



# Dinâmica da temperatura superficial da microbacia Pedra do Índio durante a seca de 2013

## Surface temperature dynamics of the Pedra do Índio microbasin during the 2013 drought

Charles CAIONI [1](#); Sandra Mara Alves da Silva NEVES [2](#); Sheila CAIONI [3](#); Isabelle BONINI [4](#); Tiago de Lisboa PARENTE [5](#); Antônio Carlos Silveiro da SILVA [6](#)

Recibido: 13/03/2017 • Aprobado: 30/03/2017

### Conteúdo

[1. Introdução](#)

[2. Metodologia](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusões](#)

[Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

As relações entre a temperatura da superfície (TS) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) vêm sendo abordadas em estudos climáticos. Com isso objetivou-se analisar a TS da microbacia Pedra do Índio/MT, bem como sua relação com o NDVI em meses de seca. A TS foi influenciada pelas formas de uso do solo e apresentou fortes relações com NDVI, alertando sobre a necessidade de medidas mitigadoras, pois o aumento excessivo pode ocasionar intensificação da seca na microbacia. **Palavras chave:** Uso do solo, disponibilidade hídrica, mudanças mesoclimáticas, sensoriamento remoto.

#### ABSTRACT:

The relationships between Surface Temperature (TS) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) have been widely addressed in climate studies. Thus, the objective of this study was to analyze the TS of the Indian Stone/MT microbasin, as well as its relationship with NDVI in dry months. TS was influenced by the land use patterns and showed strong relationships with NDVI, alerting the need for mitigating measures, since the excessive increase can cause intensification of the drought in the microbasin.

**Keywords** Soil use, water availability, mesoclimatic changes, remote sensing.

## 1. Introdução

O clima é um fator determinante para a sobrevivência de inúmeras formas de vida e para o desenvolvimento de diferentes atividades antrópicas. Por este motivo, estudos sobre a sua dinâmica e interferência têm ganhado destaque nas últimas décadas, sobretudo em regiões de intensa modificação das paisagens e de recorrência de extremos climáticos (ALENCAR *et al.*,

2015; DUFFY *et al.*, 2015). Dentre os seus componentes, um dos mais estudados é a temperatura. Segundo Lopes *et al.* (2012) a variação diária da temperatura superficial e do ar está diretamente relacionada com a chegada de energia solar, a qual é distribuída de forma desigual na superfície terrestre. Por esse motivo, espera-se que diferentes regiões, usos do solo e tipos de cobertura vegetal apresentem distintos valores de temperatura, considerando a diferença de absorção, emissividade e irradiação (PEREIRA *et al.*, 2012).

Intervenções antrópicas podem ocasionar severas mudanças no clima (BALDOCCHI, 2014; CALLEJAS *et al.*, 2011; FU *et al.*, 2013). De acordo com Blunden & Arndt (2013), mudanças no uso e cobertura da terra estão entre os principais fatores que ocasionam o aumento da temperatura terrestre. Aragão (2012) ratifica, ao mencionar que a perda da cobertura florestal acarreta em reduções na pluviometria e na umidade do solo, cujas consequências incluem alterações no comportamento térmico (LEJEUNE *et al.*, 2015). Desta forma, o conhecimento acerca dos Índices Térmicos Superficiais (TS) e de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de áreas antropizadas torna-se imprescindível para o estabelecimento de futuras ações mitigadoras.

Nesta perspectiva, o sensoriamento remoto (SR) pode ser considerado uma importante ferramenta na tomada de decisões, visto que permite a análise de extensas áreas em um curto espaço de tempo. Além disso, as técnicas de SR têm muitas aplicações ambientais. Dados de bandas termais, por exemplo, podem ajudar a detectar queimadas, focos de incêndios florestais e ilhas de calor (KLEMP, 2015). Adicionalmente, produtos da classificação de imagens orbitais podem ser muito úteis na detecção de correlações entre os tipos de uso da terra e anomalias climáticas (WENG & LU, 2008). O uso destas técnicas vem ganhando cada vez mais espaço e importância para a ciência e para o planejamento estratégico, principalmente diante da crescente urgência instaurada pelo atual cenário de mudanças ambientais globais.

Projeções de aumento da temperatura média e de eventos extremos de seca têm sido bastante reportadas na literatura (IPCC, 2012; CHOU *et al.*, 2013; SILLMANN *et al.*, 2013; HAY *et al.*, 2016). Em países neotropicais, estes fenômenos são objetos de grande preocupação ambiental, uma vez que pode haver relação direta entre a intensificação da estação seca e a redução dos totais pluviométricos com o uso indevido da terra (MALHI *et al.*, 2008; BONINI *et al.*, 2014). O efeito integrado do estresse térmico e hídrico afeta fortemente os processos ecossistêmicos, especialmente os de retroalimentação entre os componentes climáticos. Aliados às mudanças naturais, estes distúrbios potencializam a ocorrência de anomalias climáticas, cujos efeitos repercutem sobre a biodiversidade e a disponibilidade de água para o consumo humano, geração de energia e agricultura.

Em meio a estas projeções encontra-se a Microbacia Pedra do Índio, situada no município de Alta Floresta, ao sul da Amazônia. Esta região está inserida em um dos maiores cinturões do agronegócio do planeta, conhecido como "arco do desmatamento" (FEARNSIDE, 2005), e vem sofrendo uma forte pressão em detrimento do avanço de monocultivos sobre a cobertura florestal nativa. A devastação de florestas nesta região tem sido apontada como grande responsável pelas alterações do clima regional (MORAES *et al.*, 2013). Neste cenário, objetivou-se analisar a dinâmica da temperatura superficial desta microbacia, bem como sua relação com o NDVI em meses de seca. Assim, testou-se a hipótese de que o NDVI está negativamente correlacionado com a temperatura da superfície.

---

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de estudo

A Microbacia Pedra do Índio possui uma área de 5.360 ha-1 e encontra-se localizada no município de Alta Floresta (Mato Grosso), situado entre as coordenadas 56°30' a 57°00' de longitude W e 9°00' a 11°00' de latitude S (Figura 1).

A população municipal totaliza 50.082 habitantes, sendo a maioria residente da zona urbana

(IBGE, 2016). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) do município é de 0,714, abaixo do IDH do Estado, que é de 0,725, e do Brasil que é de 0,730 (PNUD, 2013). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é Tropical chuvoso, com nítida estação seca (dezembro a março) e chuvosa (maio a setembro). O município apresenta uma média pluviométrica de 2.213,37 mm (CAIONI *et al.*, 2014), e sua temperatura fica em torno de 25°C, com máximas e mínimas de 33°C e 20,1°C, respectivamente (TARIFA, 2011).

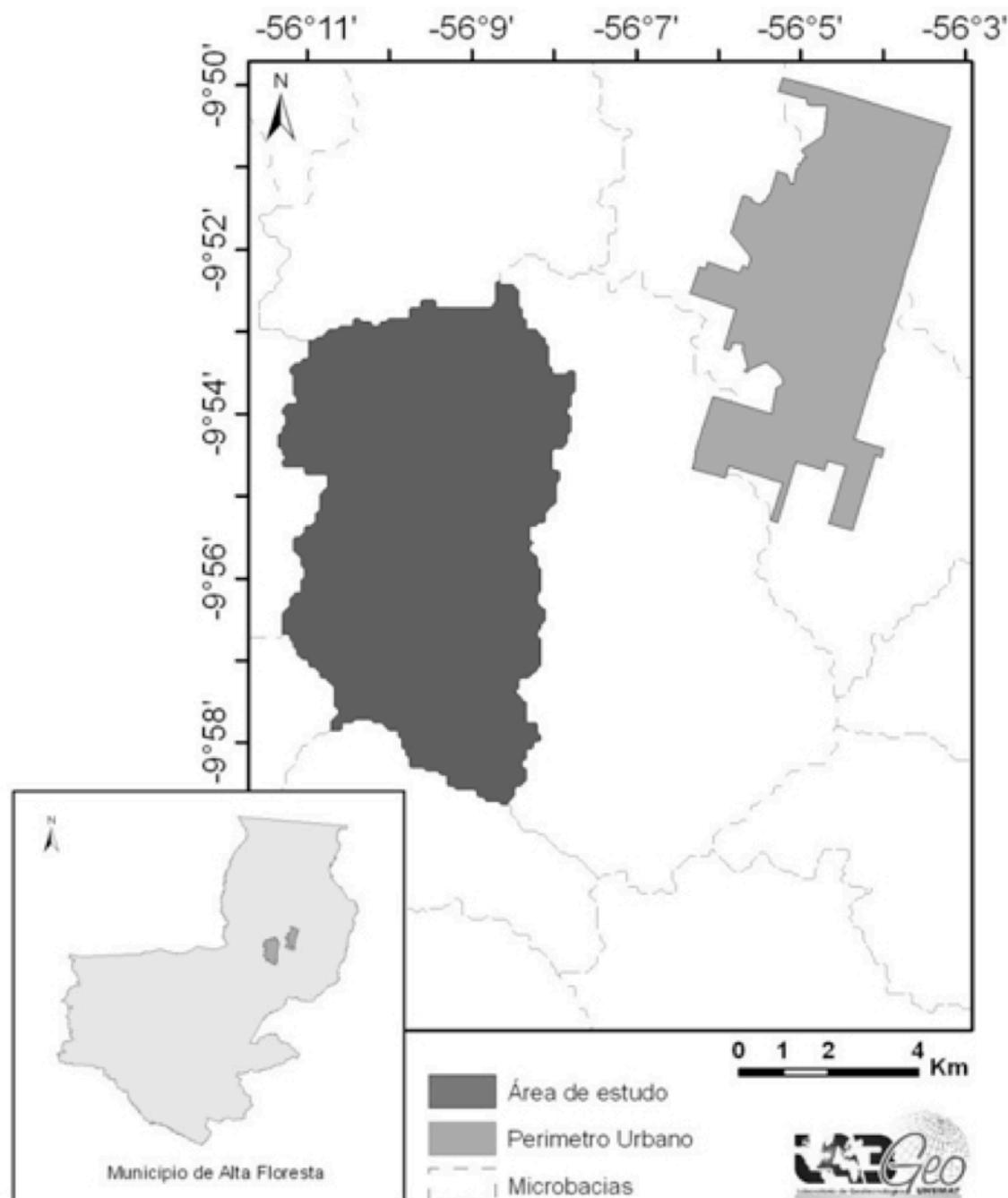


Figura 1 – Localização da microbacia Pedra do Índio em relação ao perímetro urbano. Alta Floresta – MT.

## 2.2. Procedimentos metodológicos

Para a realização do presente estudo, foi criado um Banco de Dados Geográficos - BDG e um projeto no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING, versão 4.3, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, com as seguintes informações cartográficas: projeção e datum: Lat-Long/WGS 84; e retângulo envolvente estabelecido em coordenadas Geográficas: Long 1(60° 00' 00") e Long 2 (54° 00' 00") e Lat 1 (12° 00' 00") e Lat 2 (7° 00' 00").

Para a confecção dos mapas de TS e NDVI, utilizou-se cinco imagens do satélite Landsat 8, sensores Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared, datadas de 20/05/2013, 21/06/2013, 07/07/2013, 08/08/2013 e 25/09/2013, referentes a órbita/ponto 227/67 e compreendendo os meses de seca.

Para a confecção do mapa de uso e cobertura aplicou-se nas bandas 4, 5 e 6 (resolução espacial: 30 metros), os procedimentos de recorte, segmentação e classificação no *software* SPRING, versão 4.3. As classes temáticas definidas durante a classificação foram:

- Cobertura florestal: foram consideradas todas as formas de formações florestais em processo de regeneração ou que já tenham sofrido algum tipo de antropização;
- Pastagem plantada: compreende as formações com extrato em que predomina a presença de espécies forrageiras, desprovidas ou não de indivíduos arbóreos em baixa densidade;
- Solo exposto: consideraram-se as áreas com solos desprovidos de qualquer tipo de cobertura vegetal;
- Massa de água: refere-se às áreas ocupadas com água livre de vegetação (rios, represas e lagos naturais ou artificiais).

As terminologias e as descrições consideradas no mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal foram adaptadas a partir da classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical do Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982).

O arquivo vetorial da classificação foi exportado no formato shp. (*Shapefile*) para edição e quantificação no ArcGIS, versão 9.2 (ESRI, 2007). Os dados obtidos durante a classificação foram validados por meio de informações obtidas em campo. O mapeamento de uso e ocupação do solo foi realizado apenas para o mês de agosto em virtude de não ter ocorrido mudanças de uso do solo durante o período investigado.

Os mapas termiais foram elaborados por meio do *software* R versão 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013), com o auxílio do pacote *raster* (HIJMANS, 2014). Aplicou-se os procedimentos de recorte e conversão dos valores de cinza em radiância na banda 10 (resolução espacial: reamostrada para 30 m) de cada cena (Equação1).

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \quad (1)$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m<sup>2</sup> sr μm);

ML= Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

AL= Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000;

Qcal= Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Após a aquisição dos valores de radiância aplicou-se o algoritmo 2, que permitiu a obtenção dos diferentes níveis de temperatura da superfície (Equação 2).

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

Onde:

T: Temperatura efetiva em Kelvin (K);

K2: Constante de calibração 2 = 1.321,08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774,89 (K);

$L\lambda$ : Radiância espectral em Watts/( m<sup>2</sup> sr μm).

Por meio da equação 3, os valores térmicos foram convertidos de Kelvin para graus Celsius (°C).

$$Tc = Tk - 273,15 \quad (3)$$

Onde:

Tc: Temperatura em Celsius

Tk: Temperatura em Kelvin.

Com o intuito de obter os Índices de Vegetação por Diferença Normalizada, executou-se o modelo matemático proposto por Rouse *et al.* (1974), cujo índice é obtido por meio da refletância nos pixels das bandas 5 e 6 do sensor OLI (Equação 4). Este procedimento também foi executado no *software R*.

$$NDVI = (B5+B4)/(B5-B4) \quad (4)$$

Onde:

B4: refletância no vermelho;

B5: refletância no infravermelho próximo

Por meio da função *STACK* do pacote *Raster* (HIJMANS *et al.*, 2014) foram obtidas as médias mensal e geral de NDVI e TS. A média mensal espacializada foi obtida a partir dos valores mensais de cada imagem, enquanto a média geral consistiu na média dos pixels de todas as imagens em um único valor.

Ainda no pacote *Raster*, utilizando a função *calc*, quantificou-se a área contida dentro de cada classe. A partir das séries mensais de NDVI e TS realizou-se uma regressão linear simples, da qual foram extraídos os valores espacializados de *p*, *sloop* e *R<sup>2</sup>*.

### 3. Resultados

Por meio da análise de uso do solo constatou-se que as áreas antropizadas somam dentro da microbacia 4.093,4 ha-1 (76,40%). Destes, 3.868,1 ha-1 (72,17%) correspondem à classe pastagem plantada, revelando essa ser o principal uso antrópico do solo dentro da unidade hidrográfica (Figura 2). Este resultado está relacionado ao desenvolvimento da pecuária extensiva como principal atividade econômica no município.

Ocorrendo de forma fragmentada e em sua maioria próxima a cursos hídricos, a classe cobertura florestal exibiu 1.204,93 ha-1 (22,48%). Isto ocorre porque os produtores preservam apenas o que está previsto pela lei n. 12.651/2012, que delimita a proteção integral de apenas 30 e 50 metros para cursos hídricos e nascentes, respectivamente. Conforme Saatchi *et al.*

(2011) este resultado é preocupante, visto que a cobertura florestal não proporciona apenas a proteção à ambientes hídricos, mas também a fixação de carbono, redução dos extremos climáticos e a manutenção do ciclo hidrológico.

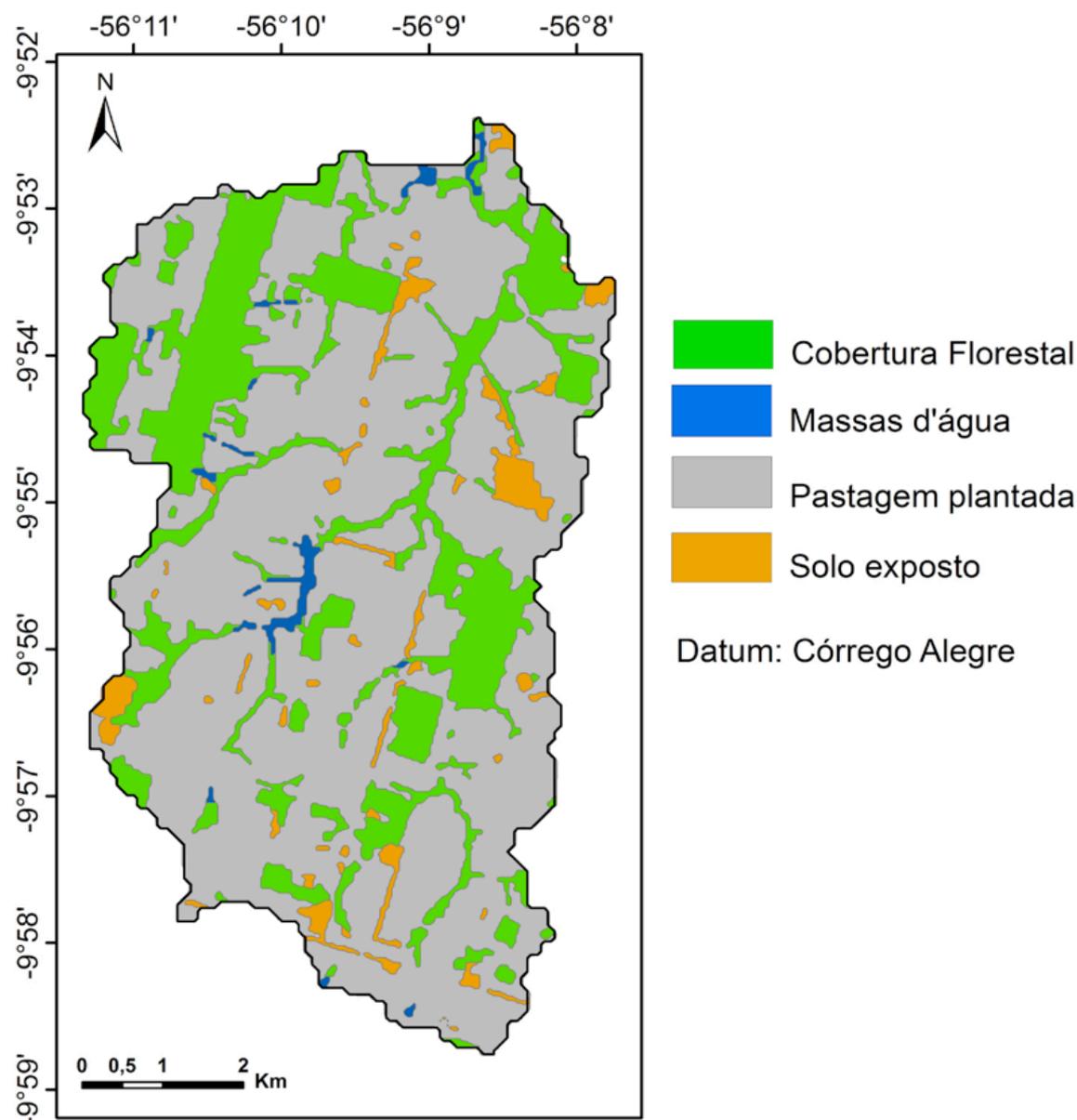


Figura 2 – Usos do solo e cobertura vegetal na Microbacia Pedra do Índio. Alta Floresta – MT.

A classe Massas de água ocupou uma área de 61,66 ha-1 (1,15%). Em decorrência de sua extensão hídrica e posicionamento geográfico, a microbacia demonstrou ser estratégica para o futuro abastecimento hídrico da população urbana do município em períodos de forte estiagem.

Relativo à classe de solo exposto quantificou-se 225,30 ha-1 (4,20%), resultado provavelmente potencializado em decorrência da imagem pertencer a um período de seca. Sob condições de elevado déficit hídrico no solo, as áreas com pastagem degradada vieram a apresentar características semelhantes à de solos expostos, ocasionando prováveis erros na classificação. Estes resultados corroboram com o encontrado por Messias (2012), que constatou confusões realizadas pelo classificador MaxVer em decorrência da imagem utilizada ser do período seco.

A microbacia apresentou um valor médio geral de NDVI igual a 0,33. Ao longo do período estudado pode-se verificar uma redução dos valores de NDVI à medida que se aproximava do mês de agosto. De acordo com Pacheco *et al.* (2006), isto se deve ao aumento do déficit hídrico do solo, que ocasiona a redução da produção de fitomassa e, conseqüentemente, o decréscimo do NDVI.

No tocante à média mensal (Figura 3), constato-se para a classe de valores < 0 uma baixa representatividade da mesma. Presente predominantemente em ambientes hídricos, esta classe compreendeu 0,76 ha-1 (0,01%). Este resultado corrobora com Albuquerque *et al.* (2015), que ao estudar o cenário da seca na microbacia do açude Jatobá II (Paraíba), encontraram valores entre -0,36 e -0,05 para os locais hídricos. Segundo Oliveira *et al.* (2012) este resultado é

decorrente do fato da água possuir alta refletância da radiação eletromagnética na região do visível e baixa no infravermelho, o que leva a mesma a ficar com valores negativos no cálculo do NDVI.

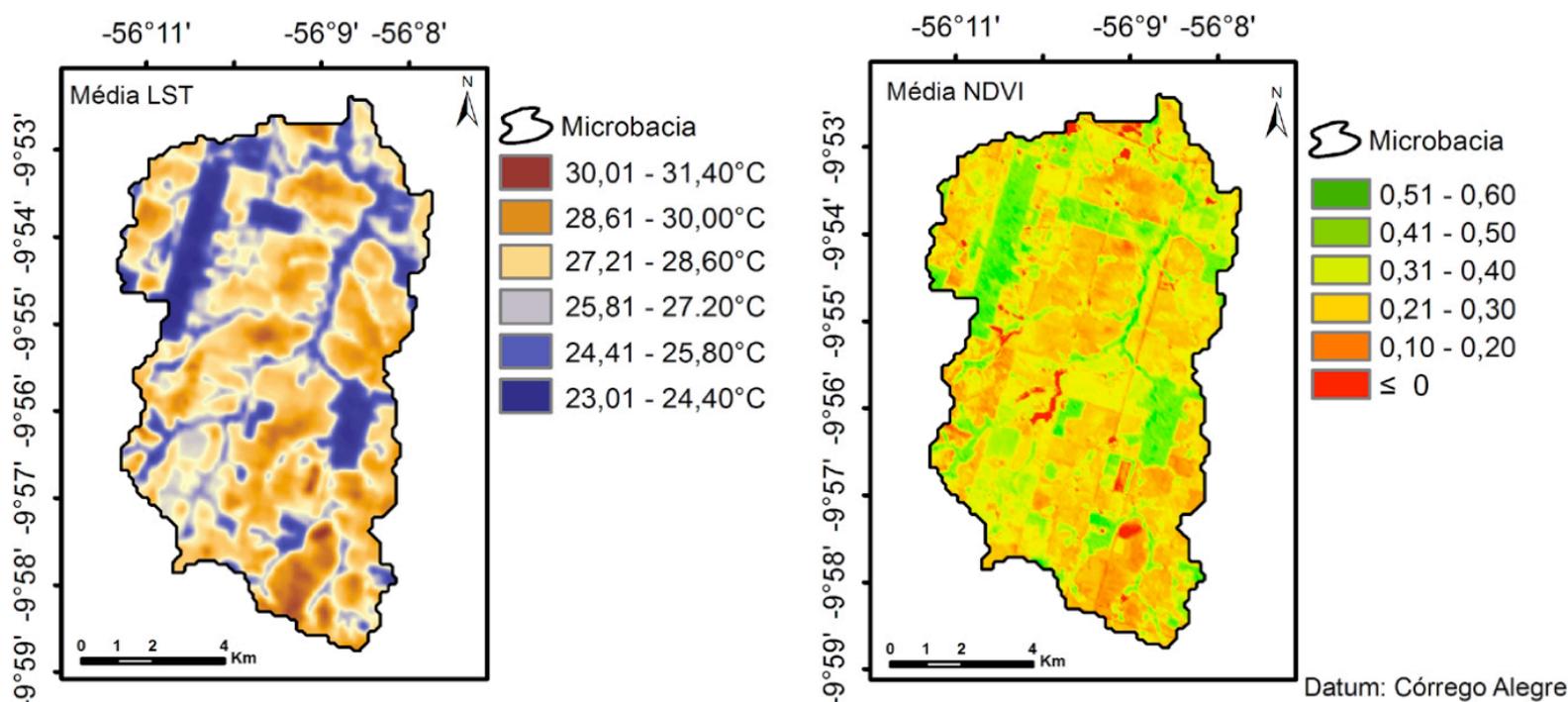


Figura 3 – Média dos valores mensais de TS e NDVI para a Microbacia Pedra do Índio. Alta Floresta – MT.

Referente aos intervalos de 0,10 a 0,20 e 0,21 a 0,30, pode-se constatar que os mesmos compreenderam 39,64 ha-1 (0,7%) e 1.384,39 ha-1 (24,6%), respectivamente. Ambos os intervalos estiveram fortemente presentes em locais de pastagem degradada e solo exposto. Com uma área de 3.263,32 ha-1 (58%), o intervalo de 0,31 a 0,40 revelou-se ser o de maior expressividade dentro da microbacia. Este resultado está possivelmente relacionado ao fato da microbacia ser constituída, em sua maioria, por áreas de pastagem plantada. No período chuvoso a pastagem tende a apresentar valores de NDVI próximos a ambientes florestais, contudo, esses valores tendem a reduzir rapidamente com a estiagem das chuvas.

Quanto aos intervalos de 0,41 a 0,50 e 0,51 a 0,60, com respectivas dimensões de 941,02 ha-1 (16,7%) e 0,87 ha-1 (0,02%), pode-se observar que estes ocorreram em locais de elevada cobertura florestal. Este resultado é decorrente da estabilidade da presença de clorofila em Florestas Ombrófilas. Ponzoni & Shimabukuro (2010) mencionaram também que quanto mais densa é a vegetação, menor será a refletância na região do visível, devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes.

Por meio do mapeamento da temperatura superficial constatou-se que a microbacia apresentou uma temperatura média geral de 27,8°C durante a seca de 2013, com máximas e mínimas de 23°C e 40,4°C nos meses de maio e agosto, respectivamente. Estes resultados estão possivelmente relacionados ao fato de maio e agosto corresponderem, durante o período de seca, aos meses de maior e menor déficit hídrico do solo (CAIONI *et al.*, 2014). Conforme Costa & Foley (1997), parte da energia que chega à superfície da terra retorna à atmosfera em forma de calor latente (via evaporação e evapotranspiração), e por esse motivo é esperado que meses com maior precipitação apresentem menores valores de temperatura superficial.

Ao analisar as figuras 2 e 3 é possível observar a proximidade entre o uso da terra e os diferentes níveis de temperatura superficial. Segundo Gomes *et al.* (2013), este resultado é decorrente da capacidade dos alvos de refletirem diferentes níveis de energia (albedo). Rodrigues *et al.* (2009) mencionam que áreas de superfície hídrica e vegetal tendem a apresentar albedos próximos a 3 e 10%, respectivamente, enquanto que locais de solos desnudos esses valores chegam a 28 e 29%.

Exibindo, respectivamente, 85,56 ha-1 (1,52%) e 450,4 ha-1 (8%), constatou-se para as áreas com intervalos térmicos de 23,1°C a 24,0°C e 24,1°C a 25,8°C uma forte presença de

cobertura florestal e elevados valores de NDVI. Resultado semelhante foi encontrado por Feiber (2004) ao concluir que a vegetação funciona como uma barreira física que absorve a radiação solar. Sampaio *et al.* (2007) afirmaram que a presença de vegetação de porte arbóreo é responsável pela redução da temperatura superficial e do ar, além de promover sombreamento sobre a superfície terrestre. Esta redução ocorre devido à conversão em calor latente (via evapotranspiração) de boa parte da energia que chega a superfície. Ainda que de forma moderada, este intervalo foi observado também em diferentes ambientes hídricos (Figura 3). Callejas *et al.* (2011) constataram que as massas d'água desempenham, assim como a vegetação, um importante papel no controle da estabilidade mesoclimática das bacias, visto que ambientes hídricos tendem a apresentar baixas amplitudes térmicas.

Os intervalos de 25,8°C a 27,2°C e 27,2°C a 28,6°C, exibindo respectivas áreas de 717,47 ha-1 (12,74%) e 1.572,42 ha-1 (27,93%) estiveram presentes em sua maioria em locais de transição de baixas para alta temperatura. Estas regiões de transição são formadas pelo processo de difusão de energia que permite a condução de calor de ambientes mais quentes para áreas mais frias (INCROPERA, 2008; RODRIGUES & BORGES, 2012).

Com respectivas áreas de 1.422,22 ha-1 (25,26%) e 1.381,92 ha-1 (24,55%), os intervalos térmicos de 28,6°C a 30,0°C e 30,0°C a 31,4°C foram detectados, em sua maior parte, nas porções Norte e Sudeste da microbacia. Nessas regiões também identificou-se um predomínio de valores de NDVI próximos à 0,1, decorrentes da forte presença de pastagem e solo exposto. Este resultado corrobora com os encontrados por Mashiki (2012), que identificou valores térmicos de até 33,6°C para ambientes desprovidos de vegetação.

De acordo com Primavesi *et al.* (2007), ambos os resultados também são decorrentes do processo de secagem da pastagem, visto que gramíneas forrageiras secam rapidamente durante o período de seca, ocasionando assim o aumento da temperatura superficial.

Durante o período estudado pode-se verificar que a TS e o NDVI apresentaram relações negativas, com magnitudes que variaram de moderadas a muito fortes (Figura 4). Essas relações foram mais fortes em locais com predomínio de pastagem plantada. Isto ocorre porque a pastagem apresenta maior sazonalidade quando comparada a ambientes florestais (e.g. Florestas Ombrófilas).

De modo geral é possível afirmar que, assim como constatado por diversos autores (YUAN & BAUER, 2007; SUN & KAFATOS, 2007; GUSSO, 2013), a vegetação promove a redução da temperatura da superfície por meio do processo de evapotranspiração. Contudo, sobre condições extremas de seca, as gramíneas forrageiras também são afetadas negativamente com o aumento excessivo da temperatura superficial.

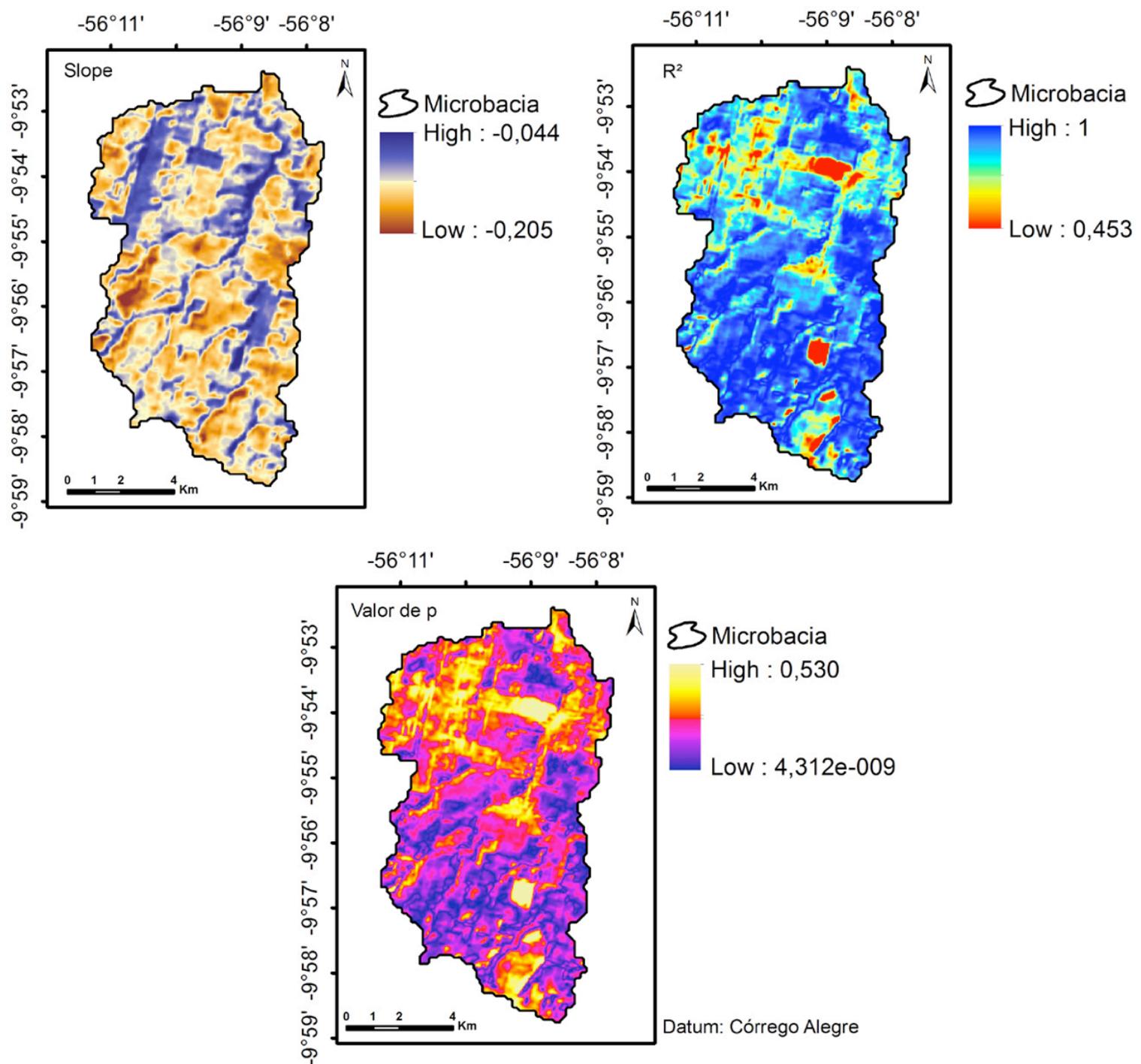


Figura 4. Regressão linear espacializada entre as séries mensais de TS (variável preditora) e NDVI (variável resposta).

## 4. Conclusões

Constatou-se forte relação entre os valores de TS e NDVIs. Os menores valores térmicos correspondem às áreas com menor percentual de uso antrópico do solo, evidenciando assim a influência da cobertura vegetal sobre o mesoclima da microbasia Pedra do Índio.

Considerando o predomínio do uso antrópico do solo na microbasia, especialmente da classe pastagem plantada, alerta-se sobre a urgente necessidade da adoção de medidas mitigadoras, uma vez que o aumento excessivo da temperatura superficial pode ocasionar a intensificação da seca, comprometendo assim a disponibilidade hídrica da microbasia.

## Referências bibliográficas

ALENCAR, A. A.; BRANDO, P. M.; ASNER, G. P.; PUTZ, F. E. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. **Ecological Applications**, v.25, n.6, p.1493-1505, 2015.

ALBUQUERQUE, E. M.; DINIZ, J. M. T.; LIMA, R. F.; FERREIRA, F. N.; SILVA, F. C. Técnicas de geoprocessamento no suporte à análise da seca na microbasia do açude Jatobá II. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.4, p.27-33, 2015.

ARAGÃO, E. O. C. L. Environmental science: The rainforest's water pump. **Nature**, v 489,

n.7415, p.217-218, 2012.

BALDOCCHI, D. Biogeochemistry: Managing land and climate. **Nature Climate Change**, v.4, n.5, p.330-331, 2014.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20112014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12608.htm)>. Acesso em 29/01/2016.

BLUNDEN, J.; ARNDT, D. S. State of the climate in 2011. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.93, n.7, p.S1-S282, 2012.

BONINI, I.; RODRIGUES, C.; DALLACORT, R.; MARIMON JUNIOR, B. H.; CARVALHO, M. A. C. Rainfall and deforestation in the municipality of Colíder, southern Amazon. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.4, p.483-493, 2014.

CAIONI, C.; PAULA, L. F.; SILVA, E. P.; CAIONI, S.; PARENTE, T. L.; SOUZA, A. M. Efeito do El Niño sobre o balanço hídrico do município de Alta Floresta/ MT entre 2004 e 2005. Alta Florestal. **Anais...** Alta Florestal, 2014. p.21-26.

CAIONI, C.; CAIONI, S.; SILVA, A. C. S.; PARENTE, T. L.; ARAUJO, O. S. Análise da distribuição pluviométrica e de ocorrência do fenômeno climático ENOS no município de Alta Floresta/MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.2656-2666, 2014.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L.C.; OLIVEIRA, A. S. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Revista Mercator**, v.10, n.23, p.207-223, 2011.

CHOU, C.; CHIANG, J. C. H.; LAN, C. W.; CHUNG, C. H.; LIAO, Y. C.; LEE, C. J. Increase in the range between wet and dry season precipitation. **Nature Geoscience**, v.6, p.263-267, 2013.

COSTA, M. H.; FOLEY, J. A. Water balance of the Amazon Basin: Dependence on vegetation cover and canopy conductance. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v.102, n.20, p.23973-23989, 1997.

DUFFY, P. B.; BRANDO, P. M.; ASNER, G. P.; FIELD, C. B. Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.112, n.43, p.13172-13177, 2015.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. **Megadiversidade**, v.1, n 4, p.113-123, 2005.

FEIBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de Curitiba-PR. **Revista Ra'eGa**, n.8, p.93-105, 2004.

FU, R.; YIN, L.; LI, W.; ARIAS, P. A.; DICKINSON, R. E.; HUANG, L.; ... & MYNENI, R. B. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, n.45, p.18110-18115, 2013.

GOMES, L. C. F.; SANTOS, C. A. C.; HERMES, A. A. Balanço de Energia à Superfície para a Cidade de Patos-PB Usando Técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.6, n.1, p.15-28, 2013.

GUSSO, A. Integração de imagens NOAA/AVHRR: Rede de cooperação para monitoramento nacional da safra de soja. **Revista Ceres**, v.60, n.2, p.194-204, 2013.

HAY, J. E.; EASTERLING, D.; EBI, K. L.; KITOH, A.; PARRY, M.. Conclusion to the special issue: Observed and projected changes in weather and climate extremes. **Weather and Climate Extremes**, v.11, p.103-105, 2016.

HIJMANS, R. J.; VAN ETEN, J.; ETEN, J.; MATTIUZZI, M. V.; SUMNER, M.; GREENBERG, J. A.; LAMIGUEIRO, O. P.; RACINE, E.B.; SHORTRIDGE, A. raster: Geographic data analysis and modeling. **R package version**, v.2, p.15, 2014.

INCROPERA, F. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. ed. 6, Rio de

Janeiro, p.644, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Confederação Nacional de municípios. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=510025>>. Acessado em: 1 jan. 2016.

IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p.582, Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012.

KLEMP, S. M. Dinâmica espaço temporal da temperatura superficial da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral – MT por sensoriamento remoto. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Universidade Federal de Mato Grosso. 145f. 2015.

KOPPEN, W, **Climatologia con un estudio de los climas de Ia Tierra**, México, Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LEJEUNE, Q.; DAVIN, E. L.; GUILLOD, B. P. et al. Influence of Amazonian deforestation on the future evolution of regional surface fluxes, circulation, surface temperature and precipitation. **Climate Dynamics**, v.44, p.2769-2786, 2015.

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no Município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não supervisionada. **Revista da Escola de Engenharia da UFF**, v.10, n.2, p.126-132, 2008.

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W., & NOBRE, C. A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, v.319, n.5860, p.169–72. 2008.

MASHIKI, M. Y. **Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. 2012**. 67f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Programa de Pós-graduação em agronomia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

MESSIAS, C.G. Análise comparativa entre o mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal utilizando imagens de média e alta resolução espacial. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p. 1230 - 1243, 2012.

MORAES, E. C.; FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B. Amazonian deforestation: Impact of global warming on the energy balance and climate. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.52, n.3, p.521-530, 2013.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, Utaiguara da Nóbrega. Uma contribuição do sensoriamento remoto para detecção de áreas degradadas na Caatinga Brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.26, n,1, p.49-68, 2006.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, v.2, n.5, p.1243 – 1255, 2012.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas de Desenvolvimento Humano. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios brasileiros (Alta Floresta). Disponível em: <[www.pnud.org.br](http://www.pnud.org.br)>. Acessado em: 26 jan. 2016.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p.

OLIVEIRA, L. C. B.; GUASSELLI, L. A.; ANTUNES, R. L. S. Variação espaço-temporal de NDVI no rio Madeira, na área de aproveitamento hidrelétrico da UHE Santo Antônio – Ro. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1823 – 1832, 2012.

- TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. 2014.
- RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S.; SILVA, B.B. Sazonalidade de variáveis biofísicas em regiões semiáridas pelo emprego do sensoriamento remoto. **Revista Engenharia Agrícola**, v.29, n.3, p.452-465, 2009.
- RODRIGUES, L. J.; BORGES, V. Estudo da condução de calor transiente através do método das diferenças finitas explícito. **Revista Liberato**, v.13, n.19, p.1-84, 2012.
- SAATCHI, S. S.; HARRIS, N. L.; BROWN, S.; LEFSKY, M.; MITCHARD, E. T.; SALAS, W.; ZUTTAA, B. R.; BUERMANN, W.; LEWIS, S. L.; PETROVAC, S. H. S.; SILMANI, L. W. M.; MORELJ, A. Petrova, S. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.108, n.24, p.9899-9904, 2011.
- SAMPAIO, G.; NOBRE, C.; COSTA, M. H.; SATYAMURTY, P.; SOARES-FILHO, B. S.; CARDOSO, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, v.34, n.17, p.1-7, 2007.
- SILLMANN, J.; KHARIN, V. V.; ZWIERS, F. W.; ZHANG, X.; BRONAUGH, D. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v.118, n.6, p.2473-2493, 2013.
- SUN, D.; KAFATOS, M. Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America. **Geophysical Research Letters**, v.34, n.24, p.1-4, 2007.
- TARIFA, J. R. **Mato Grosso: clima – análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 102p.
- WENG, Q.; LU, D. A. Sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.10, n.1, p.68-83, 2008.
- YUAN, F.; BAUER, M. E. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. **Remote Sensing of environment**, v.106, n.3, p.375-386, 2007.

- 
1. Doutorando em Ecologia e Conservação na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. E-mail: [charlescaioni@hotmail.com](mailto:charlescaioni@hotmail.com)
  2. Prof. Dra. do Departamento de Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: [ssneves@unemat.br](mailto:ssneves@unemat.br)
  3. Doutoranda em Agronomia na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: [sheila\\_caioni@hotmail.com](mailto:sheila_caioni@hotmail.com)
  4. Doutoranda em Ecologia e Conservação na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. E-mail: [isabelle\\_biologa@hotmail.com](mailto:isabelle_biologa@hotmail.com)
  5. Doutorando em Agronomia na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: [tiago.c4@hotmail.com](mailto:tiago.c4@hotmail.com)
  6. Doutorando em Ecologia e Conservação na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Nova Xavantina, MT, Brasil. E-mail: [acsilveiro@gmail.com](mailto:acsilveiro@gmail.com)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 38) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](mailto:webmaster)]