

DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE NA ÁREA DO PROJETO DE ASSENTAMENTO DIRIGIDO EM SANTA LUZIA, CRUZEIRO DO SUL, AC, BRASIL

DETERMINING THE SURFACE TEMPERATURE IN SANTA LUZIA SETTLEMENT PROJECT AREA, CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRAZIL

Ian Willian Rodrigues da Silva

Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, Cruzeiro do Sul/AC
eng_ianrodrigues@hotmail.com

Rafael Coll Delgado

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

Leonardo Paula de Souza

Professor Mestre da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta, Departamento de Agronomia, Cruzeiro do Sul/AC
leonardo.acre@gmail.com

Givanildo de Gois

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ
givanildogois@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

RESUMO

Este trabalho avaliou o comportamento da floresta e demais classes espectrais do Projeto de Assentamento Dirigido Santa Luzia, utilizando os recursos do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. O período avaliado estende-se entre o ano de 2005 a 2010, e procurou avaliar o comportamento da evolução espacial de áreas como a floresta, pastagens e áreas utilizadas para agricultura, assim como demais benfeitorias realizadas no perímetro do assentamento. Neste sentido, os objetivos gerais deste trabalho foram: caracterizar a contração ou a expansão de classes de floresta, pastagens, regeneração da floresta e áreas alagadas, no PAD Santa Luzia, AC. Os resultados encontrados mostraram um significativo aumento do índice de regeneração da floresta e conversão de áreas de pastagens e cultivos em capoeira, considerando que esta tipologia florestal é essencial para o processo de transição de áreas desflorestadas em sua reestruturação à condição de floresta novamente. São ainda apresentados dados que demonstraram a elevação dos valores referentes a corpos d'água, embora as imagens tenham sido adquiridas em períodos de estiagem (período seco amazônico) na região. Os dados obtidos pelo algoritmo de *Mahalanobis*, evidenciaram um significativo aumento destes recursos na superfície estudada. Os dados apresentaram o comportamento de leve decréscimo para a floresta durante o período avaliado.

Palavras-chave: Desflorestamento, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

This study analyses the dynamics of the forest and other spectral classes in the settlement project of Santa Luzia, by using the resources of GIS and Remote Sensing. The period of study extended between 2005 and 2010, and sought to assess the dynamics of the spatial evolution of areas such as forest, pastures and areas used for agriculture, as well as improvements carried out around the perimeter of the settlement. In this sense, the aim of this study is to characterize the reduction or expansion of classes of forest, grassland, forest regeneration and wetlands in the settlement project of Santa Luzia, AC. The results showed a significant increase in the rate of forest regeneration, as well as the conversion of pastures and crop fields into wooded areas, being this type of vegetation essential in the process of regenerating deforested areas. We have also produced data showing increase in figures for water bodies, although the images were gathered during the drought periods (Amazon dry season) in the region. The data obtained by the Mahalanobis algorithm shows a significant increase of these features on the surface studied, with a slight decrease of forest during the study period.

Keywords: Deforestation, GIS, Remote Sensing.

1. INTRODUÇÃO

O levantamento de informações sobre o assentamento é essencial, no sentido de manter o controle dos recursos naturais e assim planejar as atividades, a fim de assegurar a manutenção dos recursos e demais sistemas presentes em sua extensão. Sendo que os assentamentos têm como finalidade acolher famílias, povoamento da Amazônia e subsidiar que essas famílias possam desenvolver atividades de subsistência. Nesse sentido, faz-se necessário o levantamento de dados que possam ajudar a manter os recursos existentes no assentamento, como a cobertura vegetal nativa, principalmente em áreas pré - determinadas pela legislação.

O Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) de Santa Luzia foi implementado pela resolução 242 de 30 de agosto de 1982, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde o objetivo era principalmente o povoamento da Amazônia. Este povoamento forçado levou a uma intensa taxa de desmatamento para que os assentados pudessem exercer suas práticas de cultivo e criação de animais, considerando que a exploração do ciclo da borracha havia entrado em declínio.

Segundo Kuplich et al. (2005), a ocupação territorial no Acre ocorreu de maneira mais intensa a partir da década de 1960, quando, seguindo políticas governamentais, grupos empresariais do sul do Brasil compraram terras, incluindo seringais, e formaram grandes latifúndios destinados à atividade agropecuária.

A conversão de florestas em áreas para qualquer outra finalidade pode representar grandes problemas ambientais, quando executados de forma desordenada e sem rigoroso controle das atividades e das áreas a serem desflorestadas, principalmente, no que diz respeito à execução de atividades que não obedeçam às normas ambientais ou ainda tentam burlá-las. Vários autores no Acre utilizando geotecnologias nos últimos anos monitoraram e quantificaram as condições e distribuições espaciais da vegetação, através de índices de vegetação, classificações espectrais e dados da temperatura da superfície (Freitas et al., 2012; Delgado et al., 2012).

A temperatura da superfície terrestre continental pode ser considerada um dos fatores mais importantes do clima, o qual tem grande importância para diversas atividades humanas (Ledo et al., 2011). É também um indicador do estado hídrico das plantas, trazendo grande utilidade para sua estimativa em trabalhos de monitoramento da demanda hídrica das culturas (Silva e Santos, 2007).

Assim seu conhecimento pode proporcionar melhorias no planejamento dos recursos urbanos e naturais de uma região, em especial na atividade agrícola (Galvinctio et al., 2009).

Para estimar a temperatura da superfície em escala regional ou global torna-se necessário o uso do Sensoriamento Remoto (SR) (Dash et al., 2002), onde a temperatura da superfície é um dos principais dados que podem ser estimados a partir das imagens da banda do termal (Silva e Santos, 2007). Jensen (2009) explica que isso é possível porque o calor interno de um objeto é convertido em energia radiante, e para a maioria dos objetos existe alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e o fluxo radiante radiado pelo objeto. A emissão desse fluxo em comprimento de onda longa ($3 \mu\text{m}$ ó $14 \mu\text{m}$) pode ser registrada usando detectores de infravermelho (Souza e Ferreira Júnior, 2012). No satélite Landsat 5 TM essa detecção é feita pela banda 6 que abrange os comprimentos de onda entre $10,4 \mu\text{m}$ ó $12,5 \mu\text{m}$, e possui resolução de $120 \text{ m} \times 120 \text{ m}$ (Ledo et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo geral deste estudo foi estimar a temperatura da superfície continental através de imagens do satélite Landsat 5 TM na área do Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Santa Luzia, em Cruzeiro do Sul, AC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A área de estudo denominada de Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Santa Luzia, está localizada na Zona UTM 18S, entre os paralelos $7^\circ 38' \text{S}$ e $7^\circ 46' \text{S}$ e os meridianos $72^\circ 30' \text{W}$ e $72^\circ 16' \text{W}$, as margens da BR-364, a 63 km, situado na zona rural do município de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. Possui uma área total de 62.267 hectares (Figura 1). A vegetação da área de estudo é classificada de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) assim como toda extensão do Estado do Acre, com exceções das áreas que já tiveram sua floresta convertida em pastagens ou áreas de cultivos. Segundo IBGE (1992), a vegetação do Acre divide-se entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Aberta, geralmente mescladas com a presença de Palmeiras e, principalmente, do Bambu, que aparece em aproximadamente 30% do território.

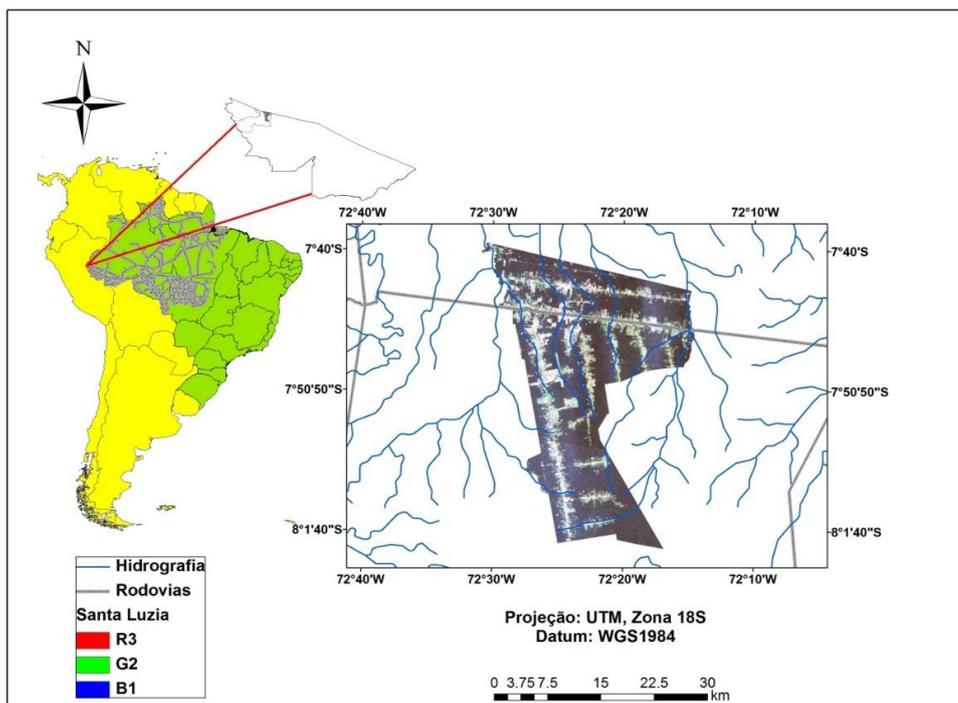


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo com a composição colorida do sensor TM (R3, G2 e B1).

Foram utilizadas as imagens do sensor TM (Tabela 1), abordo do satélite Landsat-5, as imagens TM são compostas por sete bandas espectrais, sendo seis bandas refletivas e uma banda termal. Foram adquiridas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis no catálogo eletrônico de imagens armazenadas no endereço <dg.inpe.br/CDSR/>, do período de (2005, 2006, 2007, 2008 e 2010).

Tabela 1 - Datas de aquisição das cenas Landsat-5 selecionadas

Ano	Satélite	Sensor	Data	Órbita/Ponto
2005	LANDSAT-5	TM	14/07/2005	005/65
			14/07/2005	005/66
2006	LANDSAT-5	TM	02/08/2006	005/65
			14/05/2006	005/66
2007	LANDSAT-5	TM	21/08/2007	005/65
			21/08/2007	005/66
2008	LANDSAT-5	TM	06/07/2008	005/65
			06/07/2008	005/66
2010	LANDSAT-5	TM	28/07/2010	005/65
			28/07/2010	005/66

Para o processamento das imagens (calibração radiométrica, refletividade, índices de vegetação, emissividades e a estimativa da temperatura da superfície continental), empregou-se o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) proposto por Bastiaanssen et al., (1998) e a metodologia adotada por Delgado et al., (2012).

Objetivando avaliar o desempenho estatístico do método para determinar a temperatura da superfície continental, foram realizadas análises comparativas entre as metodologias propostas com base nos valores efetivamente medidos (observados) na Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Cruzeiro do Sul, AC para o dia da passagem do satélite. Para o teste dos modelos, foi adotado o coeficiente de determinação (r^2) e o índice de concordância $\delta\delta$ de Willmott (Willmott et al., 1981, 2005).

Foram realizados teste de normalidade e homogeneidade dos dados por meio de estatística não-paramétrica (Shapiro-Wilks, Hartley e Bartlett) realizados no programa estatístico R. As equações utilizadas são dadas abaixo:

$$d = 1,0 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (1)$$

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

em que:

P_i = iésimo valor estimado; O_i = iésimo valor observado; \bar{O} = valor médio observado de; N = número de dados.

O teste de Shapiro-Wilk (S-W) tem sido amplamente utilizado na literatura para identificar, com precisão se uma amostra ou um conjunto de dados segue a distribuição normal. Através dos comandos shapiro.test aplicativo existente no programa R foram obtidos os valores de W e p-valor. Onde o teste é baseado na seguinte hipótese:

H_0 - A distribuição representa uma curva gaussiana, ou seja, uma distribuição normal e H_1 - A distribuição não representa uma curva gaussiana, ou seja, não é uma distribuição normal.

Se o valor calculado de W é estatisticamente significativo (para $p < 0,05$) rejeita-se a hipótese H_0 que a distribuição estudada é normal. Ou seja, para a distribuição ser considerada Normal o valor deve ser ($p < 0,05$) e estatisticamente não significativo aceita-se a H_1 (Equação 3).

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

em que:

$i = 1, 2, \dots, n$, é o tamanho da amostra;

x_i = valor da medição da amostra em análise, ordenado do menor para o maior valor \bar{x} = valor médio da medição;

a_{n-i+1} = coeficiente calculado por S-W;

W = estatística de S-Ws.

Um dos testes mais utilizados para verificação da homocedasticidade é o Teste de Hartley ou teste da razão máxima (Equação 4). Considerou-se um conjunto de grupos, cada um com r dados, para os quais desejou testar a homocedasticidade. Para tanto, foram calculadas as estimativas de variância S_i^2 dos diferentes grupos e a estatística.

$$H_C = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} \quad (4)$$

em que:

S_{\max}^2 - maior variância;

S_{\min}^2 - menor variância; e foi comparado seu valor com os valores críticos de $H(g, r - 1)$, da tabela de Pearson e Hartley (1970).

Se, rejeita-se a hipótese de homocedasticidade conclui-se que não existe homogeneidade de variâncias entre os grupos.

Este teste tem como pressuposto que as populações tenham distribuição normal. Além disso, só é aplicável quando as diferentes amostras envolvidas tenham dimensões n_j não inferiores a quatro ($n_j \geq 4$, para todo o j).

Hipóteses a testar: $H_0: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_k^2} = \Lambda$ e $H_1: \frac{\sigma_i^2}{\sigma_j^2} \neq \Lambda$, para algum i e algum j , tais que $i \neq j$.

Estatística de teste (Equações 5 a 10):

$$B_0 = \frac{q}{C} \quad (5)$$

$$q = (N-K) \ln S_p^2 - \sum_{j=1}^k (n_j - 1) \ln S_j^2 \quad (6)$$

$$N = \sum_{j=1}^k n_j \quad (7)$$

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2}{(n_j - 1)} \quad (8)$$

$$S_p^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} (n_j - 1) S_j^2}{(N - K)} \quad (9)$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left[\sum_{j=1}^K \frac{1}{(n_j - 1)} - \frac{1}{N - K} \right] \quad (10)$$

Sob H_0 (igualdade das variâncias) sabe-se que B_0 tem distribuição assintótica qui-quadrado χ^2_{k-1} com graus de liberdade. Desta forma, rejeita-se H_0 se $B_0 > Q_{[1-\alpha]; k-1}$ no qual $B_0 > Q_{[1-\alpha]; k-1}$ representa o quantil $(1 - \alpha)100\%$ da distribuição qui-quadrado com $(k - 1)$ graus de liberdade. Além disso, o P-valor é calculado por:

$$P\text{-valor} = P \left[\chi^2_{k-1} > B_0 \mid H_0 \right] \quad (11)$$

em que:

S_j^2 e S_p^2 = são as variâncias da amostra e populacional;

N = número de observações;

n_j = número de medidas em cada nível;

K = número de nível do fator;

χ^2_k = variância da população;

B_0 = estatística de Bartlett.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentada a evolução temporal e espacial dos valores médios de temperatura para o PAD Santa Luzia, onde foram constatadas as médias de 19,93°C, 24,56°C, 21,48°C, 19,23°C e 19,39°C para os anos de 2005, 2006, 2007, 2008 e 2010, respectivamente.

As áreas de florestas em diferentes estágios sucessionais correspondem a valores médios abaixo de 18°C (Figura 2). São áreas em que apresentam características de amenizar as altas temperaturas da superfície das cidades. Pode-se observar que a temperatura da superfície continental mostra distinção entre a área urbanizada e floresta do PAD representada pela cor em tons de amarelo e vermelho (Figura 2).

Segundo Jesus et al., (2013) é comprovado que a vegetação promove benefícios que vão desde a melhoria no microclima, através da diminuição da reflexão da radiação e por meio do aumento da umidade atmosférica.

Na mesma região Delgado et al. (2012) ao estudar a influência da mudança da paisagem, a partir de dados TM (Thematic Mapper) em Cruzeiro do Sul, AC, constataram o crescimento das áreas antropizadas entre os anos de 2005 a 2010. Outro resultado importante encontrado por estes pesquisadores foi o aumento da temperatura da superfície em áreas antropizadas com valores superiores a 40°C , que resultou no aumento da precipitação de 17.6 mm.ano^{-1} (1971-1990), com valor máximo de 30.5 mm.ano^{-1} nos anos de 1993 a 2002.

Os resultados encontrados também estão de acordo com o mapeamento do saldo de radiação por Di Pace et al. (2008) com imagens TM, os autores encontraram valores superiores nas áreas consideradas como solo exposto ($31,5^{\circ}\text{C}$ e $35,9^{\circ}\text{C}$), já para áreas irrigadas os valores oscilaram de um máximo de $27,1^{\circ}\text{C}$ a um mínimo de $24,5^{\circ}\text{C}$.

Assim, além das áreas vegetadas, a arborização de ruas em Cruzeiro do Sul, por exemplo, poderia abrandar o processo de aquecimento nos locais de solo exposto e culturas na região do PAD Santa Luzia.

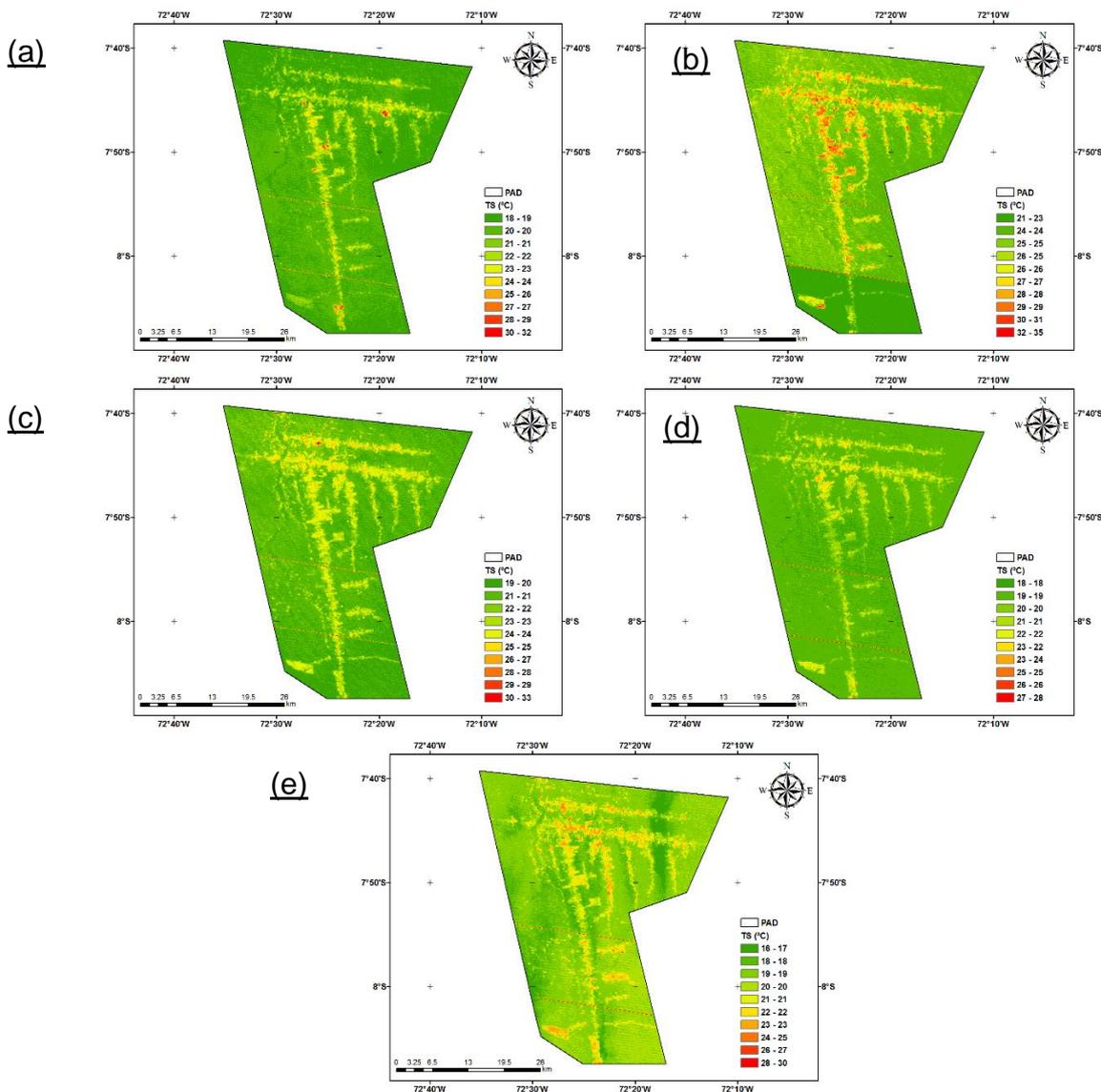


Figura 2 - Análise espacial e temporal da temperatura da superfície continental estimada pelo algoritmo SEBAL.

Os testes estatísticos aplicados aos dados mostraram o quanto à temperatura da superfície continental se aproxima ou se distancia de uma distribuição normal. Foi obtida uma função de distribuição de probabilidade normal da temperatura da superfície continental. Os resultados apresentaram baixa dispersão com coeficiente de determinação de 0,87, sendo que os dados possuem uma distribuição aproximadamente normal, posteriormente os resultados foram confirmados pelos testes de S-W, conforme a Tabela 2. Apesar do alto coeficiente r^2 , o índice de concordância ω foi muito baixo com valor de 0,12. Este resultado pode estar associado às altas taxas de umidade da floresta Amazônica, o que pode ter influenciado significativamente no índice ω .

Verifica-se que os dados apresentaram uma distribuição normal e, os valores para p-valor do teste de normalidade são superiores para os níveis de significância 5% (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição dos testes de normalidade (Shapiro-Wilks) e homogeneidade (Hartley e Bartlett) utilizados no estudo.

Teste de Homogeneidade Hartley e Bartlett		Teste de Normalidade Shapiro-Wilks	
Observado (INMET) p-value = $2,2 \times 10^{-16}$	Estimado (TM) p-value = $2,2 \times 10^{-16}$	Observado (INMET) p-value = 0,513	Estimado (TM) p-value = 0,17

A análise de homogeneidade da variância dos dados foi baseada nos testes de Hartley (teste da razão máxima) e Bartlett. Os resultados mostraram que ambos os testes (Tabela 2) identificaram a ocorrência de heterocedasticidade regular (não homogeneidade dos dados), em que o $H_{\text{calculado}} > H_{\text{tabelado}}$, e o p-valor com valor inferior ao nível de significância de 0,05. Corroborando para a rejeição da hipótese de homocedasticidade (homogeneidade) das variâncias dos dados do estudo.

Uma possível solução é ampliar o número de dados de outros sensores e plataformas (imagens) e o tratamento estatístico no conjunto de dados para assegurar os resultados obtidos.

4. CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou validar a utilização dos dados do Sensoriamento Remoto orbital com a Estação Meteorológica Convencional de Cruzeiro do Sul, AC, podendo contribuir para possíveis decisões por parte dos órgãos governamentais frente ao planejamento urbano no assentamento.

As áreas com vegetação apresentaram os menores valores de temperatura da superfície continental do que as áreas de solo exposto do PAD.

A metodologia aplicada foi eficiente para estimar a temperatura da superfície continental no PAD.

As recomendações futuras deste trabalho são para aumentar a série de dados com outras plataformas como o sensor MODIS e analisar sazonalmente a temperatura da superfície, para que se possa inferir sobre a precisão e correlação dos dados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Di Pace, F. T.; Silva, B. D.; Silva, V. D.; Silva, S. D. 2008. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 12, n.4, p. 385-392.

Delgado, R. C.; Souza, L. P.; Silva, I. W. R.; Pessôa, 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, p. 665-674.

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, p. 935-946.

IBGE. Mapa de Vegetação do Brasil, 1992. Disponível no endereço eletrônico: <http://www2.ibge.gov.br/pub/Cartas_e_Mapas/Mapas_Tematicos>.

Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2009. 2ª Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ó INPE. São Paulo, Parêntese, 672p.

Jesus, R. J.; Coelho, A. L. N. 2013. Determinação da Temperatura de Superfície do Município de Cariacica ó ES com emprego de Geotecnologias. Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, PR, INPE, p.1053-1060.

Kuplich, T.M.; Perez, P.L.; Valeriano, D.M.; Souza, R.D.A.; Xavier, C.S.; Motta, M.; Guisard, D.M.P. 2005. Mosaico do desmatamento no Estado do Acre em 1985, Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p. 1577-1583.

Ledo, E. R. F.; Oliveira, J. B.; Silva, M. G.; Araujo, E. M.; Araujo, E. M. 2011. Análise comparativa da temperatura de superfície obtida com auxílio de imagens orbitais e temperatura medida na cidade de Igatu-CE. Revista Acta Tecnológica, v. 6, n. 1, p. 73-88.

Silva, J. W. F.; Santos, R. L. 2007. Estimativa da temperatura da superfície do solo de uma região semi-árida a partir do IRMSS (banda 4) do CBERS-2. Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 1159-1166.

Sousa, S. B.; Ferreira Junior, L. G. 2012. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura do município de Goiânia ó GO. RAØEGA, n. 26, p. 75-99.

Willmott, C. J. 1981. On the validation of models. Physical Geography, v. 2, p.184-194.

Willmot, 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, p. 79-82.