



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

A DINÂMICA DA VEGETAÇÃO E SUAS INFLUÊNCIAS HIDROCLIMÁTICAS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA

* David Figueiredo Ferreira Filho¹
Paulo Eduardo Silva Bezerra¹
Francisco Carlos Lira Pessoa¹

THE DYNAMICS OF VEGETATION AND THEIR HYDROCLIMATIC INFLUENCES IN COUNTY OF PARAGOMINAS-PA

Recibido el 30 de mayo de 2019; Aceptado el 12 de enero de 2021

Abstract

Using remote sensing and geoprocessing techniques that provide opportunities to map the changes in large-scale vegetation coverage caused by the advancement of land use, we sought to correlate precipitation data with the advance of vegetation cover change, using data from (NDVI) and soil surface temperature (TST) with the aid of Landsat satellite images in 1987, 1997, 2007 and 2017 in Paragominas, Pará State, Brazil. A non-parametric test of Mann-Kendall, Spearman and Sen's was used to correlate with the changes in the areas. The results showed that changes in vegetation cover resulted in hydrological, climatological influences, variations in the index of reflectivity (Albedo) and an increase in the average surface temperature in the municipality, condemning the practice of the advance to the degradation of vegetation. Therefore, the deforestation of vegetation was evidenced by the agricultural practices and human occupations in the region, emphasizing that although the municipality has been titled "green municipality", it needs more in-depth studies on the subject matter that the change of vegetal cover causes in the region.

Keywords: precipitation, surface temperature, Vegetable Cover Index (NDVI).

¹ Instituto de Tecnologia – ITEC, Universidade Federal do Pará – UFPA, Brasil.

* *Autor correspondente:* Instituto de Tecnologia – ITEC, Universidade Federal do Pará – UFPA, Avenida Augusto Corrêa, n. 01 - Guamá, Belém, Pará. CEP- 66074-100. Brasil. Email: davydferreira@gmail.com

Resumo

Utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, as quais proporcionam oportunidades para mapear as mudanças na cobertura vegetal em grande escala ocasionadas pelo avanço do uso do solo, buscou-se nesta perspectiva, correlacionar dados de precipitação com o avanço da mudança da cobertura vegetal, utilizando dados de estações pluviométricas de 30 anos, fornecidas pela Agência Nacional de Águas - ANA, o índice de vegetação (NDVI) e a temperatura da superfície do terreno (TST) com o auxílio das imagens do satélite Landsat nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017 no município de Paragominas, estado do Pará. Realizou-se também um estudo de tendência de precipitação por meio dos testes não paramétricos de Mann-Kendall, Spearman e Sen's, para correlacionar com as mudanças nas áreas. Os resultados mostraram que as alterações da cobertura vegetal resultaram em influências hidrológicas, climatológicas, variações no índice de refletividade (Albedo) e em um aumento da temperatura média da superfície no município, condenando a prática do avanço à degradação das vegetações. Portanto, a remoção da cobertura vegetal ficou evidenciada devida às práticas agropecuárias e ocupações humanas na região, ressaltando que apesar de o município ter sido intitulado de "município verde", o mesmo necessita de estudos mais aprofundados acerca da temática a qual a mudança da cobertura vegetal ocasiona na região.

Palavras chave: precipitação, temperatura de superfície, Índice de Cobertura Vegetal (NDVI).

Introdução

A floresta Amazônica tem um papel fundamental na manutenção do clima, tanto em escala regional quanto em escala global, influenciando diretamente na emissão ou retenção de carbono e no fornecimento de vapor d'água para a atmosfera (Artaxo *et al.*, 2014).

Apesar das grandes contribuições que a mesma traz, parte de sua cobertura natural tem sido removida para exploração de atividades como madeiras, agricultura extensiva, pecuária (Fearnside, 2003, Domingues *et al.*, 2012) e também nas substituições de floresta nativa para plantio de soja, eucalipto e outros, específico no município de Paragominas-PA. De acordo com o projeto Programa de Desmatamento – PRODES do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE entre 1988 a 2013, a Amazônia Legal foi desmatada cerca de 402 mil km² (INPE, 2015). Contudo, cerca de 92% do desmatamento realizado neste período ocorreu entre 1988 a 2008, com expressiva redução entre 2009 e 2013, através do programa de municípios verdes na cidade.

Variáveis como albedo, que é o coeficiente de reflexão, temperatura e saldo de radiação (Rn) são diretamente afetados pelas mudanças na cobertura vegetal, principalmente quando efetuados em larga escala (Pavão *et al.*, 2014, 2015, 2016). Desta forma quanto maior a biomassa, a cobertura vegetal, menor será o índice de reflexão, temperatura local, melhor será a qualidade do ar, maior será a contribuição para o clima da região, e maior é o efeito termohidrorregulador.

Assim, a energia disponível é usada para o processo de evapotranspiração, principalmente em áreas que apresentam grande disponibilidade hídrica como é o caso da região em estudo e na

floresta Amazônica (Silva e de Paula, 2009, Biudes *et al.*, 2009, 2015). Por outro lado, em áreas com baixa vegetação, como pastagem e áreas urbanas, o Rn é convertido prioritariamente em calor sensível, responsável pelo aquecimento do ar (Biudes *et al.*, 2009, 2015, Santos *et al.*, 2014, Fausto *et al.*, 2016).

A substituição da cobertura natural por áreas de pastagem ou cultivadas, alteram as características climáticas e radiativas, modificando o padrão das trocas de energias e massa na relação superfície-atmosfera (Biudes *et al.*, 2009, 2012, 2015, Pavão *et al.*, 2016).

Estudos sobre informações hidrológicas, climatológicas, agroecológicas e agroclimáticas tem aumentado, principalmente destinados a criação de modelos de bacias ou microbacias hidrográficas que levam em conta estudos sobre a topografia, declividade, solos e cobertura vegetal (Medeiros *et al.*, 2015).

O uso de sensoriamento remoto desempenha um papel importante ao monitoramento florestal, pois são de baixo custo e proporcionam oportunidades para mapear as mudanças na cobertura vegetal em grandes áreas (Devries *et al.*, 2015).

Sensoriamento remoto utilizando imagens de satélites emergiu como uma ferramenta chave para atender a crescente informação das necessidades dos gestores (Costantini *et al.*, 2012). Diferentes métodos foram desenvolvidos para quantificar mudanças sofridas na paisagem das florestas nas últimas décadas (Wu, 2013). A maioria deles envolve o uso de imagens de sensoriamento remoto e técnicas geoespaciais (Akin, 2009, Garcia-Pedrero *et al.*, 2015, Monmany *et al.*, 2015). Diversos trabalhos investigaram as mudanças sofridas no meio ambiente, usando a heterogeneidade espacial derivada de vários tipos de dados de sensoriamento remoto (Chen e Henebry, 2009).

Nos estudos mais recentes, a diferença normalizada para índice de vegetação (NDVI) tem sido utilizado para detectar e analisar a heterogeneidade espacial usando semvariogramas (Garrigues *et al.*, 2008, Balaguer-Beser *et al.*, 2013). Para isso, a ferramenta representa um vetor especialmente informativo de paisagens para análises de estruturas e mudanças temporais (Griffith *et al.*, 2002), tem sido vários estudos da dinâmica da vegetação devido a sua relação próxima para variáveis de interesses ecológicos, como a cobertura da vegetação, alteração e propagação de perturbações em múltiplas escalas (Zurlini *et al.*, 2006, Zaccarelli *et al.*, 2008).

Nesta perspectiva, técnicas de sensoriamento remoto, como a ferramenta NDVI, tem sido acoplada a modelos físicos de trocas de energia, possibilitando a obtenção e espacialização do albedo, do índice de cobertura vegetal, da temperatura da superfície e do Rn, com rapidez e muita precisão nos resultados (Giongo *et al.*, 2010, Silva *et al.*, 2011, Santos *et al.*, 2014, Fausto *et al.*, 2014).

Outra grande contribuição do sensoriamento remoto é a possibilidade de análise da evolução da mudança do uso do solo ao longo dos anos, com destaque ao sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 5 e do sensor Operational Land Imager (OLI) do Landsat 8, com dados disponíveis de 1984 a 2017.

A análise da Temperatura da Superfície Terrestre (TST), utilizando técnicas de sensoriamento remoto, são de grande valia, pois é um dos parâmetros de monitoramento para a mudança climática e também pode ser utilizada em outras áreas da ciência como na hidrologia, agricultura e planejamento urbano (Orphan *et al.*, 2014).

Com tais avanços das tecnologias, informações e impactos, o objetivo deste trabalho é analisar a evolução da dinâmica da vegetação e quais suas influências sobre a precipitação e clima da região, realizando um estudo temporal com a utilização de ferramentas de geoprocessamento e também um estudo de tendência de precipitação, através dos métodos de Mann-Kendall, Spearman e Sens, tendo disponíveis dados de série histórica de precipitação, assim, correlacionando-as com as mudanças na região.

Materiais e métodos

Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado no município de Paragominas, localizado na região sudeste do Estado do Pará, distante 214 Km da Capital do Estado, Belém, possuindo uma área de 19342.254 km², uma população de 97819 habitantes com uma densidade demográfica de 5.06 habitantes/km² segundo dados do IBGE (2010).

Segundo a classificação climática de Köppen, na região predomina o clima Equatorial Af, para classificar o clima das zonas geográficas caracterizadas pela elevada temperatura média do ar, entre 24°C e 27°C, com média mensal sempre superior a 18°C. A Figura 1 mostra a localização da área de estudo.

Antes o mesmo era intitulado como “município marrom” devido seu alto índice de desmatamento na região, sendo considerado em situação de alerta para a dimensão ambiental. No entanto, no período de 2000 a 2010, o mesmo saiu desta situação de alerta e foi classificado como aceitável, cenário este devido as ações de combates ao desmatamento e políticas públicas de reflorestamento de algumas áreas (de Oliveira, Gomes, Cabral, 2012).

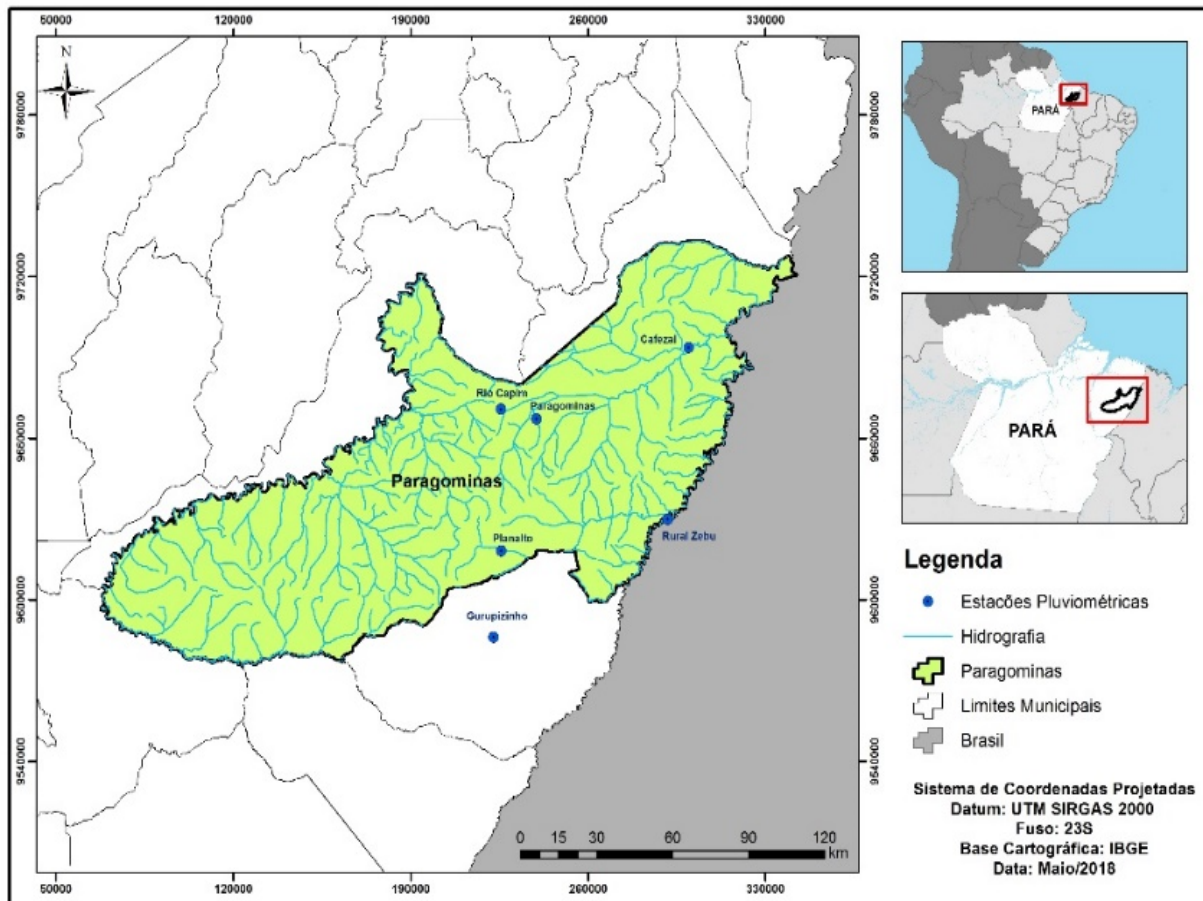


Figura 1. Localização do município de Paragominas-Pa.

Dados Pluviométricos e Temperatura

Neste trabalho foram utilizados dados de 5 estações pluviométricas, de um total de 9 estações instaladas no município de Paragominas, disponíveis no sistema de informações da Agência Nacional de Águas – ANA. Por intermédio destes foram construídos gráficos de precipitações mensais médias durante os períodos de análise, intercalado de 10 em 10 anos, começando pelo ano de 1987 a 1996, de 1997 a 2006 e de 2007 a 2017, para entender melhor o comportamento hidrológico da região.

Tal redução do número de estações utilizadas devem-se ao fato de que somente 5 estações possuem séries históricas maiores ou iguais a 30 anos, sem falhas e com boas consistências de dados, não havendo a necessidade de correções de falhas nas séries históricas, são elas: Estação Pluviométrica Cafezal, Fazenda Planalto, Fazenda Rural Zebu, Paragominas e Rio Capim, com

códigos de estações: 00247005, 00347002, 00346001, 00347000 e 00247006, respectivamente (Figura 1).

Processamento das Imagens

Para a análise do índice de vegetação e da temperatura de superfície foram adquiridas imagens do satélite Landsat 5 dos anos de 1987, 1996, 1997, 1998, 2007 e Landsat 8 para o ano de 2017 com uma resolução espacial de 30 metros, disponíveis no site do United States Geological Survey (USGS) referentes a órbita ponto 222/62, 223/62 e 223/63. Para a análise do ano de 1997 e 2007, foi utilizado as imagens do ano de 1996 e 2008, pois apresentavam menores áreas com presenças de nuvens.

Primeiramente, para a realização do NDVI, foi realizado a correção atmosférica nas imagens utilizando o complemento Semi- Automatic Classification Plugin (SCP) do software *Qgis 2.18*. A correção atmosférica é utilizada para a análise de dados multitemporais para deixar as imagens na mesma escala radiométrica e assim gerar os índices de vegetação e tem como objetivo principal minimizar os efeitos atmosféricos na radiância da imagem (Sanchez *et al.*, 2011). Posteriormente, foi realizado o mosaico das imagens no software *Envi 5.1* e o recorte na área de estudo foi realizado no software *Arcgis 10.5*. Nessa pesquisa, utilizou o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum WGS 84 e o fuso 23S.

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)

O NDVI é utilizado para analisar a densidade da vegetação e é bastante utilizado para as mudanças do uso e cobertura do solo (Lima *et al.*, 2013). Segundo a metodologia proposto por Pavão (2017) o NDVI é realizado pelas as bandas de reflectâncias do Vermelho e do Infravermelho próximo, e são utilizadas pois essas bandas são afetadas pela absorção da clorofila na vegetação e pela densidade da vegetação na superfície (Orphan *et al.*, 2014). Assim, o NDVI é calculado pela razão entre as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, de acordo com a Equação 1.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{(NIR + R)} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde,

NIR: Banda do infravermelho próximo,

R: Banda do vermelho.

Os valores deste índice de vegetação variam de -1 para + 1, quanto maior o índice, maior será a concentração da vegetação, enquanto que os valores negativos indicam a presença de áreas sem vegetação.

Dessa forma, para a análise do uso e cobertura do solo utilizou-se como parâmetro os valores do NDVI baseado na metodologia de Duarte, Ramos e Maciel (2017). De acordo com a tabela 1, estão as 4 classes utilizadas na pesquisa.

Tabela 1. Classes de uso do solo segundo o NDVI.

Classes Temática	Intervalo NDVI
Sem Vegetação	< 0
Vegetação Rala	0 a 0.2
Vegetação Esparsa	0.2 a 0.6
Vegetação Densa	0.6 a 1

As áreas sem vegetação, valores negativos, correspondem ao corpo hídrico, presença de nuvens e solo exposto, a classe de Vegetação Rala corresponde a áreas de agricultura, pastagem, as áreas de Vegetação Esparsa ocorrem áreas de vegetação secundária, capoeiras, reflorestamento e as áreas acima de 0.6 são consideradas Vegetação Densa e são consideradas áreas de florestas (Duarte, Ramos e Maciel, 2017).

Temperatura de Superfície

Para a extração da temperatura de superfície utilizou se as bandas termais 6 para o Landsat 5 e a banda 10 para o Landsat 8. Para estimar a TST a partir das bandas termais, primeiramente, os valores Número Digital (DN) de cada píxel foram convertidos em radiância, conforme a metodologia de Yakar e Orhan (2016), segundo a Equação 2.

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$

Equação (2)

Onde,

Lλ: Radiância espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm),

ML: Fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal,

Qcal: Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN,

AL: Fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal.

Após a obtenção dos dados da radiância, utilizou-se a Equação 3 para transformar os valores obtidos anteriormente em temperatura em Kelvin, baseado na metodologia de Coelho e Correa (2013), Yakar e Orhan (2016).

$$T = \frac{K2}{\ln \frac{K1}{\frac{L\lambda}{K1} + 1}}$$

Equação (3)

Onde,

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin,

K1 e K2: Constantes de calibração em Kelvin.

Para transformar a temperatura em graus Celsius (°C), o valor da temperatura em Kelvin foi subtraído por 273.15 (zero absoluto). O procedimento e confecção dos mapas desta etapa foram realizadas no *Arcgis 10.5*.

Análises de Tendências – Teste de MannKendall

O teste de Mann (1945) e Kendall (1975), que considera na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma, ou seja, uma série aleatória simples. Por tratar-se de um método não paramétrico, ele não requer distribuição normal dos dados.

A variável estatística S , para uma série de dados (n) do teste de Mann-Kendall é calculada a partir da somatória dos sinais (sgn) da diferença, par a par, de todos valores da série (x_i) em relação aos valores que a eles são futuros (x_j), expressa nas Equações 4 e 5.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(X_j - X_i) \quad \text{Equação (4)}$$

$$sgn(X_j - X_i) = \begin{cases} +1; & \text{se } X_j > X_i \\ 0; & \text{se } X_j = X_i \\ -1; & \text{se } X_j < X_i \end{cases} \quad \text{Equação (5)}$$

Quando n é maior ou igual a 10, a variável S pode ser comparada com uma distribuição normal, na qual a sua variância, $Var(S)$, pode ser obtida através da Equação 6, na qual i representa a quantidade de repetições de uma extensão i .

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n ti(i-1)(2i+5)}{18} \quad \text{Equação (6)}$$

O indicie ZMK segue a distribuição normal, na qual a sua média é igual a zero, valores positivos indicam uma tendência crescente e negativos tendências decrescentes. De acordo com o sinal de S , o indicie ZMK da distribuição normal é calculado a partir da Equação 7 abaixo:

$$\begin{aligned} Zmk &= \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{ para } S > 0 \\ Zmk &= 0; \text{ para } S = 0 \\ Zmk &= \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{ para } S < 0 \end{aligned} \quad \text{Equação (7)}$$

Por se tratar de um teste bicaudal, para rejeitar a H_0 é preciso que o valor absoluto de ZMK seja superior a $Z\alpha/2$. Como utilizamos um nível de confiança de 95% e 5% de significância, então, para $\alpha = 5\%$, $Z=1.96$, portanto será considerada que a série tenha uma tendência significativa ao nível de 5% caso $ZMK > 1.96$.

Análises de Tendências – Teste de Spearman

Spearman é um teste não-paramétrico semelhante ao Mann-Kendall, com potência uniforme para tendências lineares e não lineares e é comumente usado para verificar tendências em séries temporais (Partal e Kahya, 2006, Hamed, 2008). Baseia-se no cálculo do coeficiente de correlação das ordens (ranks) respectivas de x e de y no conjunto de todos os pares de valores. O coeficiente de Spearman é calculado pela Equação 8 abaixo:

$$\rho_s = 1 - \frac{6}{n^3 - n} \sum_{i=1}^n (R_{xi} - R_{yj})^2 \quad \text{Equação (8)}$$

Onde,

R_{xi} : Ordem do elemento X_i na série em ordem natural,

R_{yj} : Ordem do elemento X_i na série na forma crescente,

n : Número de elementos da amostra.

O coeficiente de Spearman é uma variável aleatória com distribuição simétrica, com média e variância mostradas na Equação 9.

$$E(\rho_s) = 0 \text{ e } var(\rho_s) = \frac{1}{n-1} \quad \text{Equação (9)}$$

A estatística do teste é dada pela Equação 10 a seguir:

$$T_{n-2} = \sqrt{\frac{(n-2)\rho_s^2}{(1-\rho_s^2)}} \quad \text{Equação (10)}$$

Desta forma, compara-se a estatística t_{n-2} calculada pela Equação 10 com o valor de t da tabela de t de Student, para nível de significância de 5%. Se o valor calculado t_{n-2} for maior que o valor de tabela $t_{n-2,\alpha}$ rejeita-se a hipótese de independência das amostras x e y.

Análises de Tendências – Teste de Sen Slope (Sen's)

Sen's (1968), o qual, tal como descrito por Portela et al. (2011) e Tao et al. (2014), é estimado através da estatística Q, dada pela Equação 11 abaixo:

$$Q_{ij} = \frac{x_j - x_i}{j - i} \text{ com } i < j$$

Equação (11)

Onde,

x_i e x_j : Valores da variável em estudo nos anos i e j .

Valor positivo ou negativo para Q indica tendência crescente ou decrescente, respectivamente. Se há n valores na série analisada, então o número de pares estimados de Q é dado por $N = n(n - 1)/2$. O estimador de declive de Sen é a mediana dos N valores de Q_{ij} .

Resultados e discussão

As mudanças sobre a vegetação densa estão relacionadas com a substituições das mesmas por áreas antropizadas entre 1987 a 2017 conforme estudo mostrado na Tabela 2. Essa substituição, no quadrante de estudo, é de aproximadamente 1.73%, que corresponde a uma área de 313.56km², nos últimos 30 anos, onde percebeu-se que essa variação da cobertura vegetal densa foi substituída por vegetação rala (Agricultura, Pastagem e/ou principalmente Soja). Tais substituições da cobertura vegetal observadas durante a pesquisa e também por Pongratz *et al.* (2006) tendem a mostrar que os impactos gerados por estas são resultados de combinações de fatores culminando em diferentes impactos ambientais, e Costa e Yanagi (2006), Betts *et al.* (2007) também em função do tipo de cobertura substituída.

Tendo como base a imagem de 1987, fez-se a comparação das áreas, de tal forma que a área na primeira década de análise a vegetação densa aumentou em 3.04% em 1997. Em 2007, esse houve uma redução da cobertura vegetal densa de 5.48% em relação a análise de 1997, posteriormente em 2017 esta área já concebia 15344.91 km² tendo como redução da cobertura em 0.71 %, conforme ilustrado na Figura 2 e na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2. Tabela de proporção de área por tipo de vegetação ao longo do período analisado para o município de Paragominas-PA.

Classes	1987		1997		2007		2017	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Sem Vegetação	332.42	1.72	130.3	0.67	97.31	0.5	37.89	0.2
Vegetação Rala	306.02	1.58	154.63	0.8	760.85	3.92	692.49	3.57
Vegetação Esparsa	3072.07	15.86	2841.1	14.65	3332.04	17.18	3322.09	17.13
Vegetação Densa	15658.47	80.84	16271.39	83.88	15207.14	78.4	15344.91	79.11

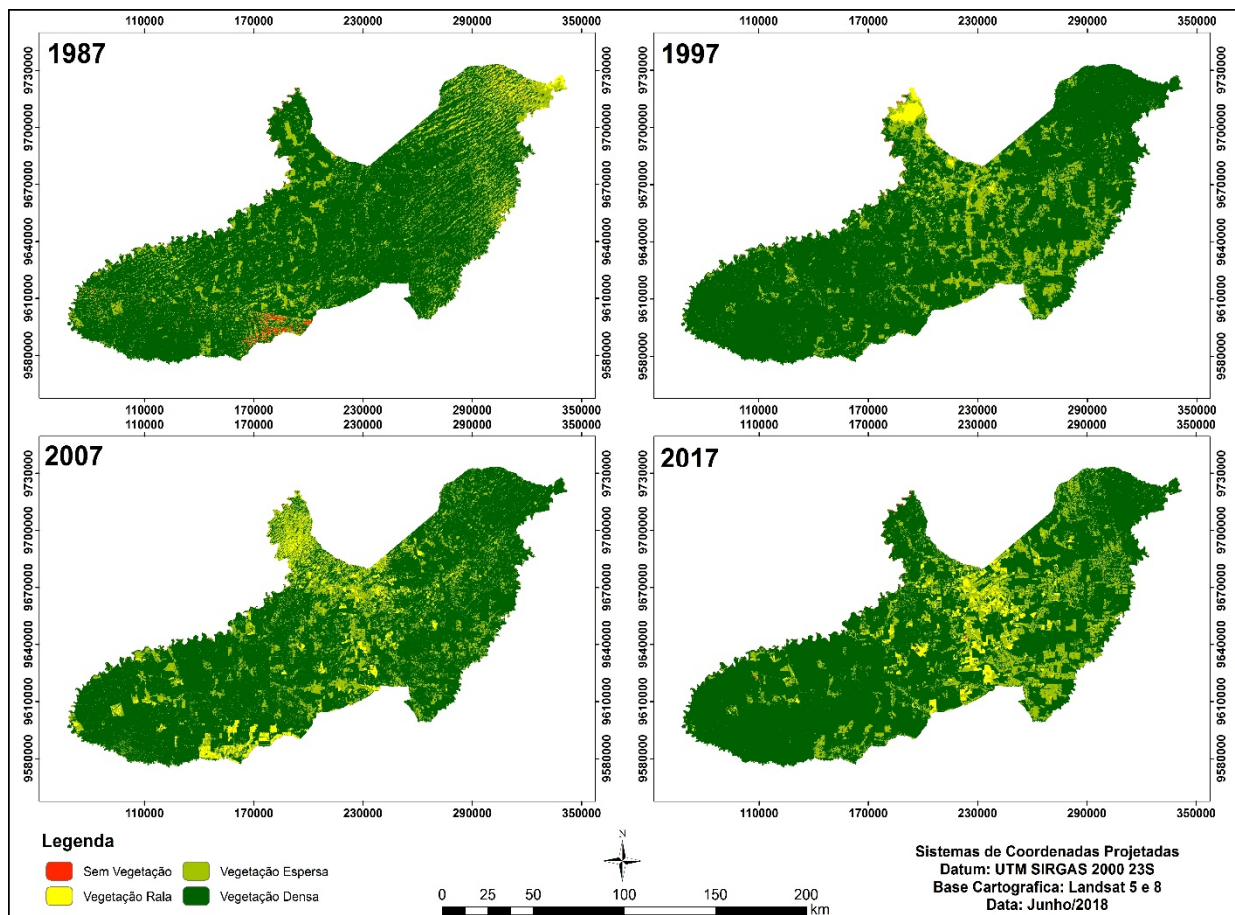


Figura 2. Dinâmica da Vegetação gerada pelo NDVI no município de Paragominas-PA.

O município de Paragominas em 2010 saiu da lista dos municípios com grandes índices de desmatamentos, onde ganhou o título de “Município Verde”, através do Programa Municípios Verdes (PMV) e de uma série de medidas que foram decisivas no combate ao desmatamento na Amazônia, as quais entre essas medidas, o decreto 6.321 foi o ponto de partida para as ações que culminaram na maior operação para viabilização de um novo modelo de desenvolvimento na região, em virtude de ações de priorização de monitoramento e controle do desmatamento (Guimarães *et al.*, 2011). No entanto, como dito anteriormente, apesar do desmatamento ter sofrido uma queda, o avanço de cultivo de soja, minérios e da agropecuária ainda trazem problemas ambientais e acabam mascarando os dados.

Assim, como verificado através das imagens, a diminuição na cobertura de vegetação sobre a região pode alterar o padrão da precipitação na mesma região e em municípios próximos, resultando na diminuição o total de vapor de água originada nela, como consequência da diminuição da evapotranspiração observada, fato semelhante ao estudado por Silva (2014).

A concentração de políticas de desenvolvimento e de ocupação do território, impulsionou a expansão da agropecuária no estado, culminando em uma denominação chamada de “O Arco do Desmatamento”, em 1960. Na década de 90, foi alvo de políticas de combate ao desmatamento. Contudo, as procuras por terras na região norte do Brasil ainda eram pequenas devido às dificuldades de acesso, porém com o avanço das explorações a população alcançou 97819 mil habitantes em 2010 (IBGE).

Conforme os dados de precipitação obtidos através do estudo das 5 estações pluviométricas da área de estudo (Figuras 5 a 8), onde houve uma pequena variação ao longo dos anos, onde, segundo Souza *et al.*, (2013) é possível que haja um pequeno aumento da temperatura em virtude de outras variáveis, gerando uma alteração na evapotranspiração, podendo ocasionar o estresse hídrico em algumas épocas do ano.

Como observado ao longo da série histórica e extraídos das imagens termais do Landsat 5 e 8, houve um aumento na temperatura média (Tabela 3). No contexto das mudanças climáticas, pequenas variações da mesma podem gerar em alguns sistemas um efeito com consequências negativas acerca da produtividade, conforto térmico e ao ecossistema (Zhao e Running, 2010).

Segundo Silva (2014) a relação dos componentes do balanço hídrico, tendem a resultar em um aumento da evapotranspiração e da transpiração, enquanto que a evaporação e a infiltração de água no solo tendem a diminuir podendo ocasionar problemas de estresses hídricos. A Figura 3 e a Tabela 3 a seguir ilustra as mudanças de temperatura ao longo da série estudada:

Tabela 3. Temperatura Média ao longo da série histórica no município de Paragominas-PA.

Anos	Temperatura Média (°C)
1987	22.21
1997	21.28
2007	22.67
2017	24.47

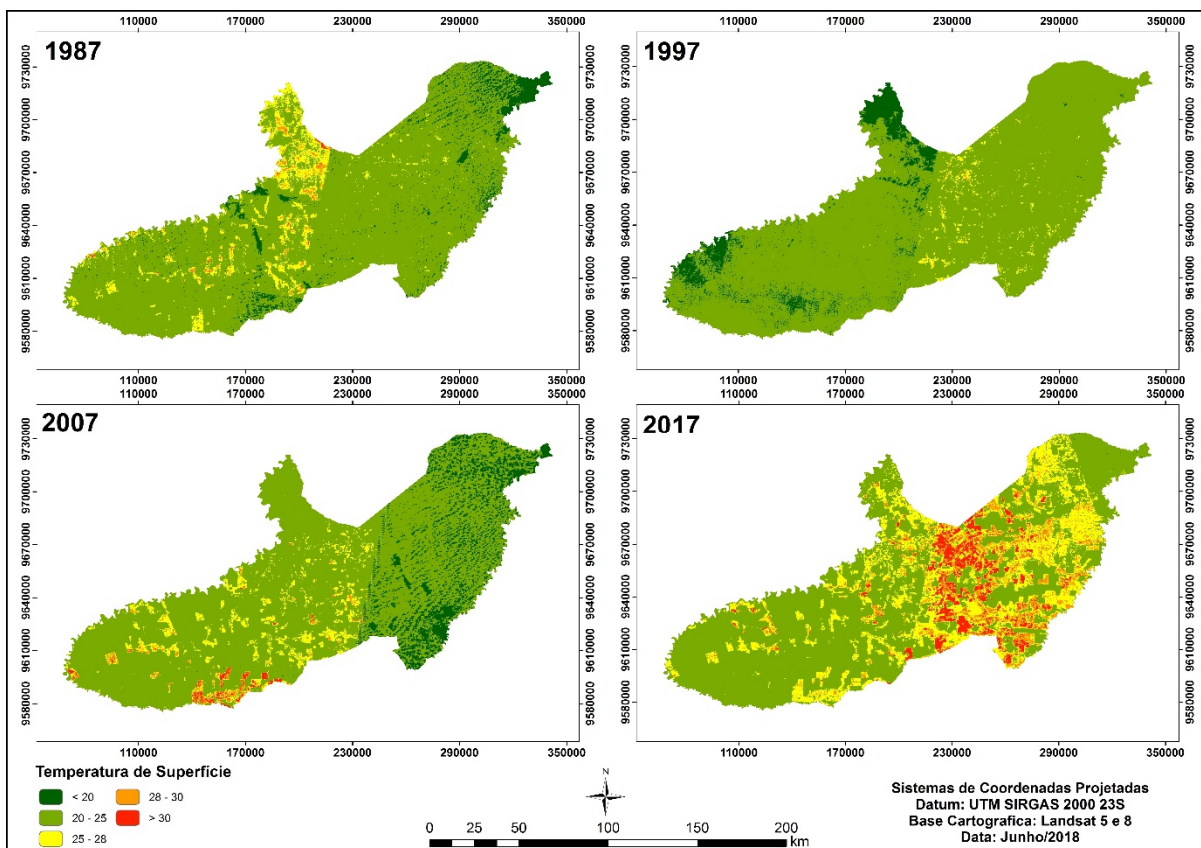


Figura 3. Temperatura de Superfície gerada pela banda Termal Landsat 5 e 8 no município de Paragominas-PA.

Como percebe-se na Tabela 3, a temperatura de superfície no município aumentou consideravelmente, variando em média 22.21 °C em 1987 a 24.47°C em 2017, tendo uma variação de 2.26°C, onde segundo Nobre *et al.* (2011) pode ocasionar a inviabilidade de algumas práticas agrícolas para os anos seguintes, bem como outros problemas hidrológicos. Assim, analisando a Figura 3, identificou-se que as áreas com vegetações mais ralas apresentaram um maior valor de temperatura de superfície.

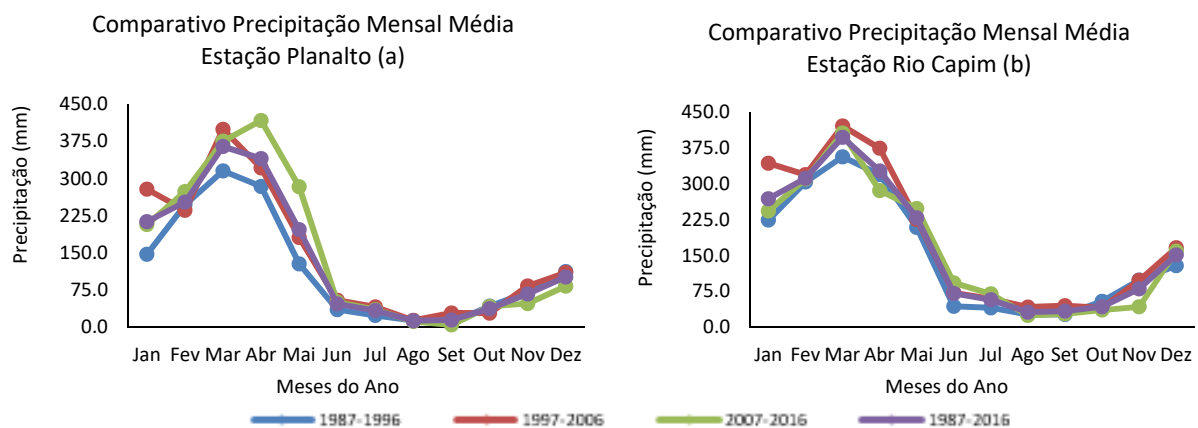
Ao se comparar os dados e as vegetações, a radiação refletida na superfície variaram, devido a substituições e algumas áreas densas por vegetações mais ralas, como a soja, gerando assim um aumento do índice de reflexão de radiação na superfície (Albedo), ou seja, indicando que houve uma variação da cobertura vegetal e consequentemente gerando um aumento de temperatura na região. Impacto também observado por Von Randow *et al.* (2004) que em seu estudo encontrou um impacto negativo no saldo de radiação devido à substituição da floresta por pastos na Amazônia, evidenciando que a substituição da vegetação natural por outras afeta o meio ambiente.

Apesar de ter sido observado impactos na área, outros encontrados in loco podem ser maiores ou menores, pois não foram considerados possíveis efeitos gerados por diferentes interações no sistema solo-planta-atmosfera (Betts *et al.*, 2007), assim podendo suavizar impactos observados localmente. Um dos problemas de ordem climatológica em relação a substituição da cobertura vegetal na Amazônia é a modificação da superfície, mudança no albedo, tendo impactos nos processos de trocas gasosas entre a superfície e a atmosfera (Souza *et al.*, 2013).

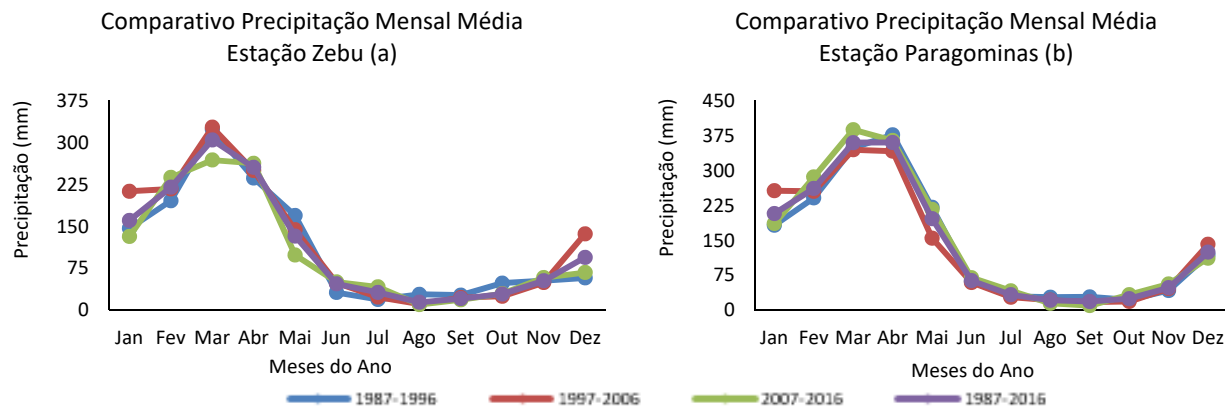
Os períodos aqui estudados para o município de Paragominas são caracterizados por uma distribuição de chuvas que se aproximam da climatologia, ou seja, com um média histórica de dados referente ao mínimo para compreender um pouco o comportamento da região, ou seja, de 30 anos de dados registrados pela Agência Nacional de Águas – ANA.

Primeiro analisou-se os eventos extremos de precipitação pluviométrica mensal média de todas as estações pluviométricas no período estudado e observou-se o mês que houve o maior valor de chuva médio foi o mês de março da série 1997/2006 com 420.8 mm e a precipitação mínima encontrada foi de 9.5 mm, em agosto, da série histórica de 2007/2017.

Nas Figuras 4 a 6, fez-se o levantamento das 5 estações pluviométricas da região e com base nos 420 dados foi gerado o comportamento da precipitação intercalando períodos de 10 anos e 421 relacionou-se com a média mensal no período de 30 anos. Percebeu-se que a análise intercalada se aproximou da série histórica, onde pode-se dizer que não houve eventos extremos que pudessem influenciar durante os períodos, com a exceção do mês de abril a maio das estações pluviométricas de Planalto e Cafezal, das quais se afastaram suavemente da série histórica. Tal fato pode estar associado a ocorrência do evento de La Niña entre os anos de 2007 a 2008, gerando valores anômalos de precipitação acima da média, conforme verificado por Andrade *et al.* (2011).



Figuras 4. Precipitação Mensal média da Estação Pluviométrica: a) Planalto; b) Rio Capim.



Figuras 5. Precipitação Mensal média da Estação Pluviométrica: a) Zebu; b) Paragominas.

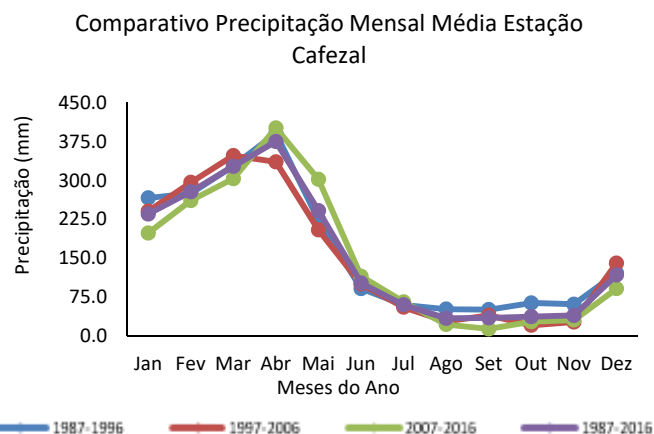


Figura 6. Gráfico da Precipitação Mensal média da Estação Pluviométrica Cafezal.

Em todas as estações analisadas, independente do período, a precipitação seguiu, na maioria, o comportamento da média climatológica, o que valida a análise intercalada dos dados, sendo assim não variando muito durante a série temporal.

A Figura 7 a seguir ilustra o comportamento da precipitação no Estado do Pará, como observado na Referência 1 e 2 (R1) e (R2), semelhante ao observado nas 5 estações em Paragominas.

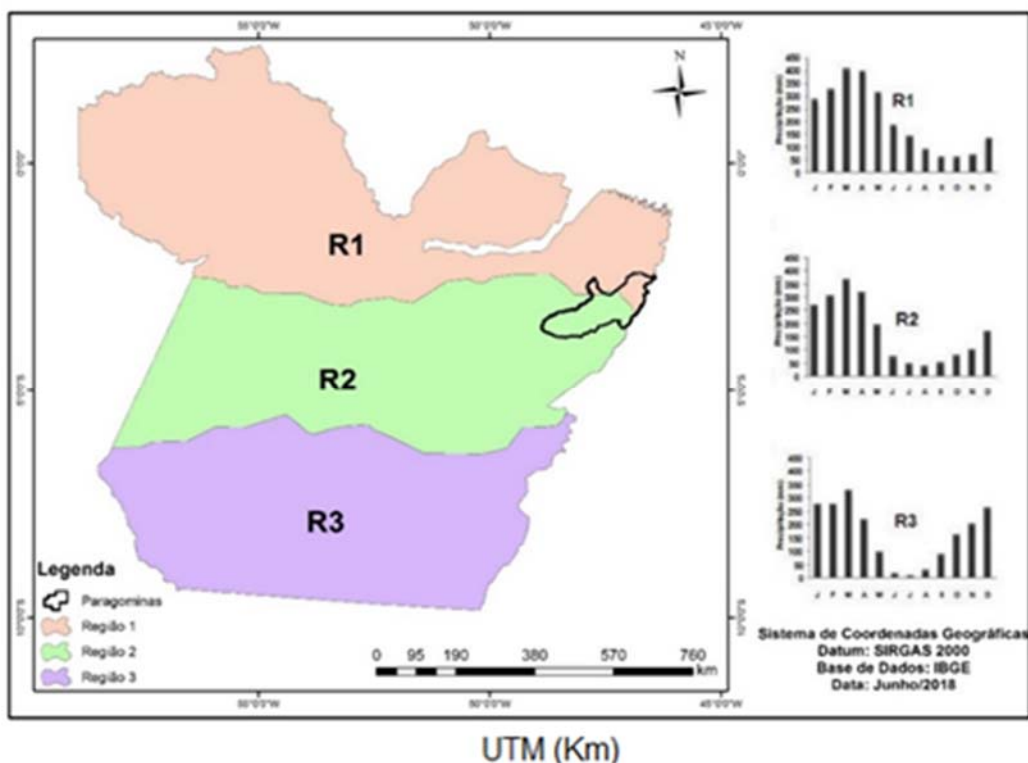


Figura 7. Regiões Homogêneas e Precipitação Mensal Média no Estado do Pará. Adaptado de Menezes, Fernandes e Rocha, 2015.

O período chuvoso inicia-se no mês de dezembro com chuvas de pré-estação e prolonga-se até o mês de maio, tendo como mês mais chuvoso o mês de março e/ou abril, e os meses com menores índices pluviométricos ocorrem entre junho a novembro, com menores precipitações entre agosto e setembro.

Tal análise é semelhante aos estudos no mesmo município (Pinto *et al.*, 2009, Monteiro *et al.*, 2009, Andrade, 2011) onde afirmam que o mesmo tem um período chuvoso de dezembro a maio e outro de menor precipitação entre junho e novembro. Possui um índice pluviométrico anual médio de 1243.6 mm registrado nas 5 estações estudadas, com média de 33.8 anos de observação estão representados nas Figuras de 4 a 8 e semelhante a pesquisa de Santos *et al.* (2015), onde o município de Paragominas aparece com precipitação anual média entre 1400 mm, conforme na Figura 8 abaixo, e também ao estudo de Bastos *et al.* (2010) onde afirmou que a média para a região é próxima de 1600 mm (1973 – 2004).

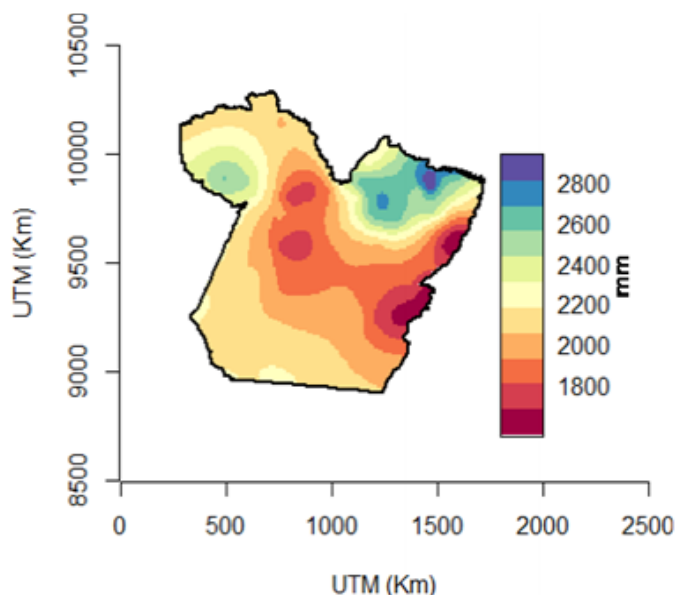


Figura 8. Mapa de distribuição da precipitação anual média (mm) do Estado do Pará. Retirado de Santos *et al.* (2015).

Como observado nas 5 estações em análises o período mais chuvoso para a estação pluviométrica Cafezal foi entre os anos de 1987 a 1996, com um total médio de 1981.3 mm/ano. Para as seguintes estações o período com mais precipitação entre os anos de 1997 a 2006, foram: Rio Capim e Zebu, com um total de 2206.0 mm e 1466.8 mm consecutivamente. As estações que obtiveram precipitações maiores entre os anos de 2007 a 2017 foram: Estação Pluviométrica Paragominas e Planalto, com 1776.9 mm e 1830.1 mm consecutivamente.

As espacializações das informações de precipitações foram feitas abaixo (Figura 9), onde em algumas estações podemos observar que houveram falhas nos dados obtidos. A maior falha encontrada na série temporal foi na estação pluviométrica de Rural Zebu, de 1985 a 1986 e também de 1988 a 1990, em outras estações pequenas falhas foram encontradas em alguns meses da série histórica, como na estação Paragominas, onde a falha está em todos os meses do ano de 1991.

É importante mostrar as falhas dos dados para ressaltar a importância dos estudos hidrológicos na região, portanto, os estudos das tendências de precipitações das estações foram feitos para tentar correlacionar com os dados obtidos dos usos e cobertura do solo, permitindo um melhor entendimento acerca disso.

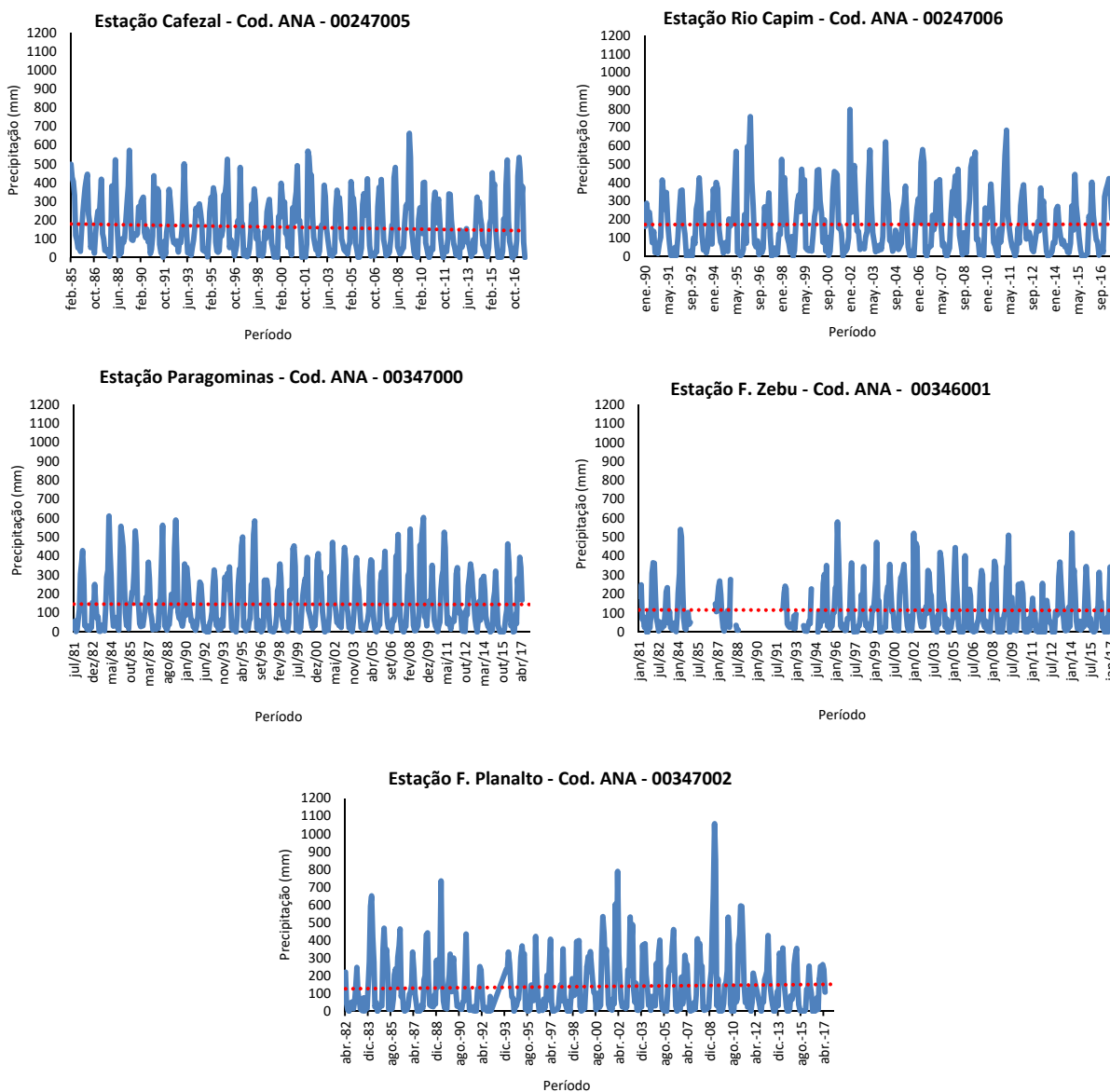


Figura 9. Espacialização de Precipitação.

Para a avaliação da ocorrência de tendências nas séries históricas foram utilizados três testes estatísticos não paramétricos: Spearman, Mann-Kendall e Sen's Slope, quantificados por meio dos softwares *Xlstat (Free Version)* e *R i386*. O nível de significância adotado para a realização dos testes foi de $\alpha = 5\%$, com grau de confiança de 95% e valor crítico $Z \frac{\alpha}{2} = 1.96$, assim os métodos apresentaram os seguintes resultados, de acordo com a Tabela 4 abaixo.

Tabela 4. Análise de Tendências nas estações de estudo.

Estações	Spearman		Mann-Kendall		Sen's Slope		
	R	T (N-2)	P-value	Kendall Tau	Z	P-value	Value
Cafezal - 00247005	-0.1172	-2.3085	0.02151	-0.0798	-2.3374	0.01943	-0.0034
Rio Capim - 00247006	0.00933	0.16741	0.86715	0.00717	0.19255	0.84732	0.00851
Zebu - 00346001	-0.0525	-0.9981	0.31891	-0.0366	-1.0394	0.29862	-0.0484
Paragominas - 00347000	-0.0048	-0.0972	0.92263	-0.0031	-0.0928	0.92609	-0.0016
Planalto - 00347002	0.01655	0.33261	0.7396	0.0116	0.34922	0.72692	0.00016

Quando se tem um P-value menor que 0.05 há tendência de precipitação na estação pluviométrica. Desta maneira procurou-se analisar os 3 métodos e tentar correlacioná-los para ver a tendência nos mesmos. Sendo assim, o método de Spearman a estação de Cafezal foi a única que apresentou tendência em sua análise, as demais não apresentaram. Ao se analisar o método de Mann-Kendall o mesmo padrão se repetiu, apresentando valores bem próximos do método de Spearman.

Estudos feitos por Santos, Lucio e Silva (2015) sugerem que as tendências negativas em algumas regiões da Amazônia podem estar relacionadas ao “arco do desmatamento”, passando pelo leste do Pará. Esta área tem influenciado significativamente o ciclo hidrológico destas regiões.

Para o cálculo do método de Sen's, excluímos as falhas da série histórica e trabalhamos somente com os dados obtidos da ANA, assim, apresentando resultados do aumento ou da diminuição da lâmina d'água em milímetros por ano. Desta forma, apesar de algumas estações não terem apresentado tendências nos métodos anteriores, as mesmas têm um leve aumento ou diminuição da lamina d'água ao longo do tempo, ao exemplo de Zebu, onde apresentou uma diminuição de 0.048 mm/ano. Já a estação de Rio Capim, apresentou uma tendência de aumento da lamina d'água em 0.008 mm/ano. Se levar em consideração um período de 30 anos, há um aumento/diminuição notável das mesmas em termos hidrológicos, conforme registrado pela Figura 9.

Em alguns estudos há precipitações que apresentam tendências negativas (Rocha *et al.*, 2017), e outros não apresentam tendências quando se analisam os dados da série histórica (Mesquita *et al.*, 2017), porém, analisando mensalmente a precipitação ocorre a diminuição ou crescimento da precipitação, demonstrando que os períodos analisados induzem nas mudanças de resultados.

Vale ressaltar que municípios que faziam parte “arco do desmatamento” sofreram influências nos seus regimes pluviométricos com a degradação das matas, além dos fenômenos El Nino e La Nina que influenciam moderadamente ou não nas condições hidrológicas.

Conclusão

A metodologia utilizada na pesquisa se mostrou de grande valia pois as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, como NDVI e TST, permitem analisar o comportamento das mudanças na região, como mudanças climáticas e variação na cobertura de superfície.

Os resultados confirmaram a hipótese da mudança do uso e ocupação do solo bem como sua influência hidrológica e climatológica na região, onde podemos observar na pesquisa algumas variações no índice de reflexão, albedo, cobertura vegetal e tendências de precipitações que contribuíram para o aumento da temperatura média no município.

A substituições de áreas densas por áreas mais ralas foi evidenciada devido as práticas agrícolas, ressaltando que apesar do município ter sido intitulado de “município verde”, o mesmo necessita de estudos mais aprofundados acerca da temática que a mudança da cobertura vegetal ocasiona na região. Deixando assim uma contribuição para possíveis pesquisas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, a CAPES pela concessão de bolsa de estudo e a Universidade Federal do Pará.

Referências bibliográficas:

- Andrade, F. S. (2011) Variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará. *Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, **8**, 138-145.
- Artaxo, P., Dias, M. A. F. D. S., Nagy, L., Luizão, F. J., Cunha, H. B. D., Quesada, C. A., Krusche, A. (2014) Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. *Ciência e Cultura*, **66**, 41-46.
- Balaguer, A., Ruiz, L. A., Hermosilla, T., Recio, J. A. (2010) Definition of a comprehensive set of texture semivariogram features and their evaluation for object-oriented image classification. *Computers & Geosciences*, **36**(2), 231-240.
- Balaguer-Beser, A., Ruiz, L., Hermosilla, T. E., Recio, J. (2013) Using semivariogram indices to analyse heterogeneity in spatial patterns in remotely sensed images. *Computers and Geosciences*, **50**, 115-127.
- Bastos, T. X., Silva, G., Pacheco, N. A., Figueiredo, R. D. O. (2006) Informações Agroclimáticas do Município de Paragominas para o Planejamento Agrícola. Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE) In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, **14**, Florianópolis. Anais. Florianópolis: SBMET.

- Berberoglu, S., Akin, A. (2009) Assessing different remote sensing techniques to detect 584 land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **11**(1), 586-603.
- Betts, A. K., Desjardins, R.L., Worth, D. (2007) Impact of agriculture, forest and cloud feedback on the surface energy budget in BOREAS. *Agriculture and Forest Meteorology*, **142**, 156-169.
- Biudes, M. S., Campelo Junior, J. H., Nogueira, J. S., Sanches, L. (2009) Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método de Bowen. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **24**(2), 135-143.
- Biudes, M. S., Nogueira, J. D. S., Dalmagro, H. J., Machado, N. G., Danelichen, V. H. M., Souza, M. C. (2012) Mudança no microclima provocada pela conversão de uma Floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, **10**, 61-68.
- Biudes, M. S., Vourlitis, G. L., Machado, N. G., de Arruda, P. H. Z., Neves, G. A. R., de Almeida Lobo, F., de Souza Nogueira, J. (2015) Patterns of energy Exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, **202**, 112-124.
- Climate-Data (2018) Clima do município de Paragominas-Pa. Acesso em 30 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/714961>
- Coelho, A. L. N., Correa, W. D. S. C. (2013) Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica*, **7**(1), 31-45.
- Costa, M. H., Yanagy, S. M. N. (2006) Effects of Amazon deforestation on the regional climate – historical perspective, current and future research. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **21**(3), 200- 211.
- Costantini, M. L., Zaccarelli, N., Mandrone, S., Rossi, D., Calizza, E. E., Rossi, L. (2012) NDVI spatial pattern and the potential fragility of mixed forested areas in volcanic lake watersheds. *Forest Ecology and Management*, **285**, 133–141.
- de Oliveira, R. D. S., Gomes, S. C., Cabral, E. R. (2017) Da condição de município “Marrom” a município “Verde”: o caso de Paragominas–PA. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, **4**(2), 122-139.
- Devries, B., Pratihast, A. K., Verbesselt, J., Kooistra, L. E., Herold, M. (2016) Characterizing forest change using community-based monitoring data and landsat time series. *PLoS ONE*, **11**(3), 1–25.
- Devries, B., Verbesselt, J., Kooistra, L., Herold, M. (2015) Robust monitoring of small-scale forest disturbances in a tropical montane forest using Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, **161**, 107–121.
- Domingues, M. S., Bermann, C. (2012) O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. *Ambiente & Sociedade*, **15**(2), p. 1-13.
- Duarte, J, F. S. Ramos, A. J. R. Maciel, M. N. M. (2017) Avaliação da cobertura vegetal em áreas de preservação permanente em Mojuí dos Campos – PA através do NDVI. *Revista Seminário Estadual de Águas e Florestas*, edição 2017.
- Elhag, M., Psilovikos, A., Manakos, I., Perakis, K. (2011) Application of the Sebs water balance model in estimating daily evapotranspiration and evaporative fraction from remote sensing data over the Nile Delta. *Water Resources Management*, **25**(11), 2731–2742.
- Fausto, M. A., Angelini, L. P., Marques, H. O., Silva Filho, A., Machado, N. G., Biudes, M. S. (2016) Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. *Ambiente & Água -An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, **11**(2), 350-361.
- Fausto, M. A., Machado, N. G., Nogueira J. S., Biudes, M.S. (2014) Net radiation estimated by remote sensing in Cerrado areas in the Upper Paraguay River Basin. *Journal of Applied Remote Sensing*, **8**(1), 1-17.
- Fearnside, P. M. (2003) *Homem e ambiente na Amazônia*. A Floresta amazônica nas mudanças globais. Manaus: INPA, 2003.
- Ferreira, L. V., Venticinque, E., Almeida, S. (2005) O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. *Estudos avançados*, **19**(53), 157–166.
- Garcia-Pedrero, A., Gonzalo-Martin, C., Fonseca-Luengo, D. E., Lillo-Saavedra, M. (2015) A Geobia methodology for fragmented agricultural landscapes. *Remote Sensing*, **7**(1), 767–787.

- Garrigues, S., Allard, D., Baret, F. (2008) Modeling temporal changes in surface spatial heterogeneity over an agricultural site. *Remote Sensing of Environment*, **112**(2), 588–602.
- Garrigues, S., Allard, D., Baret, F., Morisette, J. (2008) Multivariate quantification of landscape spatial heterogeneity using variogram models. *Remote Sensing of Environment*, **112**(1), 216–230.
- Giongo, P.R., Moura, G.B.A., Silva, B.B., Rocha, H.R., Medeiros, S.R.R., Nazareno, A.C. (2010) Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, **14**(3), 279-287.
- Griffith, J. A., Martinko, E. A., Whistler, J. L., Price, K. P. (2002) Preliminary comparison of landscape pattern normalized difference vegetation index (NDVI) relationships to Central Plains stream conditions. *Journal of environmental quality*, **31**(3), 846–859.
- Guimarães, J., Veríssimo, A., Amaral, P., Pinto, A., e Demachki, A. (2013) Municípios verdes caminhos para a sustentabilidade. *Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon)*, 334-354.
- Hamed K. (2008) Trend Detection in Hydrologic Data: The Mann-Kendall Trend Test Under the Scaling Hypothesis. *Journal of Hydrology*, **349**, 350 – 363. 2008. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2007.11.009.
- Henebry, G. M. (1993) Detecting change in grasslands using measures of spatial dependence with landsat TM data. *Remote Sensing of Environment*, **46**(2), 223–234.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Cidades. Censo. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em: 12 de fevereiro de 2019.
- INPE (2015) Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Acesso em: 30 de março de 2019. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>.
- Kendall, M. G. (1975) Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London.
- Lima, G. C., Silva, M. L. N., Curi, N., Silva, M. A. D., Oliveira, A. H., Avanzi, J. C., e Ummus, M. E. (2013) Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN) Revista Ambiente & Água, - An Interdisciplinary. *Journal of Applied Science*, **8**(2)
- Koppen, W., Geiger, G. (2019). Classificação climática de Köppen-Geiger. Acesso em 21 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>
- Mann, H. B. (1945) Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, **13**, 245-259
- Medeiros, R. M., Daris C. Santos, Paulo R. M. Francisco, M. F, Gomes, F. (2015) Análise hidroclimática da região de São João do Cariri-pb. *Revista Educação Agrícola Superior*, **30**(2), 59-65.
- Menezes, F. P., Fernandes, L. L., Rocha, E. J. P. (2015) O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, **16**.
- Mesquita, D. A, Rocha, G. S., Fernandes, L. L., Silveira, R. N. P., Silva, M. N. A. (2017) Análise de tendência em série temporal, estação pluviométrica São Francisco, Laranjal do Jari – AP. *Anais Congresso ABES, FENASAN 2017*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp.
- Monteiro, M. D. A., Coelho, M. C. N., e Barbosa, E. J. S. (2009) Atlas Sócio Ambiental: municípios de Tomé-Açú, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Paragominas e Ulianópolis. *Núcleo de Altos Estudos Amazônicos*.
- Nobre, P, Oyama, M. D., Oliveira, G. S., Tomasella, J. (2011) Impactos de mudanças climáticas globais na hidrologia do semiárido do Nordeste brasileiro para o final do século XXI. *Revista Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*, **1**, 425-439.
- Orhan, O. Ekerin, S. Celik, F. D. (2014) Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey. *The Scientific World Journal*, **2014**.
- Partal, T., Kahya, E. (2006) Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. *Hydrological Processes*, **20**.
- Pavão, V. M., Querino, C. A. S., Beneditti, C. A., Pavão, L. L., da Silva Querino, J. K. A., Machado, N. G., e Biudes, M. S. (2015) Temperatura e albedo da superfície por imagens TM Landsat 5 em diferentes usos do solo no Sudoeste da Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia*, **16**, 169-183.

- Pavão, V. M., Querino, C. A. S., Beneditti, C. A., Pavão, L. L., da Silva Querino, J. K. A., Machado, 680 N. G., e Biudes, M. S. (2016) Variação espacial e temporal do saldo de radiação superficial em uma área do sul do Amazonas, Brasil. *Revista Raega, Espaço Geográfico em Análise*, **37**, 333-352.
- Pavão, V. M., Querino, C. A. S., da Silva Querino, J. K. A., da Silva Martins, P. A., Siqueira, L. F., de Oliveira Leite, L., e Biudes, M. S. (2014) Análise da radiação solar global (R_g) e albedo superficial sobre um ecossistema de Floresta nativa em Humaitá AM durante o período chuvoso. *Revista EDUCAmazônia - Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, **12**, 42-56.
- Pinto, A., Amaral, P., Souza Jr, C., Verissimo, A., Salomão, R., Gomes, G., e Balieiro, C. (2009) Diagnóstico socioeconômico e florestal de Paragominas. Relatório Técnico: *Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon*, **1**, 2009.
- Pongratz, J., Bounoua, L., Defries, R.S., Morton, D.C., Anderson, L.O. (2006) The impact of land cover change on surface energy and water balance in Mato Grosso, Brazil. *Earth Interactions*, **10**(19), 1-17.
- Portela, M. M., Quintela, A. C., Santos, J. F., Vaz, C, Martins, C. (2011) Tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas. *Associação Portuguesa de Recursos Hídricos (APRH)*, **32**(1), 43-60.
- Rocha, G. S., Fernandes, L. L., Silveira, R. N. P., Silva, M. N. A. Mesquita, D. A. (2017) Análise de tendência da precipitação pluviométrica através de métodos estatísticos não paramétricos para o município de monte do Carmo/TO. *Congresso ABES, FENASAN 2017. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp*.
- Sanches, I. D. A., Andrade, R. G., Quartaroli, C. F., Rodrigues, C. A. G. (2011) Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5-TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. In: Embrapa Monitoramento por Satélite-Artigo em anais de congresso (ALICE) In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, **15**, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, 2011.
- Santos, C. A. C., Wanderley, R. L. N., Araújo, A. L., Bezerra, B. G. (2014) Obtenção do saldo de radiação em áreas de pastagem e Floresta na Amazônia (estação seca) através do sensor MODIS. *Revista brasileira de meteorologia*, **29**(3), 420-432.
- Santos, E. B., Lucio, P. S., Silva, C. M. S. (2015) Análise de tendência de precipitação diária na Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, **8**(4), 1041-1052.
- Sen, P. K. (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American statistical association*, **63**, 1379-1389.
- Silva, B. B., Braga, A. C., Braga, C. C. (2011) Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo - PB mediante imagens orbitais. *Revista Caatinga*, **24**, 145-152.
- Silva, B. B., Lopes, G. M., Azevedo, P. V. (2005) Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 -TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, **13**(2), 201-211.
- Silva, R. (2014) Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **29**, 111 – 120.
- Silva, R. W. C., de Paula, B. L. (2009) Causa do aquecimento global: antropogênica vs. natural. *Terra e Didática*, **5**(719.1), 42-49.
- Souza, P. J. O. P., Ribeiro, A., Rocha, E. J. P., Loureiro, R. S., Bispo, C. J. C. (2010) Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **14**(1): 65-73.
- Tao, H., Fraederich, K., Menz, C., Zhai, J. (2014) Trends in extreme temperature indices in the Poyang Lake Basin, China. *Stochastic environmental research and risk assessment*, **28**, 1543-1553.
- United States Geological Service – USGS. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: 27 de fevereiro de 2019.
- Wu, J. (2013) Key concepts and research topics in landscape ecology revisited: 30 years after the Allerton Park workshop. *Landscape Ecology*, 1–11.



- Yakar, M. O (2016) Investigating Land Surface Temperature Changes Using Landsat 728 Data in Konya, Turkey. The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **730**, 12–19.
- Zaccarelli, N., Riitters, K., Petrosillo, I. E., Zurlini, G. (2008) Indicating disturbance content and context for preserved areas. *Ecological Indicators*, **8**(6), 841–853.
- Zhao, M., Runnig, S.W. (2010) Drought-Induced Reduction in Global Terrestrial Net Primary Production from 2000 through 2009. *Science*, **329**, 940-943.
- Zurlini, G., Riitters, K., Zaccarelli, N., Petrosillo, I., Jones, K. B., Rossi, L. (2006) Disturbance patterns in a socioecological system at multiple scales. *Ecological Complexity*, **3**(2), 119–128.