



DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

SPATIAL AND TEMPORAL DYNAMICS OF LAND USE IN THE MUNICIPALITY OF SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Roberto Diego Bezerra da Silva

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, roberto.ufrj@gmail.com

Rafael Coll Delgado

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
rafaelcolldelgado32@gmail.com

Gustavo Bastos Lyra

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
gblyra@gmail.com

José Francisco de Oliveira Júnior

Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
joliveirajunior@gmail.com

Rafael de Ávila Rodrigues

Professor Doutor da Universidade do Estado de Minas Gerais ó Campus de Frutal, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Frutal/MG, rafael.avila.rodrigues@gmail.com

Ana Carolina Cardozo

Estudante do curso de Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ, anadcardozo@hotmail.com

Felipe Gomes Brasileiro

Estudante do curso de Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ, brasileiro.felipe@gmail.com

RESUMO

Foram avaliados a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra entre os anos de 1990 e 2010 no município de Seropédica, Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Foram utilizadas imagens TM (*Thematic Mapper*) Landsat 5 e os métodos de classificações supervisionadas baseado nos algoritmos da Mínima Distância (MINIDIST), Máxima Verossimilhança (MAXVER) e distância de Mahalanobis (MAHAL). Os resultados obtidos de 1990 mostraram que a classificação MINIDIST superestimou as classes de áreas de água (5,02%), mata (8,94%), solo exposto (16,05%) e pastagem (59,33%), respectivamente. O MINIDIST em 1990 subestimou a classe área urbana (10,66%) comparado com os demais métodos. As classes pastagem (59%), mata (20,68%) e água (2,25%) foram superestimadas pelo MINIDIST, enquanto que para as classes espectrais de solo exposto (0,92%), área urbana (11,54%) e eucalipto (5,81%) ocorreram subestimativa comparado aos métodos MAHAL e MAXVER em 2010. O viés médio mostrou que os valores de área para ambos os classificadores foram superestimados em relação aos dados do projeto SOS Mata Atlântica. Os índices de vegetação mostraram-se compatíveis com a literatura, às exceções foram às discrepâncias na estimativa de área atribuídas à transição de períodos secos e chuvosos que ocorreram antes da passagem do satélite sobre a região. Ressalta-se que todos os classificadores utilizados neste estudo são passíveis de erro, ou seja, os classificadores foram desenvolvidos na tentativa de aperfeiçoarem os trabalhos de interpretação visual em Seropédica.

Palavras-chave: Landsat-5 TM, classificação supervisionada e mudança da paisagem.

ABSTRACT

The paper analyses the spatial-temporal dynamics of land use and coverage between 1990 and 2010 in Seropédica, in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro (MRRJ). It uses the images captured by the TM (*Thematic Mapper*) Landsat 5 and the supervised method of classification based on the algorithms of Minimum Distance, Maximum Likelihood and Mahalanobis distance. The 1990 results show that the Minimum Distance classifier overestimated the classes of water areas (5.02%), forest (8.94%), exposed soil (16.05%) and pasture (59.33%), respectively. When compared to the other methods, the 1990 results also show that the Minimum Distance classifier underestimated the urban area class (10.66%). In 2010, the Minimum Distance classifier overestimated the classes of pasture (59%), forest (20.68%) and water (2,25%), whereas when compared to the Mahalanobis distance and Maximum Likelihood classifiers the spectral classes of soil exposure (0.92%), urban area (11.54%) and eucalyptus (5.81%) were underestimated. In both classifiers the mean-bias (MB) showed that the values of the area were overestimated in relation to the project SOS Mata Atlântica. The vegetation indices showed to be compatible with current literature. However, the discrepancies in the estimates of area attributed to the transition between dry and rainy seasons, which happened before the satellite had passed over the region, were exceptions. It is important to highlight, however, that all classificatory methods used during this study are liable to error, thus making the work of the photo interpreter indispensable. In other words, these classifiers were developed with the aim to improve the visual interpretation work in Seropédica.

Keywords: Landsat-5 TM, supervised classification and landscape change.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica espacial e temporal da paisagem fornece subsídios fundamentais para o planejamento e uso adequado da terra, assim como para o uso racional dos recursos naturais (Delgado et al., 2012). Atualmente, o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante na caracterização do ambiente, aquisição das informações, inventários e gerenciamento da paisagem agroflorestal (Freitas et al., 2012). A evolução e a utilização do sensoriamento remoto permite, através de uma análise da distribuição espacial das áreas, caracterizar o uso da terra, e assim, fornece informações importantes de épocas passadas, as quais podem subsidiar metodologias com enfoques temporais (Mather, 1999).

O geoprocessamento e a utilização de informações de sensoriamento remoto se destacam como importantes ferramentas, pois possibilita a abrangência de análises de grandes áreas, a periodicidade das informações, a vantagem de se monitorar áreas remotas e de difícil acesso e a espacialização das informações, como exemplo de aplicação, o mapeamento da cobertura vegetal baseado em imagens de índices. Entre os índices utilizados na literatura, destacam-se o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) e o Leaf Area Index (LAI). Serão adotadas ao longo do texto as siglas em inglês para os índices de vegetação.

Vários satélites em órbita apresentam sensores capazes de obter informações espectrais dos alvos da superfície da Terra, em várias bandas do espectro eletromagnético, como é o caso do sensor TM (*Thematic Mapper*) do Landsat. Os sensores das sete bandas disponíveis no satélite Landsat TM fornecem importantes ferramentas para análise e identificação da curva da refletância espectral, representada pelos diferentes alvos da imagem, também podem ser utilizadas para delinear e estimar suas áreas (Liu, 2006). Isso aumentou consideravelmente o número de dados dos alvos a serem analisados e, de certa forma, também o trabalho de análise.

Algumas faixas espectrais do sensor TM são usadas para caracterização dos índices de vegetação, o que reduz o volume de dados a serem analisados, pois praticamente toda a informação referente à vegetação fica resumida a somente um valor numérico. Esse processo facilita assim o monitoramento e o estudo do crescimento/desenvolvimento da vegetação (Freitas et al., 2012).

Diversas metodologias baseadas do sensoriamento remoto têm sido desenvolvidas para a classificação (ou identificação) automática do uso da terra. Os procedimentos, atualmente em uso, baseiam-se na simples investigação da característica radiométrica do pixel (análise multiespectral), sem considerar a possível transformação dessas características no tempo (análise multitemporal) e no espaço (textura) (Delgado et al., 2012).

O desenvolvimento de tais metodologias representa um avanço para instituições e empresas interessadas em monitorar e fiscalizar áreas de forma rápida, com baixo custo e sem a necessidade de se deslocar um grande contingente humano para área de interesse (Delgado, 2010).

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo principal analisar três métodos de classificação supervisionada: Distância de Mahalanobis (MAHAL), Mínima Distância (MINDIST) e Máxima Verossimilhança (MAXVER), e, por fim três índices de vegetação: NDVI, SAVI e IAF no município de Seropédica, RJ entre os anos de 1990 e 2010.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo compreende o município de Seropédica, Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), situado na Região Sudeste (Figura 1) com área de aproximadamente 266,55 km². Seropédica fica localizada entre as latitudes 22° 37' S a 22° 52' S e as longitudes 43° 37' W a 43° 48' W e sua altitude média de 196 m.

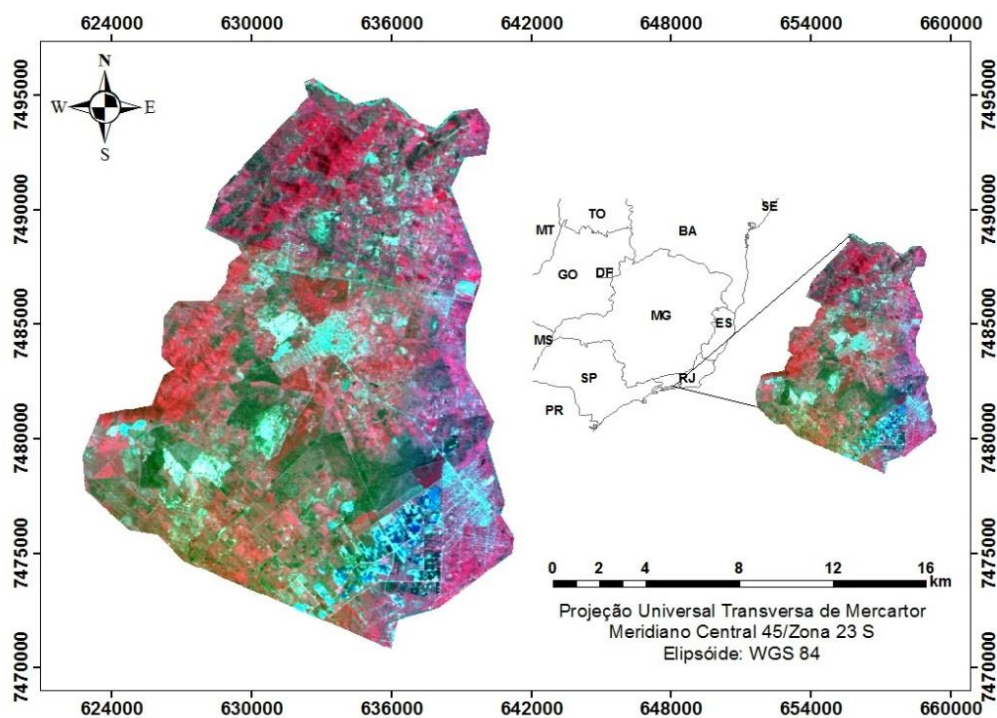


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo.

Foram utilizadas imagens TM Landsat 5 compostas por sete bandas espectrais, sendo seis bandas refletivas e uma banda termal. As imagens foram processadas no Instituto de Florestas/Departamento de Ciências Ambientais (IF/DCA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) utilizando os softwares ArcGIS 9.3 e ERDAS IMAGINE 10, onde foram gerados os mapas das classes espectrais (solo exposto, água, pastagem, área urbana, mata e eucalipto) e a estatística espectral pixel a pixel dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e o IAF).

Para o cálculo dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) foram adotadas as metodologias de Rouse et al. (1973), Huete (1988) e Allen et al. (2007), respectivamente (Equações 1-3).

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (1)$$

$$SAVI = \frac{(1 + \lambda)(\rho_2 - \rho_1)}{(\lambda + \rho_2 + \rho_1)} \quad (2)$$

$$LAI = -\frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91} \quad (3)$$

em que,

ρ_1 e ρ_2 = refletividades do vermelho e infravermelho próximo;

λ = constante (0,1) em virtude de se verificar que esse valor proporciona um índice de Área Foliar (LAI) mais compatível com valores em superfície (ALLEN et al., 2007).

As imagens (ano de 1990 e 2010) foram adquiridas no catálogo eletrônico de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do acesso ao endereço <dgi.inpe.br/CDSR/> (CDSR, 2012). Para o mapeamento das áreas (solo exposto, água, área urbana, mata e eucalipto) foram utilizados os métodos de classificação supervisionada por MAHAL, MINDIST e MAXVER (Jensen, 1986; Schowengerdt, 1997).

Na obtenção da união das imagens, calibração radiométrica, refletividade e índices de vegetação foram utilizados o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), conforme proposto por Bastiaanssen et al. (1998).

No cálculo da calibração radiométrica, onde os valores de L_{min} e L_{max} utilizados devem seguir a metodologia de Chander et al. (2009). Em que se tratando de dados TM, as imagens obtidas num intervalo de março 1984 até maio de 2003 devem utilizar os valores estabelecidos para este período, assim como também para imagens obtidas após 4 de maio de 2003.

Na Figura 2 são apresentados os passos para o processamento das imagens TM para o município de Seropédica, RJ.

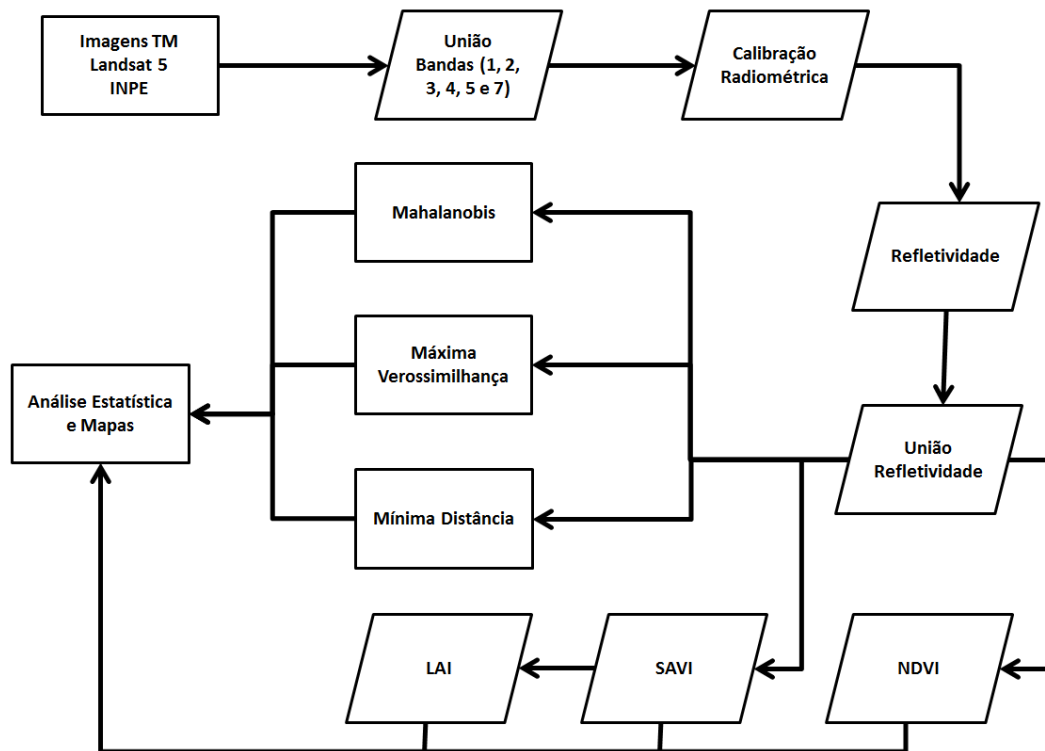


Figura 2 - Fluxograma do sistema de processamento das imagens do sensor TM.

As imagens Landsat 5 são em grande maioria do período seco (outono e inverno), em que se verifica pouca cobertura de nuvens e também foram utilizadas das imagens tomadas em outras estações (verão e inverno) dos anos em estudo para aferição de eventuais dúvidas quanto à caracterização espectral das áreas em cenário dinâmicos, como também para prover uma base de dados histórica sobre a variação das áreas na área de estudo.

Antes da classificação supervisionada foi necessário fazer a coleta de assinaturas como verdade de campo (polígonos de mata e área urbana), adquiridas por meio do acesso ao endereço <mapas.sosma.org.br> (Sosma, 2012). Também se utilizou como ferramenta para aferição visual de alta resolução o programa *Google Earth*.

O georreferenciamento das imagens TM do Landsat foi realizado no software ArcGIS versão 9.3 tomando por base imagens georreferenciadas do CBERS.

Para a avaliação espectral da imagem para os anos de 1990 e 2010 em relação aos dados efetivamente medidos vetorizados da base de dados do projeto SOS Mata Atlântica, utilizou-se o erro estatístico Viés Médio (VM) proposto por Willmott e Matsuura (2005) (Equação 4).

$$VM = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{N} \quad (4)$$

em que, P_i é o $i^{\text{ésimo}}$ valor estimado de área urbana e mata (ha), O_i é o $i^{\text{ésimo}}$ valor observado de área urbana e mata (ha), \bar{O} é o valor médio observado de área urbana e mata (ha), N é o número de dados analisados.

3. RESULTADOS

Na Figura 3a verifica-se que os valores médios do NDVI apresentaram pouca variabilidade durante todos os anos estudados, sendo que seus valores variam de 0,52 em 2005 à 0,62 em 1995. O NDVI identifica melhor uma vegetação mais densa, o que explica o aumento das áreas de mata para os anos de 1990 e 2010 (Tabela 1) para ambos os classificadores espectrais adotados neste estudo. A imagem de 1995 corresponde ao final de um período chuvoso, que justifica o alto valor do NDVI.

O ano de 2005 foi caracterizado com o menor índice NDVI (Figura 3a), esta imagem correspondeu a um período seco, o que explica a queda desse valor.

O aumento das áreas de pastagem na região de estudo está associado ao aumento do índice IAF, onde os valores aumentaram de forma gradativa (Figura 3a), com variação de 0,29 (1990) a 0,69 (2010). O ano de 2010 foi caracterizado com o maior IAF, correspondente a uma imagem do período chuvoso. Esse resultado indicou aumento na biomassa do município, resultando em aumento das áreas de pastagem para os anos de 1990 e 2010 (Tabela 1).

O índice SAVI oscilou entre 0,29 em 2000 à 0,36 para o ano de 2010 (Figura 3a). O SAVI é um índice mais aconselhável para caracterizar vegetação não densa pelo fato de ter ajuste na refletividade do solo e, portanto, um índice confiável para o município de Seropédica pela quantidade de pastagens existentes na região.

No ano de 1990 o método estatístico espectral MAHAL classificou a área de água (Figura 4a) em 1.116,00 ha (Tabela 1). Já no ano de 2010 a área de água classificada (Figura 4b) foi de 548,46 ha (Tabela 1). Esta área de água apresentou diminuição significativa de área de 567,54 ha no intervalo de 20 anos no município de Seropédica, com um percentual de 1,93%. Para a classe mata no ano de 1990 foi classificada uma área correspondente a 2017,8 ha. Para o ano de 2010, a mesma área teve aumento significativo (aproximadamente de 11,54%), onde passou a ser de 3.278,61 ha (Tabela 1). Houve neste caso um aumento de 1.260,81 ha entre os anos de 1990 a 2010.

Ainda na classificação supervisionada de MAHAL da classe urbana em Seropédica, no ano de 1990 foram classificados 8.686,8 ha (Tabela 1). Para o ano de 2010, observou-se diminuição significativa nos últimos 20 anos de área construída, onde a mesma passou a ser de 7.849,17 ha (Tabela 1) (Figura 4b).

Para solo exposto (Figura 4a) a área foi de 2.265,21 ha em 1990, enquanto que no ano de 2010, a mesma classe espectral passou a ser de 1.525,32 ha, e assim ocorreu diminuição para o classificador MAHAL em área de 739,89 ha (Tabela 1). Para pastagem (Figura 4a) no ano de 1990 apresentou área de 14.363,01 ha para o município (Tabela 1).

Para o ano de 2010 (Figura 4b) esta área passou a ser de 12.325,5 ha (Tabela 1). Ocorreram entre estas duas décadas aumento considerável de aproximadamente 47,23% de área ocupada por pasto, seja ele implantada ou espontânea (forma natural). A área total do ano de 1990 calculada pelo método MAHAL foi de 28.448,82 ha (Tabela 1). O ano de 2010 foi de 28.422,81 ha (Tabela 1). A diferença da área total foi de 26,01 ha entre os anos de 1990 e 2010.

No ano de 2010, o método MAHAL classificou a área de eucalipto em 2.895,75 ha (Tabela 1 e Figura 4b). O classificador MAXVER aplicado para a classe eucalipto no ano de 2010 estimou uma área correspondente a 2.901,24 ha (Tabela 1 e Figura 4d). A classe eucalipto de 2010 pelo método da MINDIST apresentou área de 1.652,4 ha (Tabela 1 e Figura 4f). Comparando-se esses métodos, notou-se que o classificador de MAXVER para o ano de 2010 estimou a maior área para a classe eucalipto no município de Seropédica (Tabela 1).

A classificação pelo método de MAXVER para o ano de 1990 estimou área de 1.102,05 ha referente à água (Tabela 1, Figura 4c). No ano de 2010, o classificador utilizado identificou diminuição desses corpos d'água, com uma área de apenas 543,87 ha (Tabela 1, Figura 4d), equivalente a uma queda nos últimos 20 anos de 2% destas áreas.

O classificador MAXVER para a classe mata (Figura 4c) para o ano de 1990 identificou área de 2010,69 ha (Tabela 1), enquanto que no ano de 2010 ocorreu aumento significativo para esta classe de 3.281,04 ha (Tabela 1 e Figura 4d). Nos anos de 1990 e 2010, 8.466,75 ha e 7.854,84 ha foram estimados de área urbana (Figuras 4c e 4d) e (Tabela 1). Isto representou diminuição de 611,91 ha no período de 20 anos para o município de Seropédica.

Para solo exposto (Figura 4c) a área foi de 2.223,72 ha em 1990 (Tabela 1), no entanto o ano de 2010 (Tabela 1 e Figura 4d), a área passou a ser de 1.523,34 ha, segundo a classificação supervisionada de MAXVER ocorreu uma diminuição de 700,38 ha.

O método espectral de MAXVER para a classe pastagem (Figura 4c) do ano de 1990 (Tabela 1) estimou uma área correspondente a 14.364 ha. Para o ano de 2010 (Figura 4d e Tabela 1), esta classe apresentou redução de área de pasto de 12.312 ha. Em 20 anos, ocorreu redução de 2.052 ha no município de Seropédica. A classe área total do classificador MAXVER para o ano de 1990 (Tabela 1) foi de 28.167,21 ha, enquanto que no ano de 2010 (Tabela 1), a área atual foi de 28.416,33 ha, com aumento de 249,12 ha nos últimos 20 anos.

No ano de 1990 a classificação pelo método MINDIST para classe água estimou uma área (Figura 4e) de 1.218,87 ha (Tabela 1), enquanto que no ano de 2010 (Tabela 1 e Figura 4f), a classe apresentou área de 638,1 ha.

A classificação pelo método da MINDIST para o ano de 1990 estimou uma área de 2.169,36 ha referente à mata (Figura 4e e Tabela 1). No entanto, no ano de 2010 (Figura 4f e Tabela 1), o método estimou 5.875,38 ha para a classe de mata, ocorreu neste caso entre os anos de 1990 a 2010, aumento significativo em área de 3.706,02 ha para o município de Seropédica.

Para a classe área urbana, (Figura 4e) foi estimado 2.587,14 ha para o ano de 1990 (Tabela 1), já para o ano de 2010 (Figura 4f e Tabela 1), a mesma área passou a ser de 3.280,23 ha no município de Seropédica.

O classificador MINDIST de 1990 para a classe solo exposto (Figura 4e) classificou área correspondente a 3.895,47 ha (Tabela 1). No ano de 2010, a mesma área referente a solo exposto diminuiu significativamente, passando para 261,99 ha em 20 anos (Tabela 1 e Figura 4f).

Para a classe pastagem (Figura 4e) estimou uma área correspondente a 14.400 ha para o ano 1990 (Tabela 1). No ano de 2010 (Figura 4f e Tabela 1), o método MINDIST classificou uma área de 16.708,23 ha. No município de Seropédica houve um aumento de 2.308,23 ha de área de pasto entre os anos de 1990 a 2010.

Ainda na classificação supervisionada MINDIST de 1990, a classe área total do município de Seropédica foi estimada em 24.270,84 ha (Tabela 1), enquanto que em 2010 (Tabela 1), a mesma classe passou a ser 28.416,33 ha, ou seja, a diferença na área foi de 4.145,49 ha em 20 anos, respectivamente.

Para os anos de 1990 a 2010 verificou-se superestimativa de área para ambos os classificadores quando comparados com os dados observados (Figura 3b). Estes resultados positivos baseados no índice VM (Figura 3b) mostraram que a classificação espectral considera áreas de assinaturas semelhantes, o que difere das áreas vetorizadas de áreas observadas da classe urbana e mata do projeto SOS Mata Atlântica.

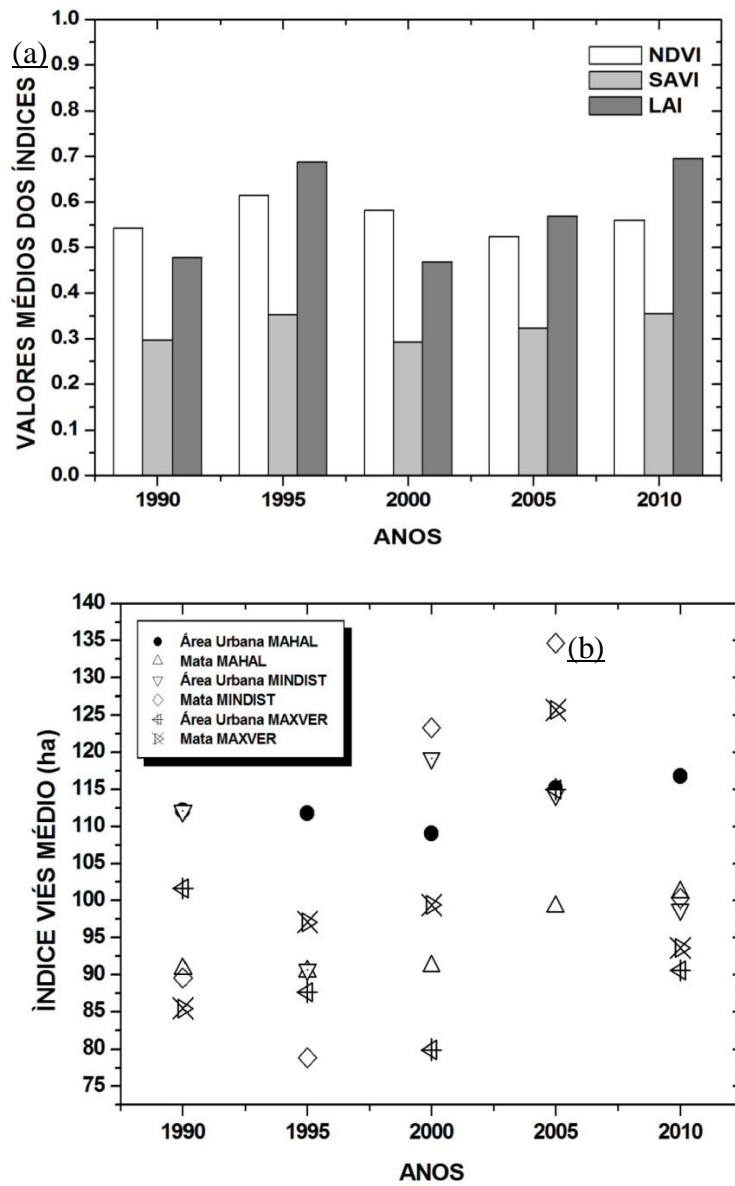


Figura 3a-b - Valores médios dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e LAI) e Viés Médio (VM) em hectares nos anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 para o município de Seropédica, RJ.

Tabela 1 - Transformação espectral de pixel para área em hectares (ha) para os anos de 1990 e 2010 no município de Seropédica, RJ.

| Classes/Anos | MAHAL (ha) | MAXVER (ha) | MINDIST (ha) | MAHAL (%) | MAXVER (%) | MINDIST (%) |
|---------------------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|
| Água (1990) | 1.116,00 | 1.102,05 | 1.218,87 | 3,92 | 3,91 | 5,02 |
| Água (2010) | 548,46 | 543,87 | 638,10 | 1,93 | 1,91 | 2,25 |
| Mata (1990) | 2.017,80 | 2.010,69 | 2.169,36 | 7,09 | 7,14 | 8,94 |
| Mata (2010) | 3.278,61 | 3.281,04 | 5.875,38 | 11,54 | 11,55 | 20,68 |
| Área urbana (1990) | 8.686,80 | 8.466,75 | 2.587,14 | 30,53 | 30,06 | 10,66 |
| Área urbana (2010) | 7.849,17 | 7.854,84 | 3.280,23 | 27,62 | 27,64 | 11,54 |
| Solo exposto (1990) | 2.265,21 | 2.223,72 | 3.895,47 | 7,96 | 7,89 | 16,05 |
| Solo exposto (2010) | 1.525,32 | 1.523,34 | 261,99 | 5,37 | 5,36 | 0,92 |
| Pastagem (1990) | 14.363,01 | 14.364,00 | 14.400,00 | 50,49 | 51,00 | 59,33 |
| Pastagem (2010) | 12.325,50 | 12.312,00 | 16.708,23 | 43,37 | 43,33 | 58,79 |
| Eucalipto (2010) | 2.895,75 | 2.901,24 | 1.652,40 | 10,19 | 10,21 | 5,81 |
| Área Total (1990) | 28.448,82 | 28.167,21 | 24.270,84 | | | |
| Área Total (2010) | 28.422,81 | 28.416,33 | 28.416,33 | | | |
| Área Total (%) (1990 e 2010) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

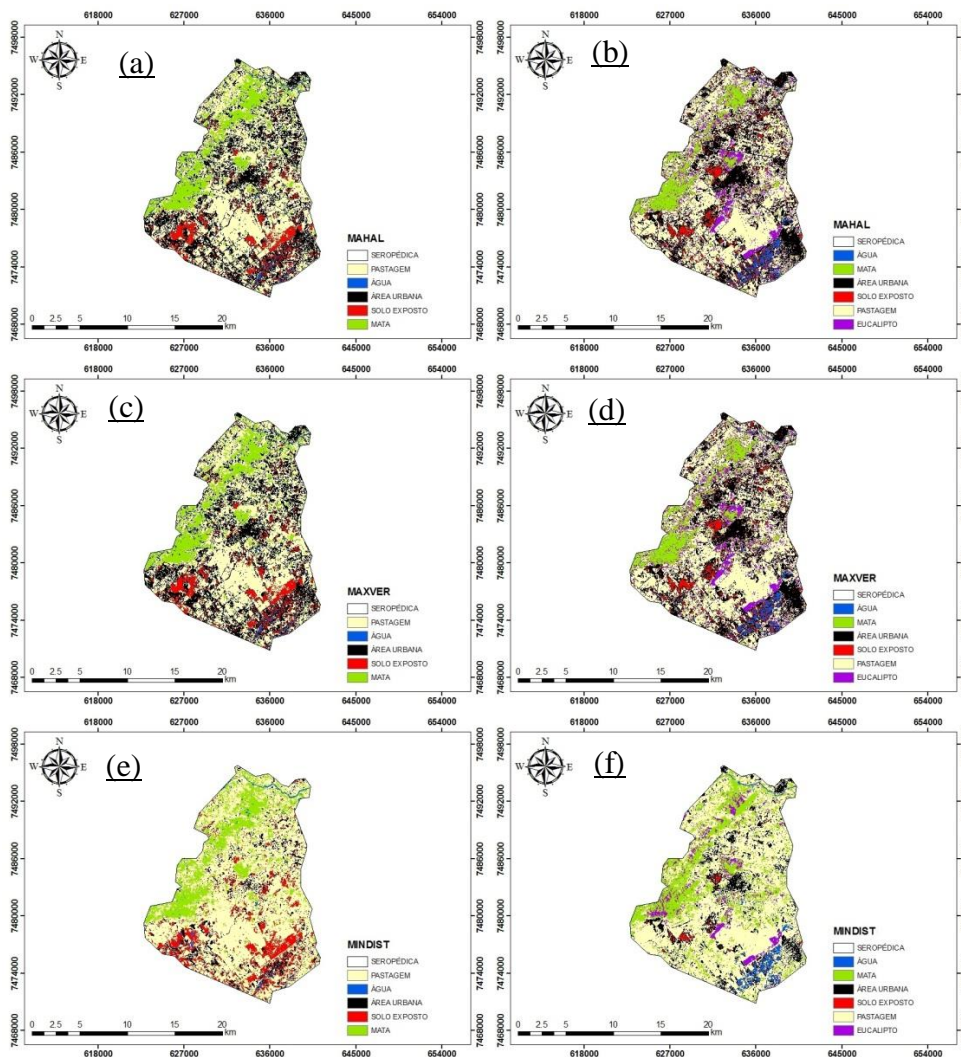


Figura 4a-f - Classificação espectral de 1990 (a) e 2010 (b) pelos métodos supervisionados de MAHAL, MAXVER e MINDIST para o município de Seropédica, RJ.

4. DISCUSSÃO

Para algumas classes (área urbanizada e mata), conforme a Figura 4a-f, o Viés Médio (VM) apresentou valores superiores aos observados pelo SOS Mata Atlântica devido a confusão das classes de pastagem, eucalipto e solo exposto. Estes valores provavelmente não foram bons por causa das poucas informações adicionais (dados de referência) da região classificada. Outro ponto importante que afeta a exatidão da classificação é a uniformidade ou homogeneidade das amostras de treinamento. Na classe mata houve baixa uniformidade das amostras, ou seja, pixels considerados como solo exposto, pastagem e eucalipto foram classificados como regeneração criando assim uma confusão na classificação da imagem.

Segundo Mello et al. (2012) ao estudarem os diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia constataram que os maiores erros estiveram relacionados a classe floresta, capoeira e solo exposto. Entre capoeira e floresta a explicação dos autores é que existe semelhança espectral entre ambas, já entre capoeira e solo exposto é o fato de algumas amostras de capoeira se encontrarem em estágios iniciais, com grandes proporções de solo exposto e algumas amostras de pastos apresentarem contribuições de resposta a gramíneas (Mello et al., 2012). Amaral et al. (2009) relatam que os problemas de separação entre as classes de diferentes estágios florestais, resultou em baixos níveis de exatidão, o que pode ser explicado pela semelhança espectral

existentes entre os alvos, pequena variação entre os valores numéricos dos pixels, existência de sobreposição entre classes e pela baixa resolução espectral dos sensores.

Verifica-se que existe uma grande disponibilidade de energia (radiação solar, precipitação, umidade, etc.) para o crescimento das áreas vegetadas. Nesse sentido, como a vegetação necessita de quantidade regular de água para manutenção e aumento da massa foliar (por meio da fotossíntese), observou-se aumento dos índices de vegetação em relação a abril. Apesar de alguns autores relacionarem o índice NDVI com a precipitação, é necessário que se tenha um tempo de resposta deste, similar aos resultados encontrados por Freitas et al. (2012) e Wang et al (2003).

De acordo com Delgado et al. (2012) e Freitas et al. (2012) avaliaram a informação espectral contida em imagens TM na classificação para Cruzeiro do Sul e Acrelândia, Acre (AC) e constataram aumento das áreas de pastagem, o que indicou que algumas áreas de pastagens passaram por processos de regeneração de floresta.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo, ainda que em caráter preliminar, indicam relevante alteração da paisagem ao longo dos 20 anos analisados. Em 1990 predomina as áreas classificadas como água, solo exposto e área urbana. Enquanto, em 2010 um acentuado crescimento das áreas de mata, pastagem e eucalipto no município de Seropédica, RJ.

Na análise do índice estatístico viés médio os valores de área para ambos os classificadores adotados no estudo superestimam os dados observados do projeto SOS Mata Atlântica.

Os índices de vegetação mostra-se compatíveis com a literatura, as discrepâncias na estimativa de área, se deve a transição de períodos secos e chuvosos que ocorrem antes da passagem do satélite Landsat 5 sobre o município de Seropédica, RJ.

É importante ressaltar que todos os classificadores utilizados neste estudo são passíveis de erro, o que torna o trabalho do foto intérprete indispensável, ou seja, os classificadores foram desenvolvidos na tentativa de aperfeiçoamento dos trabalhos de interpretação visual.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaral, M.V.F.; Souza, A.L.; Soares, V.P.; Soares, C.P.B.; Leite, H.G.; Martins, S.V.; Fernandes Filho, E.I.; Lana, J.M. 2009. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. *Revista Árvore*, v.33 n.3, p.575-582.

Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. 2007a. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) ó Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.133 n.395, p.380-394.

Bastiaanssen, W.G.M.; Menenti, M.; Feddes, R.A.A. 1998. M.A remote sensing surfasse energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. *Journal of Hydrology*, v. 212-213 n. 220, p. 198-212.

Centro de Dados de Sensoriamento Remoto ó CDSR. <dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 15 ago. 2012.

Chander, G.; Markham, B.; Helder, D. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+ and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, v. 113 n.5, p. 893-903.

Delgado, R.C.; Sediyaama, G.C.; Costa, M.H.; Soares, V.P.; Andrade, R.G. 2012. Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 32 n.2, p.369-380.

Delgado, R.C.; Souza, L.P.; Silva, I.W.R.; Pessoa, C.S.; Gomes, F.A. 2012. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. *Enciclopédia Biosfera*, v.8 n.14; p. 665-674.



- Delgado R. C. 2010. Análise da evolução espaço-temporal das lavouras no Estado de Minas Gerais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 132p.
- Freitas, D.M.; Delgado, R.C.; Rodrigues, R.A.; Souza, L.P. 2012. Variabilidade espaço-temporal na mudança da paisagem no município de Acrelândia, AC. Enciclopédia Biosfera, v.8 n.14, p. 935-946.
- Huete, A.R.A. 1998. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, n.3 v.2, p.295-309.
- Jensen, J. 1986. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. New York: Prentice Hall, 355p.
- Liu, W.T.H. 2006. *Aplicações de sensoriamento remoto*. Campo Grande: UNIDERP.
- Mather, P.M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 2 ed., Great Britain: John Wiley & Sons, 1999. 210p.
- Mello, A.Y.I.; Alves, D.S.; Linhares, C.A.; Lima, F.B. 2012. Avaliação de técnicas de classificação digital de imagens Landsat em diferentes padrões de cobertura da terra em Rondônia. *Revista Árvore*, v.36 n.3, p.537-547.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM*, 3, 1973, Washington: NASA., v.1, p.309-317.
- Schowengerdt, R.A. 1997. *Remote sensing, models and methods for image processing*, 2ed. San Diego, USA: Academic Press. 522p.
- SOS Mata Atlântica ó SOSMA. <mapas.sosma.org.br>. Acesso em: 15 ago. 2012.
- Wang, J.; Price, K. P.; Rich, P. M. 2003. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the Central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, v.24 n. 11, p. 2345-2364.
- Willmott, C. J.; Matsuura, K. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, v. 30 n.1, p.79-82.