

**Análise da variabilidade da precipitação frente às mudanças no uso da terra no
município de Tucuruí-PA**

**Analysis of the variability of precipitation in front of land use changes in the
municipality of Tucuruí-PA**

**Análisis de la variabilidad de la precipitación frente a los cambios de uso de la tierra en
el municipio de Tucuruí-PA**

Recebido: 05/02/2020 | Revisado: 16/02/2020 | Aceito: 21/02/2020 | Publicado: 10/03/2020

Luiza de Nazaré Almeida Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7988-9313>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Pará, Brasil

E-mail: luiza.lopes@ifpa.edu.br

Bruna Roberta Pereira Lira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4152-7709>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: bruna.lira@itec.ufpa.br

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0204-6825>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: luiza.girard@gmail.com

Letícia dos Santos Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0065-005X>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: leticia.dscoستا@gmail.com

Adriana Albuquerque do Nascimento Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-0212>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Pará, Brasil

E-mail: adriana.sousa@ifpa.edu.br

Resumo

O objetivo do presente estudo foi analisar as variações da precipitação e a dinâmica espacial do uso e cobertura da terra no município de Tucuruí, Pará, Brasil, no período de 1980 a 2015. Para isso, foram utilizados dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Para o estudo da precipitação no município foram utilizados testes de Mann-Kendall e Sen's Slope com nível de significância de 95%. Para compreender as mudanças da cobertura da terra na área de estudo, utilizou-se o modelo linear de mistura em imagens Landsat-TM 3, 5 e 8 segmentadas, para análise multitemporal das classes da cobertura da terra identificadas no município. Os resultados indicaram que não houve tendências nas séries dos totais anuais de precipitação (1980 a 2015). Porém, constataram-se significativas variações do regime de chuvas interanuais, com precipitação média anual de 2431.6 mm. Os dados indicaram sazonalidade caracterizada por duas estações distintas: (1) menos chuvosa, entre os meses de junho a novembro; e (2) mais chuvosa, entre os meses de dezembro a maio. O mapeamento mostrou diferentes classes de uso da terra no período estudado, no entanto, as classes da vegetação nativa, vegetação secundária, hidrografia e solo exposto apresentaram variação espaço-temporal não linear. Contudo, a classe do solo exposto exibiu um comportamento crescente desde 1980, com o início das obras da usina hidrelétrica. Em relação à precipitação anual do município, nota-se que não há relação direta com as classes do uso e cobertura da terra nos anos analisados.

Palavras-chave: Precipitação; Análise estatística; Mapeamento do uso da terra.

Abstract

This article aims to analyze the variations in precipitation, as well as the spatial dynamics of land use and coverage in Tucuruí, southeastern state of Pará, from 1980 to 2015. For this, data from meteorological stations of the National Institute were used. Of Meteorology (INMET) and the National Water Agency (ANA) for the study of precipitation in the municipality, Mann-Kendall and Sen's Slope tests were used, for the 95% significance level. To understand the changes in land cover in the study area, the linear mixture model in Landsat-TM 3, 5 and 8 segmented images was used, for multitemporal analysis of the land cover classes identified in the municipality. The results indicated that there were no trends in the series of annual precipitation totals (1980 to 2015). However, there were significant variations in the interannual rainfall regime, with an average annual rainfall of 2431.6mm. The data indicated seasonality characterized by two distinct seasons: less rainy, between the months of June to November; and the other more rainy, between the months of December to May. The mapping showed different classes of land use in the period studied, however the classes of native vegetation, secondary vegetation, hydrography and exposed soil showed non-linear spatio-temporal variation, however the class of exposed soil showed an increasing behavior since

1980 with beginning of the hydroelectric plant works. Regarding the annual rainfall of the municipality, it is noted that there is no direct relationship with the classes of land use and coverage in the years analyzed.

Keywords: Precipitation; Statistical analysis; Land use mapping.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar las variaciones en la precipitación, así como la dinámica espacial del uso de la tierra y la cobertura en Tucuruí, estado sudoriental de Pará, de 1980 a 2015. Para esto, datos de las estaciones meteorológicas del El Instituto Nacional de Meteorología (INMET) y la Agencia Nacional del Agua (ANA) para el estudio de la precipitación en el municipio, se utilizaron las pruebas de pendiente de Mann-Kendall y Sen, para el nivel de significación del 95%. Para comprender los cambios en la cobertura del suelo en el área de estudio, se utilizó el modelo de mezcla lineal en imágenes segmentadas Landsat-TM 3, 5 y 8, para el análisis multitemporal de las clases de cobertura del suelo identificadas en el municipio. Los resultados indicaron que no hubo tendencias en la serie de precipitaciones totales (1980 a 2015). Sin embargo, hubo variaciones significativas en el régimen de lluvia interanual, con una precipitación anual promedio de 2431.6 mm. Los datos indicaron estacionalidad caracterizada por dos estaciones distintas: menos lluviosa, entre los meses de junio a noviembre; y el otro más lluvioso, entre los meses de diciembre a mayo. El mapeo mostró diferentes clases de uso de la tierra en el período estudiado, sin embargo, las clases de vegetación nativa, vegetación secundaria, hidrografía y suelo expuesto mostraron una variación espacio-temporal no lineal, sin embargo, la clase de suelo expuesto mostró un comportamiento creciente desde 1980 con el comienzo de las obras de la planta hidroeléctrica. Con respecto a la precipitación anual del municipio, se observa que no existe una relación directa con las clases de uso de la tierra y la cobertura en los años analizados.

Palabras clave: Precipitación; Análisis estadístico; Mapeo del uso del suelo

1. Introdução

O desmatamento ocorre de maneira acentuada no Brasil e as mudanças da cobertura da terra vêm sendo monitoradas desde 1988 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), que estimou uma taxa de 9.762 km² de desmatamento para o período de agosto de 2018 a julho de 2019, o que indica um acréscimo de 29,54% em relação à taxa no

mesmo período de 2018, que foi de 7.536 km² (INPE, 2019). Deste, estima-se que aproximadamente 39,56 % das áreas desmatadas pertencem ao estado do Pará.

Além disso, há o aumento na urbanização das cidades brasileiras, que passou de 81,2% em 2000 para 84,4% em 2010, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2010). Este processo acelerado de uso e ocupação do solo é capaz de alterar o clima do espaço urbano, bem como sua relação pode influenciar nas condições sociais, econômicas e ambientais da sociedade, refletindo na qualidade de vida da população (Oliveira et al., 2013; Assis, et al., 2014; Prado, et al., 2016).

O quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), abordou a urbanização e as repercussões locais das mudanças climáticas, reforçando a ideia de que as alterações ambientais provavelmente ampliariam os riscos urbanos em várias cidades do mundo. Isso, por sua vez, poderá acarretar diversos prejuízos urbanos devido ao surgimento ou o aumento da frequência de uma série de fenômenos ambientais, como a elevação do nível do mar, tempestades severas, ondas de calor, concentração da precipitação, enchentes, deslizamentos, seca, entre outras. Os centros urbanos mais afetados por esses impactos, provavelmente serão as cidades mais pobres, que são economicamente e estruturalmente mais vulneráveis (McCarney et al., 2011).

De acordo com Sousa et al. (2015), a precipitação é a variável que melhor caracteriza a variabilidade climática, onde os desvios em torno da média climática constituem sua variabilidade (Silva & Silva, 2012). Na região Amazônica o desmatamento e a variabilidade climática têm potencial para mudanças do clima em níveis local e global (Nobre, et al., 2009). De acordo com Ferrari et al. (2012), as mudanças climáticas tornaram-se uma grande preocupação da comunidade científica, em função de suas consequências em relação a todas as implicações.

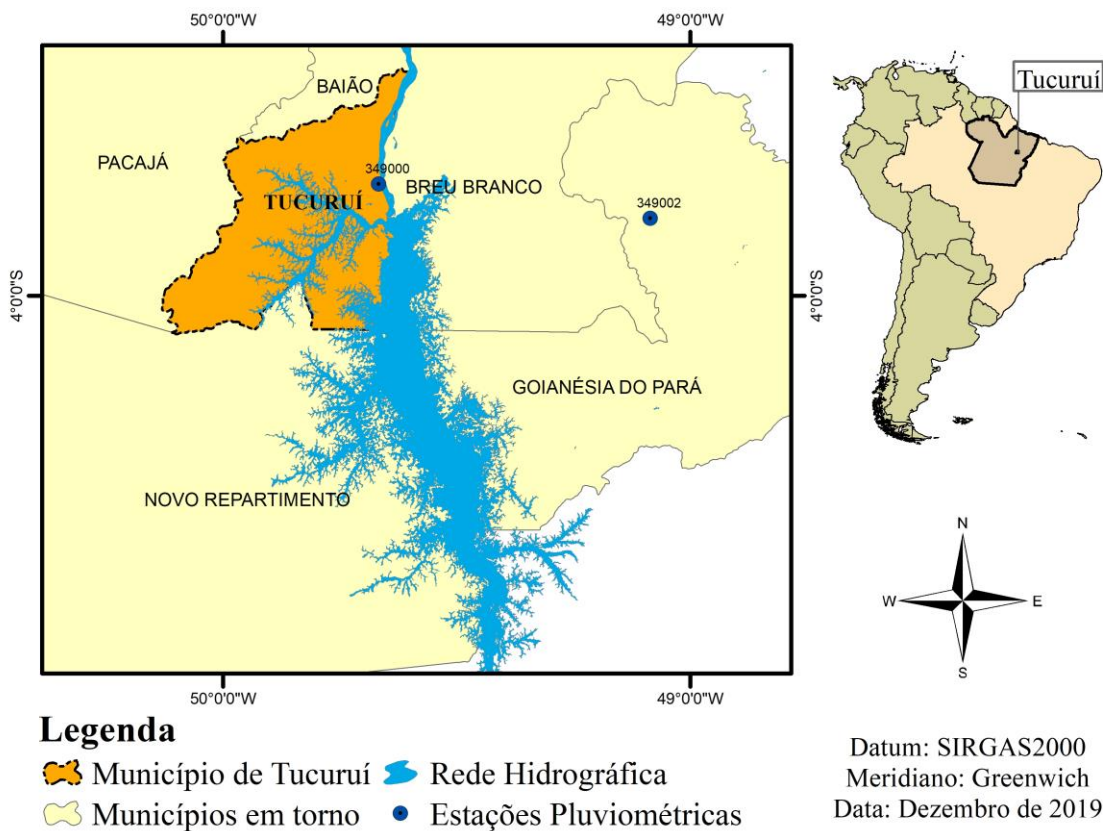
Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar as variações climáticas da precipitação, bem como a dinâmica espacial do uso e cobertura da terra em Tucuruí, região sudeste do Estado do Pará, Brasil, no período de 1980 a 2015. Esse município apresenta uma evolução populacional, social e econômica de destaque na região amazônica, em decorrência da implantação da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Deste modo, o conhecimento sobre o uso da terra e da precipitação são fundamentais para o conhecimento das mudanças climáticas locais, assim como contribuir na elaboração de políticas públicas para o planejamento urbano e impactos socioambientais.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

Compreende o município de Tucuruí, localizado na mesorregião Sudeste do estado do Pará, no norte do Brasil (Figura 1), conhecido por abrigar a usina hidrelétrica, construída e operada desde 1984. Com extensão territorial de 2.086,189 km², estima-se uma população total de 97.109 habitantes, com densidade demográfica de 46,56 hab/km², distribuída na zona urbana com 92.433 habitantes e na zona rural 4.676 habitantes (IBGE, 2017).

Figura 1 – Área de estudo e localização das estações meteorológicas utilizadas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A cidade situa-se às margens do Rio Tocantins, onde instalou-se a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHT), primeiro projeto hidrelétrico na região Amazônia em 1984, considerado a fase I de construção para gerar 4.000 MW (megawatts) de energia elétrica, formando um reservatório de 2.430 km² (Fearnside, 2001; Caramelo & Cidade, 2004). Em 1998, iniciou sua expansão, essa fase II terminou em 2007, atingindo uma capacidade instalada de 8.370 MW de energia elétrica e um reservatório com capacidade de 2.830 km². Em 2010, foram encerrando-se as obras do projeto hidrelétrico de Tucuruí com a implantação das eclusas, visando a navegabilidade pelo rio Tocantins (Eletronorte, 1989; Lei Municipal n. 7.145, 2006;

Cintra et al., 2013).

2.2 Coleta e organização dos dados de precipitação

Com a finalidade de analisar as variações climáticas do município, utilizou-se a série histórica de dados de precipitação obtida nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia [INMET] (2018) e rede hidrometeorológica (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas [ANA] (2018), respectivamente, referentes ao período de 1980 a 2015 (série temporal de 35 anos). Entretanto, os dados apresentam falhas e, para o preenchimento de falhas, utilizou-se, também, a técnica de regressão linear baseada na metodologia dos mínimos quadrados, que consiste no ajuste de uma reta a um determinado conjunto de pontos. Este método foi utilizado na análise de tendências em dados climáticos por diversos autores, entre eles Ferrari et al. (2012) e Silveira, Fernandes e Silva (2017). Esta reta é determinada pela equação: $Y = Y_{med} + mX$, onde X e Y se caracterizam como as variáveis e $m = \frac{\sum(XY)}{\sum X^2}$ é a inclinação da reta.

Para a análise do desempenho das estimativas, utilizou-se o coeficiente de Pearson (R) que pode variar de -1 (correlação perfeita negativa), +1 (correlação perfeita positiva), passando pelo valor 0 (ausência de correlação). Já o coeficiente de determinação (R^2) é um critério estatístico que mede a proporção da variação de Y (variável dependente) que pode ser explicada pela variável X (variável independente). O valor de R^2 pode variar de 0 a 1, logo, $0 \leq R^2 \leq 1$ (Crispim, Rodrigues, Vieira, Silveira, & Pessoa, 2019), quanto mais próximo de 1, mais significativa a correlação.

2.3 Análise Pluviométrica

Utilizou-se as séries históricas de precipitação para análises estatísticas de tendência e magnitude, a partir dos testes não paramétricos de Spearman, Mann-Kendall e Sen's Slope, com nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$). Esses procedimentos foram utilizados por Ferrari et al. (2012), Sanches, Verdum e Fisch (2013), Teixeira-Gandra et al. (2014), Loureiro, Fernandes e Ishihara (2015), Silveira et al. (2017) e Salviano, Groppo e Pellegrino (2016) em séries de precipitação localizadas pelo Brasil. Segundo Silveira et al. (2017), a correlação de Spearman é uma medida de associação que exige que ambas as variáveis se apresentem em escala de mensuração pelo menos ordinal. Conforme Teixeira-Gandra et al. (2014), é considerado robusto e extremamente eficiente e aplicado na verificação da

estacionariedade de séries. O cálculo do coeficiente de Spearman baseia-se no ranking dos valores de x e y, de acordo com a Equação 1.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^2 - n} \quad 1$$

Em que d_i é a diferença entre cada observação e n é o número de observações.

A análise de tendência realizada pelo método de Mann-Kendall, proposto inicialmente por Mann (1945) e Kendall (1975), utilizado para identificar se ocorre variação nas séries temporais, seja de crescimento ou decrescimento, de um conjunto de dados analisado. Trata-se de um teste de correlação de postos entre as classificações de observações e sua sequência temporal, conforme a estatística "S", na Equação 2.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{Se } x_j - x_i > 0 \\ 0, & x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{Se } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad 2$$

Em que sgn é a somatória dos sinais da diferença par a par, de todos valores da série (x_i) em relação aos valores que a eles são futuros (x_j). O J corresponde aos valores dos dados sequenciais e n é o tamanho da série temporal.

Após, calcula-se a variância da estatística de S ($\text{Var}(S)$) e a partir deste resultado aplica-se a Equação 3 para obter o resultado de Z de Mann-Kendall (ZMK), que indicará a tendência na série temporal. O valor de ZMK positivo indica uma tendência crescente, enquanto ZMK negativo indica tendência decrescente nas séries (Loureiro et al., 2015).

$$\begin{aligned} \text{Se } S > 0 & \quad Z = \frac{s - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \\ \text{Se } S = 0 & \quad Z = 0 \\ \text{Se } S < 0 & \quad Z = \frac{s + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \end{aligned} \quad 3$$

Onde n é o número de dados da série temporal (s).

Para Sanches e Fisch (2005) o teste assume que não existe correlação serial entre os dados, adota-se a hipótese nula (H_0) como ausência de tendência, deverá ser rejeitada sempre que o valor MK encontrado estiver $-1,96 < MK < +1,96$.

Segundo Silveira et al. (2017), caso uma tendência linear seja apontada em uma série temporal, a inclinação verdadeira (variação por unidade de tempo) pode ser estimada utilizando-se o teste de Sen's Slope, desenvolvido por Sen (1968), usado para obter a estimativa da inclinação verdadeira da magnitude da tendência. Aplicada nas pesquisas de Teixeira-Gandra et al. (2014) e Silveira et al. (2017).

Também se utilizou a análise de regressão para identificar a tendência nas séries históricas por meio do teste de significância do coeficiente angular da reta. A metodologia do teste da linha de tendência já foi utilizada por Sanches e Fisch (2005) e Alencar, Mantovani, Bufon, Sediyaama e Silva (2014).

2.4 Análise da Cobertura da Terra

No intuito de compreender a evolução da cobertura da terra na área de estudo, optou-se por analisar o espaço em intervalo temporal de 1980-2015 (35 anos), por meio de ferramenta de classificação do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG). O processamento digital reconhece os padrões de classificação do uso da terra na área de estudo, indicado por Vasconcelos e Novo (2004). Esta metodologia já foi utilizada por diversos autores (Sato, 2012; Borges et al., 2016, Santos et al. 2017 e Silva et al., 2017).

Para mapeamento e análise multitemporal de imagens do satélite, optou-se pela seleção dos anos de 1980, 1988, 1996, 2005 e 2015. Sendo que, para a elaboração do mapa de 1980, utilizou-se imagens do satélite Landsat-3 (Landsat_3_241_063_10061980 e Landsat_3_240_063_10061980) com sensor Multispectral Scanner (MSS), com resolução espacial de 80 m, disponibilizadas no site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). Contudo, nos mapas dos anos de 1988, 1996 e 2005 foram utilizados arquivos vetoriais baseados em imagens oriundas do satélite Landsat-5, com resolução de 30 m e radiométrica de 16 bits. Para 2015, utilizou-se imagens multiespectrais do sensor OLI a bordo do satélite Landsat-8 (bandas 7, 5 e 3), disponibilizadas pelo site do USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), fusionadas com a banda 8, com resolução espacial de 15 m.

Adotou-se o método aplicado por Santos et al. (2017) e Velástegui Montoya, Lima e Adami (2018) em que, para o mapeamento da área de estudo, foi integrado aos arquivos

vetoriais dos mapas temáticos dos anos analisados. Deste modo, foi possível obter a quantidade para cada classe de área (ha) que se ocupava em cada ano (1980, 1988, 1996, 2005 e 2015). Após, foi possível calcular a variação da área (%) ocupada por cada classe para os respectivos anos, por meio da relação entre os dados obtidos para cada ano e o seguinte: $[(\text{Aano} - \text{Aano anterior}) / \text{Aano_anterior}] * 100$, em que Aano é a área ocupada (ha) de determinada classe no ano indicado e Aano_anterior é a área ocupada (ha) no ano anterior.

Os dados sociais sobre a população do município foram obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e aplicados os métodos estatísticos da tendência linear com o objetivo de analisar o incremento populacional decorrente das obras da usina.

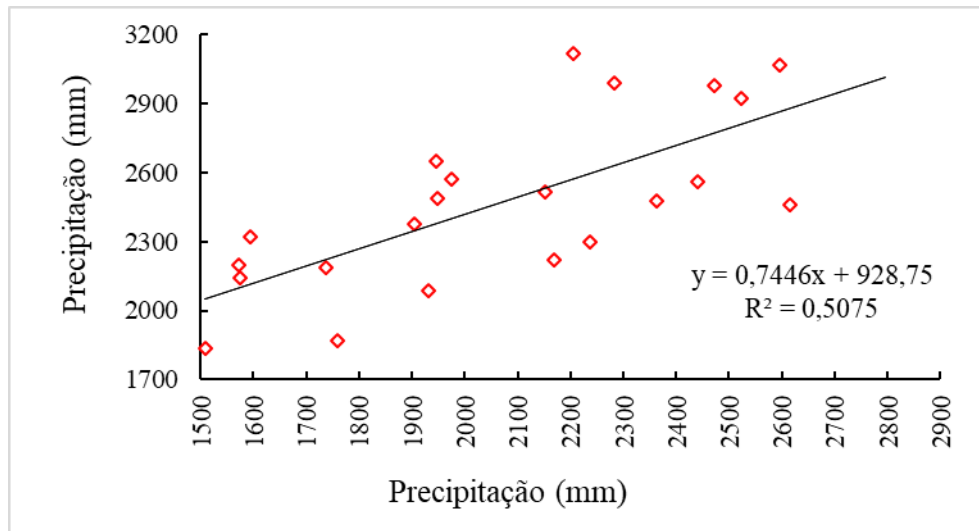
As classes de uso da cobertura da terra foram adaptadas de Vasconcelos e Novo (2004) e Almeida et al. (2009) são: a) Vegetação Nativa: todos os tipos de formações florestais sem nenhuma interferência antrópica; b) Vegetação Secundária: as áreas em regeneração, florestas secundárias ou formações florestais que tenham sofrido algum tipo de antropização, mas que ainda não regeneraram por completo; c) Nuvem: áreas cobertas por nuvem e por sombra delas, sem informação espectral dos alvos encobertos; d) Hidrografia: áreas representadas por rios, lagos e represas, com presença mandatória de corpos de água com 100% de cobertura; e) Solo exposto: áreas em que, após supressão da vegetação florestal, ou corte raso, desenvolvem alguma atividade de agricultura anual, mineração, área urbana, mosaico de ocupações, pasto com solo exposto, pasto limpo, pasto sujo, regeneração com pasto, apresentam o solo exposto ou com baixíssima cobertura vegetal natural ou exótica.

3. Resultados

3.1 Análise de Dados de precipitação de Tucuruí

Para viabilizar a pesquisa no período de 1980 a 2015 (36 anos), optou-se pela correção das falhas de precipitação dos anos de 1990, 1991, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 e 2015 da Estação TUCURUÍ (00349000), por meio dos dados da estação GOIANÉSIA (00349002), através da regressão linear, resultou na Equação do gráfico a seguir (Figura 2).

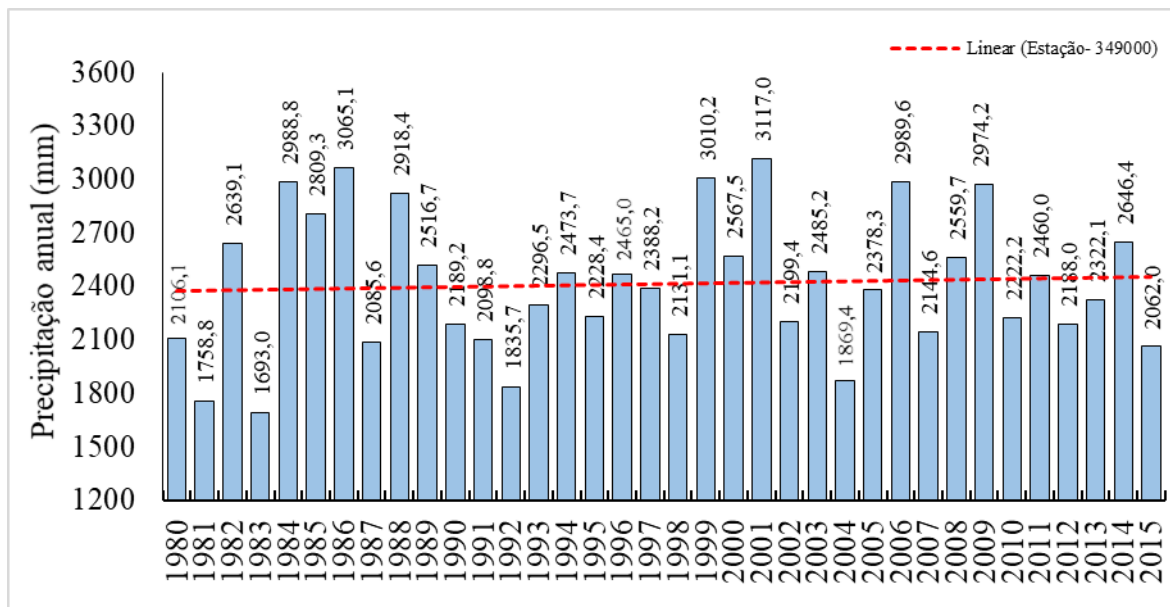
Figura 2 – Gráfico de dispersão da precipitação em Tucuruí.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A equação de regressão utilizada para o preenchimento de falhas apresentou coeficiente R² de 0,51, conseqüente R de 0,71, conforme classificação sugerida por Field (2009), apresentando assim uma correlação forte (0,70 a 0,89) entre as séries históricas de precipitação. Na Figura 3 tem-se a distribuição da precipitação anual total em Tucuruí.

Figura 3 – Distribuição anual da precipitação total em Tucuruí (1980 a 2015).



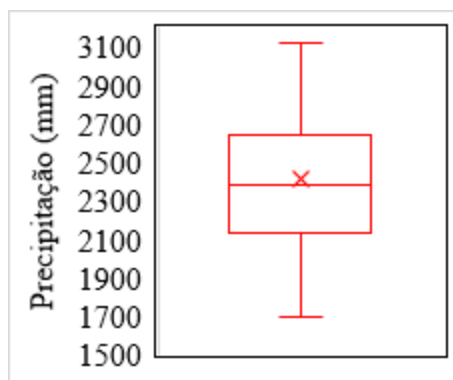
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Na Figura 3 são expostas as históricas de precipitação anual total ocorridas no período de 1980 a 2015, onde fica evidente uma grande oscilação do regime de chuvas interanuais,

acompanhado de uma sutil tendência linear crescente nos padrões de precipitação. Assim, nota-se que as menores precipitações atingidas no período estudado ocorrem mais recentemente, ocorrendo nos anos subsequentes aos mais chuvosos uma diminuição substancial da precipitação em relação ao ano anterior, podendo esta frequência estar associada a diversos fenômenos meteorológicos e identificando-se uma ciclicidade própria, independente da tendência. Entre os anos menos chuvosos do período estudado estão 1990 a 1998, que exibem precipitações abaixo da média de 2413.4 mm, enquanto as mais altas (i.e. acima da média) ocorreram nos anos de 1982 a 1989.

Segundo os estudos de Moraes et al. (2005) e Lopes et al. (2013), a precipitação média no sul e sudeste do estado do Pará variou entre 1.300 mm a 2.300 mm e 1.400 a 1.800 mm, respectivamente. Na série analisada observou-se em 1983 o valor mínimo de precipitação de 1.693mm e no ano de 2001 a precipitação máxima de 3.117 mm, com média de 2413.4mm, conforme Figura 4, o 1º quartil de 2.134,45 mm, 2º quartil de 2.383,27mm e 3º quartil de 2.644,58 mm. Já o desvio padrão é de 386,7 mm e o coeficiente de variação de 17%, demonstrando a variação dos dados de precipitação em relação à média. Observou-se comportamento semelhante no estudo de Moraes et al. (2005), que indica entre 20 e 25% de variabilidade pluviométrica na maior parte do estado do Pará.

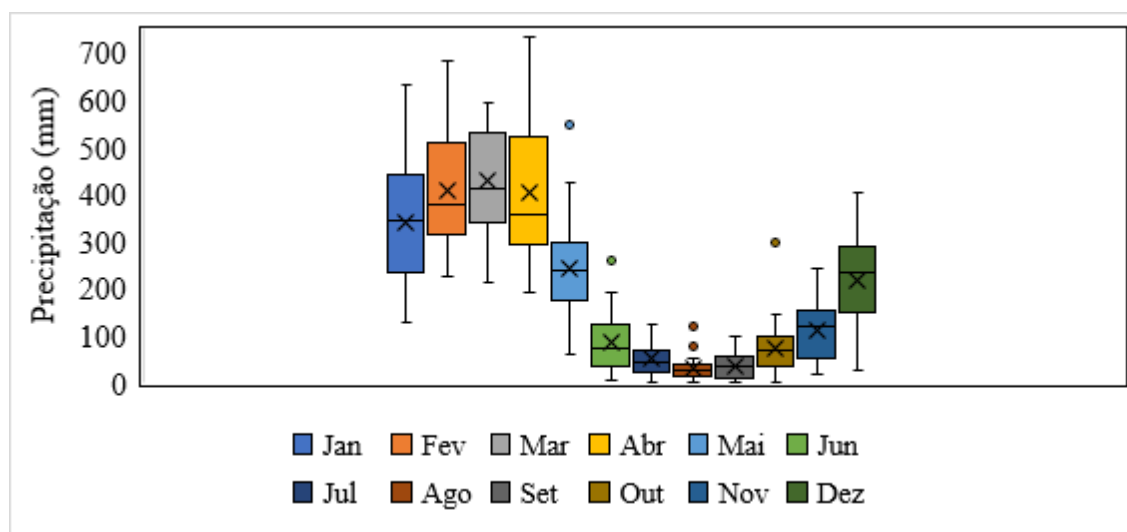
Figura 4 –Box Plot da precipitação de Tucuruí (1980 a 2015)



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O comportamento sazonal pluviométrico foi obtido através da análise da variação mensal da série (Figura 5), onde os resultados demonstraram dois períodos bem definidos, característicos da região Amazônica, sendo um chuvoso de dezembro a maio e o outro menos chuvoso de junho a novembro. No geral, obteve-se média mensal de 202,6 mm e desvio padrão de 159,6 mm.

Figura 5 – Distribuição da média mensal da precipitação em Tucuruí (1980 a 2015).

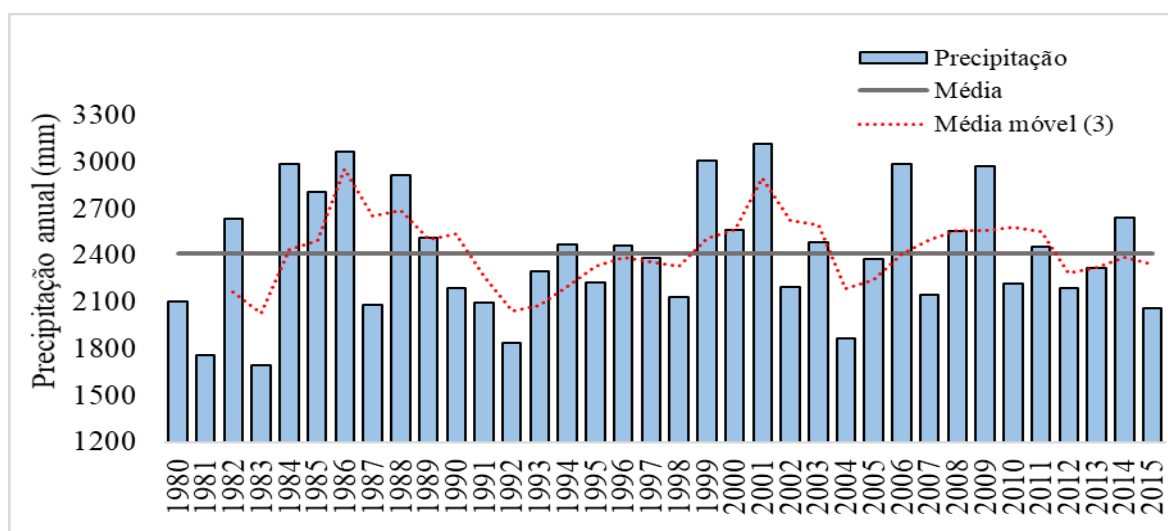


Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com Ribeiro et al. (2014), as variações dos índices de precipitações estão relacionadas com fenômenos meteorológicos pertencentes a escalas temporais e espaciais, que vão desde escala global às condições locais. O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), conhecido como El Niño (positivo) e La Niña (negativa), representam uma alteração do sistema oceano-atmosfera, que expressa a correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do Oceano Pacífico e tem consequências no tempo e no clima em todo o planeta (INPE, 2018). A intensidade destes foi classificada em classes fraca, moderada e forte (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019).

Conforme Ishihara et al. (2014), durante os anos de El Niño e La Niña, ocorrem variações significativas na precipitação média anual da Amazônia brasileira. Para verificar a influência dos ENOS na precipitação, utilizou-se a média móvel com periodicidade de 3 anos, correlacionando com os períodos de ocorrência dos índices ENOS, de acordo com a Figura 6.

Figura 6 – Distribuição da média móvel dos dados de precipitação em Tucuruí (1980 a 2015).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No período de estudo foram verificadas 17 ocorrências do ENOS. Sendo que doze são eventos de El Niño, que coincidem com redução do índice pluviométrico anual na região, com valores de precipitação total abaixo da média (2431,6 mm). Principalmente durante aos cinco eventos de intensidade forte (1982/1983, 1987/1988, 1991/1992, 1997/1998, 2015), já em cinco eventos de intensidade moderados (1980, 1986/1987, 2002/2003, 2006/2007, 2009/2010) e dois de intensidade fraca (1992/1993, 2004/2005), não foi possível afirmar que está ocorrendo alguma mudança significativa na área de estudo, em decorrência das precipitações anuais estarem próximas à média.

Nesse contexto, registrou-se a ocorrência de cinco eventos de La Niña, que coincidem com aumento da quantidade anual de precipitação, apresentando valores de precipitação acima da média (2431,6 mm), nos quatro eventos de intensidade moderada (1988/1989, 1999/2000, 2007/2008, 2010/2011) e um evento de intensidade fraca (1998/1999).

3.2 Análise de Tendência em Série Temporal de Precipitação de Tucuruí

Destaca-se que estudos de comportamento das precipitações ao longo do tempo são necessários para o planejamento econômico, social e ambiental (Menezes e Fernandes, 2016). Assim, na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises de tendências da precipitação obtida, a partir do teste estatístico de Mann-Kendall, Spearman e Curvatura de Sen. Estes foram aplicados no período de estudo, porém variando o tamanho da série de dados.

Tabela 1 – Resultado dos testes estatísticos da série da estação Tucuruí (349000).

	ZMK	p-valor	Sen's Slope	ρ Spearman
1980 – 2015 (36 anos)	0,341	0,367	2,733	0,687
1995 – 2015 (26 anos)	0,705	0,24	6,143	0,468
2005 – 2015 (16 anos)	-0,945	0,172	-17,475	0,350

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

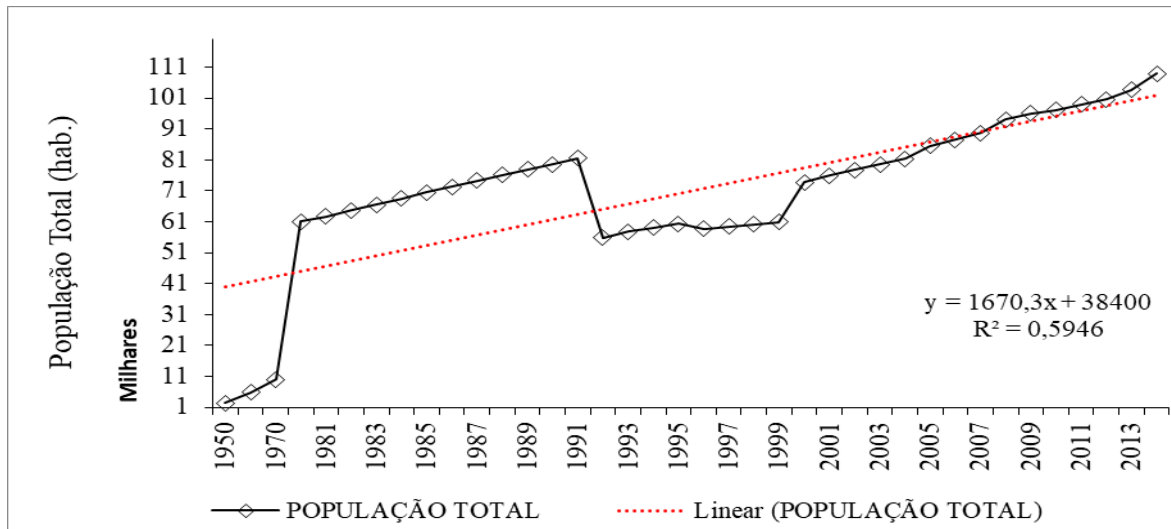
O teste de Spermam resultou na correlação significativa moderada para todos os períodos analisados de 36 anos (1980 a 2015), de 26 anos (1995 a 2015) e de 16 anos (2005 a 2015). Quanto à análise pelo teste de Mann-Kendall (MK), indicou para os três períodos p-valor maior que o nível de significância de 5%. Deste modo, aceita-se a hipótese nula (H_0) de que existem mudanças na série temporal de precipitação, concluindo-se que não há tendência. Resultado similar ao desse estudo foi obtido por Ribeiro et al. (2014), que resultou na aceitação da H_0 , concluindo que a série de precipitação ficou estacionária ao longo do período de 1972 a 2012 (40 anos).

Entretanto, analisando a taxa de magnitudes obtida pelo estimador de Sen's Slope, no período de 1980 a 2015, tem-se uma taxa média crescente de 2,73 mm/ano, assim como no período de 1995 a 2015 com taxa de 6,143 mm/ano, indicando aumento da precipitação anual. Contudo, no período de 2005 a 2015 apresenta-se uma taxa decrescente de 17,47 mm/ano, o que indica a diminuição da altura de lâmina d'água precipitada para a região.

3.3 Análise do uso e cobertura da terra de Tucuruí

A partir da década de 70, com a implantação do Plano de Desenvolvimento da Amazônia, os municípios da região Amazônica sofreram aumento no grau de urbanização decorrente dos ciclos econômicos. A Figura 7 demonstra a tendência positiva do crescimento populacional no período de 1950 a 2015 na área de estudo, influenciado principalmente pela construção da Usina Hidrelétrica Tucuruí, tanto na primeira etapa (1976 a 1984) quanto na segunda (1998 a 2006), que desencadeou intensos fluxos migratórios (Fearnside, 2001; Caramelo & Cidade, 2004; Tenório & Lima, 2013).

Figura 7 – Distribuição temporal populacional para Tucuruí-PA (1950 a 2015).

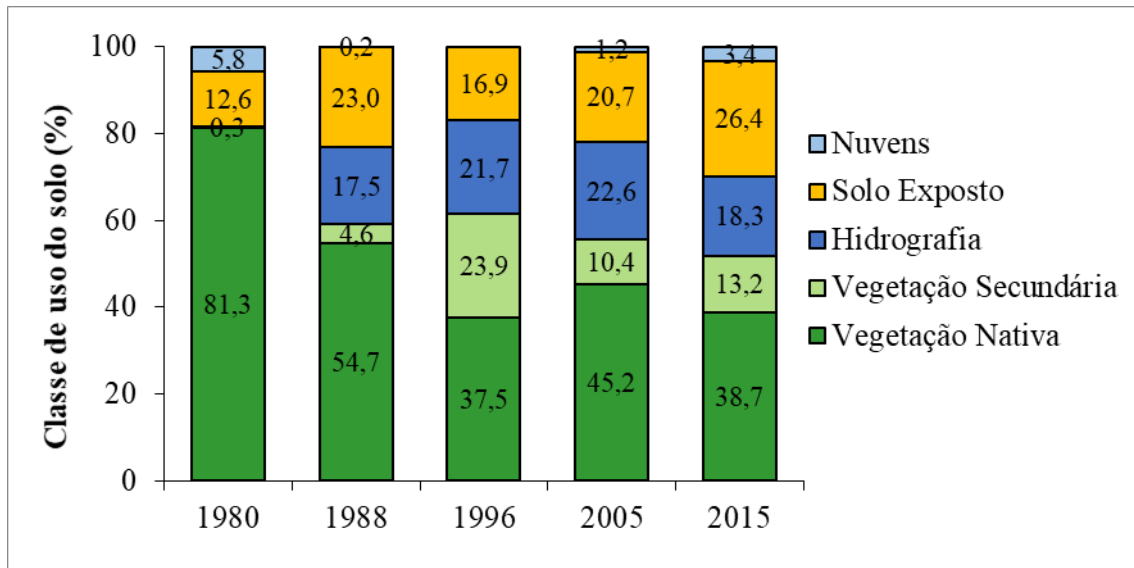


Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No ano de 1991 ocorreu uma diminuição considerável da população em função do desmembramento territorial do município para formar os novos municípios de Breu Branco (Lei Estadual n.º 5.703, de 13-12-1991) e Novo Repartimento (Lei Estadual n.º 5.702, de 13-12-1991) (IBGE, 2019). Em 1998, data o início das obras de ampliação da UHT (2 fase) com a retomada do crescimento populacional, seguido pelo atrativo das obras das eclusas de Tucuruí, de 1999 a 2010, que visa garantir a navegação entre o Submédio Tocantins e Baixo Tocantins (Velástegui Montoya et al., 2018).

Dados do IBGE (2017) para a taxa média geométrica de crescimento anual no município foram de 3,33 para 1991-2000 e 2,79 para 2000-2010, superiores ao estimado para o estado do Pará. Com o intuito de analisar a influência de crescimento populacional e as alterações no uso e cobertura da terra, realizou-se o mapeamento do município de Tucuruí com área total de 207.988,88 hectares ao longo do período de 1980 a 2015 (35 anos), neste foram selecionados os anos de 1980, 1988, 1995, 2005 e 2015 para avaliação espacial e temporal. Na Figura 8 tem-se a distribuição percentual do uso e ocupação do solo ao longo dos anos. Observou-se que, no período estudado, houve grande redução da classe vegetação nativa, conseqüentemente da área de floresta. Já em relação ao aumento de área nas classes hidrografia, devido ao lago e solo exposto em decorrência do incremento das ocupações, agricultura e pastagem.

Figura 8 – Distribuição percentual do uso e ocupação do solo em Tucuruí (1980 a 2015).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No geral, ocorreu a diminuição da vegetação nativa, que em 1980 era 169.096,32 ha (81,3%) passou para 80.458,95 ha em 2014 (38,7%), e o surgimento da classe vegetação secundária que em 2014 já tinha cerca de 27.484,45 ha (13,2%). A área da classe de solo exposto cresceu de 26.285 ha (12,6%) para 54.852,8 ha (26,4%), nesta incluem-se as categorias pastagem, agricultura e mosaico de ocupações. Assim como a hidrografia que aumentou de 522,88 ha (0,3%) para 38.110 ha (18,3%).

Os núcleos urbanos do município foram classificados como “solo exposto” com aumento significativo demográfico com intensas transformações socioespaciais em decorrência da imigração de trabalhadores para a construção da usina. Entre 1980 e 1991, a população do sudeste paraense cresceu com uma taxa média de 8,5% ao ano, enquanto o estado do Pará evoluiu, no mesmo período, ao ritmo de 3,5% ao ano e o Brasil, 1,9% ao ano (IBGE). Vasconcelos e Novo (2004) relatam que a partir da década de 80 a população dos municípios de Tucuruí e Jacundá aumentaram cerca de seis vezes, as áreas de floresta perderam espaço para assentamentos; abertura de estradas; projetos agropecuários; para a água do reservatório e para a ação dos madeireiros.

De acordo com Velástegui Montoya et al. (2018), o aumento das áreas antropizadas e/ou urbanas quase duplicou em uma década, pois em 1988 foram contabilizados 688 ha (0,33%) e em 1999, 1079 ha (0,52%). Estas e outras mudanças podem ser observadas na Figura 9, com os mapas de uso e cobertura da terra no município de Tucuruí dos anos selecionados: 1980, 1988, 1996, 2005 e 2015, respectivamente.

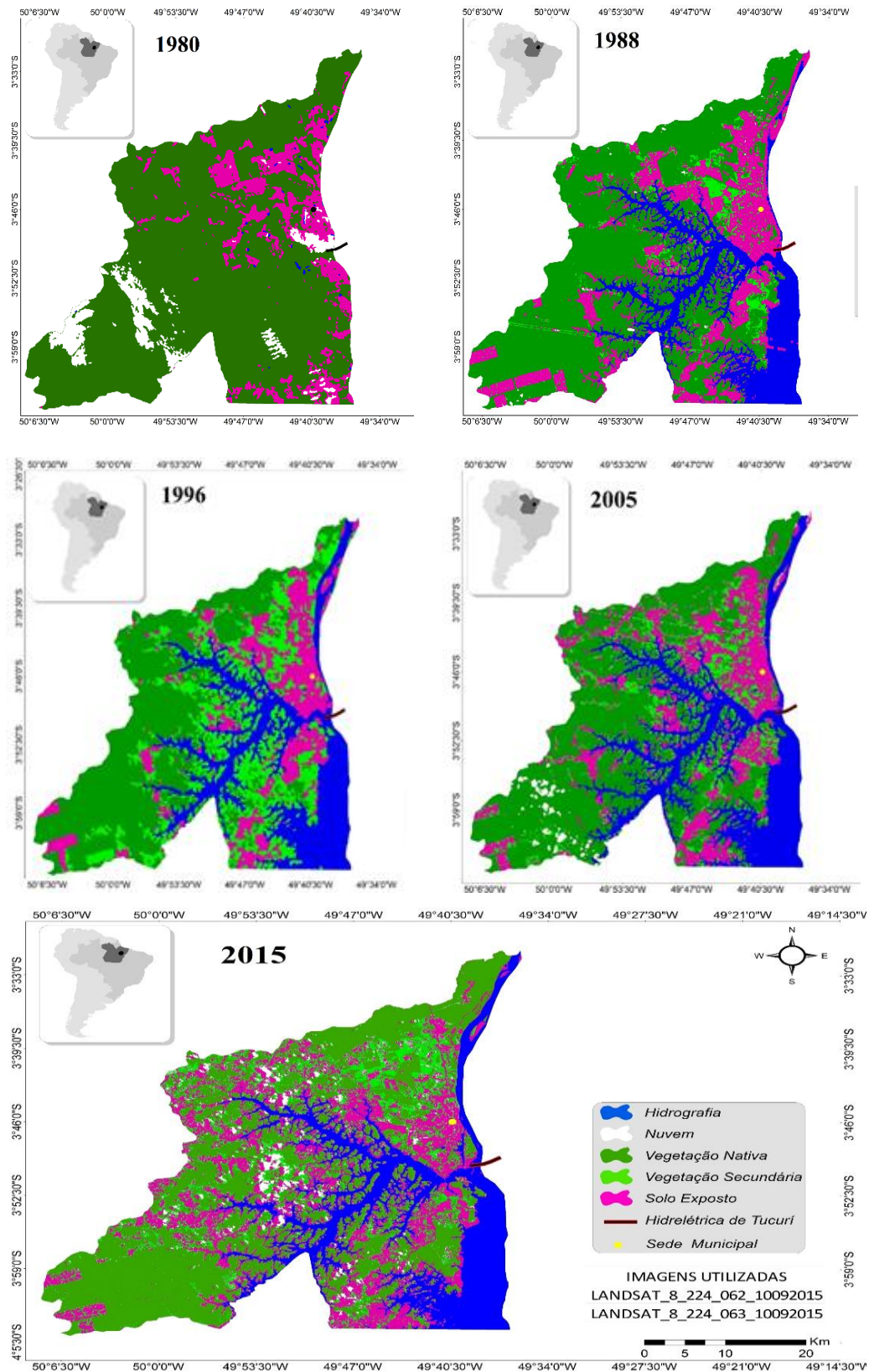
Em 1980, o município apresentava cerca de 81% de vegetação nativa, contudo possuía 13% de solo exposto. Provavelmente eram áreas desmatadas oriundas das obras de engenharia

da UHT e da construção de vilas residenciais para trabalhadores. Os trabalhos iniciaram na década de 1970, seguidos pela inauguração da barragem no ano de 1984 (Eletronorte, 1989; Cintra et al., 2013). Já em 1988, comparado com o mapa anterior, identifica-se uma redução de 26% da vegetação nativa e o aumento de 10% de solo exposto, assim como 17% na hidrografia, decorrente da formação do reservatório da UHT com área inundada de 2.830 km² e perímetro de 6.400km, ocupando áreas pertencentes aos municípios de Tucuruí, Breu Branco, Goianésia, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Itupiranga (Eletronorte, 1989). Em 1996, identifica-se o aumento de 19% da vegetação secundária e a redução de 17% da nativa, com relação à década de 1980.

De 1996 para 2005 ocorreu um aumento de 7% da vegetação nativa; redução de 14% da vegetação secundária e o crescimento de 1% da área de hidrografia decorrente da ampliação da UHT (2ª fase da usina). O incremento da vegetação nativa se dá em virtude do início do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD, implantado em 1998 pela Eletrobrás para recuperação das áreas remanescentes da construção UHT, visando atender às condicionantes do processo de Licenciamento Ambiental. Entre 1999 e 2008 foram plantados 304 hectares, faltando apenas sete para serem recuperados, ou seja, mais de 97% das áreas foram reflorestadas e estão readquirindo suas funções ecológicas (Zandonadi, Payolla, & Caíres, 2007; Neiva, 2010).

Contudo, os dados de 2015 demonstram uma redução de 8% da vegetação nativa e o crescimento de 5,7% da área de solo exposto decorrente, provavelmente, das atividades agropecuárias e de urbanização. Velástegui Montoya et al. (2018) afirmam que, de todos os municípios estudados em torno do reservatório da UHT, o município de Tucuruí foi o que apresentou as maiores manchas urbanas e áreas antropizadas, sendo contabilizados 688 ha em 1988 (0,33%) para 1079 ha em 1999 (0,52%) de áreas urbanas, registrando 1.618 ha (0,78%) em 2010.

Figura 9 – Uso e cobertura da terra no município de Tucuruí dos anos selecionados.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Dados do INPE (2017) e do PRODES corroboraram que cerca de 2095 km² da extensão territorial de Tucuruí, em 2015 estimou que 799,1 km² referente à 38,14% da área do

município já foi desflorestada, restando apenas 775,6 km², ou seja, 37,02 % de áreas florestais. Em relação ao desmatamento no município, o ano de maior taxa foi o de 2010, com aproximadamente 37,4km² desmatados.

Segundo análise de Vasconcelos e Novo (2004) no mapeamento da cobertura da terra no reservatório da UHT, utilizando imagem de Landsat 5-TM entre 1996 e 2001, o município de Tucuruí apresentou área de vegetação nativa reduzida em 42,46 Km², enquanto houve um aumento nas atividades agrícolas e pecuárias demonstradas, bem como apresenta a maior área atingida pelas águas do reservatório, aproximadamente 30%.

Em relação à variabilidade da precipitação anual do município de Tucuruí, nota-se que não há uma relação direta com as classes do uso e cobertura da terra nos anos analisados. Porém, a análise dos dados da pesquisa deixa evidentes as alterações da cobertura da terra nas últimas décadas no município e a tendência linear crescente da população. Observou-se que houve significativas variações da precipitação interanuais durante o período analisado.

4 Conclusão

Os resultados indicaram que não houve tendências nas séries dos totais anuais de precipitação (1980 a 2015). Porém, constatou-se significativas variações do regime de chuvas interanuais no período analisado, com precipitação média anual de 2431.6mm. Os resultados indicaram sazonalidade caracterizada por duas estações distintas: 1) menos chuvosa, entre os meses de junho a novembro; e 2) mais chuvosa, entre os meses de dezembro a maio, evidenciando o comportamento típico da região Amazônica.

O estudo da série de precipitação registrou a ocorrência de cinco eventos de La Niña e doze eventos de El Niño, porém não foi possível afirmar, neste caso, que está ocorrendo alguma mudança significativa na área em estudo devido aos eventos.

O município apresenta uma tendência linear crescente da população no período analisado, decorrente dos ciclos econômicos ocorridos na região Amazônia. Já o mapeamento no município apresentou diferentes classes de uso da terra, no entanto, as classes da vegetação nativa, vegetação secundária, hidrografia e solo exposto apresentaram variação espaço-temporal não linear. Contudo, a classe do solo exposto exibiu um comportamento crescente desde 1980, decorrente do início das obras da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, da expansão dos núcleos urbanos e do crescimento das atividades agrícolas e pecuárias no município.

Referências

Agência Nacional das Águas. (2018). HidroWeb: séries históricas de estações. Recuperado em 20 setembro, 2018, de <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

Alencar, L. P., Mantovani, E. C., Bufon, V. B., Sediya, G. C., & Silva, T. G. F. (2014, agosto). Variação temporal dos elementos climáticos e da ETo em Catalão, Goiás, no período de 1961-2011. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(8), 826-832. Recuperado em 4 janeiro, 2020, de <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n8/v18n08a07.pdf>

Almeida, C. A., Pinheiro, T. F., Barbosa, A. M., Abreu, M. R. B. S., Lobo, F. L. Silva. M., Gomes, A. R., Sadeck, L. W. R., Medeiros, L. T. B., Neves, M. F., Silva, L. C. T., & Tamasauskas, P. F. L. F. (2009). Metodologia para mapeamento de vegetação secundária na Amazônia Legal. São José dos Campos: INPE. Recuperado em 5 novembro, 2019, de <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/11.23.17.06>

Assis, J. M. O., Calado, L. O., Souza, W. M., & Sobral, M. C. (2014). Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco-PE nos anos de 1985 e 2010. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(5), 859-870. Recuperado em 4 janeiro, 2020, de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/233337/27109>

Borges, P. P., Martins, P. T. de A., & Ferreira, A. A. (2016). Uso e ocupação do solo por meio de uma série histórica na bacia do rio Santa Teresa em Goiás. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(1), 296-304. Recuperado em 11 novembro, 2019, de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233650/27234>

Caramelo, S. U. J., & Cidade, L. C. F. (2004). Gestão do território e conflitos ambientais na represa de Tucuruí na Amazônia brasileira. *Polígonos: Revista de Geografía*, 14, 53-77.

Cintra, I. H. A., Flexa, C. E., Silva, M. B., Araújo, M. V. L. F., & Silva, K. C. A. (2013). A pesca no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 1(1), 57-78. Recuperado em 4 janeiro, 2020, de <https://seer.ufs.br/index.php/ActaFish/article/view/1670/1713>

Crispim, D. L., Rodrigues, R. S. S., Vieira, A. S. A., Silveira, R. N. P. O., & Pessoa, F. C. L. (2019). Análise estatística da precipitação do Município de Brasiléia – Acre, Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 8(2), 104-122. Recuperado em 11 novembro, 2019, de [doi:http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e22019104-122](http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e22019104-122)

Eletronorte. (1989). Plano de utilização do reservatório: a pesca nas áreas de influência local e de jusante caracterização preliminar (TUC 10-26443-RE). Brasília, DF: Centrais Elétricas do Norte do Brasil.

Fearnside, P. M. (2001, April). Environmental impacts of Brazil's Tucuruí dam: unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management*, 27(3), 377-396.

Ferrari, A. L., Vecchia, F. A. S., & Colabone, R. O. (2012, junho). Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, 10(1), 30-46. Recuperado em 9 dezembro, 2019, de [doi:http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30585](http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30585)

Field, A. (2009). *Descobrimo a estatística usando o SPSS (2a ed.)*. Porto Alegre: Artmed.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Conheça cidades e estados do Brasil*. Rio de Janeiro. Recuperado em 1 janeiro, 2020, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucuruí/>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: tabela 1162 - população residente e taxa média geométrica de crescimento anual da população residente*. Rio de Janeiro. Recuperado em 1 janeiro, 2020, de <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1162>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *História e Fotos*. Rio de Janeiro. Recuperado em 10 setembro, 2019, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucuruí/historico>

Instituto Nacional de Meteorologia. (2018). BDMEP: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Recuperado em 10 outubro, 2018, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2017). Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Brasília, DF. Recuperado em 1 janeiro, 2020, de www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2019). Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES): desflorestamento nos municípios da Amazônia Legal. Brasília, DF. Recuperado em 1 janeiro, 2020, de http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Livelihoods and Poverty. In *Climate Change 2014: impacts, adaptation and vulnerability: part A: global and sectoral aspects: working group II contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (Chap. 13, pp. 793-832)*. Cambridge: Cambridge University Press. Recuperado em 9 dezembro, 2019, de [doi:10.1017/CBO9781107415379](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415379)

Ishihara, J. H., Fernandes, L. L., Duarte A. A. M., Duarte, A. R. C. L. M., Ponte, M. X., & Loureiro, G. E. (2014, March). Quantitative and spatial assessment of precipitation in the Brazilian Amazon (Legal Amazon) – (1978 to 2007). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(1), 29-39.

Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods*. London: Charles Griffin.

Brasil. (2006). Lei Municipal nº 7.145, de 29 de dezembro de 2006. Aprova e institui o Plano Diretor do Município de Tucuruí e dá outras providências. Tucuruí, PA. Recuperado em 16 dezembro, 2019, de <http://www.portaldecontas.com.br/lei/anexos/pmtucurui/lei/planodiretor.pdf>

Lopes, M. N. G., Souza, E. B., & Ferreira, D. B. S. (2013, julho). Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, 12(1), 84-102. Recuperado em 9 dezembro, 2019, de [doi:http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.31402](http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.31402)

Loureiro, G. E., Fernandes, L. L., & Ishihara, J. H. (2015, March). Spatial and temporal variability of rainfall in the Tocantins-Araguaia hydrographic region. *Acta Scientiarum. Technology*, 37(1), 89-98. Recuperado em 9 dezembro, 2019, de doi: 10.4025/actascitech nol.v37i1.20778

Mann, H. B. (1945, July). Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259.

McCarney, P., Blanco, H., Carmin, J., & Colley, M. (2011). Cities and climate change: the challenges for governance. In C. Rosenzweig, W. D. Solecki, S. A. Hammer, & S. Mehrotra (Ed.). *Climate change and cities: first assessment report of the urban climate change research network* (Chap. 9, pp. 249-269). Cambridge: Cambridge University Press.

Menezes, F. P., & Fernandes, L. L. (2016). Análise de tendência e variabilidade da precipitação no estado do Pará. *Enciclopédia Biosfera*, 13(24), 1580-1591. Recuperado em 13 dezembro, 2019, de 10.18677/EnciBio_2016B_146

Moraes, B. C., Costa, J. M. N., Costa, A. C. L., & Costa, M. H. (2005, junho). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, 35(2), 207-214. Recuperado em 13 dezembro, 2019, de <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>.

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2019). ENSO: Cold and warm episodes by season. Maryland. Recuperado em 9 dezembro, 2019, de https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Neiva, E. (2010, abril). Programa refloresta mais de 97% das áreas degradadas com a construção de Tucuruí. *Corrente Contínua: a Revista da Eletrobrás Eletronorte*, 32(231), 3-10.

Nobre, P., Malagutti, M., Urbano, D. F., Almeida, R. A. F., & Giarolla, E. (2009, November). Amazon deforestation and climate change in a coupled model simulation. *Journal of Climate*, 22(21), 5686-5697. Recuperado em 9 dezembro, 2019, de doi: 10.1175/2009JCLI2757.1

Oliveira, T. H., Galvínio, J., Pimentel, R. M. M., & Silva, B. B. (2013, dezembro). Uso e cobertura do solo e seus efeitos na distribuição da temperatura de superfície em área urbana. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(6), 1598-1616. Recuperado em 16 dezembro, 2019, de doi: 10.26848/rbgf.v06.6.p1598-1616

Prado, B. Q. M., Fernandes, H. R., Araújo, T. G., Laia, G. A., & Biase, N. G. (2016, junho). Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 21(2), 407-413. Recuperado em 16 dezembro, 2019, de doi: 10.1590/s1413-41522016147040

Ribeiro, R. E. P., Ávila, P. R., Brito, J. I., Santos, E. G., & Sousa, L. F. (2014). Análise da Tendência Climática nas Séries Temporais de Temperatura e Precipitação de Tucuruí-Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(5), 798-807. Recuperado em 16 dezembro, 2019, de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233341/27113>

Salviano, M. F., Groppo, J. D., & Pellegrino, G. Q. (2016, março). Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(1), 64-73. Recuperado em 16 dezembro, 2019, de <https://dx.doi.org/10.1590/0102-778620150003>

Sanches, F., & Fisch, G. (2005). As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí -PA. *Acta Amazonica*, 35(1), 41-50. Recuperado em 5 novembro, 2019, de <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000100007>

Sanches, F. O., Verdum, R., & Fisch, G. (2013, dezembro). Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. *Revista Ambiente & Água*, 8(3), 214-228. Recuperado em 5 novembro, 2019, de <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1168>

Santos, L. A. C., Batista, A. C., Neves, C. O. M., Carvalho, E. V., Santos, M. M., & Giongo, M. (2017, junho). Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. *Revista Agro@mbiente On-line*, 11(2), 111-118. Recuperado em 5 novembro, 2019, de doi:<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i2.3915>

Sato, S. E. (2012). Análise da evolução temporal do uso do solo da reserva da biosfera do Cinturão Verde da cidade de São Paulo por meio de imagens de satélite de sensoriamento remoto. *Revista UnG - Geociências*, 11(1), 59-71.

Sen, P. K. (1968, December). Estimates of the regression coefficient based on Kendalls's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.

Silva, G., Sousa, R., Medeiros, P., Marinho, P., & Souza, P. B. (2017, junho). Levantamento do uso e cobertura do solo utilizando imagem Landsat-8 Oli para o município de Brejinho de Nazaré-TO. *Enciclopédia Biosfera*, 14, 852-860. Recuperado em 5 novembro, 2019, de [10.18677/EnciBio_2017A68](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2017A68)

Silva, M. E., & Silva, C. B. (2012). Variabilidade climática – processos físicos e dinâmicos nos oceanos e atmosfera. *Revista do Departamento de Geografia*, (esp.), 372-406. Recuperado em 5 novembro, 2019, de <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0016>

Silveira, R. N. P. O., Fernandes, L. L., & Silva, M. N. A. (2017, dezembro). Tendência de precipitações pluviométricas e avaliação da influência dos ENOS no distrito de Abunã, Rondônia. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 11(1), 14-20.

Sousa, A. M., Rocha, E. J. P., Vitorino, M. I., Souza, P. G. O. P., & Botelho, M. N. (2015). Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante Eventos ENOS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(1), 13-24. Recuperado em 5 novembro, 2019, de [doi:https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.1.p013-024](https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.1.p013-024)

Teixeira-Gandra, C. F. A., Damé, R. C. F., Simonete, M. A., Bacelar, L. C. S., Disconzi, P. B., & Santos, J. P. (2014, abril). Modelagem estocástica: previsão das temperaturas para a localidade de Pelotas/RS/Brasil. *Revista Agro@mbiente On-line*, 8(1), 18-28. Recuperado em 5 novembro, 2019, de [doi:http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i1.1618](http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i1.1618)

Tenório, C. R., & Lima, A. M. M. (2013). Indicadores de eficiência do Plano Diretor Municipal de Tucuruí-PA. *Revista de Geografia (UFPE)*, 30(3), 146-162.

Vasconcelos, C. H., & Novo, E. M. L. M. (2004, setembro). Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens-fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. *Acta Amazonica*, 34(3), 487-493. Recuperado em 28 novembro, 2019, de <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672004000300014>

Velástegui Montoya, A. D., Lima, A. M. M., & Adami, M. (2018). Mapping and Temporary Analysis of the Landscape in the Tucuruí-PA Reservoir Surroundings. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 41(2), 553-567. Recuperado em 13 dezembro, 2019, de doi: 10.11137/20182553567

Zandonadi, J. E., Payolla, B. L., & Caíres, M. J. B. (2007, junho). Recuperação de Áreas Degradadas na Construção da UHE Tucuruí-Pa. Comitê Brasileiro de Barragens. *Anais do Seminário Nacional de Grandes Barragens*, Belém, PA, 27. Recuperado em 28 novembro, 2019, de <http://www.cbdb.org.br/seminario/belem/t99/a08.pdf>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Luiza de Nazaré Almeida Lopes – 40%

Bruna Roberta Pereira Lira – 20%

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira – 20%

Letícia dos Santos Costa – 10%

Adriana Albuquerque do Nascimento Sousa – 10%