

Análise integrada de dados de sensoriamento remoto para estudos de qualidade ambiental em áreas urbanas do Brasil

Marcus Andre Fuckner¹
Teresa Gallotti Florenzano¹
Elisabete Caria Moraes¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{marcus, teresa, bete}@dsr.inpe.br

Abstract. The objective of this study is to analyze the environmental quality in a sector of the Metropolitan Regions of São Paulo and Rio de Janeiro, the largest urban areas of Brazil, using orbital data of medium spatial resolution. The environmental quality from both regions is been studied considering the following indicators: the vegetation cover, the urban heat islands and the air quality, in your relationship with the topography. The spectral mixture model MESMA were applied at optical imagery of the ASTER/Terra sensor aiming to characterize the physical properties of the urban land cover. The results obtained will be related to the thermal data collected by the same sensor to study the surface temperature standards. Air quality data collected by monitoring stations in both study areas will be related to the orbital data and integrated to the analysis. We expect from the results obtained to contribute to the Brazilian urban geography studies and possibly to assist to decision taking in the urban and regional planning field.

Palavras-chave: urban ecology, ASTER, MESMA, São Paulo, Rio de Janeiro, urban heat island, air quality, ecologia urbana, ASTER, MESMA, São Paulo, Rio de Janeiro, ilha urbana de calor, qualidade do ar.

1. Introdução

Este trabalho, em nível de dissertação de mestrado, se propõe a analisar indicadores de qualidade ambiental em um setor das Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro com o uso de dados de sensoriamento remoto. São Paulo e Rio de Janeiro, os maiores aglomerados urbanos do país, carecem de estudos dessa natureza.

As imagens do sensor ASTER utilizadas foram adquiridas em 25/04/2003 e 02/09/2004 para o Rio de Janeiro e 13/10/2002 e 17/05/2006 para São Paulo. A seleção de datas ocorreu em função da disponibilidade, cobertura de nuvens, área de abrangência, dia da semana e análise prévia dos boletins de qualidade do ar das estações automáticas de monitoramento.

Embora trabalhos envolvendo ilhas de calor tenham sido desenvolvidos no Brasil desde a década de 1980 (Lombardo, 1985), trabalhos aprofundados utilizando imagens orbitais não se disseminaram, principalmente com enfoque na relação entre a temperatura da superfície, a altimetria e a cobertura vegetal. Por sua vez, estudos envolvendo correlação entre dados de sensoriamento remoto e qualidade do ar ainda são desconhecidos no Brasil, embora resultados satisfatórios tenham sido encontrados na Europa (Poli *et al.*, 1994; Wald e Baleynaud, 1999).

Para atender ao objetivo geral da pesquisa, foram propostos como objetivos específicos avaliar o uso do modelo MESMA (*Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis*) em imagens ASTER na caracterização da estrutura física urbana em São Paulo e no Rio de Janeiro; integrar dados de topografia (modelo digital de elevação) e de uso e cobertura da terra com dados termais, para o estudo das ilhas urbanas de calor e; analisar estatisticamente e avaliar a relação entre dados de sensoriamento remoto orbital e de qualidade do ar, obtidos por estações de monitoramento em superfície.

2. Material e Métodos

Inicialmente foi efetuado o pré-processamento das imagens ASTER: recorte e registro, seguido da execução das transformações radiométricas necessárias: correção para o efeito de *cross-talk*, conversão para reflectância aparente, reflectância de superfície, temperatura

aparente, temperatura de superfície e reamostragem dos 6 canais do SWIR de 30 para 15m. A correção atmosférica dos canais do VNIR e SWIR foi efetuada através do modelo de transferência radiativa FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) e a correção atmosférica dos canais termais e obtenção da imagem temperatura foi efetuada através do módulo ISAC (*In-Scene Atmospheric Compensation*). Ambos os módulos encontram-se implementados no software ENVI 4.2.

O modelo MESMA (*Multiple Endmember Spectral Mixture Model*) (Roberts et al., 1998; Rashed et al., 2003) que permite que o número e o tipo de componentes varie para cada pixel na imagem, foi aplicado para o estudo da estrutura física urbana através do módulo VIPER (*Visualization and Image Processing for Environmental Research*) Tools (Roberts e Halligan, 2006). Aplicações do MESMA em áreas urbanas foram conduzidas por Powell (2006), utilizando imagens TM, e Rashed (2004) com imagens ASTER. O MESMA foi aplicado considerando o modelo conceitual V-I-S (*vegetation – impervious surface – soil*), proposto por Ridd (1995), com a inclusão de um quarto elemento: sombra/corpos d'água.

Foi efetuado trabalho de campo e visita a todas as estações de monitoramento da qualidade do ar nas áreas de estudo para verificação dos componentes selecionados para o modelo de mistura e reconhecimento da localização e entorno das estações de monitoramento da qualidade do ar. Os modelos digitais de elevação foram extraídos através do módulo *AsterDTM*, implementado no software ENVI 4.2.

3. Resultados preliminares

Os resultados preliminares obtidos com a geração dos modelos digitais de elevação foram satisfatórios, havendo menor concordância com os valores corretos de altitude na área de estudo no Rio de Janeiro, em virtude de seu relevo extremamente acidentado. A avaliação dos DEMs foi feita considerando os pontos cotados em cartas topográficas na escala 1: 50 000 da área de estudo do IBGE (SP) e DSG (RJ).

Os resultados obtidos com a geração de imagens temperatura (em °C) confirmaram a forte relação entre seus valores e os diferentes tipos de uso e cobertura da terra em ambas as áreas de estudo e a concordância entre este produto e os dados coletados por estações meteorológicas e pelas próprias estações de monitoramento da qualidade do ar.

Os melhores resultados da aplicação do MESMA foram obtidos com seis amostras para cada componente do modelo, selecionadas pela métrica EAR (*Endmember Average RMSE*) (**figura 1**). A partir dos resultados das imagens-fração, está sendo conduzida uma análise geográfica de sua espacialização.

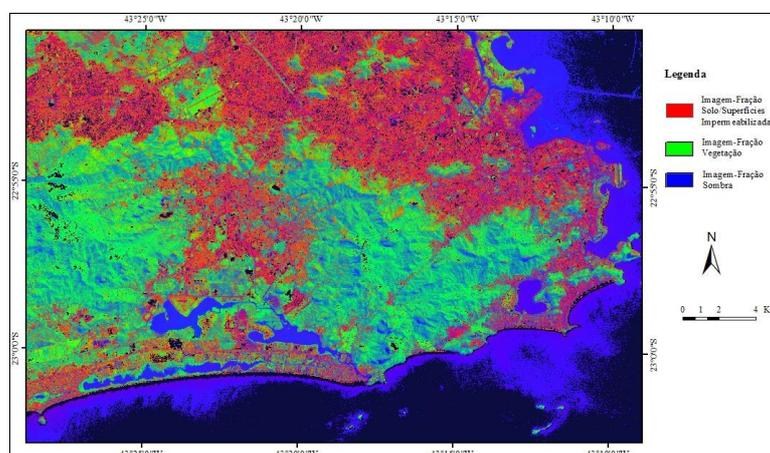


Figura 1: Composição colorida com as imagens-fração produto da aplicação do MESMA para a área de estudo no Rio de Janeiro.

Os resultados dos testes de Powell (2006) na Amazônia apontam que devido a forte heterogeneidade espectral das áreas urbanas, os melhores resultados são encontrados na imagem-fração vegetação, e isto se repetiu no Rio de Janeiro e em São Paulo.

Na continuidade do trabalho, dados de qualidade do ar (inicialmente material particulado e dióxido de enxofre) coletados pelas estações automáticas que efetuam medidas a cada hora (no caso da CETESB e FEEMA) ou a cada 15 minutos (SMAC) obtidos junto aos órgãos responsáveis, serão correlacionados para os horários de coleta e também para os valores diários de concentração através de análise estatística multivariada com os dados de temperatura aparente e reflectância aparente, aprofundando o entendimento da distribuição dos poluentes e da ilha urbana de calor. As ilhas de calor não representam um indicador da poluição do ar, mas a favorecem. O aparecimento de uma camada de poluição tende a diminuir a transmitância da atmosfera (mais absorção e espalhamento), resultando em um decréscimo na temperatura aparente. Por outro lado, a camada de poluição também absorve a radiação, o que intensifica ainda mais o processo. Além disso, há a suposição de que uma concentração de veículos reduziria a temperatura aparente em função da baixa emissividade apresentada pelos metais. A influência dos aerossóis sobre a visibilidade e conseqüentemente interferência sobre a radiação detectada pelos canais do visível também é um fator relevante.

Na última etapa será efetuada uma análise conjunta dos resultados obtidos com a temperatura de superfície, imagens-fração e modelos digitais de elevação gerados com dados demográficos obtidos do IBGE e prefeituras municipais, e de uso e cobertura da terra (através do mapa digital da RMSP, na escala 1: 100 000 gerado pela EMPLASA, concluído em 2005 e do município do Rio de Janeiro, na escala 1: 50 000, publicado pela SMAC/RJ em 2001).

Espera-se que este trabalho possa incentivar novos testes para aplicação do modelo MESMA, e contribua às pesquisas envolvendo sensoriamento remoto termal e estudos da poluição do ar, grave problema ambiental e de saúde pública. Ademais, espera-se auxiliar a tomada de decisões no campo do Planejamento Regional e Urbano.

4. Referências bibliográficas

- Lombardo, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.
- Poli, U. F.; Pignatoro, F.; Rocchi, V.; Bracco, L. Study of the heat island over the city of Rome from Landsat-TM satellite in relation with urban air pollution. In: Vaughan, R. (ed.). **EARSel SYMPOSIUM, Remote sensing – From research to operational applications in the new Europe**, 13, 1994. **Proceedings...** Dundee, Scotland, UK: Springer Hungarica, 1994. p. 413-422.
- Powell, R. L. **Long-term monitoring of urbanization in the Brazilian Amazon using remote sensing**. 2006. 257p. Tese (Doutorado em Geografia) – University of California Santa Barbara (UCSB), Santa Bárbara. 2006.
- Rashed, T.; Weeks, J. R.; Roberts, D. A.; Rogan, J.; Powell, R. L. Measuring the physical composition of urban morphology using multiple endmember spectral mixture models. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 69, n. 9, p. 1011-1020, 2003.
- Rashed, T. Multiple endmember spectral mixture analysis (MESMA) of ASTER data for Cairo. Presentation, **Workshop on applied urban remote sensing**. Arizona State University, Tempe, AZ, 2004. Disponível em: <<http://elwood.la.asu.edu/grsl/UEM/>> Acesso em: 08 fev. 2006.
- Ridd, M. K. Exploring a V-I-S (vegetation – impervious surface – soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, n. 12, p. 2165-2185, 1995.
- Roberts, D. A.; Gardner, M.; Church, R.; Ustin, S.; Scheer, G.; Green, R. O. Mapping chaparral in the Santa Monica Mountains using multiple endmember spectral mixture model. **Remote Sensing of Environment**, v. 65, n. 3, p. 267-279, 1998.
- Roberts, D. A.; Halligan, K. **VIPER Tools user manual** (Beta 6.0). Santa Barbara: UCSB, 2006. 52p.
- Wald, L.; Baleynaud, J. M. Observing air quality over the city of Nantes by means of Landsat thermal infrared data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 5, p. 947-959, 1999.