

MODELO ANALÍTICO PARA ESTIMATIVA DA UMIDADE DO AR ATRAVÉS DO CANAL TERMAL DO SENSORIAMENTO REMOTO

Nivaldo Patrício da Costa Junior
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
nivaldojr15@hotmail.com

Adalfran Herbert de Melo Silveira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Bruno Claytton Oliveira da Silva
Universidade Potiguar

Fernando Moreira da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Email: fmoreyra@ufrnet.br

EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

RESUMO

A técnica do sensoriamento remoto aliado ao geoprocessamento vem se constituindo no instrumento imprescindível aos planejadores, ambientalistas e pesquisadores ligados às Ciências da Terra. Ela possibilita a obtenção de informações sobre determinada área e os fenômenos que nela ocorrem. Devido a este fator, confeccionou-se uma carta de umidade de superfície para o município do Natal/RN, por meio das técnicas de sensoriamento remoto através de imagem do Landsat5TM e geoestatísticas (regressão linear e álgebra com mapas) no software IDRISI Andes, com o intuito de subsidiar o mapeamento na gestão urbana e ambiental. O resultado deste trabalho é a geração da carta de umidade, o qual expôs resultados bastante coerentes com o que é visto *in loco*, onde mostrou as áreas de maior umidade estão representadas por feições naturais como parques e matas no território em análise, ao passo que áreas urbanizadas apresentam condições de umidade menor devido às condições impostas pelo processo de adensamento urbano. O método pode contribuir nos mais variados estudos geográficos, como: incidência de algumas doenças (dengue, fungos e dentre outros), conforto térmico, planejamento urbanístico e ambiental. No entanto, o mesmo precisa ser aprimorado e requer maiores investigações.

Palavras-chave: umidade, sensoriamento remoto, gestão pública, urbano.

ABSTRACT

The technique of remote sensing combined with GIS is becoming the essential tool for planners, environmentalists and researchers related to Earth Sciences. It enables to obtain information about a given area and the phenomena that occur in it. Due to this factor, is concocted a letter of surface moisture for the city of Natal / RN, by means of remote sensing techniques using Landsat TM 5 TM and geostatistical (regression and linear algebra with maps) in IDRISI Andes software in order to subsidize the mapping in urban and environmental management. The result of this work is the generation of the letter of moisture, which results exhibited fairly consistent with what is seen on the spot, which showed areas of high moisture are represented by natural features such as parks and forests in the territory under consideration, while urban areas have lower moisture conditions due to the conditions imposed by the process of urban densification. The method can contribute in various geographical studies, as the incidence of some diseases (dengue, fungi and others), thermal comfort, urban and environmental planning. However, it needs to be improved and requires further investigation.

Key-words: moisture, remote sensing, public administration, urban.

INTRODUÇÃO

A técnica do sensoriamento remoto aliado ao geoprocessamento vem se constituindo no instrumento imprescindível aos planejadores, ambientalistas e pesquisadores ligados às Ciências da Terra. Ela possibilita a obtenção de informações sobre determinada área e os fenômenos que nela ocorrem (VENTURI, 2005).

Tais procedimentos têm sido definidos de várias maneiras, no entanto, todas elas expressam uma ideia comum, ou seja, é um sistema por meio do qual se obtêm informações a respeito dos recursos naturais renováveis e não-renováveis do planeta, pela utilização de sensores colocados em aviões, satélites ou mesmo na superfície.

A função primordial do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Nesse sentido, sistemas de computação especializados são usados para atividades interativas de análise e manipulação das imagens brutas. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas (CRÓSTA, 1999).

Diante desse contexto, elaborou-se um estudo sobre a umidade do ar com base no sensoriamento remoto, uma vez que as técnicas tradicionais empregadas para o seu levantamento de dados de umidade do ar (Estações Climatológicas) não levam em consideração a variabilidade espacial, bem como são escassos. Portanto, é proposto um modelo analítico para avaliação da variável climática umidade, o sensoriamento remoto aparece como uma alternativa capaz de contribuir para superar estas deficiências. Assim, neste artigo, a umidade do ar é estudada através da análise de imagem multiespectral em escala local, a cidade de Natal/RN.

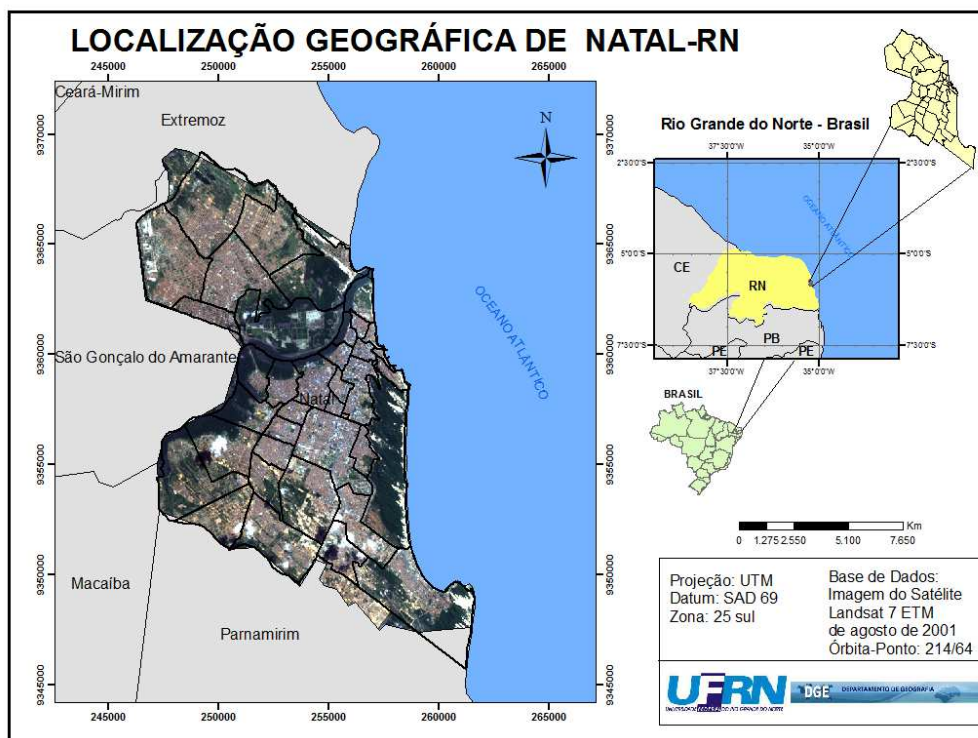
2. OBJETIVOS

O artigo tem como objetivo propor um modelo analítico para estimação da umidade do ar a partir de técnicas de sensoriamento remoto focado em produtos dos sensores TM do Landsat5 e ETM+ do Landsat 7

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O espaço em análise é a cidade do Natal (Figura 1), o qual se encontra localizado no estado do Rio Grande do Norte/Brasil, com geocentro demarcado pela latitude de 05° 47'42" Sul e longitude de 35° 12' 32" Oeste (IDEMA, 2009). Segundo dados da contagem do Censo 2010 o município em questão apresenta uma população de 803.739 habitantes, ainda assim com esta população considerada 100% urbana (IBGE, 2010).



Fonte: elaborado pelos autores
Figura 1: Localização geográfica de Natal-RN.

3.2.METODOLOGIA

3.2.1 Pré Processamento de Imagens

A concepção dos mapas umidade de superfície do ar através do sensoriamento remoto envolveu os seguintes procedimentos: inicialmente foi realizada a coleta da imagem do infravermelho termal (10.4 - 12.5 μm) que corresponde à banda 6 do sensor TM (*Thematic Mapper*), datada de 28 de setembro de 2009. A mesma foi adquirida junto à Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DGI/INPE).

Após a coleta no banco de imagens no INPE, a banda termal foi recortada de acordo com a área de interesse (no caso o perímetro urbano de Natal) compreendendo as coordenadas UTM 242060 L / 262640 L e 9346210 S / 9370210 S, esta operação torna-se necessária por possibilitar o melhor

processamento das operações que fez-se como também melhor visualização da área de estudo, em seguida o sistema de projeção foi alterado de WGS 1984 para UTM Datum SAD 69 zona 25 sul

Em seguida, a operação de conversão do número digital (*digital number –DN*) para radiância espectral foi necessária. De acordo com ZHANG (2011) o procedimento é representado pela seguinte equação:

$$L_i = L_{MIN} + (L_{MAX} - L_{MIN}) * Q_{DN} / Q_{MAX}$$

Onde, L_i é a radiância espectral, L_{MIN} radiação espectral mínima do sensor, L_{MAX} radiação espectral máxima do sensor, Q_{DN} o valor máximo dos pixels (255) e Q_{DN} representa o número digital (banda termal). Segundo J.A Barsiet *al*(2003), os coeficientes de calibração mínimo e máximo para conversão de DN para radiância são respectivamente os seguintes: 0.0551584 e 1.22378. Logo a equação genérica pode ser expressa como uma segunda equação específica para o sensor TM:

$$L_6 = 0.05632156 * Q_{DN} + 0.1238$$

Onde L_6 isé a radiânciaspectral do canal termal do Landsat 5, e Q_{dn} é o DN valor do pixel.

3.2.2 PROCESSAMENTO TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

De posse da radiância é possível obter a temperatura de superfície através da transformação da mesma em brilho de temperatura de superfície, para obter a temperatura de superfície propriamente dita, de acordo com CHEN *et al* (2006) utiliza-se a equação de Planck:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln \left[\left(\frac{K_1}{L\lambda^6} + 1 \right) \right]}$$

K_2 e $K_1 = 1282.1 / 666.09$ são as constantes de calibração para a banda termal do Landsat 7 ETM+. $L\lambda_6$ = imagem de radiância (raster processado).

3.2.3 PROCESSAMENTO ANALÍTICO DA UMIDADE DO AR

O teorema dos mínimos quadrados afirma que: se um certo número de medidas é realizado de uma mesma quantidade física e se estas medidas estão sujeitas a erros aleatórios apenas, então a teoria dos mínimos quadrados estabelece que o valor mais provável da quantidade medida é aquele que faz a soma dos quadrados dos erros um mínimo.

Este teorema pode ser aplicado ao caso particular em que se pretende ajustar um modelo linear a um conjunto de pares experimentais.

Suponha que são realizadas várias medidas das grandezas bioclimáticas temperatura (T) e umidade do ar (U), obtendo-se um conjunto de pontos T₁U₁, T₂U₂, T₃U₃,, T_nU_n, sendo U uma variável aleatória relacionada a T pelo modelo linear.

$$U = a.T + b \quad (01)$$

Onde, a e b são os coeficientes angular e linear, U é a umidade relativa do ar (%) e T a temperatura do ar (°C).

A equação 01 representa o valor esperado (ou valor mais provável) para a variável umidade do ar (U). Em seguida estimam-se os coeficientes angular e linear.

A estimativa do erro (e) pode ser dada por:

$$e = U - (a.T + b) \quad (02)$$

Elevando os termos da equação (02) ao quadrado teremos:

$$e^2 = [U - (a.T + b)]^2 \quad (03)$$

Aplicando produtos notáveis e derivada parcial nas direções a e b, as estimativas dos mínimos quadrados dos coeficientes do modelo são então aqueles valores de **a** e **b** que tornam mínima a expressão:

$$\frac{\partial e^2}{\partial a} = -2[TU - aT^2 - bT] = 0 \quad (04)$$

$$\frac{\partial e^2}{\partial b} = -2[U - aT - b] = 0 \quad (05)$$

Das equações 04 e 05 obtemos então as equações normais:

$$\sum TU = b \sum T + a \sum T^2 \quad (06)$$

$$\sum U = b + a \sum T \quad (07)$$

Desta forma, conhecendo pelo menos dois pontos com observações de superfície na área em estudo, pela resolução simultânea das equações 06 e 07, determinam-se os coeficientes angular (**a**) e linear (**b**):

$$a = \frac{\sum T \sum U - n \sum (TU)}{(\sum T)^2 - n \sum T^2} \quad (08)$$

$$b = \frac{\sum (TU) \sum T - \sum T^2 \sum U}{(\sum T)^2 - n \sum T^2} \quad (09)$$

Caso se tenha mais que dois pontos com observações meteorológicas de superfície, aplica-se um coeficiente da determinação R^2 indicando o quanto a equação determinada se ajusta aos pontos dados, dados por:

$$r^2 = \frac{(\sum TU - \sum T \sum \frac{U}{n})}{\left(\sum T^2 - \frac{(\sum T)^2}{n}\right) \left(\sum U^2 - \frac{(\sum U)^2}{n}\right)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a umidade do ar no município do Natal/RN obtida através de técnicas de sensoriamento remoto, o produto gerado através da metodologia descrita acima é uma imagem com valores de *pixels* mínimo de 65 e máximo de 82, logo a umidade do ar para área de estudo. Assim pode-se observar que valores de umidade da superfície variam entre 65 % a 82%, no intervalo compreendido de 65 até 70 % infere-se que sejam áreas que correspondem adensamento do uso do solo com forte influência antrópica (asfalto, concreto, telhado de casas e menor incidência de vegetação etc.).

Ao passo que os valores estabelecidos próximos a 82 %, encontra-se sob o oceano atlântico, o rio Potengi e sua área de manguezal, os corredores verdes, Zonas de Proteção Ambiental (ZPA's) e algumas praças públicas, onde nestes lugares ocorrem "ilha de frescor" (Monteiro 2009), proporcionando amenidade no seu entorno.

Deste modo, o mapa de umidade do ar assim como o de temperatura possibilita uma visão holística de como se comporta climatologicamente uma localidade, todavia, o resultado será mais refinado ao passo da resolução do sensor, que no caso o TM possui 120 metros no seu canal termal.

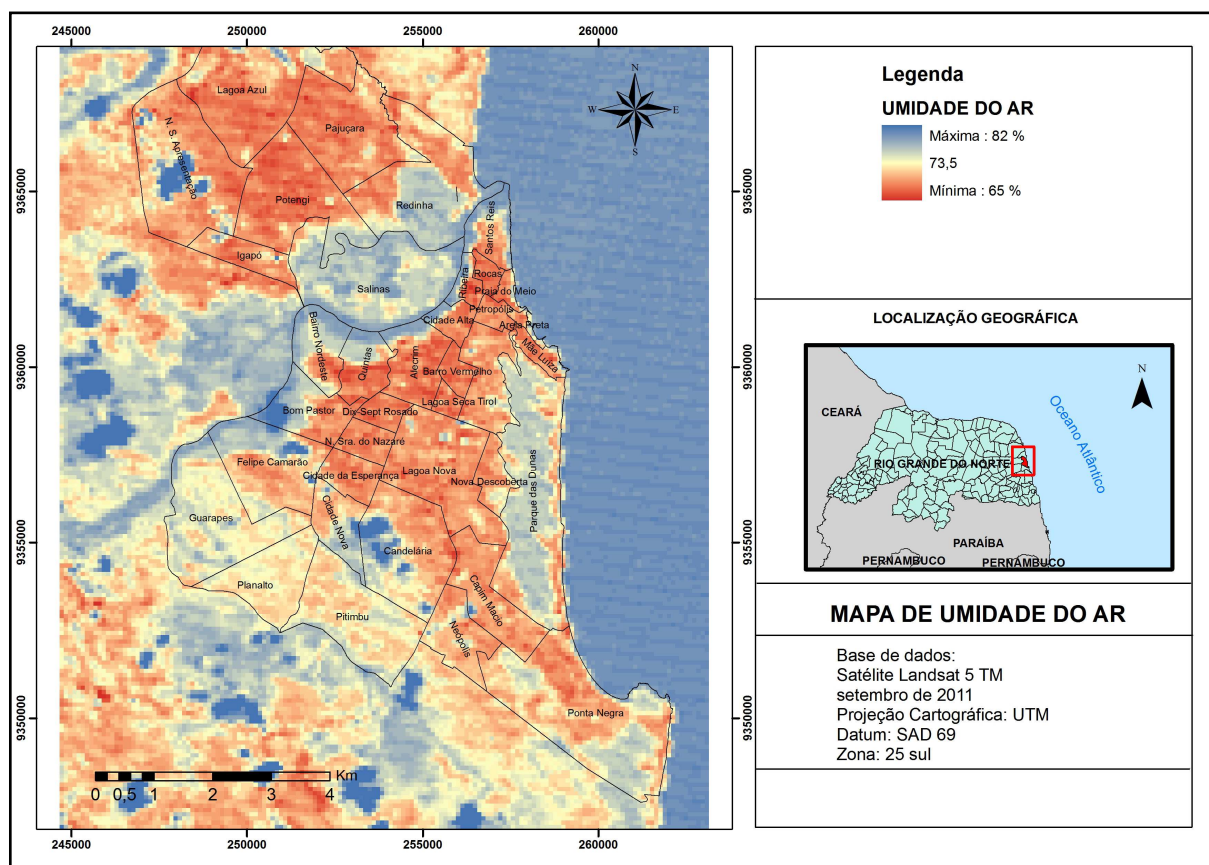


Figura 2: Mapa de Umidade do ar

Ao analisar a Figura 2 visualiza-se que, as áreas com tonalidade em vermelho predominam-se nos seguintes bairros: Quintas, Alecrim, Cidade Alta e Ribeira. Tal fato ocorre devido ao uso intenso do solo urbano nesses locais, que se materializam por meio da concentração de comércios, serviços e residências.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto gerado (carta de umidade) mostrou resultados bastante coerentes com o que é visto *in loco*, onde mostrou as áreas de maior umidade estão representadas por feições naturais como parques e matas no território em análise, ao passo que áreas urbanizadas apresentam condições de umidade menor por conta das condições impostas pelo processo de adensamento urbano. O método pode contribuir nos mais variados estudos geográficos, como: incidência de algumas doenças (dengue, fungos e dentre outros), conforto térmico, planejamento urbanístico e ambiental. No entanto, o mesmo precisa ser aprimorado através de campanhas de campo e requer maiores investigações.

6. REFERÊNCIAS

CHEN, X. *et al.* **Remote Sensing Image-Based Analysis of the Relationship between Urban Heat Island and Land Use/Cover Changes.** Remote Sensing of Environment, n. 104, p.133-146, 2006. Disponível em: <[kt.ijs.si/marko_debeljak/Lectures/...2006.../Urban% 20heat%20island.pdf](http://kt.ijs.si/marko_debeljak/Lectures/...2006.../Urban%20heat%20island.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2011.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1999.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades. População 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 06 abr. 2011

J.A, Barsi;*et al.* **Landsat TM and ETM+ thermal band calibration.**Can. J. Remote Sensing, Vol. 29, No. 2, pp. 141–153, 2003.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma Perspectiva em Recursos Terrestres.** São José dos Campos-SP: Parêntese, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. In: **Teoria e clima urbano.** In: MONTEIRO, C.A.F; MENDONÇA, F. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: Editora Contexto, 2009.

VENTURI, L. A. B. **Praticando a Geografia: Técnicas e Laboratório em Geografia e Análise Ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

ZHANG, Yuanzhi; LIU, Lin. **Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong.** Remote Sensing .2011, 3, 1535-1552. Disponível em: www.mdpi.com/journal/remotesensing .