



## ID 427: CÁLCULO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE A PARTIR DE DADOS LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 EMT+ E LANDSAT 8 TIRS

Judith Maia José Epalanga MATIAS<sup>1</sup>; Rossana ESTANQUEIRO<sup>2</sup>; José António TENEDÓRIO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Katyavala Bwila, ISCED/Benguela, Angola | NOVA FSCH – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, [judithmaiamatias@gmail.com](mailto:judithmaiamatias@gmail.com)

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (NOVA FCSH), Universidade Nova de Lisboa, [rossana.estanqueiro@fcs.unl.pt](mailto:rossana.estanqueiro@fcs.unl.pt)

<sup>3</sup>Centro Interdisciplinar de Ciências Sociais (CICS.NOVA), Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (NOVA FCSH), Universidade Nova de Lisboa, [ja.tenedorio@fcs.unl.pt](mailto:ja.tenedorio@fcs.unl.pt)

**RESUMO:** Os dados de emissividade, analisados em modo multitemporal, ganham valor quando o objetivo de investigação é a procura das razões da alteração da temperatura de superfície face à mudança de uso e ocupação do solo. O problema inicial que se coloca, com muita frequência em estudos desta natureza, é o da conversão dos valores digitais em *satellite brightness temperature*, para posterior mapeamento da temperatura de superfície (*Land Surface Temperature* (LST)), quando o trabalho exige a utilização de sensores de gerações distintas. O objectivo é, portanto, calcular a LST para conjuntos de dados das três gerações de sensores Landsat, usando como referência os trabalhos desenvolvidos por Cristóbal, Jiménez-Muñoz, Prakash, Mattar, Skokovi, Sobrino (2018) e por Li, Tang, Wu, Ren, Yan, Wan, Trigo, Sobrino (2013). São usados dados Landsat 5 TM, Landsat 7 EMT<sup>+</sup> e Landsat 8 TIRS relativos aos anos de 1990, 2000 e 2017, cobrindo os municípios de Catumbela e Lobito, Angola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensores; Conversão de Dados; Emissividade; Proporção de Vegetação

### 1. INTRODUÇÃO

Vários autores correlacionam a temperatura de superfície terrestre com o uso e a ocupação do solo, pois a LST pode ser usada como informação física de entrada para modelar processos que ocorrem na superfície terrestre, em diferentes escalas espaciais (Agarwal *et al.*, 2014; Ziaul, & Pal 2016; Wang *et al.*, 2018; Cristóbal *et al.*, 2018).

A investigação desenvolvida em contextos académicos e científicos diversos revela que a LST se encontra muito ligada aos fluxos de calor radioactivos, latentes e sensíveis (Guillevi, *et al.*, 2017). É consensual referir-se que a variação da temperatura da superfície terrestre afecta as mudanças na qualidade ambiental (Dai *et al.*, 2010; Liu e Zhang, 2011; Weng, 2010; Ziaul e Pal 2016). Aina *et al.* (2017), num estudo sobre clima urbano, considera as ilhas de calor urbano como um dos resultados mais evidentes da expansão e da densificação urbanas.



Este trabalho centra-se na aplicação de cálculos dirigidos para estimar a LST. Para efeitos de cálculo da temperatura da superfície tem-se aplicado diferentes métodos: i) o método da emissividade normalizada; ii) o índice espectral do infravermelho térmico; iii) o método baseado no índice normalizado de vegetação (NDVI); e iv) a separação da emissividade da temperatura (Wang *et al.*, 2018).

## 2. ÁREA DE ESTUDO, DADOS E METODOLOGIA

A área de estudo compreende os municípios de Catumbela e Lobito, inserindo-se na região Centro-Oeste do território angolano. Estes municípios ocupam 3.685 km<sup>2</sup> e representam cerca de 9,25% do território da Província de Benguela. Distam cerca de 540 km da capital do país e, respectivamente, cerca de 30 km e 20 km do município de Benguela. O cálculo da temperatura de superfície terrestre foi aplicado a um conjunto de imagens de satélite obtidas pelos sensores TM (Landsat 5), ETM<sup>+</sup> (Landsat 7) e TIRS (Landsat 8), descarregados a partir da plataforma Earth Explorer da *United States Geological Survey* (USGS, 2017). Posteriormente, os dados foram corrigidos geometricamente usando como referência WGS84, projectados em UTM, Zona 33S.

Os sensores Landsat TM (Landsat 5), ETM<sup>+</sup> (Landsat 7) e TIRS (Landsat 8) fornecem dados das bandas do infravermelho térmico que permitem estimar a temperatura de superfície terrestre, conforme referem Ziaul e Pal (2016). Os dados térmicos (banda 6 nos casos de Landsat 5 e de Landsat 7 e banda 10, no caso de Landsat 8) foram usados para estimar a LST, a que se juntou as bandas do vermelho e do infravermelho próximo para calcular o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O cálculo do NDVI foi realizado para obter a percentagem vegetação que é tida como indicador indirecto do coberto vegetal no *pixel*.

A metodologia aplicada nesta experiência baseia-se nos cálculos propostos nos estudos de Sobrino *et al.*, 2004; Sobrino *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Chen, *et al.*, 2017; Aina, 2017; Estoque, *et al.*, 2017 e de Sobrino, *et al.*, 2018. Esta metodologia assenta na conversão de valores digitais na imagem para radiância espectral e de radiância espectral para temperatura do brilho, para posterior mapeamento da LST. O mesmo cálculo foi aplicado a dados dos sensores seguintes: TM (Landsat 5), ETM<sup>+</sup> (Landsat 7) e TIRS (Landsat 8), correspondendo aos registos efectuados no mês de Abril de três anos (1990, 2000 e 2017).

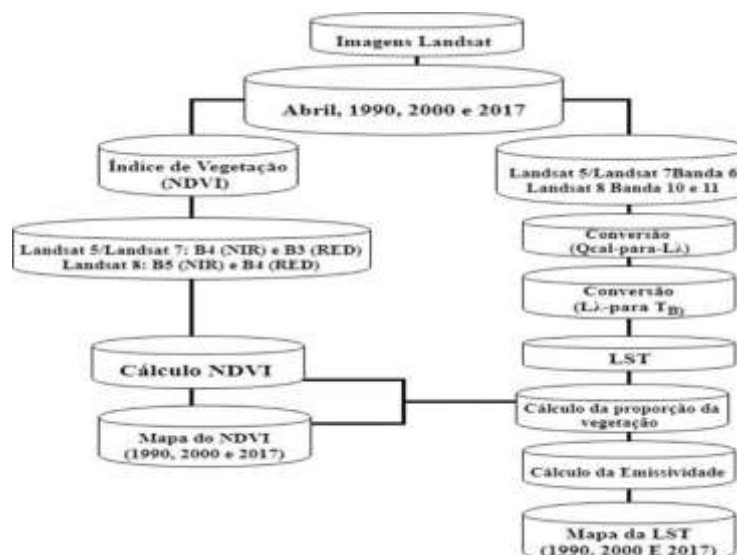


Figura 165 Síntese das principais etapas de cálculo

A figura 162 sintetiza as etapas de cálculo. Esses cálculos foram realizados recorrendo a álgebra de mapas.

### 3. CÁLCULO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

Os cálculos para estimar a LST foram efectuados passo a passo, conforme se descreve seguidamente.

Passo 1 – conversão de números digitais para radiância espectral no sensor ( $Q_{cal}$  para  $L_{\lambda}$ ) conforme as equações seguintes:

$$L_{\lambda} = Gain \times Q_{CAL} + Bias \quad (1)$$

$$Gain = \frac{(L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda})}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} \quad (2)$$

$$Bias = L_{MN\lambda} - \frac{(L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda})}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} Q_{calmin} \quad (3)$$

em que:  $L_{\lambda}$  = radiância no sensor ( $W/m^2 \mu m$ );  $Gain$  = declive da função de conversão da radiância em  $[(W/(m^2/\mu m))/DN]$ ;  $Bias$  = intercepção da função de conversão da radiância  $[(W/(m^2/\mu m))]$  e  $Q_{CAL}$ , o valor do pixel calibrado quantificado em valores digitais.

Tabela 83 Coeficientes de conversão – Fonte: metadados imagem USGS

Sensor	QCAL	Gain	Bias	LMAX $\lambda$	LMIN $\lambda$	Qcalcmx	Qcalemin
TM	6	0.00055375	1.2378	15.303	1.238	255	1
EMT <sup>+</sup>	6	0.00067087	17.040	17.040	0.000	255	1
TIRS	10	0.00033420	0.10000	22.00180	0.10033	65535	1

Os coeficientes de conversão estão organizados no quadro 1. Esses coeficientes fazem parte do ficheiro de metadados que é disponibilizado pela USGS juntamente com os dados espectrais.

Passo 2 – conversão de radiância espectral para Temperatura do Brilho ( $L\lambda$  para  $T_B$ )

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right) - 273.15} \quad (4)$$

em que:  $T_B$  = temperatura do brilho no sensor;  $K_2$  = constante 2 de calibração;  $K_1$  = constante 1 de calibração [ $(W/m^2/\mu m)$ ];  $L\lambda$  = é a radiância espectral no sensor [ $(W/m^2/\mu m)$ ] e  $\ln$  = logaritmo natural.

Tabela 84 Constante de calibração das bandas térmicas

Sensor	K1 / $W/(m^2/\mu m)$	K2 / (Kelvin)
TM	607.76	1260.56
EMT <sup>+</sup>	666.09	1282.71
TIRS/OLI	774.8853	1321.0789

Passo 3 – conversão da temperatura do brilho de Kelvin para graus Celsius

O resultado da Temperatura do Brilho em Kelvin foi convertido em graus Celsius.

Passo 4 – cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)

Foi calculado o NDVI admitindo que o coberto vegetal interfere na emissividade e a abundância da vegetação, traduzida em níveis de actividade clorofilina, é um indicador indirecto do coberto vegetal presente no pixel (Li *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2018).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (5)$$

$$P_v = \left[ \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (6)$$

### Passo 5 – cálculo da emissividade e da LST

No cálculo da emissividade são necessários os valores da emissividade do solo ( $m$ ) e da emissividade da vegetação ( $n$ ) (Sobrino *et al.*, 2004). Contudo, recorreremos aos resultados de Sobrino *et al.* (2004) onde:  $m = 0.004$  e  $n = 0.986$  (equação 8) e a  $Pv$  é a proporção da vegetação (equação 6) proposta por Carlson e Ripley (1997).

$$E = m \times Pv + n \quad (7)$$

$$E = 0.004 \times Pv + 0.986 \quad (8)$$

Após a obtenção dos dados da emissividade, a temperatura de superfície corrigida pela emissividade foi calculada usando a equação 9, proposta por Artis & Carnahan em 1982.

$$LST = \frac{TB}{1} + \left( L\lambda \times \frac{TB}{P} \right) \times Ln(E) \quad (9)$$

em que:  $LST$  = temperatura corrigida pela emissividade, com °K convertidos em °C;  $TB$  = temperatura do brilho no sensor;  $L\lambda$  é o comprimento de onda da radiação emitida;  $P = h \times c/\sigma$  ( $1.438 \times 10^{-2}$  m k),  $\sigma$  = constante de Boltzmann ( $1.38 \times 10^{-23}$  J/K),  $h$  = constante de Planck ( $6.626 \times 10^{-34}$  Js),  $c$  = velocidade da luz ( $2,998 \times 10^8$  m/s), conforme Zhang (2017).

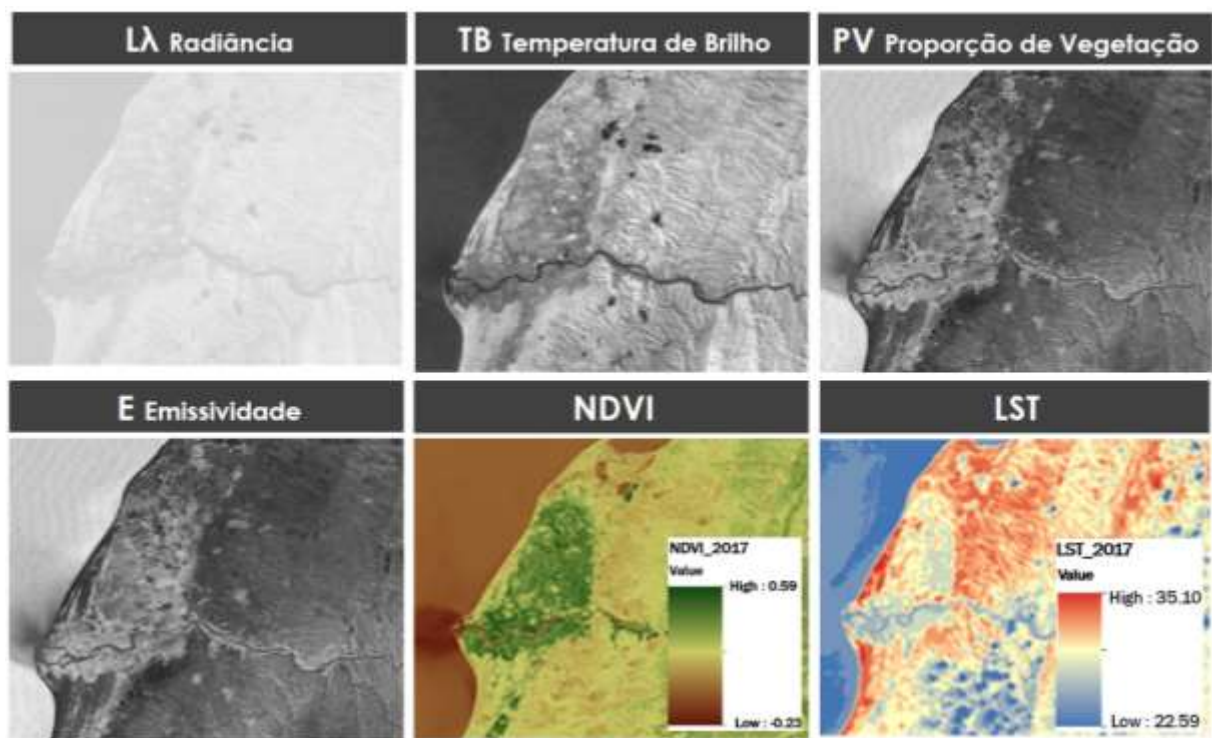


Figura 166 Exemplo de resultados dos cálculos sobre dados obtidos, em 2017, por Landsat 8 OLI-TIRS



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A figura 163 mostra os resultados dos cálculos para 2017. Esses resultados não foram confrontados com informação de referência recolhida em trabalhos de campo, designadamente a que resulta de registo de temperatura. Por esta razão, apenas se pode afirmar que a inspecção do mapeamento dos cálculos parece ser concordante com a realidade no terreno.

Face ao referido, podemos anotar como considerações finais: i) a consideração da proporção da vegetação existente no pixel afigura-se desejável na conversão de dados considerando diferentes gerações de sensores Landsat; ii) a conversão de dados de diferentes gerações de sensores é muito sensível às condições atmosféricas no momento de registo, pelo que os resultados devem sempre ser avaliados cautelosamente; iii) a LST é muito sensível à variação das condições de registo, como já referiu. Por essa razão, é necessário trabalhar com séries temporais “intra-mensais” e intra-anuais para que os resultados sejam robustos; iv) reunidas essas condições poderá ser possível fazer um mapeamento para validação com cruzamento com outras variáveis com por exemplo as transições da ocupação do solo ocorridas ou a exposição de vertentes.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agarwal, R., Sharma, U., Taxak, A. (2014). Remote sensing Based Assessment of Urban Heat Island Phenomenon in Nagpur Metropolitan Area. *International Journal of Information & Computation Technology*, 11(4), 1069-1074

Aina, Y. A., Adam, E. M., Ahmed, F. (2017). Spatio temporal variations in the impacts of urban land use types on urban heat island effects: the case of Riyadh, Saudi Arabia. In *Proceedings of 37th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. South Africa, Tshwane. Volume XLII-3/W2

Artis, D. A., Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12, 313-329

Carlson, T. N., Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62, 241-252

Cristóbal, J., Jiménez-Muñoz, J.C., Prakash, A., Mattar, C., Skokovi, D., Sobrino, J.A. (2018). An Improved Single-Channel Method to Retrieve Land Surface Temperature from the Landsat-8 Thermal Band. *Remote Sensing*, 10(3), 431

Guillevic, P., Göttsche, F., Nickeson, J., Hulley, G., Ghent, D., Yu, Y., Isabel, T., Simon, H., Sobrino, J.A., Remedios, J., Miguel, R., Fernando, C., (2017). Land Surface Temperature



Product Validation Best Practice Protocol. Committee on Earth Observation Satellites  
Working Group on Calibration and Validation Land Product Validation Subgroup Version 1.0

Li, Z.L., Tang, B.H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Zh., Trigo, I., Sobrinho, J.A. (2013).  
Satellite derived Land Surface Temperature: current status and perspectives. *Remote Sensing of  
Environment*, 131, 14-37

Wang, S., Ma, Q., Ding, H., Liang, H. (2018). Detection of urban expansion and land  
surfacetemperature change using multi-temporal Landsat images. *Resources, Conservation and  
Recycling*, 128, 526-534

Zhanga, X., Estoqueb, R. C., Murayamab, Y. (2017). An urban heat island study in Nanchang  
City, China based on land surface temperature and social-ecological variables. *Sustainable Cities  
and Society*, 32, 557-568

Ziaul, SK., Pal, S. (2016). Image based surface temperature extraction and trend detection in an  
urban area of west Bengal, India. *Journal of Environmental Geography*, 9 (3-4), 13-25