3 da Classificação Semi-Automática	100
Tabela 7: Parâmetros de Segmentação adotados para o Nível 4 da Classificação Automática	105
Tabela 8: Matriz de Confusão gerada para o ano de 2010 – Levantamento com 1000 amostras	116
Tabela 9: Matriz de Confusão gerada para o ano de 2009 – Levantamento com 1000 amostras	117
Tabela 10: Desempenho associado ao índice Kappa	119
Tabela 11: Área classificada no ano de 2010 – Classificação Visual e Classificação Automática	120
Tabela 12: Área classificada no ano de 2009 - Classificação Visual e Classificação Automática	121