



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

WALTER LUIS TEIXEIRA NEVES JUNIOR

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA REGIÃO DE  
INTEGRAÇÃO LAGO DE TUCURUÍ, ESTADO DO PARÁ**

Ananindeua (PA)  
2018

WALTER LUIS TEIXEIRA NEVES JUNIOR

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA REGIÃO DE  
INTEGRAÇÃO LAGO DE TUCURUÍ, ESTADO DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Ananindeua, orientado pelo Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa.

Ananindeua (PA)  
2018

*À minha mãe Elizabete Santa Brigida  
dos Reis, que constantemente me  
incentivava e ensinava ao longo dessa  
caminhada para nunca desistir de meus  
estudos, em especial. A qual se encontra  
ao lado de Deus agora, protegendo e  
intercedendo por mim.*

WALTER LUIS TEIXEIRA NEVES JUNIOR

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA REGIÃO DE  
INTEGRAÇÃO LAGO DE TUCURUÍ, ESTADO DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Ananindeua, orientado pelo Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa.

Data da Aprovação: 15/03/2018

Conceito: EXCELENTE

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Orientador

---

Examinador Interno

---

Examinador Interno

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, saúde e força para superar as dificuldades no desenvolvimento deste trabalho.

A toda a minha família, que continuamente perguntava sobre o desenvolvimento deste trabalho e estimulava com votos de confiança;

Ao meu orientador Professor Estêvão José da Silva Barbosa, por gentilmente aceitar em contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa, pela disponibilidade e paciência.

A Professora Danielle Costa Carrara Couto pela sua contribuição ao longo da minha vida acadêmica, no qual tive a oportunidade de ser orientado quando fui bolsista PIBIC-INTERIOR dela no ano de 2016-2017.

À Universidade Federal de Pará – Campus Ananindeua, pela oportunidade de crescimento intelectual e profissional.

A minha prima Mayara Teixeira Sena e ao meu amigo Hugo Araújo Pinheiro que a todo momento me incentivarão na elaboração deste TCC.

A todos que cooperaram, mesmo que indiretamente, para a realização deste trabalho, muito obrigado!

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise espacial e temporal da variabilidade climática na Região de Integração (RI) Lago de Tucuruí, no Estado do Pará. Além de correlacionar os índices pluviométricos com os sistemas atmosféricos que caracterizam o clima da região, os mesmos foram associados com a formação do lago da usina hidrelétrica existente no local. Os dados pluviométricos foram obtidos de sete estações meteorológicas, e baixados do sistema HidroWeb/ ANA e do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/INMET, de onde se obteve, também a normal climatológica completa da Estação de Tucuruí. Após a sistematização dos dados no *software* Hidro 1.3.0, eles foram organizados em planilhas do Microsoft Excel, para análise do regime pluviométrico e da sazonalidade para toda a RI no período 2000-2016 e, especificamente, para a Estação de Tucuruí a partir de 1972, tomando-se por parâmetro as normais climatológicas completas e provisórias estabelecidas pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Os resultados alcançados estiveram totalmente dentro do esperado para a atuação dos principais sistemas formadores de chuvas na Amazônia, com uma nítida variação sul-norte do regime pluviométrico. No que diz respeito à sazonalidade, confirmou-se a concentração das chuvas no verão e outono, enquanto no inverno tem-se um período mais seco. A classificação do grau de intensidade das chuvas indicou a influência do *El Niño* e *La Niña* nos eventos extremos de (sub) seca e chuvas na RI Lago de Tucuruí. As comparações entre as normais climatológicas completas e provisórias de Tucuruí mostraram uma ligeira elevação nos índices pluviométricos no período analisado (1972-2016), o que fornece elementos para supor uma mudança local no regime de chuvas entre as fases pré e pós-enchimento do reservatório da UHE de Tucuruí. Para a RI Lago de Tucuruí como um todo também se verificaram alterações ligeiras, principalmente a redução do total de chuvas no final do período mais chuvoso e no período menos chuvoso.

**Palavras-chave:** Clima. Amazônia. Variabilidade climática. RI Lago de Tucuruí.

## ABSTRACT

The present work aims to make a spatial and temporal analysis of climatic variability in the Tucuruí Lake Region of Integration (RI), in the State of Pará, eastern portion of the Brazilian Amazonia, correlating the rainfall indices with the atmospheric systems that characterize the climate of the region. They were associated with the reservoir formation of the Tucuruí Hydroelectric Power Plant. Rainfall data were obtained from seven meteorological stations, and downloaded from the HidroWeb / ANA system and from the Meteorological Database for Teaching and Research / INMET, from which the complete climatological normal of the Tucuruí Station was also obtained. After the data were systematized in the Hidro 1.3.0 software, they were organized in Microsoft Excel spreadsheets, to analyze the pluviometric regime and the seasonality for the entire IR in the period 2000-2016 and, specifically, to the Tucuruí Station from 1972, by parameter the complete and provisional climatological normals established by the World Meteorological Organization (WMO). The results obtained were totally within the expected for the performance of the main rainfall systems in the Amazon, with a clear south-north variation of the pluviometric regime. With regard to seasonality, the concentration of rains was confirmed in summer and autumn, while in winter there is a drier period. The classification of the degree of intensity of the rains indicated the influence of El Niño (ENSO) and La Niña anomalies on extreme (sub) drought and rainfall events in the Tucuruí Lake RI. The comparisons between complete and provisional climatological normals of Tucuruí showed a slight increase in the rainfall indices during the analyzed period (1972-2016), which provides elements to suppose a local change in pluviometric regime between the pre- and post-filling phases of the reservoir of the HPP of Tucuruí. For the Tucuruí Lake Region as a whole, slight changes were also observed, mainly the reduction of total rainfall at the end of the rainy season and in the less rainy period.

**Key words:** Climate. Amazonia. Climatic variability. Tucuruí Lake Region of Integration.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Quadros

Quadro 01: Referencial teórico-conceitual da pesquisa .....	16
Quadro 02: Pontos mais extremos da RI Lago de Tucuruí (PA).....	22
Quadro 03: Malha de transportes da RI Lago de Tucuruí (PA) .....	22
Quadro 04: Estações pluviométricas e periodicidade dos dados disponíveis para a RI Lago de Tucuruí (PA) .....	23
Quadro 05: Intervalos de classe para classificação da precipitação.....	30
Quadro 06: Dados das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA).....	31
Quadro 07: Distribuição dos subtipos climáticos e subdivisão de acordo com cada região de integração paraense. ....	42
Quadro 08: Ocorrência e intensidade das anomalias El Niño e La Niña no período .....	60

### Mapas

Mapa 01: Região de Integração Lago de Tucuruí e localização das estações meteorológicas .....	21
Mapa 02: Massas de ar que atuam no Brasil – verão e inverno.....	37
Mapa 03: Tipos de clima do Estado do Pará por Regiões de Integração.....	41
Mapa 04: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de janeiro (2000-2016) .....	44
Mapa 05: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de março (2000-2016) .....	45
Mapa 06: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de maio (2000-2016) .....	46
Mapa 07: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de junho (2000-2016)Fonte: elaboração própria .....	47
Mapa 08: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de agosto 2000-2016 .....	48
Mapa 09: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de setembro 2000-2016 .....	49
Mapa 10: Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de novembro 2000-2016 .....	50
Mapa 11: Média anual da precipitação pluviométrica na RI Lago de Tucuruí 2000-2016 .....	51
Mapa 12: Distribuição da sazonalidade das chuvas na RI Lago de Tucuruí (PA) .....	53

Mapa 13: Carta sinótica mostrando a formação da ZCAS e ZCIT no verão (01/02/2008).....	55
Mapa 14: Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990 –.....	57
Mapa 15: Efeitos globais dos fenômenos El Niño e La Niña.....	60

### **Figuras**

Figura 01: Interface gráfica do software Hidro 1.3.0.....	26
Figura 02: Interface Web do sistema HidroWeb .....	27
Figura 03: Interface Web do sistema BDMEP/Dados Históricos .....	28
Figura 04: Aplicação do Método de Ponderação Regional na planilha do Microsoft Excel. ....	34

### **Gráficos**

Gráfico 01: Média dos totais pluviométricos mensais das estações meteorológicas e sua média da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016 .....	39
Gráfico 02: Somatório dos índices pluviométricos da sazonalidade da RI Lago de Tucuruí (PA).....	52
Gráfico 03: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Tucuruí (PA).....	64
Gráfico 04: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Cachoeira Tracambeua (PA). ....	65
Gráfico 05: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Goianésia (PA).....	66
Gráfico 06: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Itupiranga (PA).....	67
Gráfico 07: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Nova Jacundá (PA).....	68
Gráfico 08: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Nova Ipixuna (PA).....	68
Gráfico 09: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Novo Repartimento (PA).....	69
Gráfico 10: Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Tucuruí (PA).....	70

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 01: Média dos totais pluviométricos das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016.....	38
Tabela 02: Médias mensais de chuva da RI Lago de Tucuruí, no período 1960-1980 (SUDAM, 1986) e 2000-2016 (ANA, 2017) .....	43
Tabela 03: Média dos totais pluviométricos das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016 de acordo com a longitude (oeste-leste).....	56
Tabela 04: Média dos totais pluviométricos das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016 de acordo com a latitude (norte-sul).....	56
Tabela 05: Média dos NDC para a normais climatológicas completas e provisórias nas estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) .....	62
Tabela 06: Média dos totais pluviométricos das normais climatológicas completa e provisória da estação meteorológica de Tucuruí (PA).....	70
Tabela 07: Média do total pluviométrica da estação meteorológica de Tucuruí (PA) em diferentes tempos em pré e pós-enchimento .....	72
Tabela 08: Média do NDC da estação meteorológica de Tucuruí (PA) em diferentes tempos em pré e pós enchimento do lago da UHE .....	73

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 GERAL .....	15
2.2 ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....	16
3.2 ÁREA DE ESTUDO E SELEÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS .....	20
3.3 COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS .....	25
3.4 ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO .....	28
3.4.1 Método da Ponderação Regional .....	33
3.5 GEOPROCESSAMENTO E CLIMATOLOGIA .....	34
3.5.1 Método de Interpolação IDW .....	35
<b>4 RESULTADOS</b> .....	36
4.1 REGIME PLUVIOMÉTRICO RI LAGO DE TUCURUÍ 2000-2016 .....	36
4.2 ESPACIALIZAÇÃO MENSAL E SAZONAL DAS CHUVAS NA RI LAGO DE TUCURUÍ 2000-2016 .....	42
4.3 ANÁLISE DAS ESTAÇÕES DE ACORDO COM A POSIÇÃO GEOGRÁFICA ...	55
4.4 NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA RI LAGO DE TUCURUÍ E INFLUÊNCIA DE ANOMALIAS CLIMÁTICAS .....	58
4.4.1 NÚMERO COM DIAS COM CHUVAS (NDC) PARA AS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA RI LAGO DE TUCURUÍ .....	61
4.4.2 GRAU DE INTENSIDADE DAS CHUVAS PARA AS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS COMPLETAS E PROVISÓRIAS .....	63
4.4.2.1 Estação Meteorológica de Tucuruí (1972-2002) .....	63
4.4.2.2 Estação Meteorológica de Cachoeira Tracambeua (1983-2016) .....	64
4.4.2.3 Estação Meteorológica de Goianésia (1986-2016) .....	65
4.4.2.4 Estação Meteorológica de Itupiranga (1994-2016) .....	66
4.4.2.5 Estação Meteorológica de Nova Jacundá (1995-2016) .....	67
4.4.2.6 Estação Meteorológica de Nova Ipixuna (2000-2016) .....	67
4.4.2.7 Estação Meteorológica de Novo Repartimento (2000-2016) .....	69
4.4.2.8 Estação Meteorológica de Tucuruí (2003-2016) .....	69
4.5 ANÁLISE DA NORMAL CLIMATOLÓGICA COMPLETA E PROVISÓRIA DA ESTAÇÃO DE TUCURUÍ .....	70
4.6 ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICO DO PRÉ E PÓS-ENCHIMENTO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE TUCURUÍ .....	71
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	74
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	77

## 1 INTRODUÇÃO

Os estudos em Climatologia são importantes no meio acadêmico, pois ajudam a entender a dinâmica do clima para uma determinada área. Neste sentido, “o estudo do tempo e do clima ocupa uma posição central e importante no amplo campo da ciência ambiental” (AYOADE, 1996, p.1). Além disso, esses estudos podem auxiliar no planejamento e gestão territorial (CONTI, 1996).

O presente trabalho fez uma análise espacial e temporal do clima da Região de Integração (RI) Lago de Tucuruí, Estado do Pará, buscando identificar padrões de variabilidade climática e as possíveis mudanças a partir da formação do lago artificial da Usina Hidrelétrica (UHE), na década de 1980. Buscou-se verificar se ocorreram alterações nos índices pluviométricos ocasionadas pelo lago artificial, pois alguns dos trabalhos até então realizados nesta problemática, em várias regiões, mostraram que ocorreram alterações no clima após a formação de reservatórios (e.g.: GRIMM, 1988; FISCH et al., 1990; GUIDON, 1991; CORREIA et al., 2000; SANCHES et al., 2005; LIMA, 2013). De outra maneira, outros trabalhos indicaram que não foi possível identificar interferências no clima (e.g.: DIAS, 1999; LIMBERGER, 2007; SOUZA, 2010; ZAGO et al., 2016).

Para a análise, foram utilizados dados de índices pluviométricos de estações automática e convencionais. Trabalhou-se com as noções de normais climatológicas para um período de 30 anos, e normais provisórias de 10 anos, sendo que ambas são de recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e adotadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Anjos et al. (2017, p.448) afirmam que, para se compreender a variabilidade espacial das chuvas numa região, é preciso recorrer à representação cartográfica, pois ela se mostra crucial. Neste sentido, a elaboração de mapas de chuvas exige procedimentos técnicos, que podem ser solucionados por meio de ferramentas de geoprocessamento na modelagem de dados espaciais de precipitação, no qual se extrapolam dados pontuais de maneira contínua numa superfície.

O entendimento da variabilidade dos índices pluviométricos auxilia no planejamento e na gestão dos municípios, em setores como agricultura, pecuária, saúde, infraestrutura, geração de energia e prevenção dos desastres (FERREIRA et al., 2002, p.1.102). Foi neste sentido que se optou por trabalhar com as possíveis modificações que a formação do lago artificial de uma UHE pode ocasionar em uma

região. Inicialmente, escolheu-se o Município de Tucuruí, no Estado Pará. Porém, como quaisquer modificações que podem ocorrer em razão do lago de uma UHE, e por conta da extensão do mesmo no caso em análise, elas não são restritas apenas a este município. Então, optou-se em estudar uma área maior do entorno do lago da UHE, a RI Lago de Tucuruí.

Também se levou em consideração, na escolha da área, a importância que a mesma tem no País e no Estado, correspondendo à terceira maior geradora de energia do Brasil, e possuindo uma hidrovia natural que poderia ser utilizada para o escoamento da produção regional. Além disso, a RI apresenta um grande potencial agropecuário, principalmente na produção de gado (FAPESPA, 2015, p.4).

Outro fator que pode ser relacionado com interferência no clima de uma região é o desmatamento, fator que há alguns anos atrás não fazia parte dos modelos computacionais para previsões climáticas, contudo, passou a ter importância com as recentes descobertas sobre o papel das florestas em processos meteorológicos como transpiração, transporte e retenção de umidade, e a velocidade dos ventos (NOBRE, 2014, p.11-19). Assim, os novos modelos de previsão climática tem levado em consideração na sua modelagem computacional a influência da cobertura vegetal na dinâmica do clima local, regional e global.

Segundo Nobre (2014, p.20), para avaliar os impactos do desmatamento no clima vem sendo feito um número crescente de experimentos de campo e de modelagem, estudos observacionais e análises teóricas. Uma das maiores virtudes da modelagem climática é a capacidade de simular cenários distantes do momento presente, prevendo tendências.

No primeiro capítulo, fez-se a exposição dos materiais e métodos de pesquisa, com destaque para o levantamento bibliográfico, seleção da área de estudo e das estações meteorológicas para coleta de dados, sistematização e interpolação dos dados pluviométricos para análise espacial e temporal da variabilidade climática na RI Lago de Tucuruí. O segundo capítulo do trabalho contém os resultados da pesquisa, com análise do regime pluviométricos e da sazonalidade, identificação dos principais sistemas que contribuem para a formação das chuvas, além das normais climatológicas completas e provisórias e da classificação do grau da intensidade pluvial em anos mais secos e mais chuvosos, que podem ter relação com os eventos *El Niño* e *La Niña*. Para finalizar, foi feita a comparação dos dados da normal climatológica completa e provisória da estação

meteorológica de Tucuruí, para após analisar os dados de pré e pós-enchimento, a fim de verificar se a formação do lago influenciou o regime de chuvas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Analisar a variabilidade pluviométrica da Região de Integração (RI) Lago de Tucuruí, Estado do Pará, a partir da espacialização e tratamento estatístico de dados das normais climatológicas do período 1972-2016 (44 anos).

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Sistematizar e analisar, espacial e temporalmente, os dados de precipitação da RI Lago de Tucuruí com base nas normais climatológicas padronizadas de 30 anos, e as provisórias de 10 anos;
- Espacializar os dados de precipitação para entender o padrão de ocorrência/distribuição geográfica das chuvas na região;
- Verificar o comportamento sazonal das chuvas;
- Identificar possíveis mudanças no regime pluviométrico ocasionadas pela formação do lago artificial da UHE Tucuruí.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Para a análise da variabilidade da precipitação na RI Lago de Tucuruí, foi realizado primeiramente um levantamento bibliográfico em bases *online* como: o Repositório de Informação Tecnológica da Embrapa, a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, os Anais do Congresso de Meteorologia, e as publicações da Revista Brasileira de Cartografia, Revista Brasileira de Meteorologia e Revista Brasileira de Geografia Física.

Além dessas fontes, fez-se buscas no Google Acadêmico, que quase sempre levam a publicações de revistas científicas como a *Acta Amazônica* e a *Acta Scientiarum Human and Social Sciences*. Em outros casos, o Google direcionou a busca para teses e dissertações de universidades brasileiras.

Nestas buscas, foram selecionados trabalhos que auxiliassem o entendimento da problemática a partir de um referencial teórico-conceitual básico em Climatologia; caracterização do clima da RI, Estado do Pará e Amazônia; e mudanças climáticas devidas à construção de UHE's. A partir destas matrizes, as obras consultadas foram sistematizadas para efeito de revisão de literatura (Quadro 01).

**Quadro 01:** Referencial teórico-conceitual da pesquisa

Autor(es)	Ano	Nome do Artigo	Resumo
Grimm	1988	Verificação de variações climáticas na área do lago de Itaipu.	Realizou uma série de testes estatísticos sobre um conjunto de elementos climáticos da área da hidrelétrica, analisando dois períodos distintos (pré-enchimento e pós-enchimento do lago artificial) a fim de verificar se ocorreu alguma mudança climática em decorrência da formação do lago. Os resultados obtidos pela autora revelam uma diminuição da amplitude térmica no mês de agosto (inverno). Além disso, houve aumento da evaporação, contudo não foram observadas alterações na precipitação total e máxima mensais.
Nimer	1989	Climatologia do Brasil.	O livro constitui uma série de importantes estudos a respeito da Climatologia do Brasil, em que o autor procura enfatizar a moderna orientação metodológica da climatologia dinâmica.
Fisch et al.	1990	Impacto ecológico em Tucuruí (PA): climatologia.	Os autores realizaram um estudo para analisar os padrões sazonais de temperatura, velocidade do vento, distribuição da precipitação local e fluxo de radiação solar, nos períodos de dezembro de 1982 a dezembro de 1986. Como resultados, constataram uma evapotranspiração média maior que nos registros encontrados na literatura.
Guidon	1991	Estudo das variações climáticas na	Realizou um estudo que teve como objetivo analisar as variações climáticas ocorridas na área do entorno da UHE Tucuruí, tendo como parâmetros: a circulação dos

		área do lago de Tucuruí.	ventos, precipitação, umidade do ar e temperatura do ar. A análise dos dados das séries históricas compreendeu os períodos de pré e pós-enchimento do reservatório. Os resultados obtidos a partir de testes estatísticos indicaram que a presença de um grande lago artificial pode alterar a circulação do ar e o clima das áreas próximas ao lago.
Ayoade	1996	Introdução à Climatologia para os trópicos.	Inicialmente publicado na década de 1980, é um livro básico sobre os princípios fundamentais da Climatologia, no qual os processos atmosféricos e os sistemas climáticos são descritos e explicados quase sempre de modo não-matemático. Além disso, discute as interações entre os processos atmosféricos e as interferências das atividades humanas para o clima.
Dias et al.	1999	Estudo dos impactos sobre o clima urbano regional do reservatório de Itaipu.	Realizou um estudo dos impactos do lago de Itaipu sobre o clima, combinando os dados históricos e meteorológicos, com as medições de albedo, rugosidade, fluxo de superfície e umidade do solo, e simulação de cenários de uso do solo. Contudo, os resultados mostraram ser difícil analisar os impactos climáticos de reservatórios por três razões: a dificuldade de se encontrar dados de “antes” e “depois” da construção usina; a simultaneidade de outros fatores ambientais como a supressão florestal, que podem também produzir efeitos climáticos; e a variabilidade climática de períodos que estejam sofrendo a influência dos fenômenos <i>El Niño</i> ou <i>La Niña</i> .
Correia et al.	2000	Efeito do Lago de Sobradinho no clima local: uma análise numérica e observacional.	Realizou testes para verificar quais foram os efeitos que o lago proporcionou sobre o clima local, em que ocorreu a coleta de dados de estações meteorológicas de cidades próximas ao reservatório, para a comparação do pré e pós-enchimento, por meio de cálculos estatísticos. Os resultados indicaram que os parâmetros climáticos sofreram variações substanciais na década seguinte a formação do lago, principalmente nos indicadores de umidade do ar e intensidade dos ventos.
Ferreira et al.	2002	Variação espacial da temperatura e precipitação e sua associação aos eventos de <i>El Niño</i> e <i>La Niña</i> em Tucuruí-PA.	Analysaram a influência de fenômenos meteorológicos de grande escala sobre o comportamento da precipitação, temperatura do ar na cidade de Tucuruí, nos anos de 1997 a 1999 que foram considerados os anos de ocorrência de <i>El Niño</i> e <i>La Niña</i> . Com o objetivo de caracterizar a influência ou não desses fenômenos, visando dar subsídios a população no planejamento e execução das atividades humanas. Os resultados indicaram a ocorrência de duas estações distintas, uma mais quente (outubro e novembro) e outra menos quente (fevereiro e março), e nos anos de ocorrência de <i>El Niño</i> as temperaturas apresentavam um aumento e na <i>La Niña</i> uma diminuição da temperatura. Com relação a precipitação observou-se a ocorrência de um período chuvoso (janeiro a maio) e um período menos chuvoso (junho a dezembro) e além da influência positiva e negativa dos sistemas já citados e de outros sistemas meteorológicos.
Sanches et al.	2005	As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da	Tentaram aumentar os conhecimentos científicos sobre a distribuição de chuvas antes e depois da formação do lago artificial da UHE de Tucuruí, pois eles relataram uma preocupação ecológica dos impactos que a construção de uma usina podem provocar na região. Utilizaram as informações de dados diários de

		hidrelétrica de Tucuruí-PA.	precipitação nos períodos de pré e pós-enchimento das cidades de Tucuruí e Marabá, analisando os totais mensais nas duas cidades e aplicando testes estatísticos de Fisher e Man-Whitney para verificar se com a formação do lago alterou o microclima da região. Os resultados encontrados por eles foram um leve aumento do número de dias com chuvas leves no final do período seco após a formação do lago, que poderá está relacionado com a alta evaporação do lago. Além disso, não foi verificadas modificações no início ou no final da estação chuvosa.
Moraes et al.	2005	Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará.	Analisaram a climatologia das precipitações no Estado do Pará, pois elas são essenciais para o planejamento das atividades agrícolas. A variação da precipitação anual e sazonal no Estado do Pará foi analisada com base em séries históricas de 23 anos (1976-1998). A análise foi realizada para 31 localidades do Estado do Pará, sendo os resultados representados em mapas com a utilização de SIG. A variabilidade da precipitação anual e sazonal foi caracterizada com base no coeficiente de variação e no índice de variabilidade interanual relativo. As características mensais da estação chuvosa, em termos de início, fim e duração, foram determinadas utilizando-se o critério proposto por KASSAM (1979).
Limberger et al.	2008	Mudanças climáticas globais e alterações climáticas: a participação dos grandes reservatórios de usinas hidrelétricas.	Teve por finalidade, trazer informações sobre pesquisas realizadas tanto com relação aos aspectos globais das mudanças climáticas quanto aos aspectos mais locais e específicos de alterações climáticas, enfocando pesquisas em áreas atingidas por reservatórios artificiais de água. As ações antrópicas alteram os diferentes climas do mundo, inicialmente em escalas locais, mas também interferindo da escala regional e até global. No caso específico das UHE os resultados sentidos são sobre o clima e aspectos geomorfológicos.
Limberger	2007	O clima do Oeste do Paraná: análise da presença do lago de Itaipu.	Objetivou caracterizar o clima da região oeste paranaense e fazer uma relação com a presença do lago artificial da Usina Hidrelétrica de Itaipu, bem com a percepção climática dos moradores em relação a presença da mesma. Os resultados encontrados pela autora mostraram que, na análise dos dados não foi possível verificar a relação entre a variabilidade climática da região e a formação do lago do reservatório de Itaipu. Por outro lado, em relação a percepção climática dos moradores que foram entrevistados demonstrou que eles perceberam que o clima da região se modificou e que está condicionada a formação do lago artificial.
Souza	2010	Influência de lagos artificiais no clima local e urbano: estudo de caso em Presidente Epitácio (SP).	Realizou um estudo para verificar as possíveis alterações no clima local e do clima urbano da cidade de Presidente Epitácio que está localizado próximo do lago artificial da usina. Para isso, ele verificou os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, utilizando pontos de coleta na área urbana, influência do lago e na rural do município; analisando as variáveis temporais, espacial e horário em diferentes períodos do ano. Com os resultados produzidos, foi possível verificar uma variação da temperatura do ar e da umidade relativa do ar nos pontos de coleta, o período da noite apresentou as maiores amplitudes e já durante a manhãs foram

			registradas as menores amplitudes. Então o autor concluiu que, apesar de não haver valores significativos entre os postos de coleta, a presença do lago não contribuiu para o aumento da temperatura ar e umidade relativa do ar, porém o lago artificial da usina funciona com um ótimo regulador do equilíbrio térmico e higrométrico.
Lima	2013	Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu – GO	Analizou as chuvas em escala regional e comparou com as temperaturas, a umidade relativa do ar e as chuvas em escala local. Os dados utilizados foram dos anos de 1977 a 2011 de estações meteorológicas da ANA e de pontos que foram implantados na Floresta Estacionais Semidecisuais. Sendo que este estudo apresentou inúmeros resultados, porém destacaremos aqueles que apresenta relevância: o primeiro é que a região apresentou uma grande variabilidade temporal das chuvas, já a variabilidade espacial das chuvas demonstrou que elas ocorreram mais o Noroeste e a Sudeste da área de estudo, mostrando maior atuação da massa equatorial continental. A segunda é que com o aumento da área ocupada por água, trouxe mudanças no microclima da região.
Ribeiro et al.	2014	Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí – Pará.	Desenvolveram um estudo para fornecer um breve conhecimento das análises climatológicas das temperaturas e precipitação do Município de Tucuruí e a sua correlação com as oscilações interanual e interdecadal dos oceanos atlânticos e pacífico, a partir de dados produzidos ao longo de 40 anos da estação meteorológica da cidade. Os resultados mostram que as menores temperaturas são registradas em fevereiro e as maiores em outubro. Além de apresenta uma relação estatística relevante sobre as precipitações e as oscilações interanual e interdecadal dos oceanos atlântico e pacífico.
Menezes et al.	2015	O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil.	O objetivo deste estudo foi identificar regiões pluviometricamente homogêneas de precipitação, classificando os locais mais similares, com base em uma série de observações pluviométricas mensais de 66 estações pluviométricas do Estado do Pará, mostrando a variabilidade da precipitação em cada região, enfocando no regime de precipitação, e nos fenômenos meteorológicos que produzem essas precipitações. A relação à variabilidade pluviométrica, apresentando boa coerência espacial com as áreas de atuação dos principais sistemas geradores de chuva na região.
Zago et al.	2016	Análise do impacto do reservatório da usina hidrelétrica de Itá/SC sob variáveis climáticas.	Analizou o impacto da formação do lago artificial para o município, pois segundo os autores havia uma preocupação da população residente da área, pelo barramento do rio que poderiam ocasionar possíveis mudanças no clima regional. Para realizar este estudo, foram analisados os dados históricos da estação meteorológica do local nos anos “antes” e “depois” a formação do reservatório. Como resultado obtiveram que as variações de temperatura, máxima e mínima, apresentara-se mais evidentes nos meses de junho e julho do período analisado. Além disso, os dados levantados não condizem com a literatura. Após o enchimento do reservatório constatou-se uma menor variabilidade na umidade relativa do ar.
Cruz et al.	2016	Impacto causado	O trabalho objetivou investigar, por meio de uma revisão

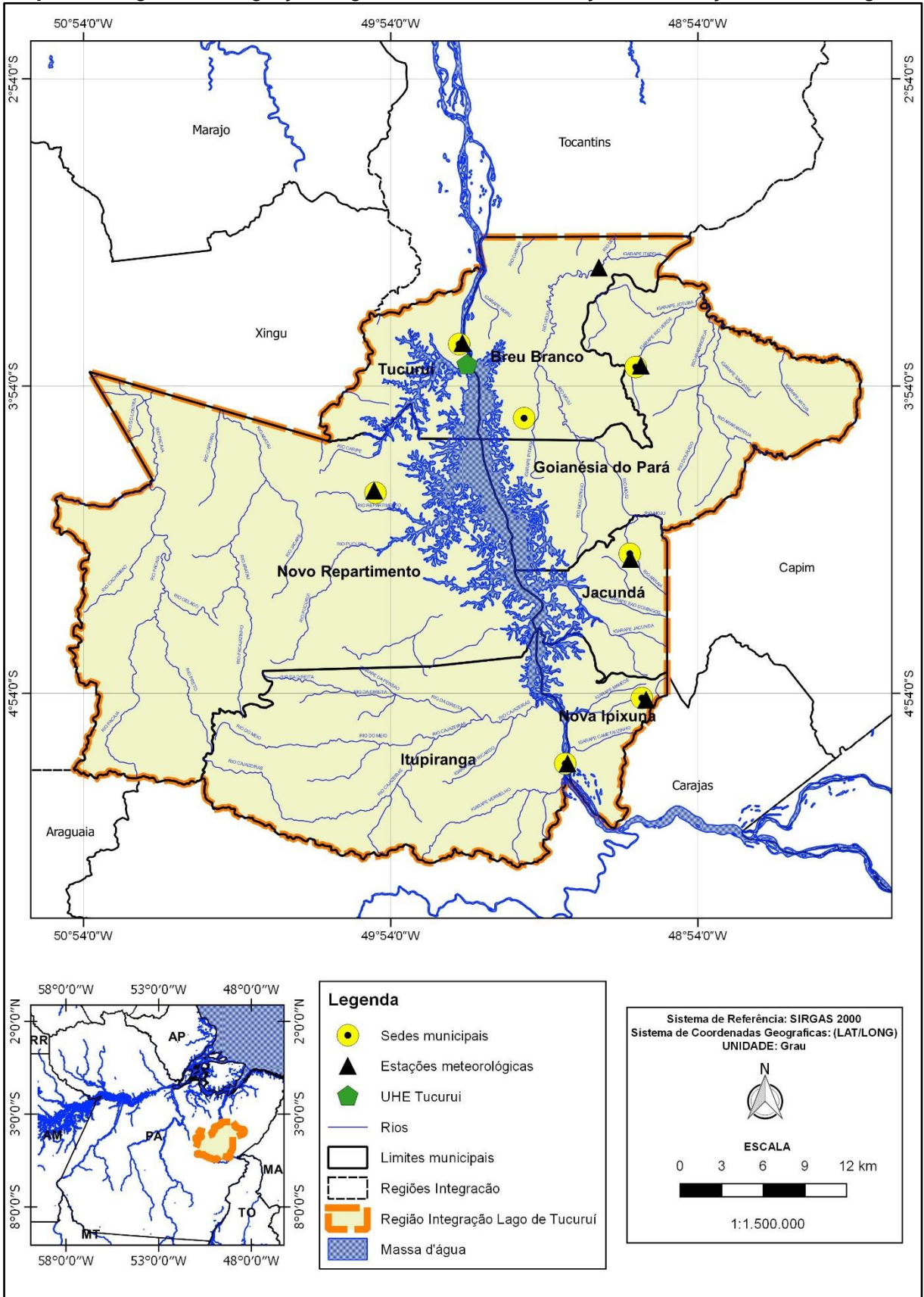
		pela implantação de Usina Hidrelétricas e PCH's na Amazônia meridional.	de literatura os possíveis impactos ocasionados pela construção de grandes usinas hidrelétricas no país, considerando três fatores fundamentais, umidade do ar, índice pluviométrico e temperatura de superfície, impactos esses que podem ser observados após a construção das usinas hidrelétricas. Os autores concluíram que em algumas situações aconteceu alterações no clima e em outras não, porém quando ocorre uma intervenção na floresta, consequentemente o clima também é alterado.
--	--	---	--

**Fonte:** elaboração própria

### 3.2 ÁREA DE ESTUDO E SELEÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

No ano de 2008, o Governo do Estado Pará, através do Decreto nº 1.066, estipulou a sua própria divisão territorial em 12 Regiões Integração (RI), com o objetivo de orientar a elaboração de planos de desenvolvimento, respeitando as características de cada município, para assim melhor administrar o Estado (PARÁ, 2015, p.19-20). Uma destas RI's é a Lago de Tucuruí, área que corresponde aos municípios do entorno do lago da usina hidrelétrica (UHE) de Tucuruí. Foi utilizado tal recorte como área de estudo deste trabalho, a qual abrange 7 (sete) Municípios: Breu Branco, Goianésia do Pará, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Tucuruí (Mapa 01), totalizando uma área de 39.903,365 km<sup>2</sup>.

**Mapa 01:** Região de Integração Lago de Tucuruí e localização das estações meteorológicas



Fonte: elaboração própria

A RI Lago de Tucuruí, localiza-se na região Norte do Brasil, mais exatamente na parte leste do Estado do Pará (Mapa 01 e Quadro 02).

**Quadro 02:** Pontos mais extremos da RI Lago de Tucuruí (PA)

Orientação geográfica	Município	Coordenadas geográficas	
		Lat.	Long.
Ponto extremo N	Breu Branco	3°24'46.07"S	48°56'18.49"O
Ponto extremo S	Itupiranga	5°28'01.05"S	49°29'13.57"O
Ponto extremo E	Goianésia do Pará	4°21'24.21"S	50°59'48.12"O
Ponto extremo W	Novo Repartimento	3°55'41.28"S	48°22'10.95"O

Fonte: elaboração própria, com base no Google Earth

Onde também foi construída a UHE de Tucuruí, que barrou o rio Tocantins em 1974 para início das obras físicas, inundou uma área de 2.430 Km<sup>2</sup> no ano de 1984, quando teve início o processo de enchimento do lago da usina.

O nome da região se deve à existência do lago da represa da UHE Tucuruí, que se localiza no centro da área, servindo de limite entre os municípios, junto com o rio Tocantins. A distância rodoviária entre os municípios da RI Lago de Tucuruí para o Município de Belém, capital do Estado Pará, varia entre 366 km a 601 km, sendo respectivamente os municípios de Goianésia do Pará e Itupiranga o mais próximo e o mais distante. O acesso à área ocorre por meio de rodovias federais e estaduais, e por via fluvial através do rio Tocantins. Existe um único aeroporto administrado pela Infraero, no Município de Tucuruí (Quadro 03).

**Quadro 03:** Malha de transportes da RI Lago de Tucuruí (PA)

Municípios	Distância da sede para a capital do Estado (km)*	Rodovias	Acesso fluvial	Aeroportos
Breu Branco	419	PA-263	Sim	Não
Goianésia do Pará	366	PA-150	Sim	Não
Itupiranga	601	BR-230	Sim	Não
Jacundá	438	PA-150 e PA-151	Sim	Não
Nova Ipixuna	492	PA-150	Sim	Não
Novo Repartimento	497	BR-422 e BR-230	Sim	Não
Tucuruí	446	BR-422	Sim	Sim

Fonte: elaboração própria

De acordo com a divisão territorial do Brasil vigente a partir de 2017, todos os municípios da área fazem parte da Região Intermediária de Marabá, e das Regiões Imediatas de Tucuruí (Breu Branco, Goianésia do Pará, Novo Repartimento e Tucuruí) e Marabá (Itupiranga, Jacundá e Nova Ipixuna). Na divisão anterior, tais municípios estavam localizados na Mesorregião do Sudeste Paraense e nas Microrregiões de Tucuruí (Breu Branco, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Tucuruí) e Paragominas (Goianésia do Pará).

\* As distâncias rodoviárias das sedes municipais para a capital, medidas no Google Maps.

Com a delimitação da área de estudo, procurou-se saber quantas e quais as estações meteorológicas estão presentes na mesma, para posterior coleta de dados pluviométricos (Quadro 04).

**Quadro 04:** Estações pluviométricas e periodicidade dos dados disponíveis para a RI Lago de Tucuruí (PA)

Código da Estação	Nome da Estação	Responsável*	Operadora**	Município	Coordenadas Geográficas (Lat./Long.)	Altitude (m)***	Período
349000	Tucuruí	INMET	INMET	Tucuruí	3°45'37.08"S 49°39'59.89"O	28	1970 a 2016
349001	Cachoeira Tracambeua	ANA	CRPM	Breu Banco	3°30'51.06"S 49°13'20.99"O	52	1982 a 2016
349002	Goianésia	ANA	CRPM	Goianésia do Pará	3°50'01.45"S 49°05'08.90"O	99	1985 a 2016
449000	Jatobal	ANA	ANA	Novo Repartimento	4°33'00.23"S 49°32'59.99"O	131	1977 a 1984
449001	Nova Jacundá	ANA	CRPM	Jacundá	4°27'47.24"S 49°07'11.04"O	95	1994 a 2016
449002	Novo Repartimento	ANA	CRPM	Novo Repartimento	4°14'27.60"S 49°57'15.76"O	94	1999 a 2016
449003	Nova Ipixuna	ANA	CRPM	Nova Ipixuna	4°55'14.90"S 49°04'06.96"O	108	1999 a 2016
549008	Itupiranga	ANA	CRPM	Itupiranga	5°07'45.79"S 49°19'26.84"O	86	1993 a 2016

Fonte: elaborado pelo autor a partir de ANA (2016)

Uma estação meteorológica, basicamente, “é o local onde são concentrados os instrumentos que servem para ‘medir’ as condições do tempo. São de diversos padrões e modelos” (LAZZAROTTO et al., 1995, p.9). Além disso, segundo Silva et al. (2009, p.2) as estações meteorológicas devem seguir a padronização determinada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Esta padronização inclui: tipos de equipamentos, técnicas de calibração, aferição, ajustes, manuseio e procedimentos observados, horário de observação, tratamento dos dados observados, correções efetuadas e transmissão de dados. As estações devem possuir uma identificação de sua posição geográfica, expressa em latitude, longitude e altitude

Silva et al. (2009, p.8) esclarecem que o INMET classifica as estações meteorológicas de acordo com a finalidade de estudo que aquela estação terá, neste caso, elas podem ser de dois tipos:

- Estações de Superfície: são aquelas que coletam, fazem as medições e registram as informações dos parâmetros climatológicos a nível de superfície. Além disso, devem seguir uma padronização, em que o

\* Utilizado para designar a quem pertence os instrumentos que estão presentes na estação meteorológica.

\*\* Empregado para o órgão que tem os direitos de fazer a coleta e manutenção da estação meteorológica.

\*\*\* O ponto de altitude foi tomado a partir do Google Earth.

terreno onde se localiza a estação precisa estar cercado e coberto por uma grama curta. Os instrumentos alocados na estação não podem receber interferências de árvores ou edifícios. Alguns exemplos: Estação Climatológica Principal (ECP), Estação Meteorológica Automática (AT) ou Plataforma de Coleta de Dados (PCD), Estação Agroclimatológica (EAG) e Estação Climatológica Auxiliar (ECA);

- Estação de Ar Superior: são destinadas a coletar, fazer medições e registros de dados meteorológicos referentes a vários níveis da atmosfera. Esses dados contribuem para prever as condições do tempo, localização de massas de ar, segurança das operações de aeronaves, e também na medição da poluição atmosférica. Exemplos: Estação de Radiossondagem e Balão Meteorológico.

Além desta classificação, no site do INMET (2018), na seção Rede de Estações, encontra-se uma subdivisão para as estações de superfície, que está considerando a forma como os dados são coletados, medidos e registrados. Nesta classificação, também existem dois tipos:

- Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática: ele deve conter uma unidade de memória central, em que precisa estar ligado a vários sensores, com o objetivo de medir os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade dos ventos etc.), com o objetivo de coletar os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora no site do INMET.
- Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional: ela é composta por diversos sensores isolados, que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade dos ventos e etc.), que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo e este os envia a um centro coletor.

Com base das informações sobre os tipos de estações meteorológicas, pode-se concluir que as estações que estão presentes na RI Lago de Tucuruí são do tipo automática (Tucuruí) e convencional (Cachoeira Tracambeua, Goianésia, Jatobal, Nova Jacundá, Novo Repartimento, Nova Ipixuna e Itupiranga) de superfície.

Entre as 8 (oito) estações meteorológicas presentes na RI, foram escolhidas 7 (sete), que são: Tucuruí, Cachoeira Tracambeua, Goianésia, Nova Jacundá, Novo Repartimento, Nova Ipixuna e Itupiranga, pois são as estações que ainda estão em operação na região, e que compreendem a série histórica 1972-2016. Sendo assim, a única estação meteorológica não considerada para este estudo foi a de Jatobal, pois ela não se encontra mais em operação e, além disso, possui uma série histórica muito curta de apenas 7 (sete) anos, o que não completa sequer uma normal climatológica provisória.

Depois da identificação dos tipos e da seleção das estações meteorológicas que foram utilizadas, os dados sobre os índices pluviométricos foram coletados através dos websites HidroWeb e BDMEP/Dados Históricos. Ressalta-se que não foram realizadas visitas *in locu* (trabalho de campo). Eventuais visitas poderiam ter ocorrido para se verificar as condições em que as estações se encontram, sobretudo as convencionais, pois, em certos casos elas podem apresentar problemas de coleta, o que pode comprometer a consistência temporal dos dados. Esses problemas nas estações meteorológicas são ocasionados por erros do operador, pela falta de conservação dos instrumentos de medição ou até mesmo devido à não manutenção do local onde foi instalada a estação meteorológica.

### 3.3 COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados referentes às estações em apreço foram coletados em formato Microsoft Access Database, pois este é o formato recomendado para a utilização do software Hidro 1.3.0. (Fig. 01). Este programa é disponibilizado pela própria ANA, e permitiu organizar e manipular os dados hidrometeorológicos, que posteriormente foram exportados para a planilha do Microsoft Excel.

Figura 01: Interface gráfica do software Hidro 1.3.0

Chuvvas Diárias (importados)

Banco de Dados (Hidro.MDB.H) | Códigos: | Sub-bacia: | Consultar

2120 listados (máximo de 1000)

Região	Estação	Nível de consistência	Data	Origem dos dados	Máxima (mm)	Total (mm)	Dia máxima	Dias de chuva
Não Existe	00349000	Bruto	10/1970	Pluviômetro	5,0	16,2	18	05
Não Existe	00349000	Bruto	11/1970	Pluviômetro	6,0	41,5	06	11
Não Existe	00349000	Bruto	12/1970	Pluviômetro	0,0	0,0	01	00
Não Existe	00349000	Bruto	04/1971	Pluviômetro	20,0	47,9	26	05
Não Existe	00349000	Bruto	05/1971	Pluviômetro	107,0	230,7	02	17
Não Existe	00349000	Bruto	06/1971	Pluviômetro	46,6	180,9	05	15
Não Existe	00349000	Bruto	07/1971	Pluviômetro	18,7	51,8	18	09
Não Existe	00349000	Bruto	08/1971	Pluviômetro	21,5	39,3	29	04
Não Existe	00349000	Bruto	09/1971	Pluviômetro	24,9	41,1	12	05
Não Existe	00349000	Bruto	10/1971	Pluviômetro	52,9	114,5	24	14
Não Existe	00349000	Bruto	11/1971	Pluviômetro	14,0	36,4	21	10
Não Existe	00349000	Bruto	12/1971	Pluviômetro	24,5	77,7	17	13
Não Existe	00349000	Bruto	01/1972	Pluviômetro	57,7	262,3	17	23
Não Existe	00349000	Bruto	02/1972	Pluviômetro	93,4	297,6	22	22
Não Existe	00349000	Bruto	03/1972	Pluviômetro	59,2	356,7	11	27
Não Existe	00349000	Bruto	04/1972	Pluviômetro	47,2	310,4	20	24
Não Existe	00349000	Bruto	05/1972	Pluviômetro	31,0	137,2	18	23
Não Existe	00349000	Bruto	06/1972	Pluviômetro	37,0	122,4	20	19
Não Existe	00349000	Bruto	07/1972	Pluviômetro	30,0	46,6	31	09
Não Existe	00349000	Bruto	08/1972	Pluviômetro	10,3	33,2	30	11
Não Existe	00349000	Bruto	09/1972	Pluviômetro	5,6	13,8	02	04
Não Existe	00349000	Bruto	10/1972	Pluviômetro	23,2	44,1	29	05
Não Existe	00349000	Bruto	11/1972	Pluviômetro	134,4	186,4	28	07
Não Existe	00349000	Bruto	12/1972	Pluviômetro	48,6	213,2	23	14
Não Existe	00349000	Bruto	01/1973	Pluviômetro	51,8	306,8	11	25
Não Existe	00349000	Bruto	02/1973	Pluviômetro	44,6	347,3	10	23
Não Existe	00349000	Bruto	03/1973	Pluviômetro	48,0	459,2	06	28
Não Existe	00349000	Bruto	04/1973	Pluviômetro	73,1	558,0	25	23
Não Existe	00349000	Bruto	05/1973	Pluviômetro	50,2	282,0	29	23
Não Existe	00349000	Bruto	06/1973	Pluviômetro	29,2	137,9	19	19
Não Existe	00349000	Bruto	07/1973	Pluviômetro	51,3	243,3	23	14
Não Existe	00349000	Bruto	08/1973	Pluviômetro	13,0	41,7	18	09
Não Existe	00349000	Bruto	09/1973	Pluviômetro	22,6	61,3	04	11

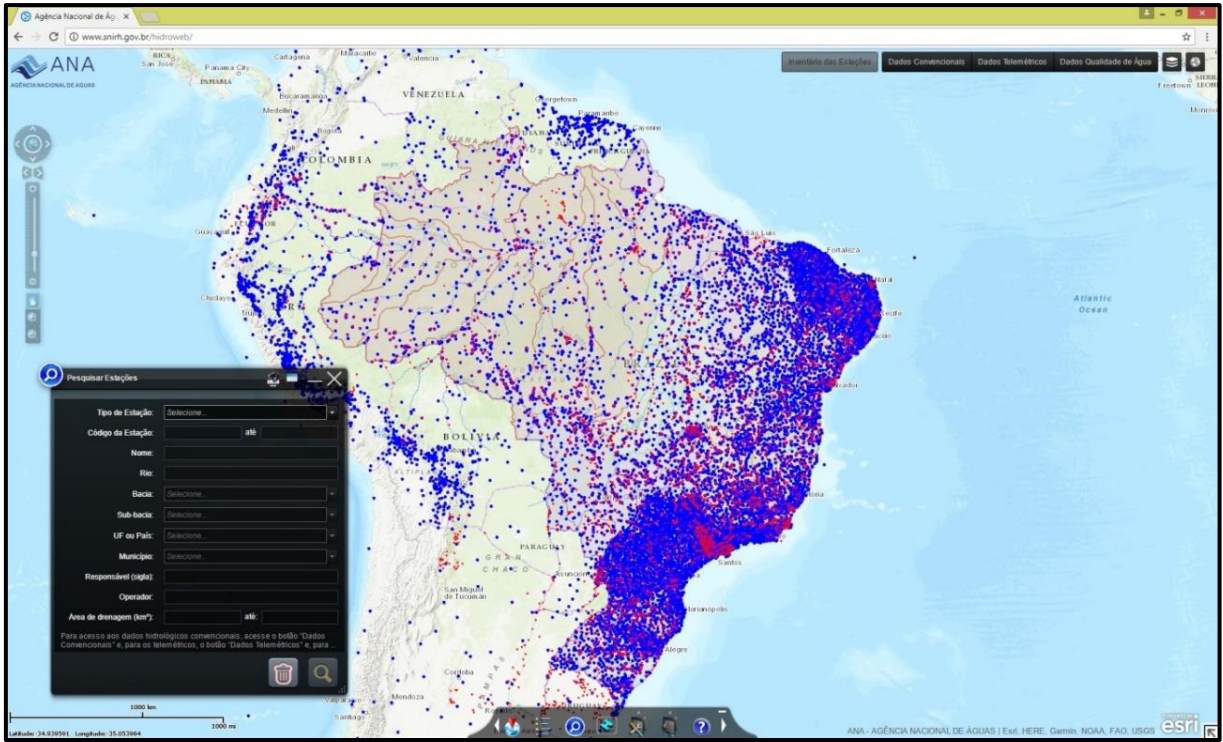
Restrições:

Fonte: elaboração própria

O sistema que possibilitou baixar os dados pluviométricos das estações meteorológicas foi da própria ANA que coleta e agrupa as informações em um sistema denominado HidroWeb (Fig. 02); e também do INMET, no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) /Dados Históricos (Fig. 03), em que primeiro deve ser realizado um cadastro para poder baixar as informações meteorológicas das estações. Além disso, obteve-se do INMET os dados para as normais climatológicas do período 1961-1990 da estação meteorológica de Tucuruí, onde o INMET é responsável e possui trinta anos de observação, coleta e medição.

Figura 02: Interface We

b do sistema HidroWeb



Fonte: [www.snirh.gov.br/hidroweb/](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/), 2017

**Figura 03:** Interface Web do sistema BDMEP/Dados Históricos

BRASIL Serviços Simplifique! Participe Acesso à informação Legislação Canais

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO SOBRE O INMET IMPRENSA MAPA DO SITE FALE CONOSCO

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

TEMPO CLIMA AGROMETEOROLOGIA APLICAÇÕES SATÉLITES ESTAÇÕES E DADOS INFORMAÇÕES

BDMEP

Dados Históricos

BDMEP - Série Histórica - Dados Mensais

Dados Mensais

Período - Data início (dd/mm/aaaa) :  fim :

Região : Todas (OU) Estado : Todos

Selecionar Variáveis :

- Direção do Vento Predominante (tabela)
- Evaporação do Piche (mm)
- Insolação Total (hs)
- Número de Dias com Precipitação (qtd)
- Pressão Atm nível Mar Média (mbar)
- Temp Máxima Média(°C)
- Umidade Relativa Média (%)
- Velocidade do Vento Média (mps)
- Evapotranspiração Potencial BH (mm)
- Nebulosidade Média (décimos)
- Precipitação Total (mm)
- Pressão Atm Média (mbar)
- Temp Compensada Média(°C)
- Visibilidade Média (%)
- Velocidade do Vento Máxima Média (mps)
- Evapotranspiração Real BH (mm)
- Temp Mínima Média(°C)

Pesquisa

Codigo de Direção do Vento ..... Codigo de Visibilidade

Fonte: [www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep), 2017

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

O estudo de variabilidade climática consiste, basicamente, na análise do regime pluviométrico, isto é, o comportamento e a distribuição das chuvas durante os 12 (doze) meses do ano, espacial e temporalmente. Os estudos sobre o regime pluviométrico de uma região são realizados pela análise individualizada (hora), somatórias (dia, mês e ano) ou médias de uma série histórica. É desta maneira que se pode verificar, ao longo de um período, oscilações dos totais pluviométricos ou de outras variáveis climáticas – pressão atmosférica, temperatura, umidade do ar, direção e velocidade dos ventos, insolação e evapotranspiração, e outros tipos de precipitação. Sendo que:

Quanto menos variável é a precipitação pluvial, mais confiável ela é. Isto ocorre porque o índice de variabilidade é a medida do grau de probabilidade da quantidade média que se repete a cada ano, estação, ou mês dependendo do período em consideração.

[...]

A baixa variabilidade implica que a precipitação média em um determinado lugar é confiável, enquanto a alta variabilidade implica amplas flutuações em torno do valor médio (AYOADE, 1996, p.172).

Existem várias formas de extrapolar as medições pontuais das estações e especializá-las para uma área maior. Para isso, segundo Paz (2004) e Teixeira (2010), há técnicas como o Método de Thiessen e o Método das isoietas. O primeiro é um método que consiste em determinar a precipitação média em uma região, com base nas observações das estações disponíveis, incorporando um peso a cada um dele, em função da sua “área de influência”. O segundo é um método, utiliza das isoietas para determinar a precipitação média de uma região. Para área de estudo em questão apresentou dados para sete estações meteorológicas, então, o regime pluviométrico da mesma foi estimado a partir de isoietas, pois para este método não é preciso dados de fora da região como o método de Thiessen indica. Então o método das isoietas é determinado por meio da interpolação a partir de dados disponíveis nas estações da área de estudo.

Para se determinar a média do regime pluviométrico ao longo dos meses, para uma área, pode-se utilizar o método aritmético, explicado por Paz (2004) e Teixeira (2010). Esta técnica consiste em obter a precipitação média a partir da média aritmética das precipitações nos postos selecionados. Para a área de estudo em questão a precipitação média da mesma foi estimada a partir da média de sete estações, dividida pelo total de estações, como podemos observar na equação:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7}{7}$$

Onde P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 são as precipitações nas estações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente, e Pm é a precipitação média da área.

Podemos analisar o regime pluviométrico da região por meio da sazonalidade das chuvas, pois “a distribuição sazonal da precipitação é tão importante quanto o volume total [...]” (AYOADE, 1996, p.167).

Os dados de precipitação foram analisados a partir de agrupamentos para as normais provisórias de todas as estações, principalmente para aquelas que não possuem trinta anos ou mais, como é o caso das estações de Itupiranga que possui 22 anos de coleta de dados (1994-2016), a estação de Nova Jacundá de 1995-2016 e para as estações de Nova Ipixuna e Novo Repartimento que ambas possuem 16 anos de dados registrados (2000-2016).

Foi possível visualizar normais climatológicas completas para as estações que possuem trinta anos ou mais de dados registrados. Nesta situação temos as estações meteorológicas de Tucuruí no período de 1972-2016, que por apresentar

44 anos de dados, foram elaboradas 1 normal climatológica completa e outra normal climatológica provisória; a estação de Cachoeira Tracambeua no período de 1983-2016 e a estação de Goianésia com trinta anos de dados registrados entre o período de 1986-2016. Com as normais climatológicas de 30 anos e as provisórias construídas, foi realizado uma análise, para posterior síntese dessas informações para podermos caracterizar a RI Lago de Tucuruí.

Logo após a construção das normais climatológicas e das provisórias, ocorreu uma análise do comportamento das chuvas da única estação da região que estava presente antes e depois da formação do lago artificial da UHE Tucuruí. Na qual foi analisado os dados de chuvas da estação de Tucuruí, no período de 1972-1984 (pré-enchimento) e do período de 1985-2016 (pós-enchimento), para verificar se com a formação do lago da usina interferiu no regime de chuvas da região.

Depois foi realizado a sistematização dos dados de chuvas, para que ocorresse a caracterização do regime pluviométrico da RI Lago de Tucuruí no período de 2000-2016. Além disso, aproveitou-se para elaborar a sazonalidade da distribuição e da espacialização dos índices pluviométricos durante as estações do ano da região para o mesmo período citado anteriormente.

Por último com as normais climatológicas completas e provisórias construídas, pode-se classificar os registros dos totais pluviométricos anuais, de acordo com o grau de sua intensidade. Esta classificação foi desenvolvida por Pinkayam (1966, apud Ewald et al., 2011), que utiliza a metodologia dos quartis (percentis) para ordenar de forma crescente uma série amostral. Além disso, é uma técnica bastante aplicada por Xavier (2001, apud Santos et al., 2013, p.456) para analisar o grau de intensidade das chuvas no litoral cearense.

Seja, então,  $X_1, X_2, \dots, X_n$  uma série histórica de dados de chuvas acumulada num certo período, para uma determinada área; ao longo dos  $n$  anos de observações. Onde depois são calculados os quantis de  $Q$  (15%),  $Q$  (35%),  $Q$  (65%) e  $Q$  (85%), com esses os valores realizou-se a categorização os intervalos, através da classificação do grau de intensidade das chuvas para um determinado ano (Quadro 05).

**Quadro 05:** Intervalos de classe para classificação da precipitação

Classes de precipitação	
$X_n \leq Q$ (15%)	Muito Seco (MS)
$Q$ (15%) < $X_n \leq Q$ (35%)	Seco (S)
$Q$ (35%) < $X_n < Q$ (65%)	Normal (N)
$Q$ (65%) < $X_n < Q$ (85%)	Chuvoso (C)
$X_n \geq Q$ (85%)	Muito Chuvoso (MC)



1982	Blue	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
1983	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red
1984	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red
1985	Blue	Blue	Yellow	Red	Red	Red	Red
1986	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
1987	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
1988	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
1989	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
1990	Yellow	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
1991	Yellow	Blue	Yellow	Red	Red	Red	Red
1992	Yellow	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red
1993	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Red	Red
1994	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Red	Red
1995	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
1996	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
1997	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
1998	Red	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red
1999	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Yellow
2000	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2001	Blue	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2002	Blue	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2003	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2004	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2005	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2006	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue
2007	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Yellow	Blue
2008	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Yellow	Blue
2009	Blue	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow
2010	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue	Blue
2011	Blue	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2012	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2013	Blue	Yellow	Blue	Blue	Yellow	Blue	Blue
2014	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Blue
2015	Blue	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
2016	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue

**Fonte:** elaborado pelo autor a partir dos dados da ANA (2017)

Após analisar as séries históricas das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí, verificou-se que o melhor método para solucionar os problemas de falhas das estações seria o método da ponderação regional, pois em seu método estatístico ele leva em consideração apenas os dados dos meses em que se pretende corrigir. Diferente dos outros dois que precisa de todos os registros

daquele ano da estação com falha e das outras estações para que se possa aplicar o método da regressão linear, o que em alguns casos seria impossível, pois as falhas se estendem para mais de um mês.

#### 3.4.1 Método da Ponderação Regional

A principal função de uma estação meteorológica é o de observar, coletar e medir dados relativos às condições do tempo sem interrupção, para construir, assim, séries históricas de dados completa, detalhada e confiável, que terão finalidades diversas, a exemplo dos estudos para analisar a variabilidade de chuvas em uma região. Contudo, segundo Teixeira (2010, p.53) podem ocorrer casos de existência de períodos sem informação ou com falhas de observação, ocasionadas por problemas no aparelho de registro ou com o operador da estação.

Os estudos realizados com os dados pluviométricos de uma estação que apresentam falhas em sua coleta devem passar por um processo de preenchimento para corrigir os meses ou anos que não apresentam registrados.

Uma vez que os dados pluviométricos coletados para a RI Lago de Tucuruí são incompletos, foi realizado o processo de preenchimento de falhas, pelo chamado Método da Ponderação Regional, conforme descrito por Paz (2004) e Teixeira (2010). Trata-se de uma técnica utilizada para preencher lacunas das séries históricas, sendo exclusiva para dados meteorológicos, mais especificamente para o volume pluviométrico de uma estação.

Esta técnica consiste em estimar os valores de precipitação para uma estação com falha, com o objetivo de completar as séries mensais ou anuais, tendo em vista a homogeneização de um determinado período de informações para que se realize uma análise estatística das precipitações.

Paz (2004, p.35) afirma que a única recomendação referente a este método estatístico, é que ele só poderá ser usado para determinar os dados de séries mensais ou anuais, não sendo recomendado para estimar séries diárias, devido à variabilidade temporal e espacial da precipitação.

Além disso, Teixeira (2010) recomenda que para o uso deste método é preciso selecionar ao menos três estações vizinhas que não tenham apresentado falhas para o período que pretende ser corrigido e, além disso, as estações precisam estar na mesma região climatológica, que para a área de estudo as

correções das estações obedecerão a estes critérios. De acordo com a equação a seguir:

$$P_X = \frac{1}{3} \left( \frac{P_W}{P_{Wm}} + \frac{P_Y}{P_{Ym}} + \frac{P_Z}{P_{Zm}} \right) * P_{Xm}$$

Onde  $P_{Wm}$ ,  $P_{Xm}$ ,  $P_{Ym}$  e  $P_{Zm}$  são as precipitações médias nas estações W, X, Y e Z, respectivamente;  $P_X$ , é a precipitação da estação X a ser estimada;  $P_W$ ,  $P_Y$  e  $P_Z$  são as precipitações nas estações W, Y e Z, respectivamente, no intervalo de tempo referente àquele da precipitação da estação X a determinar. Essa fórmula foi reproduzido na planilha do Microsoft Excel (Fig. 04), onde foi possível realizar as correções de falhas das estações.

**Figura 04:** Aplicação do Método de Ponderação Regional na planilha do Microsoft Excel.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Fórmula	Média da Estação com Falha	Média da Estação Proxima 1	Média da Estação Proxima 2	Média da Estação Proxima 3	Valor Observado no mês Estação 1	Valor Observado no mês Estação 2	Valor Observado no mês Estação 3	
2		202	163,3	136,2	167,6	393,1	420,1	534,3	
3									
4		486,26							
5		623,06							
6		643,97							
7		1753,28							
8		584,4							

Fonte: elaboração própria

### 3.5 GEOPROCESSAMENTO E CLIMATOLOGIA

Depois de realizado o processo de correção de falhas de todas as estações meteorológicas, e da escolha do melhor método para caracterizar o regime pluviométrico (média e sazonalidade), utilizou-se das técnicas do geoprocessamento para a geração de mapas para a espacialização dos índices de precipitação da região, no qual se optou pelo método de interpolação IDW.

Diante da variabilidade espacial e temporal das chuvas, representá-las a partir somente de dados pontuais das estações pluviométricas pode limitar a análise climatológica de uma região. Por conta disso, podem-se interpolar os dados de várias estações para a espacialização dos mesmos sobre uma determinada área. É assim que ocorre a geração de mapas que demonstram a variabilidade espacial dos elementos do clima de maneira contínua.

Queiroga (2006) destaca que a interpolação espacial transforma os dados pontuais registrados nas estações em campos contínuos, gerando padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais. A técnica da interpolação se baseia nas médias dos valores registrados.

O método de interpolação divide-se em basicamente dois grupos, os geoestatísticos e os determinísticos. O primeiro baseia-se em modelos estatísticos que incluem a autocorrelação entre os pontos medidos, neste modelo encontramos a Krigagem. Já o segundo grupo tem como base os valores medidos no entorno, para determinar o comportamento da superfície, neste modelo podemos destacar o método da ponderação do inverso das distâncias (IDW).

### 3.5.1 Método de Interpolação IDW

O método de interpolação IDW, também conhecido como a ponderação do inverso das distâncias. É uma técnica mais simples e utilizada para estimar as variáveis de interesse Reis et al. (2005), pois ele atribui peso a pontos mais próximos. Além disso, está presente em todos os programas de softwares de geoprocessamento.

A interpolação IDW “[...] generaliza a ideia de média móvel local, sugerindo que a densidade do fenômeno varia localmente de forma suave, sem picos nem descontinuidades. ” (ANJOS et al., 2017, p.451). Além disso, para Camargo et al. (2004) o seu objetivo é produzir uma superfície mais suavizada para poder representar o mais próximo do real os fenômenos naturais. Já os autores Alves; Vecchia (2011) o classificam como sendo: “Este método pode ser classificado tanto como um interpolador exato como suavizante, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação [...]” (ALVES; VECCHIA; 2011, p.194).

Com os mapas gerados poderemos observar como se procede a distribuição das médias mensais e do total pluviométrico nos municípios que compõem a RI Lago de Tucuruí. Além de analisar a variabilidade sazonal das chuvas e a influência dos principais sistemas formadores de chuvas. Também, podemos verificar se a formação do lago da UHE de Tucuruí, influenciou no regime de chuvas na região. E assim auxiliar no planejamento e na gestão dos recursos naturais e também no gerenciamento de eventos extremos que poderá causar danos a população municípios.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 REGIME PLUVIOMÉTRICO RI LAGO DE TUCURUÍ 2000-2016**

Antes de analisar o regime pluviométrico da RI Lago de Tucuruí, devemos compreender os fatores que influenciam as chuvas no País e na região, e aqueles que podem alterar o clima por feito de ações antrópicas. Como podemos observar no estudo de Ewald e Limberger (2001), sobre a caracterização do regime pluviométrico do Município de Marechal Cândido Rondon, no ano de 1941 a 2008:

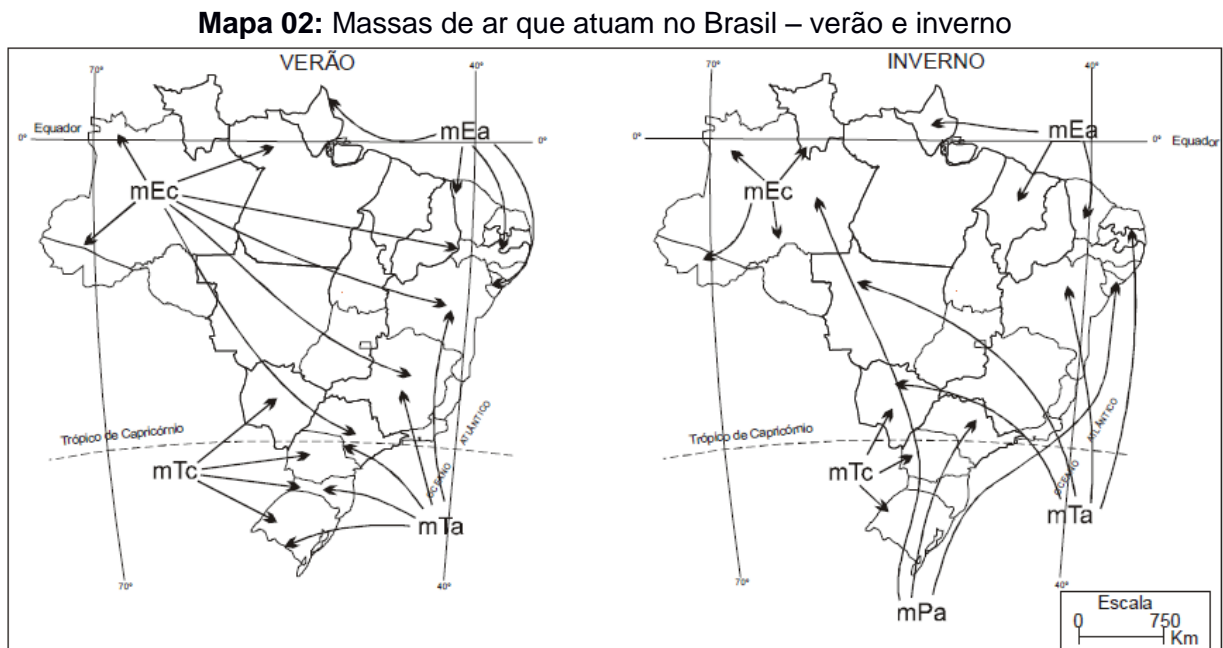
As alterações dos regimes pluviométricos são ocasionadas por diversos fatores como temperatura, dinâmica de massas de ar, insolação, maritimidade, continentalidade, cobertura vegetal, formas do relevo, posição geográfica e interferência humana. Ao admitir que a precipitação pluviométrica seja altamente variável tanto espacialmente quanto temporalmente, é preciso compreender as diferentes escalas desde a macroescala até a microescala (EWALD; LIMBERGER, 2011, p. 1-2).

No caso do Brasil, por causa da sua extensão territorial, que se estende da região equatorial até as latitudes subtropicais, e por possuir uma topografia bastante irregular, segundo Marengo e Nobre (2009, p. 200) o regime pluviométrico é bastante heterogêneo.

Partindo desse pressuposto, deve-se entender a influência dos diferentes sistemas atmosféricos que podem influenciar na formação de chuvas, como por exemplo: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que ocasiona o aumento do volume de chuvas para a Amazônia e Nordeste; e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), influenciando desde a Amazônia até o Centro-Sul. Além disso, temos a presença de massas de ar que contribuem para a formação das chuvas e do clima em diversos pontos do Brasil, que são elas: Massa Equatorial Continental

(*mEc*), Massa Equatorial Atlântica (*mEa*), Massa Tropical Continental (*mTc*), Massa Tropical Atlântica (*mTa*) e Massa Polar Atlântica (*mPa*) (Mapa 02).

Os maiores volumes de chuvas na região amazônica, segundo Molion (1987), estão associados às circulações atmosféricas de macro e mesoescala. Já em Marengo e Hastenrath (1993), ela é causada principalmente pela flutuação sazonal da ZCIT e pela *mEc*, além pela formação da ZCAS no verão.



**Fonte:** Tubelis e Nascimento (1980)

Ainda sobre a Amazônia, ela apresenta uma distribuição espacial pluviométrica bastante irregular. A região “[...] possui uma precipitação média de aproximadamente 2.300 mm/ano, embora na fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela o total anual atinge 3.500mm” (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998, p.104).

De acordo com a Tabela 01, que apresenta as médias do período 2000-2016 (com dados para todas as estações), verifica-se que o trimestre mais chuvoso representado em azul na RI Lago de Tucuruí ocorre praticamente no mesmo período para todas as estações, entre fevereiro a abril, porém temos duas exceções as estações meteorológicas de Itupiranga e Nova Jacundá que o período de auge do trimestre mais chuvosos inicia-se em janeiro e terminado em março. Tendo o mês de março o de maior índice pluviométrico para todas elas, além de apresenta a estação meteorológica de Tucuruí como o maior índice de chuvas registrando 442,8 mm. Já quando se analisa o trimestre mais seco representado em vermelho, observa-se que

este ocorre do mês de julho ao mês de setembro para a maioria das estações, porém em apenas em Itupiranga e Nova Ipixuna o trimestre com chuvas mais escassas tem início em junho e terminando em agosto, além de apresentarem o mês de agosto o de menor índice pluviométrico para todas as estações, com destaque para Cachoeira Tracambeua com registro de 9,2 mm de chuvas no período analisado.

**Tabela 01:** Média dos totais pluviométricos das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016

Meses	Estações da Região de Integração Lago de Tucuruí						
	Tucuruí	Cachoeira Tracambeua	Goianésia	Itupiranga	Nova Jacundá	Nova Ipixuna	Novo Repartimento
Janeiro	366,6	212,7	325,5	257,4	363,4	261,4	294,3
Fevereiro	382,0	369,9	341,9	274,1	356,8	323,3	357,1
Março	442,8	322,1	388,4	298,7	410,2	372,1	425,2
Abril	417,6	297,0	361,8	254,8	341,1	290,2	354,7
Mai	235,2	167,7	159,1	143,5	163,4	158,0	244,3
Junho	90,3	54,4	42,2	34,2	62,3	47,6	78,3
Julho	58,4	31,3	25,2	38,3	36,3	38,2	28,1
Agosto	32,4	9,2	9,5	28,2	15,3	21,6	16,2
Setembro	36,4	18,8	7,0	38,2	30,6	56,6	17,2
Outubro	67,2	38,5	40,2	77,7	58,7	72,6	49,1
Novembro	101,2	67,3	110,0	94,4	106,3	145,0	94,6
Dezembro	197,0	131,6	140,2	192,7	176,0	181,5	173,3
Total	2427,2	1720,5	1950,9	1732,1	2120,3	1968,2	2132,4

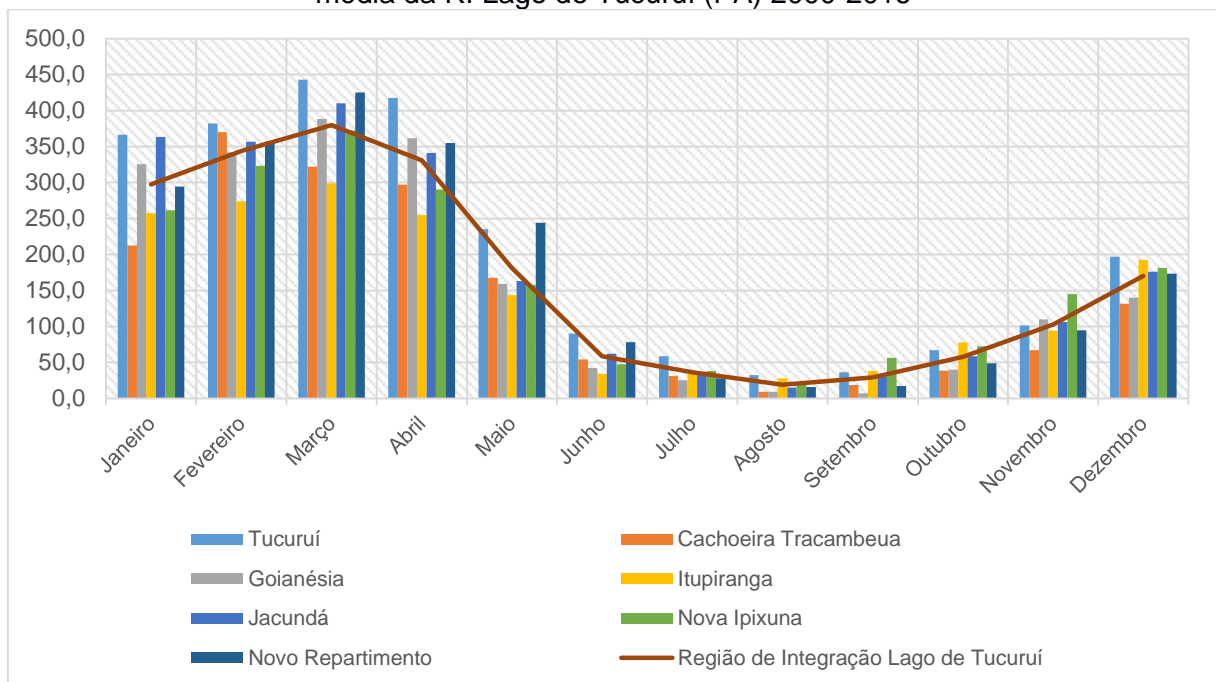
**Fonte:** elaboração própria, com base no HidroWeb/ANA, 2017

Pode-se relacionar esse padrão de chuvas na RI Lago de Tucuruí, ao que Marengo e Nobre (2009) escreveram sobre a distribuição de chuvas da Amazônia: o início da estação chuvosa no sul da região ocorre durante a primavera, durante os meses de outubro/novembro, e os máximos são registrados no verão. Porém, uma vez que na RI Lago de Tucuruí o período mais chuvoso se estende até o início do outono (abril) na maioria das estações, nota-se já uma transição para o padrão típico do máximo de chuvas da Amazônia central e foz do Amazonas. Durante o inverno são registrados os menores índices de chuvas na Amazônia central e sul, e nos meses de julho/agosto/setembro para o vale da bacia Amazônica. A maior parte das estações da RI segue este padrão, e apenas as de Nova Ipixuna e de Itupiranga, mais ao sul, tem o início da estação menos chuvosa em junho, coincidindo com o padrão da Amazônia central e meridional. O mesmo é válido para o início do trimestre mais chuvoso, que nestas duas estações começa em janeiro, e nas demais

em fevereiro. Esta é uma situação que indica o caráter de transição climática da RI Lago de Tucuruí no contexto da Amazônia.

O Gráfico 01 demonstra como ocorreu a distribuição das médias mensais de chuvas ao longo dos anos de 2000 a 2016. Confirmando os dados acima analisados, o mês de março é o mais chuvoso e o mês de agosto o mais seco. Além disso, percebem-se dois períodos bem distintos: um mais chuvoso, de janeiro a abril, que caracteriza na escala regional o “inverno” amazônico; e outro mais seco, de junho a outubro, chamado de “verão” amazônico. Vale ressaltar que há dois períodos de transição entre a época mais chuvosa e mais seca, que são representados pelos meses de maio e novembro/dezembro. Este padrão está de acordo com o que diz a literatura sobre o clima da Amazônia, por exemplo Bastos (1982), ao afirmar que se trata de uma região tropical com elevados índices pluviométricos, porém com nítidos períodos secos em alguns de seus espaços.

**Gráfico 01:** Média dos totais pluviométricos mensais das estações meteorológicas e sua média da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016



**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

Para Nimer (1989), a Região Norte se constitui como o domínio climático mais pluvioso do Brasil, ou seja, o de maiores totais pluviométricos anuais. Isso se deve pela atuação dos sistemas de circulação atmosféricos, que são ocasionados por sobreposição das chuvas de W da Massa Equatorial Continental (*mEc*), e de N da ZCIT, o que acarreta altos índices de chuvas na Amazônia ocidental e do litoral

amapaense e região de Belém. Esse alto volume de chuvas é considerado por Bastos (1982) como sendo os núcleos de precipitação mais abundantes, que segundo a classificação de Köppen caracteriza o tipo de clima Afi:

Ocorre principalmente no Estado do Amazonas atingindo toda sua porção noroeste sem atingir porém a cidade de Manaus. Ocorre também nas áreas a oeste e sul, do Território de Roraima, em pequenas áreas do Território do Amapá, em torno da Serra do Navio e Estado do Pará em volta da cidade de Belém e a oeste da ilha de Marajó. (BASTOS,1982, p.2).

Já para RI Lago de Tucuruí, segundo a classificação de Köppen/Geiger usada por Bastos (1982), ela estaria numa região denominada de Awi, que é caracterizado por apresentarem um inverno seco bem definido e de ocorrências de precipitação mensal inferior a 60 mm. Esta área começa a leste do Estado do Acre e sul do Estado de Rondônia, a noroeste do Estado de Roraima, ao sul do Estado do Pará e em todas as áreas dos Estados de Mato Grosso, Goiás e Maranhão.

Porém, num estudo mais detalhado sobre a classificação de Köppen do clima na RI Lago de Tucuruí, realizado por Pará (2010), identificou-se que a região estaria numa área de dois subtipos climáticos: Am e Aw, ambos pertencentes ao regime tropical chuvoso, sendo que a diferença está na precipitação mensal e anual, que acabam apresentando uma subdivisão.

- O Am3: é uma área que se caracteriza, por possuir índices pluviométricos anuais de 2000 mm a 2500 mm, estando presente numa área em que se localiza as estações meteorológicas de Tucuruí e Novo Repartimento;
- O Am4: é uma área que apresenta índices pluviométricos anuais em torno de 1700 mm a 2200 mm, abrangendo as áreas de Cachoeira Tracambeua, Goianésia e Nova Jacundá;
- O Aw4: é uma região que possui índices pluviométricos anuais que variam de 1700 mm a 2100 mm, sendo que abrange a área que está localizada as estações de Nova Ipixuna e Itupiranga.

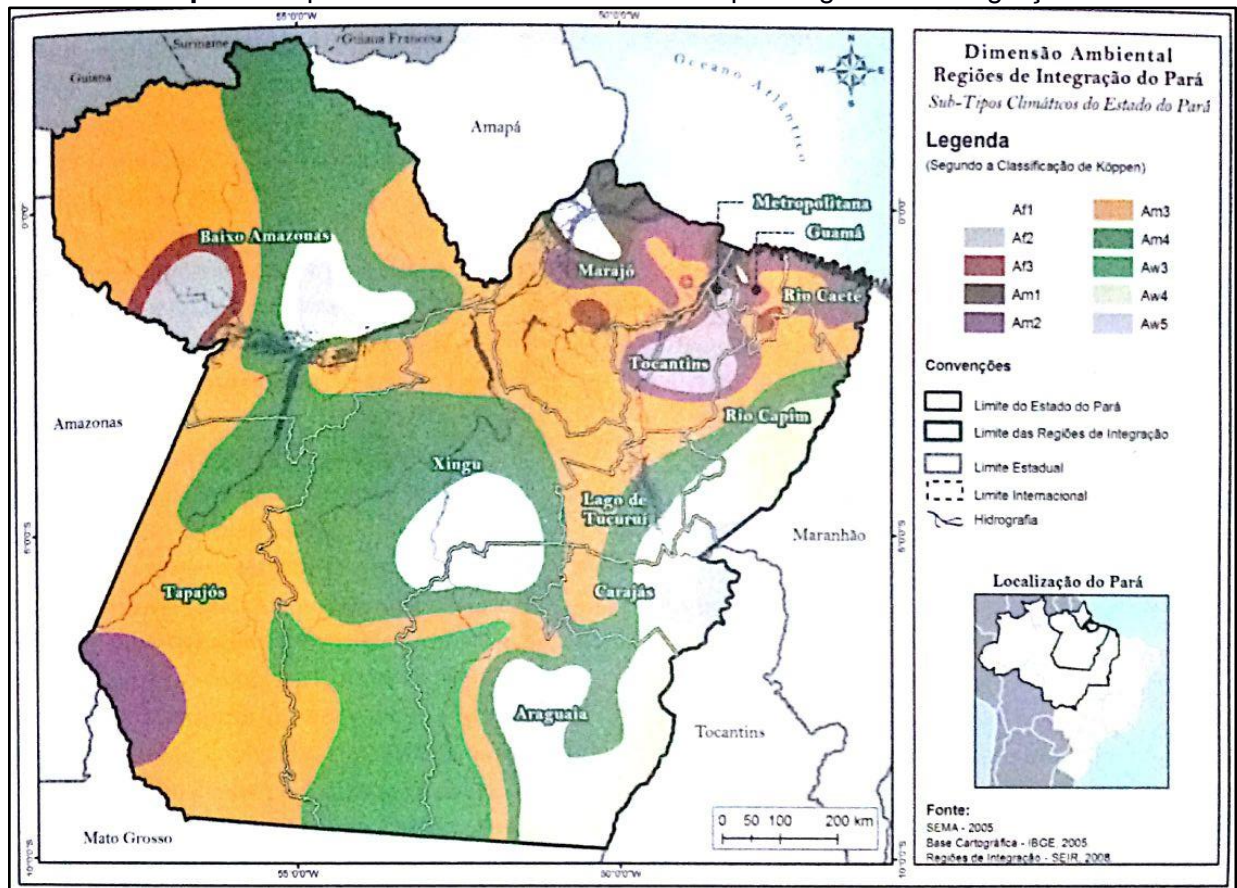
A espacialização dos climas no Estado do Pará e na RI Lago de Tucuruí, de acordo com a classificação de Köppen/Geiger, é mostrada no Mapa 03.

O Estado do Pará apresenta três subtipos de climas: Af, Am e Aw, em que todos são caracterizados pelo regime tropical chuvoso, apresentando temperatura

superior a 18°C; porém, eles se diferenciam pelo quantum da precipitação pluviométrica média mensal e anual. Segundo Pará (2010), o tipo Af não apresenta estação seca e a precipitação do mês menos chuvoso é igual ou superior a 60 mm. O Am apresenta características de clima de monção, como a presença de estação seca moderada, além da ocorrência de precipitação média inferior 60 mm no mês mais seco e uma pluviosidade anual superior a 2.500 mm. Por último, o Aw é caracterizado por possuir um inverno mais seco e a ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm, com totais anuais de chuva inferiores a 2.500 mm.

Além dessa classificação maior, existe uma divisão em subgrupos, onde o Af é dividido em Af1, Af2 e Af3; o Am é desmembrado em Am1, Am2, Am3 e Am4; e o Aw é dividido em Aw1, Aw2, Aw3, Aw4 e Aw5 (Mapa 03).

**Mapa 03:** Tipos de clima do Estado do Pará por Regiões de Integração



Fonte: Pará (2010)

O clima do tipo Af está presente nas Regiões de Integrações do Baixo Amazonas, Guamá, Marajó, Metropolitana, Rio Capim e Tocantins, formando células de maior pluviosidade. O tipo Am compreende a maioria das Regiões de Integração.

Já o tipo Aw, mais seco, está presente nas Regiões do Araguaia, Baixo Amazonas, Carajás, Lago de Tucuruí, Rio Capim, Tapajós e Xingu.

Os subtipos climáticos no Estado do Pará eles foram organizados no Quadro 07, onde se percebe que no tipo climático Am o que se destaca é o subtipo Am3, que ocorre em todas as RI's, seguido pelo Am4 e Am2. Já os subtipos climáticos de menor representatividade no Estado Pará são o Af1 e o Am1, ambos presentes nas Regiões de Integração do Guamá e Marajó.

**Quadro 07:** Distribuição dos subtipos climáticos e subdivisão de acordo com cada região de integração paraense.

Regiões de Integração	Subtipos Climáticos no Estado do Pará									
	Af1	Af2	Af3	Am1	Am2	Am3	Am4	Aw3	Aw4	Aw5
Araguaia						X	X	X	X	
Baixo Amazonas		X	X			X	X		X	X
Carajás						X	X		X	X
Guamá	X	X	X	X	X	X				
Lago de Tucuruí						X	X		X	
Marajó	X		X	X	X	X				
Metropolitana		X			X	X				
Rio Caeté					X	X	X			
Rio Capim		X	X		X	X	X		X	X
Tapajós					X	X	X	X		
Tocantins		X			X	X				
Xingu						X	X	X	X	

**Fonte:** elaboração própria a partir dos dados de Pará (2010)

#### 4.2 ESPACIALIZAÇÃO MENSAL E SAZONAL DAS CHUVAS NA RI LAGO DE TUCURUÍ 2000-2016

A partir dos dados das médias mensais e do total pluviométrico anual da RI Lago de Tucuruí, no período 2000-2016, procedeu-se à espacialização desses dados para se entender o comportamento das chuvas na região e relacionar com os principais sistemas formadores de chuvas, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Massa Equatorial Continental (*mEc*) e Massa Tropical Atlântica (*mTa*).

Além disso, foi utilizado o Atlas Climatológico da Amazônia (SUDAM, 1986) como instrumento de validação dos dados. Ao mesmo tempo, este Atlas permite

uma comparação/análise temporal, visto que as médias utilizadas se referem ao período de 1960 a 1980. Os dados comparados estão na Tabela 02.

A seguir, faz-se uma análise dos meses mais representativos da dinâmica do clima na área de estudo.

**Tabela 02:** Médias mensais de chuva da RI Lago de Tucuruí, no período 1960-1980 (SUDAM, 1986) e 2000-2016 (ANA, 2017)

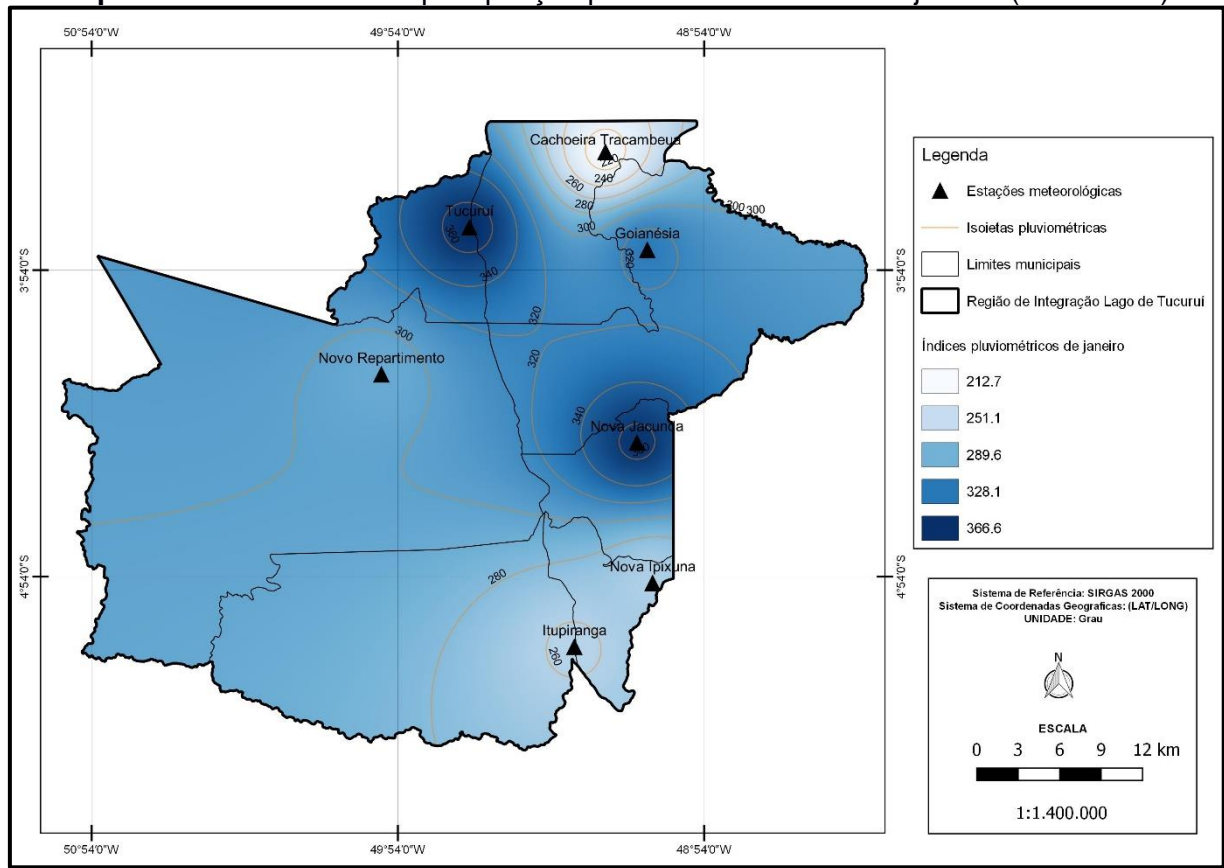
	Atlas Climatológico da Amazônia		Dados coletados	
	Mínima*	Máxima**	Mínima	Máximo
Janeiro	200	399	212	366
Fevereiro	200	399	274	382
Março	201	500	298	442
Abril	200	400	254	417
Maio	100	300	143	244
Junho	20	200	39	90
Julho	10	200	25	58
Agosto	20	100	9	32
Setembro	20	100	7	56
Outubro	50	200	38	77
Novembro	50	200	67	145
Dezembro	100	300	131	197
Anual	1500	2500	1720	2427

**Fonte:** elaborado pelo autor com base nas referências supracitadas

O mês de janeiro (Mapa 04) é considerado um mês característico do verão, que marca o início da atuação da ZCIT sobre a maior parte da Amazônia, além da atuação da ZCAS e expansão da *mEc* para o leste da Amazônia. Percebe-se que chuvas na RI Lago de Tucuruí apresentam um intervalo de precipitação pluviométrica de 212,7 (Estação Cachoeira Tracambeua) a 366,6 mm (Estação Tucuruí). Ao se observar os dados do mapa do Atlas Climatológico para o mês de janeiro, os intervalos das isoietas indicam que pluviosidade da área varia de 200 mm a 399 mm, o que significa que os dados estão em conformidade com a literatura.

\* Os limites de mínimas do Atlas Climatológico foram anotados a partir de interpretação das isoietas dos mapas.

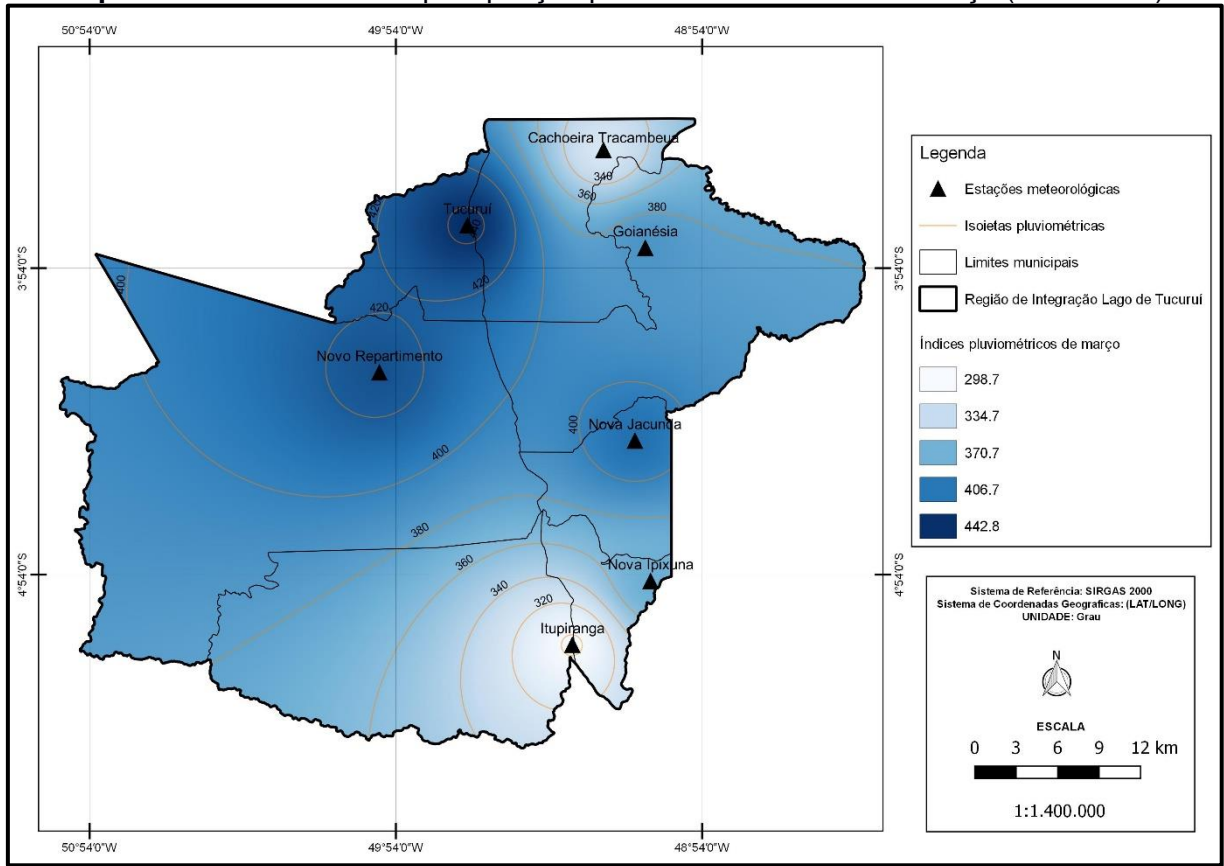
\*\* Os limites de máximas do Atlas Climatológico foram anotados a partir de interpretação das isoietas dos mapas.

**Mapa 04:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de janeiro (2000-2016)

**Fonte:** elaboração própria

No Mapa 05, visualiza-se a precipitação pluviométrica do mês de março, que marca o equinócio de outono no hemisfério sul. Em março a ZCAS já pouco se tem influência sobre o regime pluviométrico, enquanto a ZCIT está plenamente atuando. Trata-se, conforme visto anteriormente, de um dos meses mais chuvosos, e os índices médios variam de 298,7 mm, principalmente nos Municípios de Itupiranga e Nova Ipixuna, a 442,8 mm mais ao norte, em Tucuuruí.

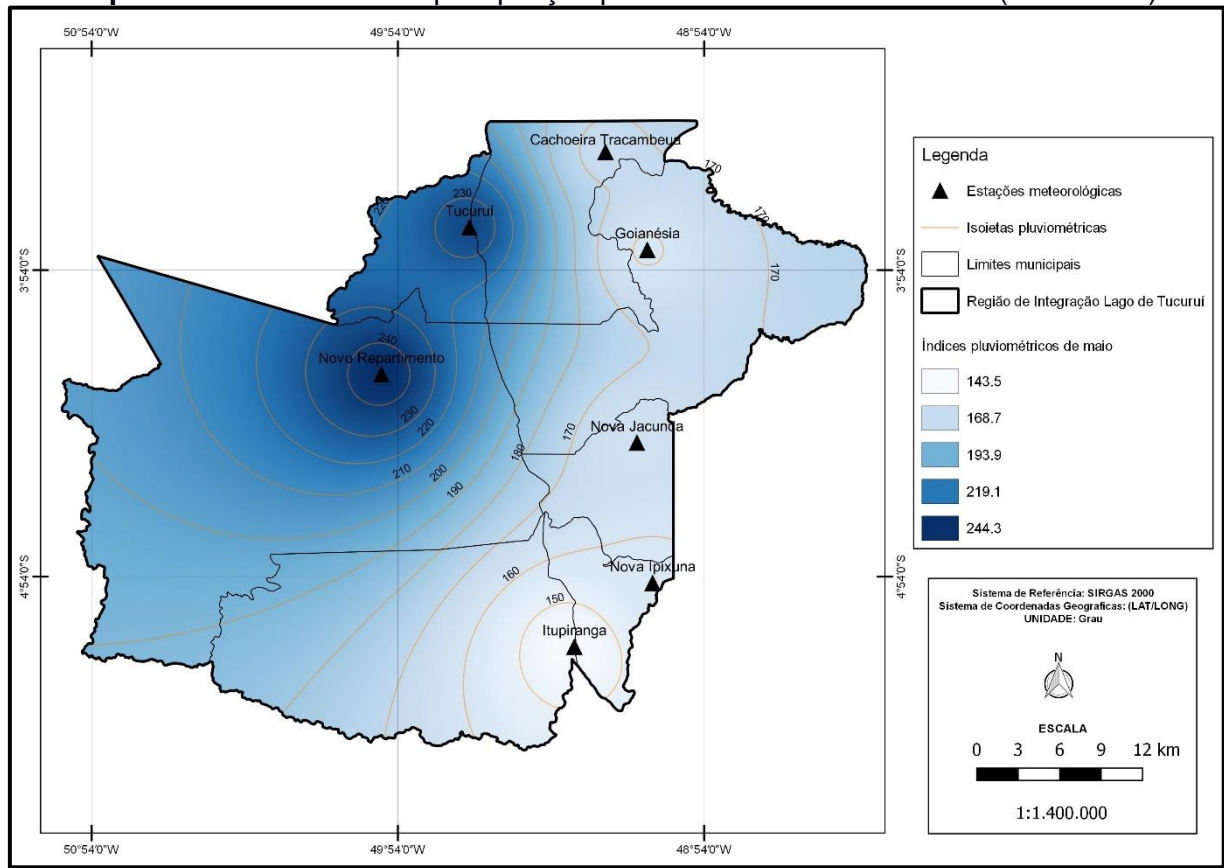
Ao analisar os dados registrados com os do Atlas Climatológico da Amazônia, verifica-se que a precipitação mínima média registrada é de 201 mm, e a máxima de 500 mm. O que representa, portanto, uma conformidade com o período 1960-1980 (SUDAM, 1986).

**Mapa 05:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de março (2000-2016)

**Fonte:** elaboração própria

Em maio (Mapa 06), também no outono, deve-se destacar a diminuição da influência da Massa Equatorial Continental (*mEc*), o que faz ser um mês de transição entre os meses mais chuvosos e os mais secos. Os menores índices pluviométricos são registrados no sul da RI, com 143,5 mm, contudo, ocorre uma expansão dessa faixa mais seca desde os Municípios de Itupiranga e Nova Ipixuna, até Jacundá, Goianésia do Pará e parte do Breu Branco, ou seja, para o leste da área. Já com relação aos maiores índices pluviométricos, estes passam a ocorrer para o oeste da RI, mais especificamente no Município de Novo Repartimento, que registra 244,3 mm.

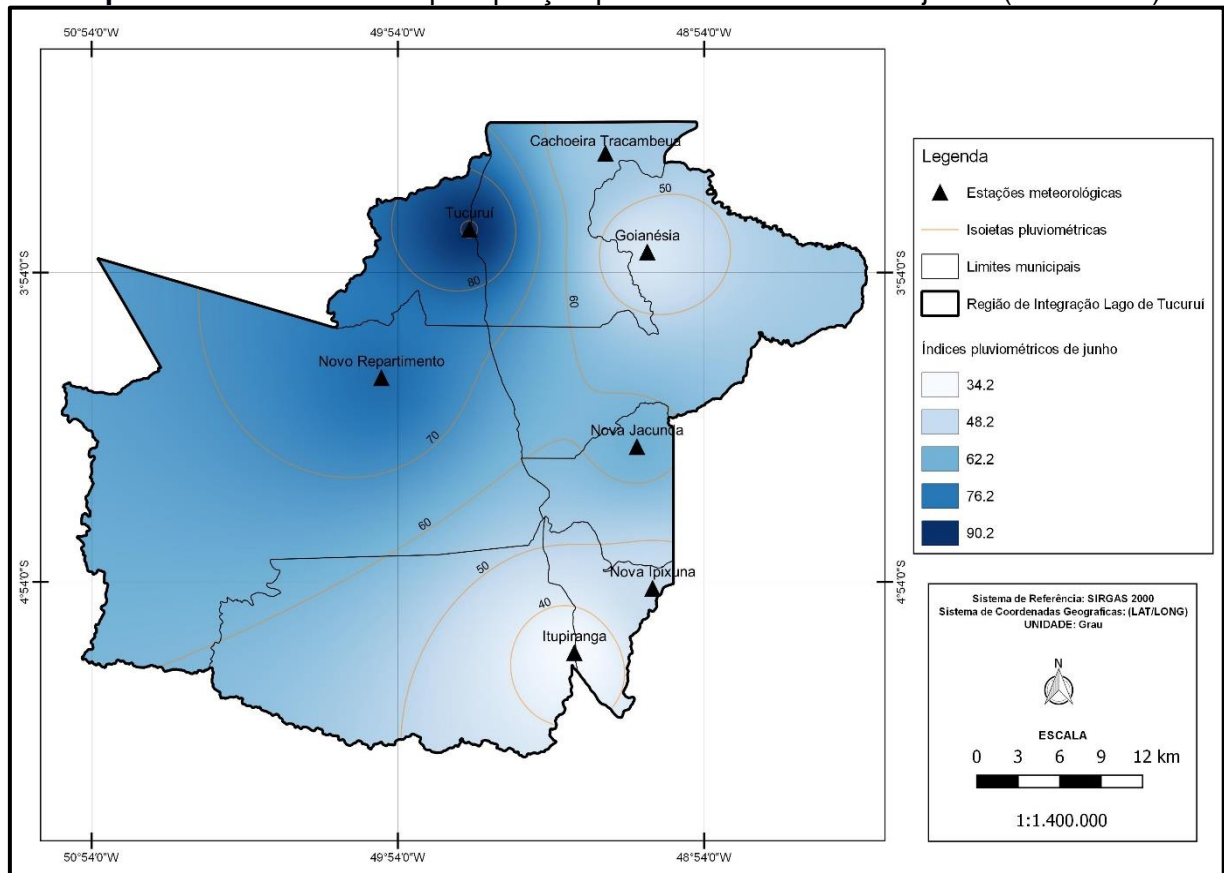
Ao comparar os dados registrados com os do Atlas Climatológico, percebe-se que mínima média foi de 100 mm e a máxima de 300 mm, o que demonstra que os dados estão em conformidade.

**Mapa 06:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de maio (2000-2016)

Fonte: elaboração própria

O Mapa 07 representa a precipitação pluviométrica no mês de junho para o período de 2000-2016. Este mês representa o mês de transição do outono para inverno, pois marca o solstício de inverno no hemisfério sul. A série indica que junho representa o início do período mais seco na região, em que são registradas a máxima de 90,2 mm e a mínima de 34,2 mm, nas porções norte e sul, respectivamente. Outro fator importante a destacar que neste período a atuação da Massa Topical Atlântica (*mTa*), porém, mesmo sendo quente e úmida, a massa de ar se origina na região sul do Brasil e quando ela chega na Amazônia já não possui tanta umidade, o que ocasiona a diminuição das chuvas. Outro ponto a ser ressaltado é a redução da força da ZCIT como fonte de instabilidade, por estar a mesma já em uma posição mais setentrional.

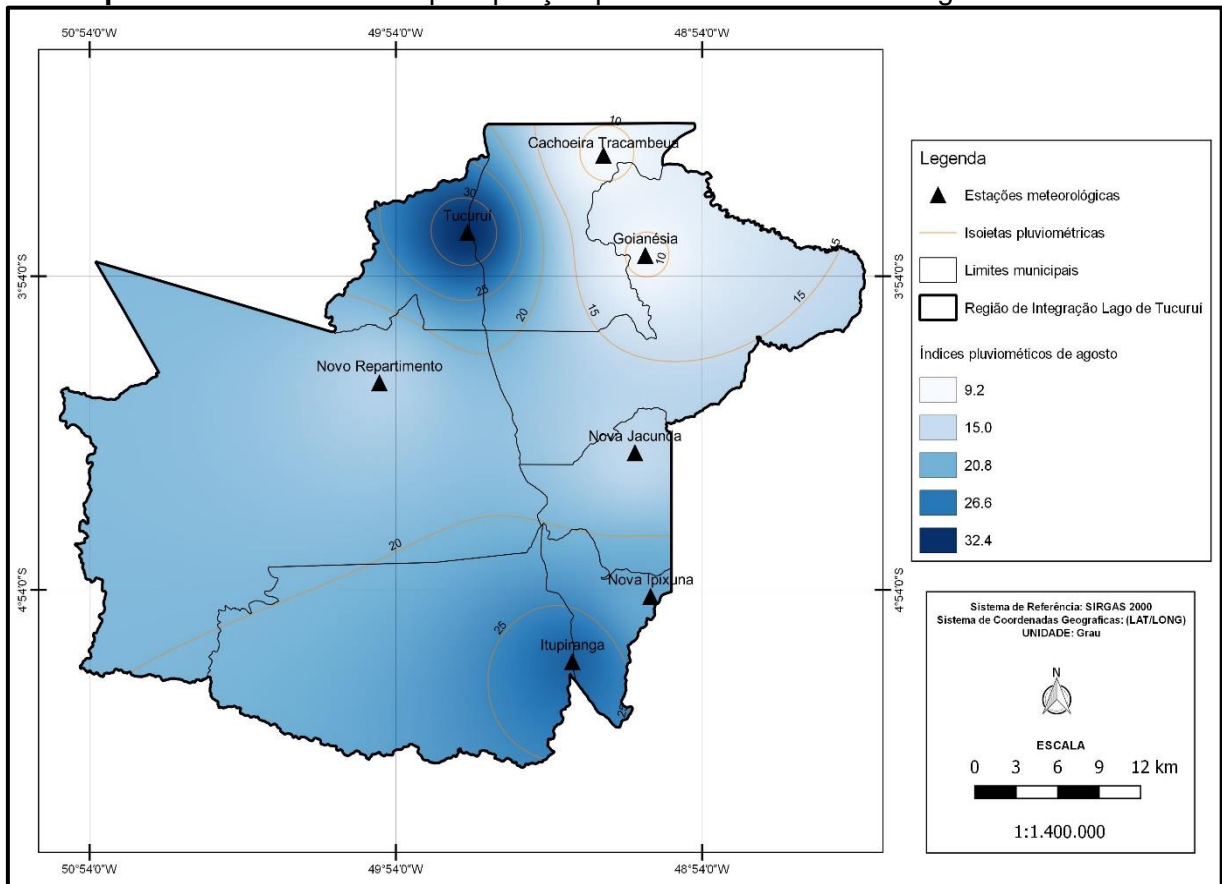
Quando observados os dados do Atlas Climatológico, a mínima é de 20 mm e a máxima de 200 mm. Percebe-se, por comparação, a diminuição da máxima média em 10 mm, que também não é muito expressiva, embora na série total de dados indique uma antecipação do trimestre mais seco.

**Mapa 07:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de junho (2000-2016)

**Fonte:** elaboração própria

A precipitação pluviométrica em agosto (Mapa 08), ainda no inverno, está mais ligada com a atuação da Massa Tropical Atlântica (*mTa*), que não possui tanta força para ocasionar chuvas na região. Na ausência dos sistemas atmosféricos de maior importância na formação de chuvas (ZCIT e ZCAS), agosto é o mês mais seco de toda a série histórica, em que se registrou a máxima de 32,4 mm em Tucuruí, na parte norte da RI, e índices menores ao sul, em Itupiranga, com 9,2 mm, situação que se enquadra bem no padrão invernal seco do Brasil central.

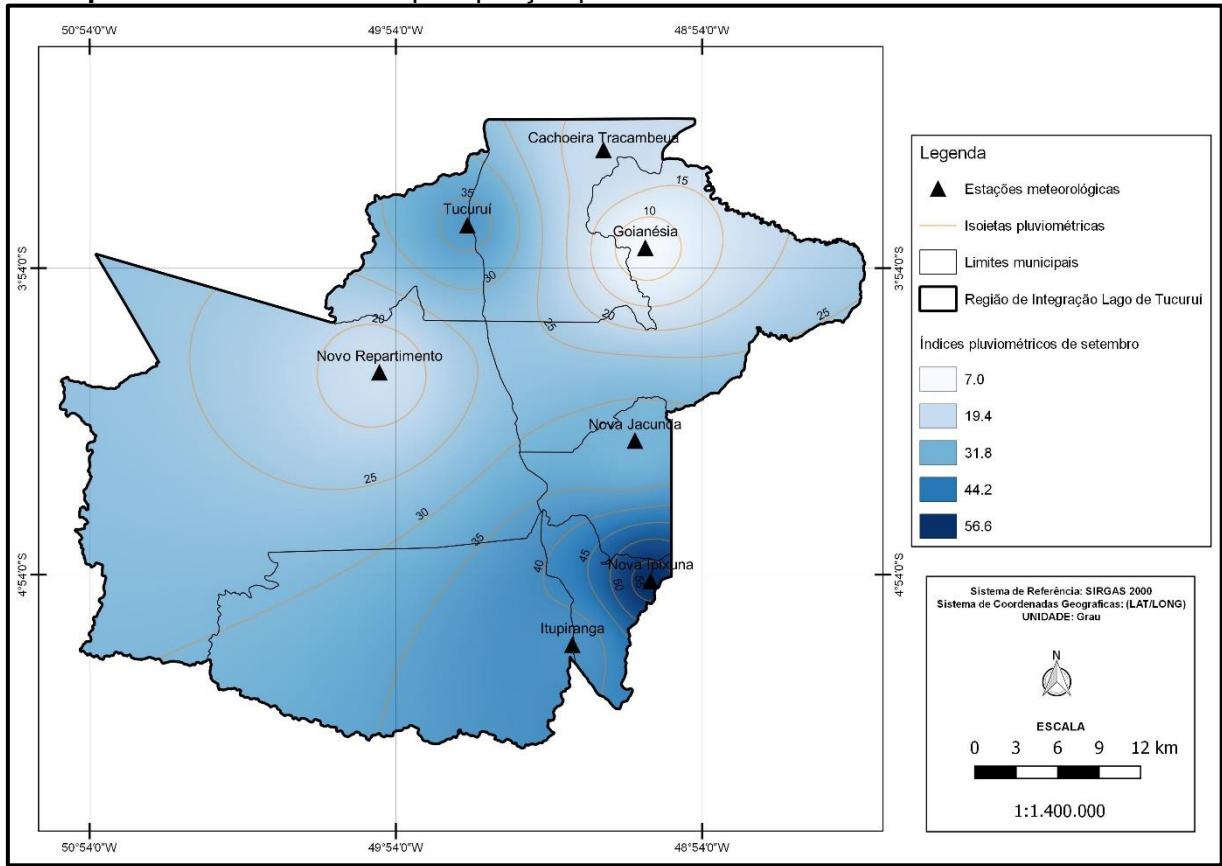
Quando se observam os dados registrados no Atlas Climatológico para RI Lago de Tucuruí, indica-se que a mínima é de 20 mm e a máxima de 100 mm, portanto, com uma diminuição das médias tanto para a mínima como máxima em 11mm e 18 mm, respectivamente, apontando que este mês está se tornando mais seco.

**Mapa 08:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de agosto 2000-2016

**Fonte:** elaboração própria

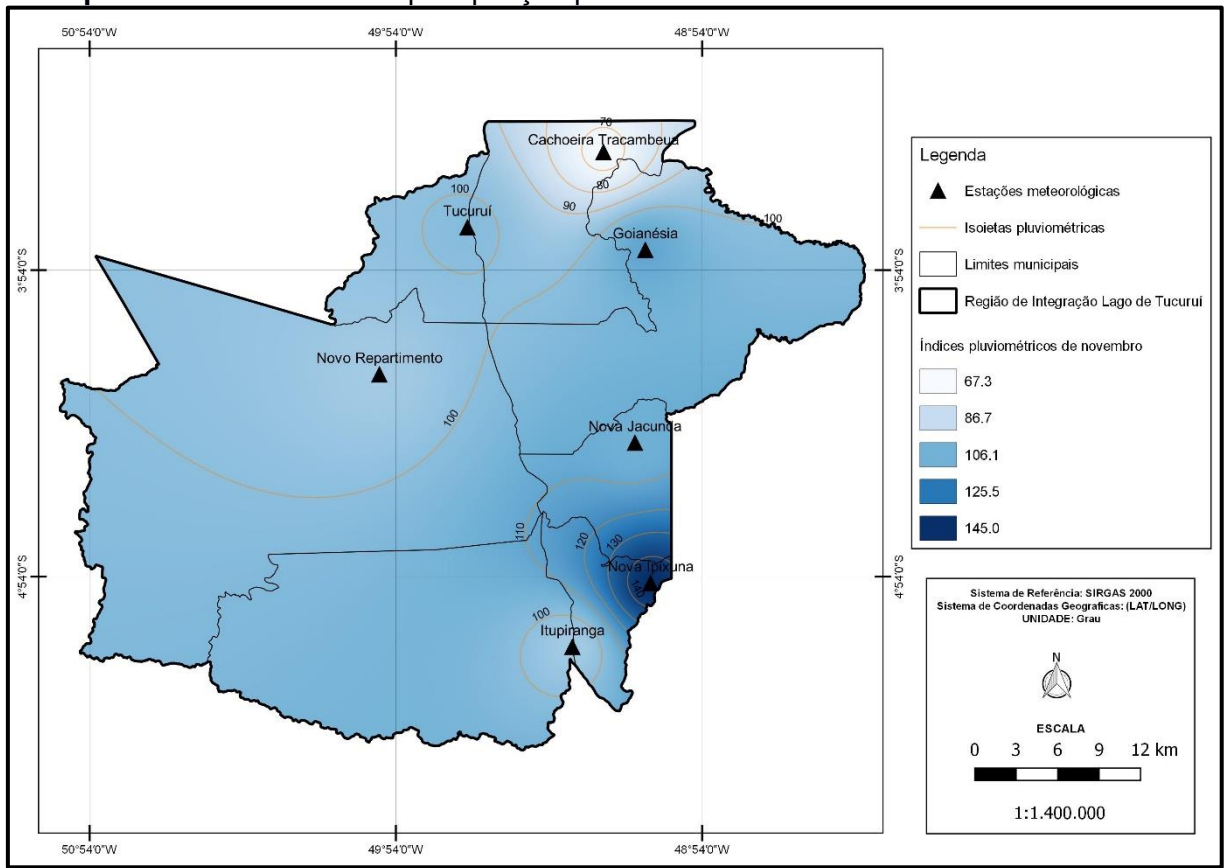
Setembro (Mapa 09) é o segundo mês mais seco em parte da RI Lago de Tucuruí, além de ser um período de transição entre o inverno e a primavera, marcado pelo equinócio de primavera. Foi registrada uma média de 7,0 mm de chuvas no Município de Goianésia do Pará. Vale destacar que o Município de Novo Repartimento registrou baixos índices médios de chuvas também, conformando uma faixa mais seca ao sul e leste de Tucuruí. Por outro lado, os maiores índices médios são registrados no Município de Nova Ipixuna, 56,6 mm, do que se percebe um aumento das chuvas no sul-sudeste da RI já em setembro, o que pode estar relacionado com a atuação ainda que pouco expressiva da *mTa*.

Ao se observar os dados do Atlas, nota-se que a média mínima registrada é de 20 mm e a máxima de 100 mm. Quando se compara com os dados registrados nas estações consultadas, verifica-se a mínima de 7 mm e máxima de 56 mm, ocorrendo uma diminuição de 13 mm na mínima registrada, em relação a 1960-1980.

**Mapa 09:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de setembro 2000-2016

**Fonte:** elaboração própria

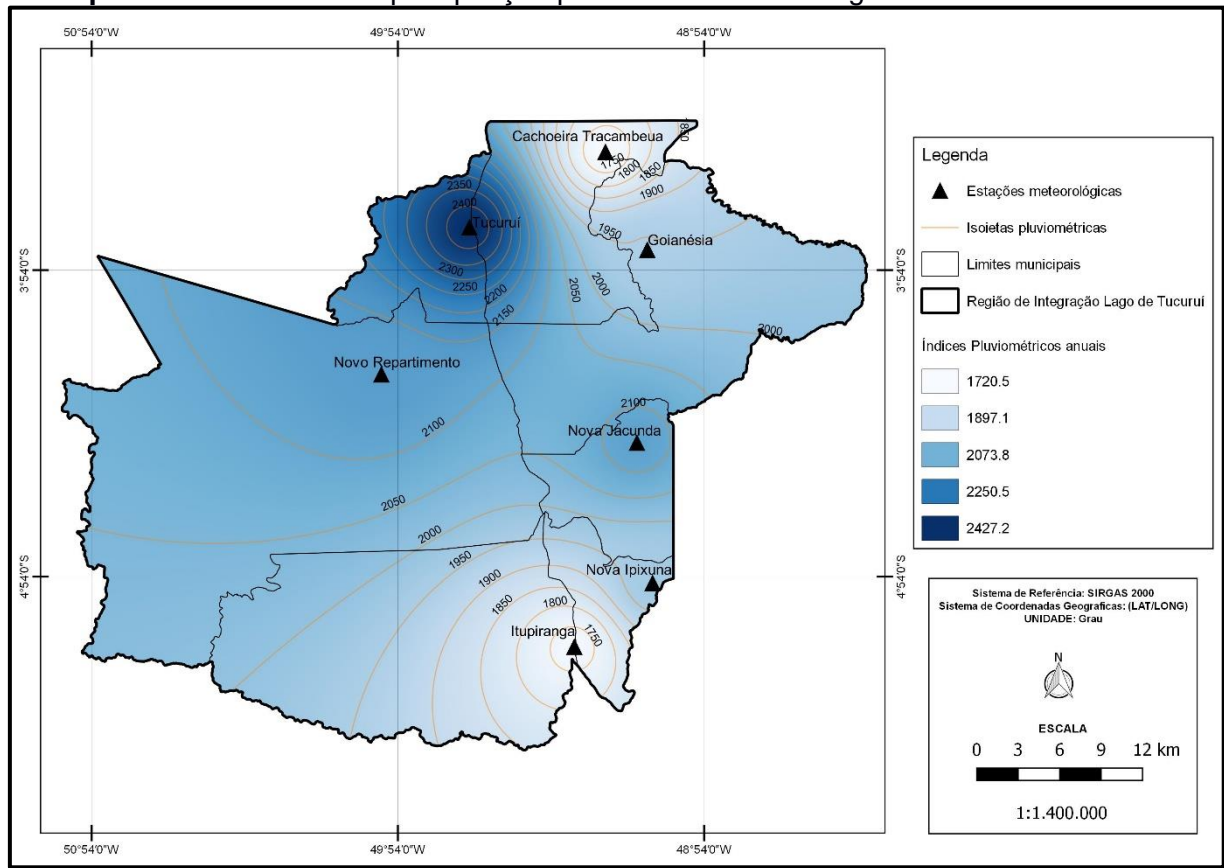
Novembro (Mapa 10), ainda na primavera, representa um mês de transição do período mais seco para o mais chuvoso, pois começam a se intensificar de modo gradativo as chuvas em toda a RI Lago de Tucuruí, ocasionado pelo início da formação da ZCAS e expansão da *mEc*. Em novembro, o maior índice médio de chuvas foi registrado no Município de Nova Ipixuna, com 145,0 mm, e o menor onde está instalada a Estação Meteorológica de Breu Branco, com 67,3 mm. Segundo a literatura consultada para comparação (SUDAM, 1986), os menores índices médios de chuvas eram de 50 mm, e os maiores de até 200 mm, percebendo-se que há uma conformidade entre os dados.

**Mapa 10:** Média mensal da precipitação pluviométrica do mês de novembro 2000-2016

**Fonte:** elaboração própria

Por fim, constatou-se que a RI Lago de Tucuruí (Mapa 11) possui uma média total anual média de precipitação de 2.427,2 mm na sua parte norte da região, mais especificamente no Município de Tucuruí; a 1.750,0 mm de chuvas em Breu Branco. Vale ressaltar que a Estação Meteorológica de Cachoeira Tracambeua, no Município de Breu Branco, está a 56,3 Km de onde foi registrado a maior média, ou seja, da Estação de Tucuruí.

Segundo o Atlas, as médias dos índices pluviométricos anuais da RI ficavam em torno de 2.000 mm a 1.500 mm, o que indica que, mesmo havendo possíveis reduções da pluviosidade em alguns meses, o quantum anual não sofreu alteração significativa, até mesmo porque é nos meses menos chuvosos que isto ocorreu.

**Mapa 11:** Média anual da precipitação pluviométrica na RI Lago de Tucuruí 2000-2016

**Fonte:** elaboração própria

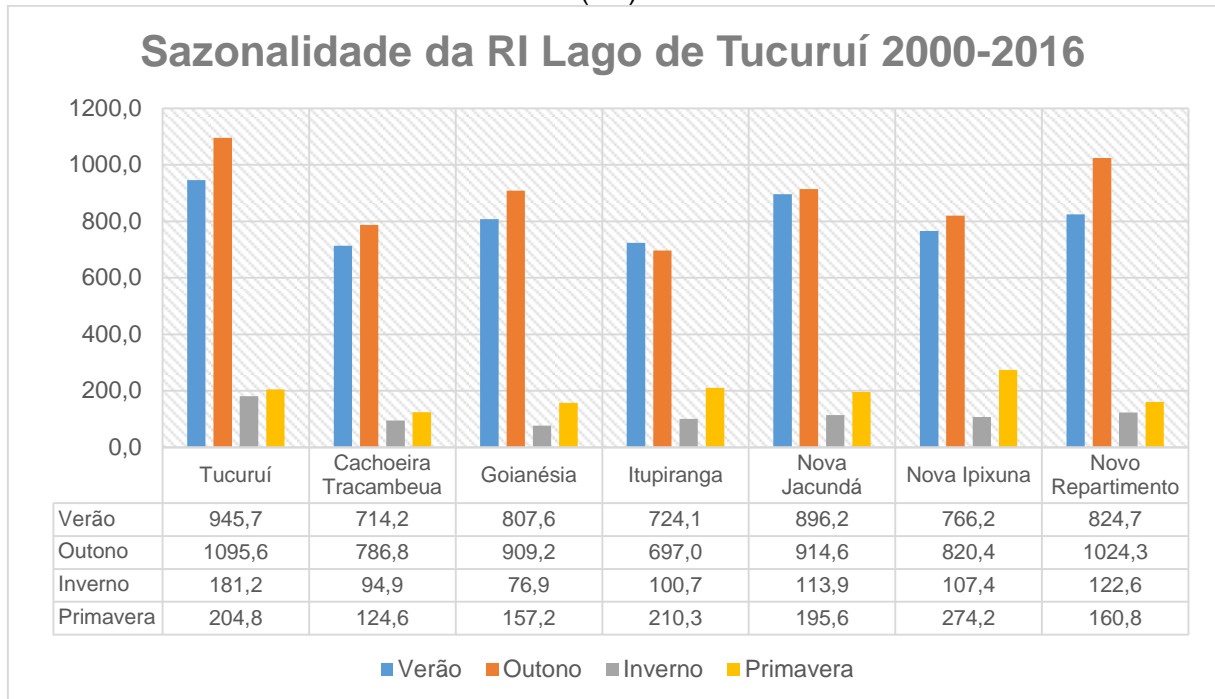
Após a análise das médias mensais dos índices pluviométricos da RI Lago de Tucuruí, para o período de 2000-2016, foi verificado o comportamento das chuvas na região, por meio do somatório dos meses de acordo com as estações do ano. Para, com isso, perceber a sazonalidade das estações que apresentam os maiores e os menores índices de chuvas na RI.

Conforme o Gráfico 02 verifica-se que há uma grande variabilidade sazonal das chuvas na RI, de acordo com as estações do ano. Para se chegar a esses valores, foram primeiramente calculados os valores das médias mensais de cada estação meteorológicas, para depois realizar o somatório das médias de acordo com cada estação do ano.

Em princípio, os maiores registros pluviométricos ocorrem durante o verão e o outono no hemisfério sul, com o destaque para o outono, que registra os maiores índices em quase todas as estações, com os maiores valores de chuvas na Estação Meteorológica de Tucuruí, que registrou 1.095,6 mm. A única exceção foi a Estação Meteorológica de Itupiranga, com um máximo no verão, 724,1 mm. Já os menores registros ocorrem durante o inverno e primavera, tendo como destaque o inverno

que é considerado o período mais seco para RI, em que são registrados 76,9 mm na Estação Meteorológica de Goianésia do Pará.

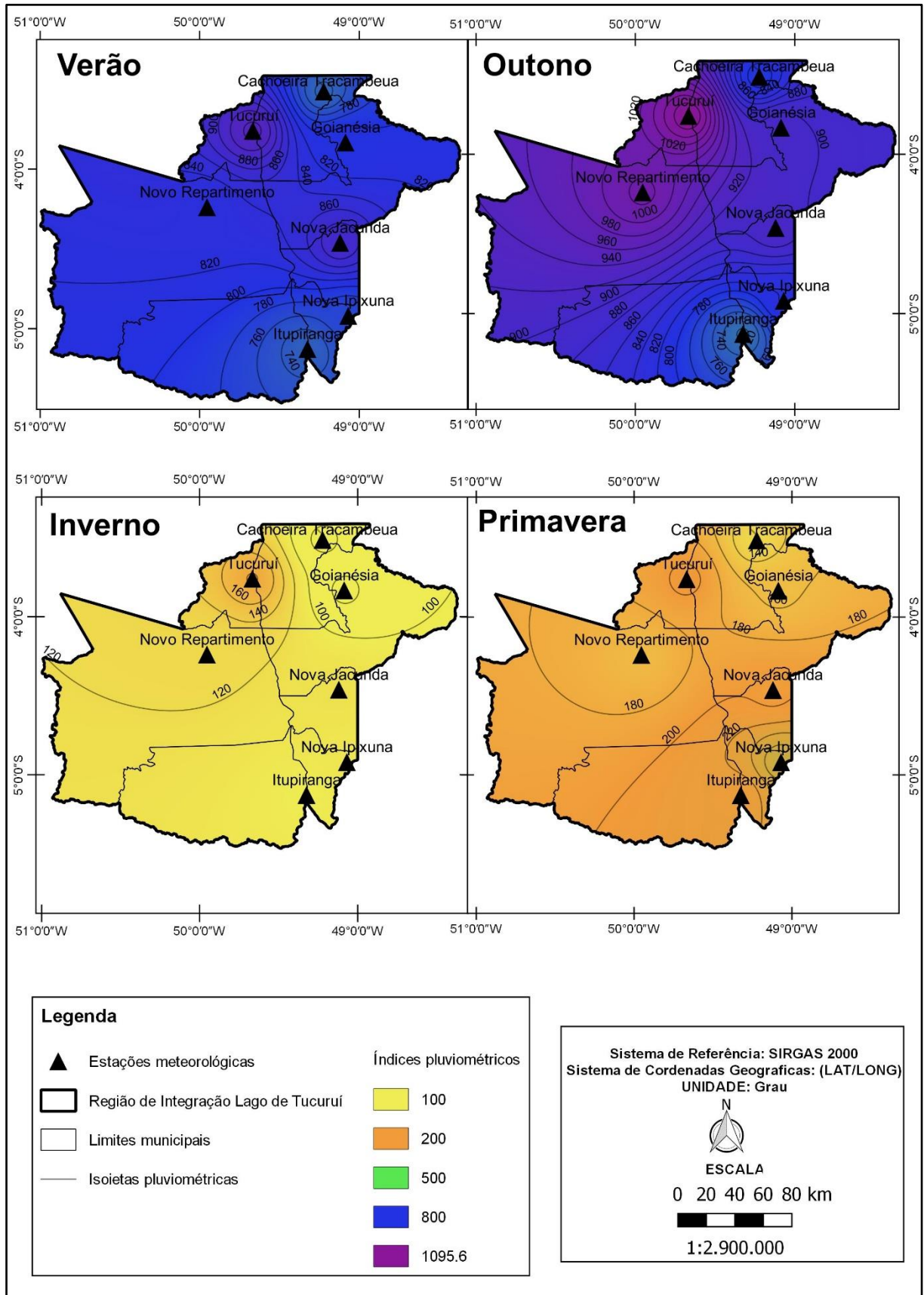
**Gráfico 02:** Somatório dos índices pluviométricos da sazonalidade da RI Lago de Tucuruí (PA).



**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

Para melhor compreender a sazonalidade das chuvas na RI Lago de Tucuruí, foi realizado o processo de espacialização dos dados, conforme o Mapa 12. Para a RI, que se encontra numa região tropical, aplicando as ideias de Ayoade (1996), as precipitações ocorrem principalmente durante o verão e abrangendo metade do ano, chegando até o outono; o restante do ano climático é caracterizado por uma estação relativamente mais seca, que ocorre durante o inverno.

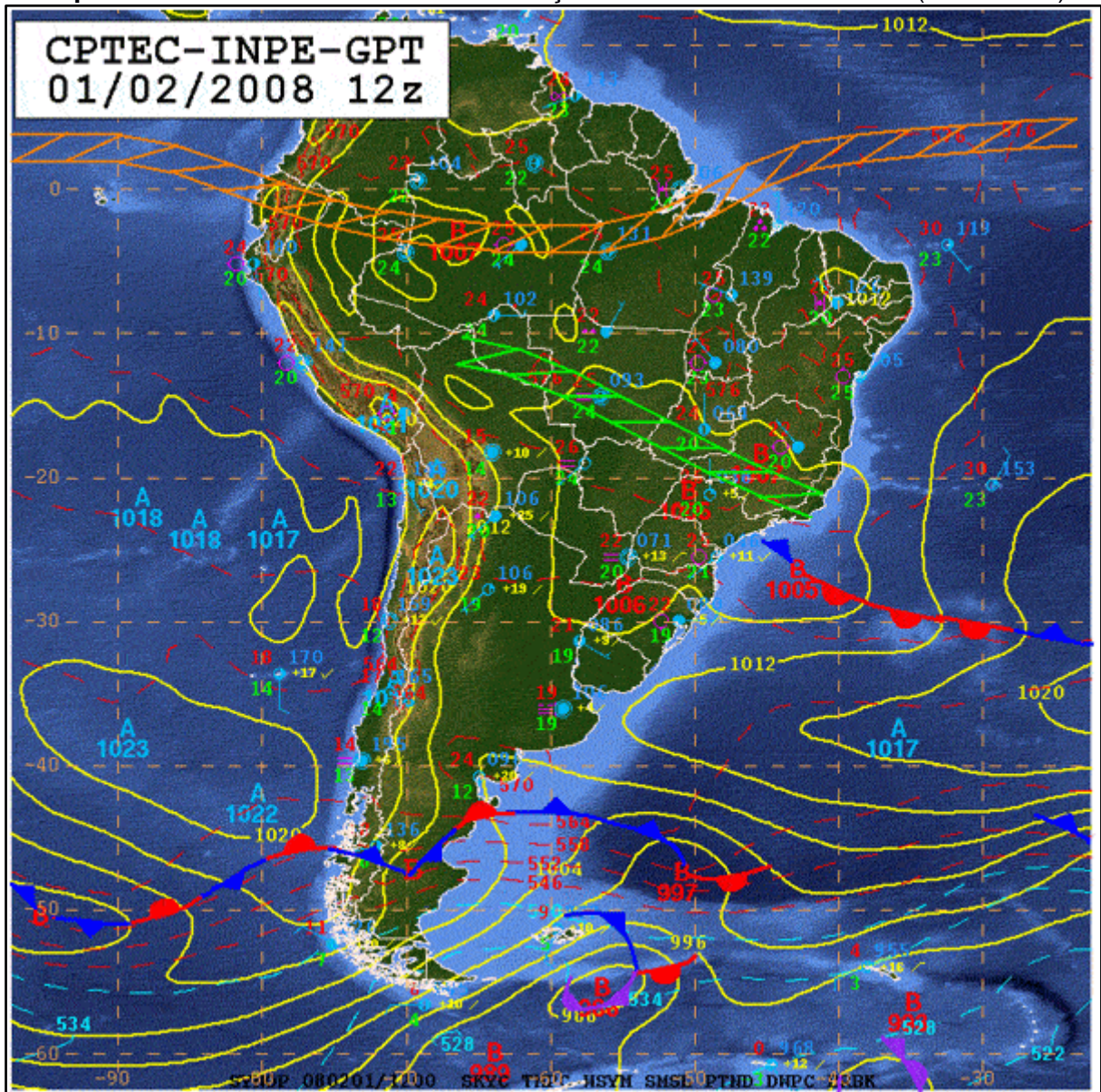
**Mapa 12:** Distribuição da sazonalidade das chuvas na RI Lago de Tucuruí (PA)



Fonte: elaboração própria

Ainda sobre a distribuição da sazonalidade na RI Lago de Tucuruí, confirma-se que as chuvas mais intensas ocorrem durante a atuação da ZCAS, do final da primavera até o verão, e no verão/outono, pela ação da ZCIT e da *mEc*. A principal área de atuação da ZCAS é a parte sul da RI, enquanto a da ZCIT e da *mEc* as partes central e sul (Mapa 13). Estas duas frentes se caracterizam como corredores de umidade e de instabilidade, resultantes da interação entre sistemas atmosféricos que atuam na América do Sul. A ZCAS forma uma extensa faixa de nuvens no sentido NW-SE, desde a Amazônia até o Centro-Sul; e a ZCIT uma faixa de nuvens que circundam o planeta no sentido E-W, na zona dos ventos alísios, deslocando-se entre os hemisférios norte e sul de acordo com o verão (MARENGO; NOBRE, 2009).

**Mapa 13:** Carta sinótica mostrando a formação da ZCAS e ZCIT no verão (01/02/2008)



Fonte: CPTEC/INPE

#### 4.3 ANÁLISE DAS ESTAÇÕES DE ACORDO COM A POSIÇÃO GEOGRÁFICA

Após a análise da distribuição das médias mensais/sazonal e do total anual pluviométrico da RI Lago de Tucuruí, analisou-se as estações meteorológicas que possuíam o maior e o menor índice pluviométrico, para tentar compreender como ocorre a variabilidade espacial das chuvas. Para isso, identificou-se as estações de acordo com sua posição geográfica (longitude e latitude). Na Tabela 03, encontram-se as estações meteorológicas organizadas conforme a sua longitude, no sentido oeste- leste; e na Tabela 04 as estações estão arrumadas de acordo com sua

latitude, no sentido norte-sul, onde as cores em verde e em alaranjado nas duas tabelas representam aquelas estações meteorológicas que tiveram os maiores e os menores índices pluviométricos para aquele mês respectivamente.

**Tabela 03:** Média dos totais pluviométricos das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016 de acordo com a longitude (oeste-leste)

Meses	Novo Repartimento	Tucuruí	Itupiranga	Cachoeira Tracambeua	Nova Jacundá	Goianésia	Nova Ipixuna
Longitude	49°57'15.7"O	49°39'59.8"O	49°19'26.8"O	49°13'20.9"O	49°07'11.0"O	49°05'08.9"O	49°04'06.9"O
Janeiro	294,3	366,6	257,4	212,7	363,4	325,5	261,4
Fevereiro	357,1	382,0	274,1	369,9	356,8	341,9	323,3
Março	425,2	442,8	298,7	322,1	410,2	388,4	372,1
Abril	354,7	417,6	254,8	297,0	341,1	361,8	290,2
Maio	244,3	235,2	143,5	167,7	163,4	159,1	158,0
Junho	78,3	90,3	34,2	54,4	62,3	42,2	47,6
Julho	28,1	58,4	38,3	31,3	36,3	25,2	38,2
Agosto	16,2	32,4	28,2	9,2	15,3	9,5	21,6
Setembro	17,2	36,4	38,2	18,8	30,6	7,0	56,6
Outubro	49,1	67,2	77,7	38,5	58,7	40,2	72,6
Novembro	94,6	101,2	94,4	67,3	106,3	110,0	145,0
Dezembro	173,3	197,0	192,7	131,6	176,0	140,2	181,5
Total	2132,4	2427,2	1732,1	1720,5	2120,3	1950,9	1968,2

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

**Tabela 04:** Média dos totais pluviométricos das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA) 2000-2016 de acordo com a latitude (norte-sul)

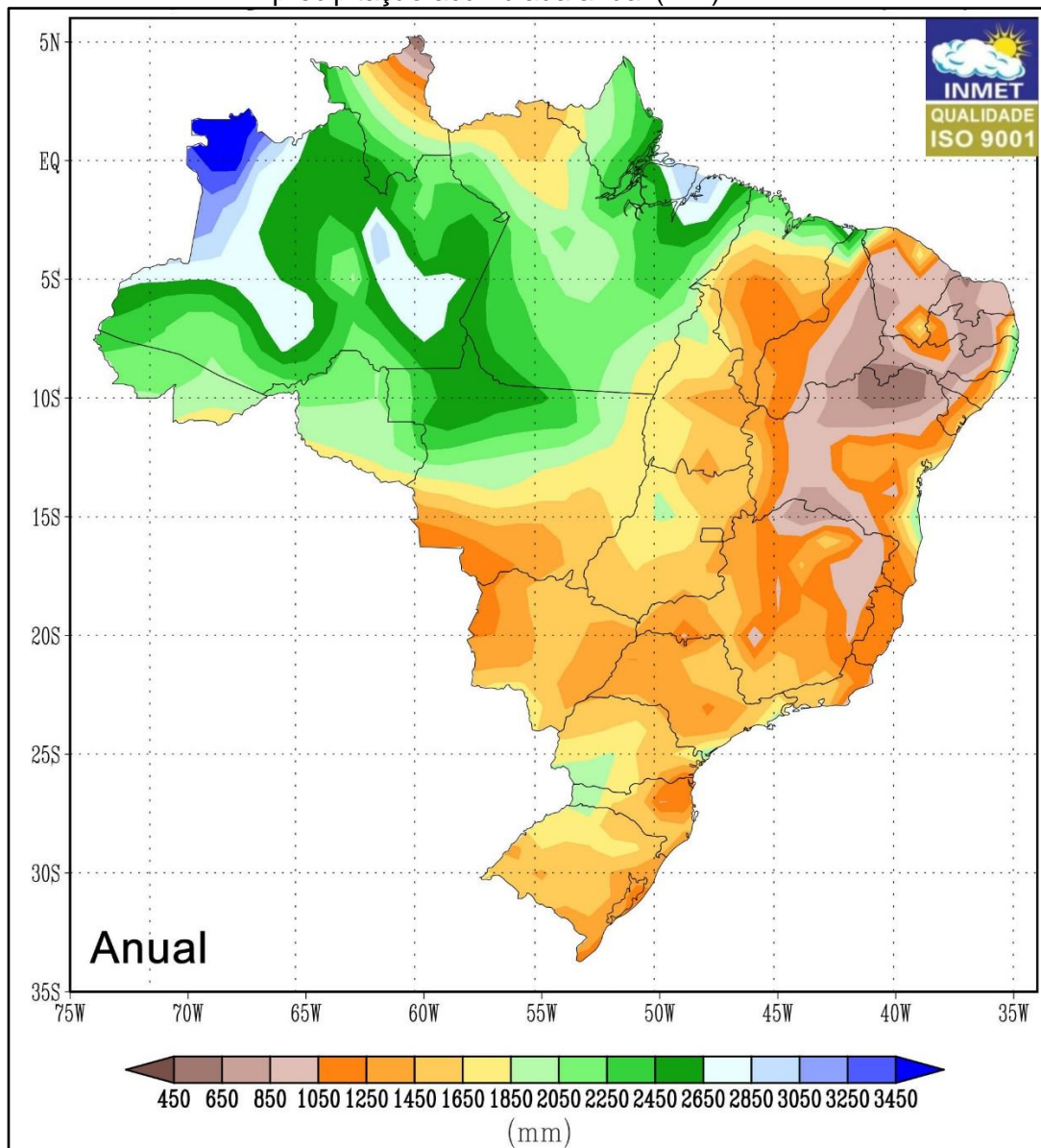
Meses	Cachoeira Tracambeua	Tucuruí	Goianésia	Novo Repartimento	Nova Jacundá	Nova Ipixuna	Itupiranga
Latitude	3°30'51.0"S	3°45'37.0"S	3°50'01.4"S	4°14'27.6"S	4°27'47.2"S	4°55'14.9"S	5°07'45.7"S
Janeiro	212,7	366,6	325,5	294,3	363,4	261,4	257,4
Fevereiro	369,9	382,0	341,9	357,1	356,8	323,3	274,1
Março	322,1	442,8	388,4	425,2	410,2	372,1	298,7
Abril	297,0	417,6	361,8	354,7	341,1	290,2	254,8
Maio	167,7	235,2	159,1	244,3	163,4	158,0	143,5
Junho	54,4	90,3	42,2	78,3	62,3	47,6	34,2
Julho	31,3	58,4	25,2	28,1	36,3	38,2	38,3
Agosto	9,2	32,4	9,5	16,2	15,3	21,6	28,2
Setembro	18,8	36,4	7,0	17,2	30,6	56,6	38,2
Outubro	38,5	67,2	40,2	49,1	58,7	72,6	77,7
Novembro	67,3	101,2	110,0	94,6	106,3	145,0	94,4
Dezembro	131,6	197,0	140,2	173,3	176,0	181,5	192,7
Total	1720,5	2427,2	1950,9	2132,4	2120,3	1968,2	1732,1

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

Pelo total da média anual, verifica-se que a variação N-S é mais importante que a variação W-E, com um total de 2.427 mm na Estação Tucuruí, e 1.732,1 na de

Itupiranga. Isto confirma a variação longitudinal (N-S) do regime pluviométrico na região amazônica. No geral, há uma tendência de redução do quantum de chuvas para o sul, exceção feita à Estação de Cachoeira Tracambeua, que apesar de sua proximidade com Tucuruí, e de sua posição ao norte, é a que tem o menor índice anual, 1.720,5 mm. Isto revela uma variação local acentuada para leste, a partir de Tucuruí e no sentido do Município de Breu Branco e da borda oriental da Amazônia, o que é confirmado pelas normais climatológicas do período 1961-1990 (Mapa 14).

**Mapa 14:** Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990 – precipitação acumulada anual (mm)



Pode-se resumir que dos 12 meses do ano, os maiores índices pluviométricos médios foram em 8 meses registrados em Tucuruí (janeiro a abril, junho a agosto, e

dezembro), 2 meses em Nova Ipixuna (setembro e novembro), e 1 mês em Novo Repartimento (maio) e Itupiranga (outubro). Notando-se assim, e de acordo com a variação N-S da chuva na Amazônia e na RI, que Tucuruí é a estação com maiores volumes de chuva no verão e outono austral, e Nova Ipixuna e Itupiranga durante o inverno e a primavera.

Segundo Marengo e Nobre (2009), a variação mensal das chuvas na Amazônia acontece no S-N, devido à atuação da ZCAS desde o final da primavera e parte do verão, precedida pelo fortalecimento da ZCIT e *mEc* no verão e parte do outono para, enfim, em boa parte do segundo semestre (inverno e primavera), ocorrer uma fraca atuação dos sistemas atmosféricos de grande escala, ganhando importância então eventos pluviométricos menos intensos e mais localizados, associados com a *mTa*, linhas de instabilidade e, muito pontualmente, evaporação e evapotranspiração. Não se pode esquecer, nesta escala, e de acordo com os mesmos autores, de outros sistemas que indiretamente influenciam o clima regional, como a Alta da Bolívia, os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCANs) e as frentes frias.

Já os menores índices mensais, estação a estação, foram registrados para 5 meses em Cachoeira Tracambeua (janeiro, agosto, outubro a dezembro), outros 5 em Itupiranga (fevereiro a maio), e por apenas 2 meses em Goianésia (julho e setembro). Se a Estação de Itupiranga mais uma vez confirma a variação S-N, as outras duas indicam que há, sim, uma variação climática para leste na RI Lago de Tucuruí, saindo do centro da Amazônia para a sua borda oriental.

Observa-se que esta variação S-N tem como consequência que na parte sul da RI Lago de Tucuruí o trimestre mais chuvoso ocorra durante os meses de janeiro a março; e de fevereiro a abril na parte central e norte da região. Já o trimestre mais seco ocorre de junho a agosto no sul da RI, e de julho a setembro no centro e norte da mesma. Porém, em comparação com o Atlas Climatológico da Amazônia (SUDAM, 1986), se por um lado há conformidade no trimestre mais chuvoso, por outro, ocorreu um adiantamento do trimestre mais de agosto para julho na parte central e norte.

#### 4.4 NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA RI LAGO DE TUCURUÍ E INFLUÊNCIA DE ANOMALIAS CLIMÁTICAS

As normais climatológicas são a síntese das condições médias ou regulares do clima de uma determinada região. Contudo, para realizar esta síntese, segundo Limberger (2007), deve-se utilizar um período corresponde a 30 anos, conforme as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM), que denominou esta série de normal climatológica completa. Porém, devido à ausência de dados para completar uma normal, foi sugerida a normal climatológica provisória, cujo período deve possuir, pelo menos, 10 anos de dados registrados, para assim poder estudar os espaços que não possuem as normais climatológicas completas.

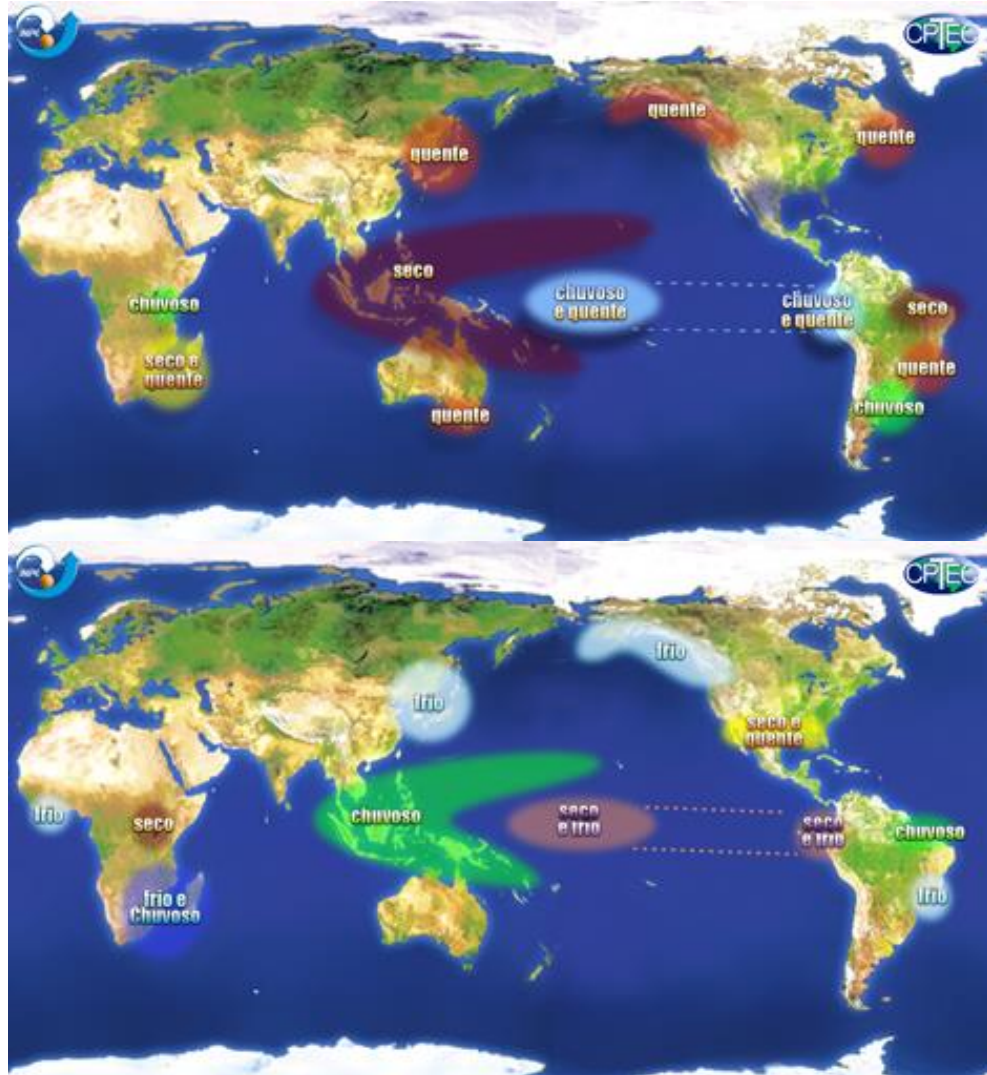
Através das normais climatológicas completas das estações meteorológicas de Tucuruí, de Cachoeira Tracambeua e de Goianésia, e das normais climatológicas provisórias das estações meteorológicas de Itupiranga, de Nova Jacundá, de Nova Ipixuna e de Novo Repartimento, foi possível analisar o número de dias com chuvas. Depois, foi analisado o total pluviométrico de todos os anos para averiguar os anos considerados muito secos e muito chuvosos, o que foi relacionado com os fenômenos *El Niño* e *La Niña* (Mapa 15, Quadro 08).

Os fenômenos *El Niño* e *La Niña* ocorrem de tempos em tempos no Pacífico equatorial, por causa das oscilações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e em diferentes graus de intensidade (MARENGO; NOBRE, 2009). A alternância entre os anos não é uma regra, pois podem ter casos de ocorrência de 3 anos seguidos ou mais do mesmo fenômeno, e até 3 anos ou mais sem o fenômeno.

O *El Niño* é caracterizado como um aquecimento anormal das águas do Pacífico equatorial, no litoral do Peru, onde geralmente as águas são frias. Este fenômeno altera a intensidade e/ou circulação dos ventos e massas de ar, o que acarreta uma diminuição geral das chuvas na Amazônia e no Nordeste do Brasil, e índices pluviométricos acima da média para o Centro-Sul. O

Já a *La Niña* é um fenômeno caracterizado como um esfriamento anormal das águas do Pacífico equatorial, em virtude do aumento da força dos ventos alísios, originando consequências que são opostas ao *El Niño*, como o aumento de chuvas na Amazônia e Nordeste, e diminuição no Centro-Sul.

**Mapa 15:** Efeitos climáticos globais dos fenômenos *El Niño* (acima) e *La Niña* (abaixo) nos meses de dezembro a fevereiro



Fonte: CPTEC/INPE

**Quadro 08:** Ocorrência e intensidade das anomalias El Niño e La Niña no período 1972-2016

	El Niño				La Niña		
	Fraco	Moderado	Forte	Muito Forte	Fraco	Moderado	Forte
1972			X		X		
1973			X				X
1974					X		X
1975					X		X
1976	X						X
1977	X						
1978	X						
1979	X						
1980	X						
1981							
1982				X			
1983				X	X		

1984					X		
1985					X		
1986		X					
1987		X	X				
1988			X				X
1989							X
1990							
1991			X				
1992			X				
1993							
1994		X					
1995		X				X	
1996						X	
1997				X			
1998				X			X
1999							X
2000					X		X
2001					X		
2002		X					
2003		X					
2004	X						
2005	X				X		
2006	X				X		
2007	X						X
2008					X		X
2009		X			X		
2010		X					X
2011						X	X
2012						X	
2013							
2014	X						
2015	X			X			
2016				X			

Fonte: NOAA

#### 4.4.1 NÚMERO COM DIAS COM CHUVAS (NDC) PARA AS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DA RI LAGO DE TUCURUÍ

De acordo com a Tabela 05, pode-se verificar o comportamento das médias dos dias com chuvas no ano para as normais climatológicas completas e provisórias das estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí. É importante ressaltar que esses valores médios englobam, também, falhas de dados para alguns meses, o

que está relacionado com o não registro de dados nas estações. Isto compromete, de certo modo, os resultados aqui apresentados. Tampouco foi possível, devido a esta menor confiabilidade dos dados, correlacionar de modo satisfatório o NDC com os anos em que houve *El Niño* ou *La Niña*.

**Tabela 05:** Média dos NDC para as normais climatológicas completas e provisórias nas estações meteorológicas da RI Lago de Tucuruí (PA)

Nome da Estação	Período	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
<b>Estações com normais climatológicas completas</b>														
Tucuruí	1972 - 2016	24	24	27	25	20	11	9	6	7	8	9	16	185
		Abs. dez./maio = 136 Rel. dez./maio = 73%						Abs. jun./nov. = 50 Rel. jun./nov. = 27%						
Cachoeira Tracambeua	1983 - 2016	16	18	21	19	15	7	4	3	3	4	6	11	127
		Abs. dez./maio = 100 Rel. dez./maio = 79%						Abs. jun./nov. = 27 Rel. jun./nov. = 21%						
Goianésia	1986 - 2016	16	17	19	18	11	5	2	1	1	3	5	9	107
		Abs. dez./maio = 89 Rel. dez./maio = 84%						Abs. jun./nov. = 17 Rel. jun./nov. = 16%						
<b>Estações com normais climatológicas provisórias</b>														
Nova Jacundá	1995 - 2016	22	22	26	23	18	8	5	3	4	5	9	15	159
		Abs. dez./maio = 125 Rel. dez./maio = 79%						Abs. jun./nov. = 34 Rel. jun./nov. = 21%						
Novo Repartimento	2000 - 2016	15	17	20	18	13	6	2	1	2	3	5	10	113
		Abs. dez./maio = 93 Rel. dez./maio = 83%						Abs. jun./nov. = 20 Rel. jun./nov. = 17%						
Nova Ipixuna	2000 - 2016	16	17	20	17	11	5	4	3	5	6	9	10	122
		Abs. dez./maio = 91 Rel. dez./maio = 75%						Abs. jun./nov. = 31 Rel. jun./nov. = 25%						
Itupiranga	1994 - 2016	14	15	17	14	9	4	3	3	4	5	7	10	105
		Abs. dez./maio = 79 Rel. dez./maio = 75%						Abs. jun./nov. = 26 Rel. jun./nov. = 25%						

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

Nota:

Os valores médios são uma estimativa, pois alguns meses são apresentados falhas de coleta.

Pode-se perceber que a média de NDC na RI variou de 107 a 185 dias para as normais climatológicas completas, com destaque para a estação meteorológica de Tucuruí, o que confirma ser ela a mais chuvosa. Quando analisadas as normais climatológicas provisórias, a variação é bem semelhante, de 105 a 159 dias. Muito possivelmente por causa da ausência de dados, não foi possível deduzir quaisquer conclusões sobre a variabilidade espacial do NDC, esperando-se uma redução das chuvas para sul e para leste.

Ainda assim, verifica-se que é o período mais chuvoso, de dezembro a maio, que concentra o maior NDC, de 73% a 84% para as normais completas, e 75% a

83% nas provisórias. Quando se analisar o período mais seco, de junho a novembro, o NDC para as estações com normais climatológicas completas apresentou um relativo de 16% a 27%, e de 17% a 25% para aquelas com normais provisórias.

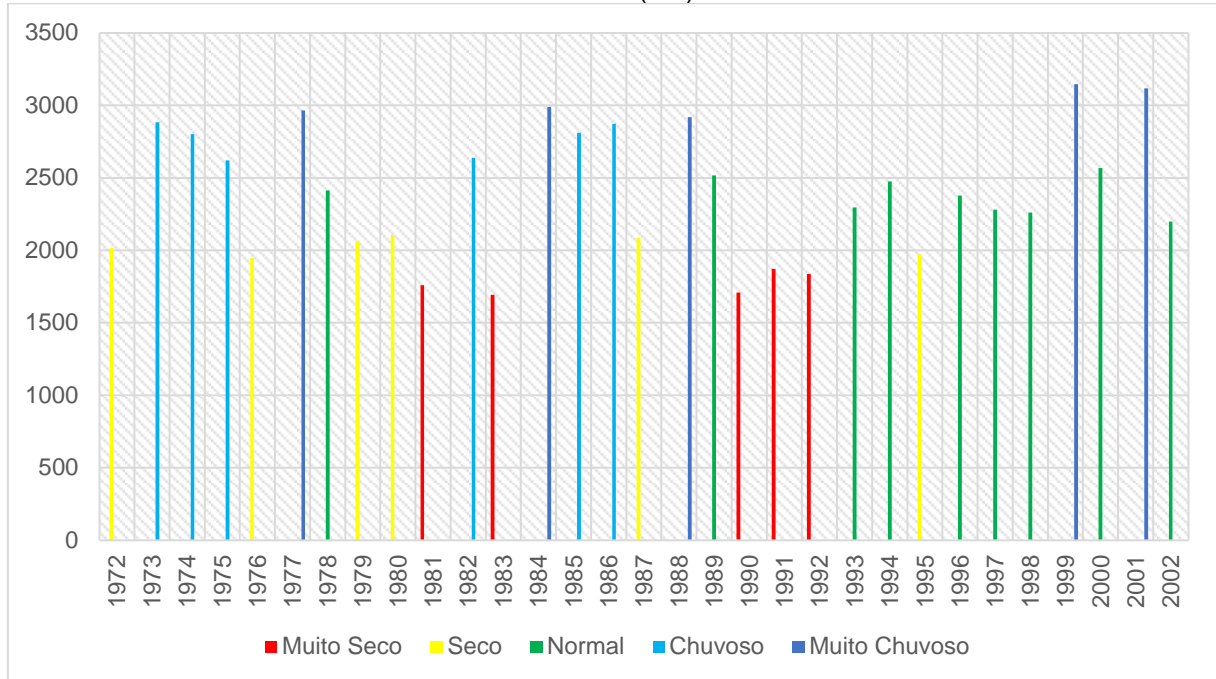
#### 4.4.2 GRAU DE INTENSIDADE DAS CHUVAS PARA AS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS COMPLETAS E PROVISÓRIAS

##### 4.4.2.1 Estação Meteorológica de Tucuruí (1972-2002)

No Gráfico 03, pode-se verificar que ocorre grande variabilidade interanual de chuvas em Tucuruí. O mesmo é válido para a demais estações.

Entretanto, tem-se a ocorrência de picos de precipitação em alguns anos. Pela técnica dos percentis, definiu-se os anos muito secos como aqueles em que a precipitação acumulada chegou até 1.917,0 mm; os anos secos com precipitação entre 1.917,1 e 2.208,5 mm; anos normais foram aqueles em que a precipitação variou de 2.208,6 a 2542,5 mm; anos chuvosos com precipitação entre 2542,6 e 2897,4 mm; e os anos muito chuvosos com precipitação acima de 2.897,5 mm. A classificação dos anos, de 1972 a 2002, ficou assim: 5 anos muito secos; 6 anos secos; 9 anos normais; 6 anos chuvosos; e 5 anos muito chuvosos. Apenas os anos muito secos e os muito chuvosos foram considerados.

**Gráfico 03:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Tucuruí (PA)



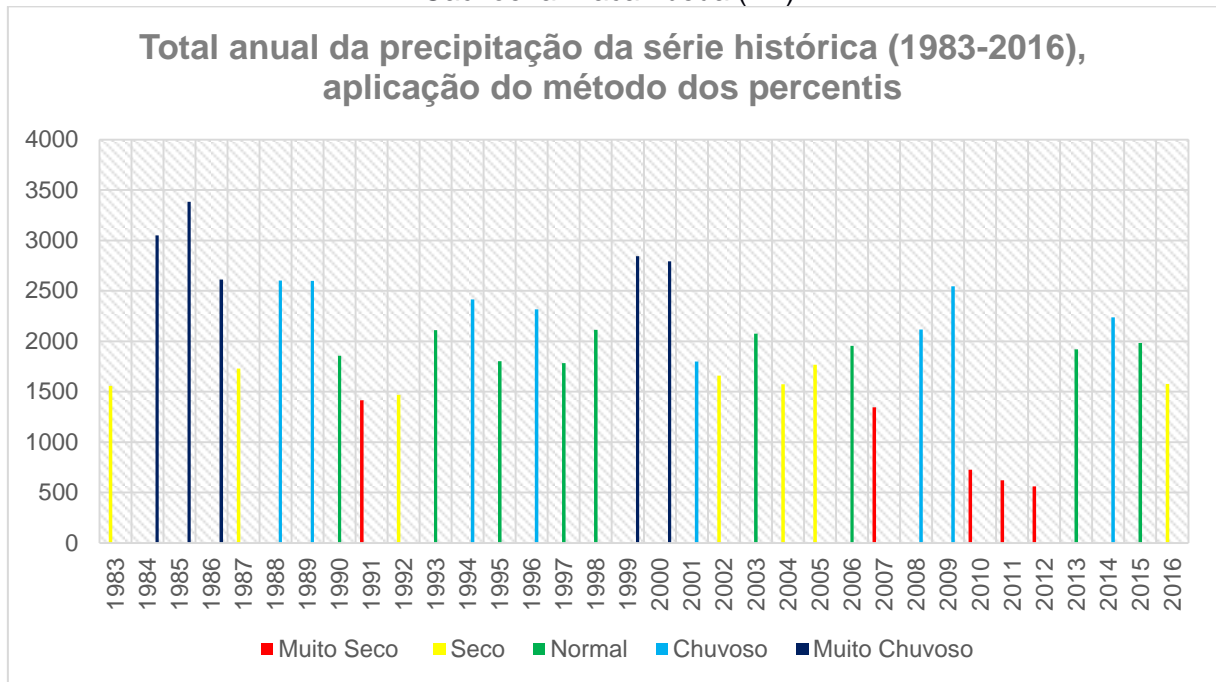
**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

Quando se observa os anos muitos secos, 1981, 1983, 1990, 1991 e 1992, pode-se associá-los em sua maioria com a ocorrência do *El Niño* (Quadro 07), evento que mesmo quando sua intensidade é considerada fraca, provoca uma queda na quantidade de chuvas. Apenas os anos de 1981 e 1990 não tiveram essa influência. Já dentre os anos muitos chuvosos, quais sejam, 1977, 1984, 1988, 1999 e 2001, confirma-se a ocorrência de uma *La Niña* em praticamente todos os anos: em 1984, 1988, 1999 e 2001.

#### 4.4.2.2 Estação Meteorológica de Cachoeira Tracambeua (1983-2016)

Na Estação de Cachoeira Tracambeua, de acordo com os dados do Gráfico 04, houve anos muitos secos em 1991 (igualmente a Tucuruí), 2007, 2010, 2011 e 2012. Pode-se relacionar 3 destes anos muito secos ao *El Niño*, com exceção de 2011 e 2012, sendo que inclusive nos dois casos a situação foi oposta, isto é, caracterizaram-se por uma *La Niña*. Já os anos muitos chuvosos 1984, 1985, 1986, 1999 e 2000, em que ocorreu um aumento de precipitação, apenas em 1986 não se registrou oscilação negativa do Pacífico.

**Gráfico 04:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Cachoeira Tracambeua (PA).

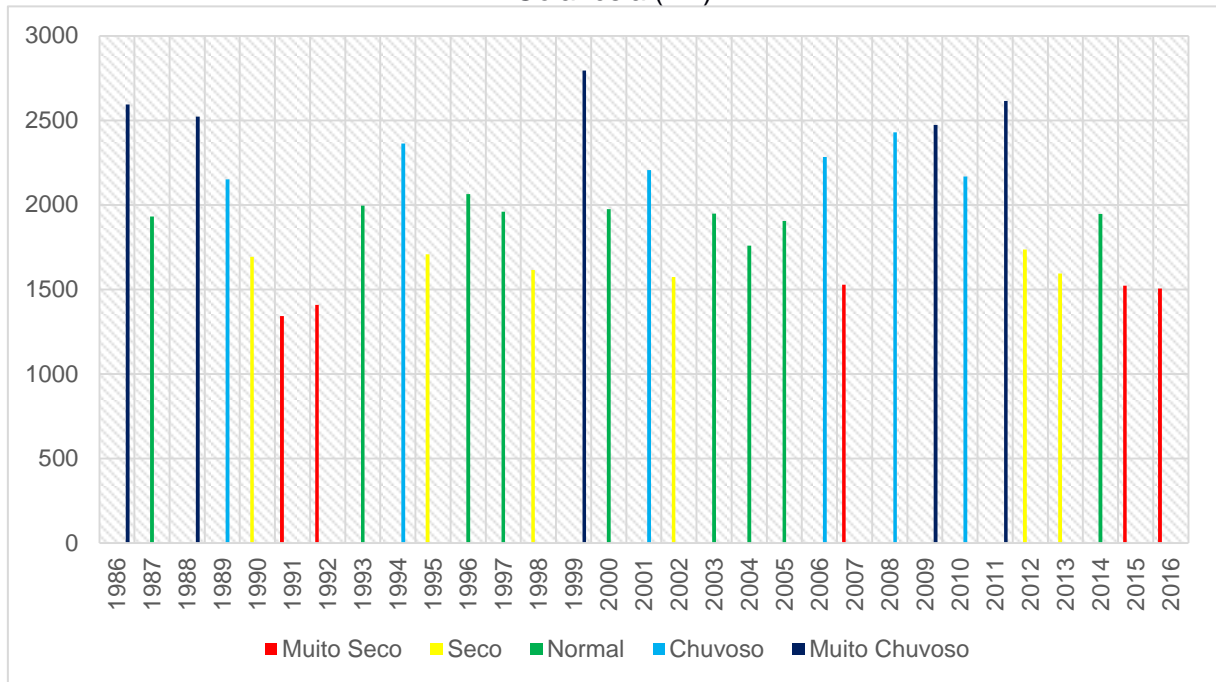


**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

#### 4.4.2.3 Estação Meteorológica de Goianésia (1986-2016)

Ao se analisar o grau de intensidade das chuvas em Goianésia (Gráfico 05), foi observado total correspondência entre os anos muito secos e o *El Niño* em 1991, 1992, 2007, 2015 e 2016. Alguns destes anos o fenômeno/correlação também se deu em Tucuruí (1991) e Cachoeira Tracambeua (2007). Os anos muitos chuvosos nesta estação foram: 1986, 1988, 1999, 2009 e 2011, em que apenas para 1986 não se observou associação com *La Niña*. Esta não correspondência foi anotada, também, para a Estação de Cachoeira Tracambeua.

**Gráfico 05:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Goianésia (PA)

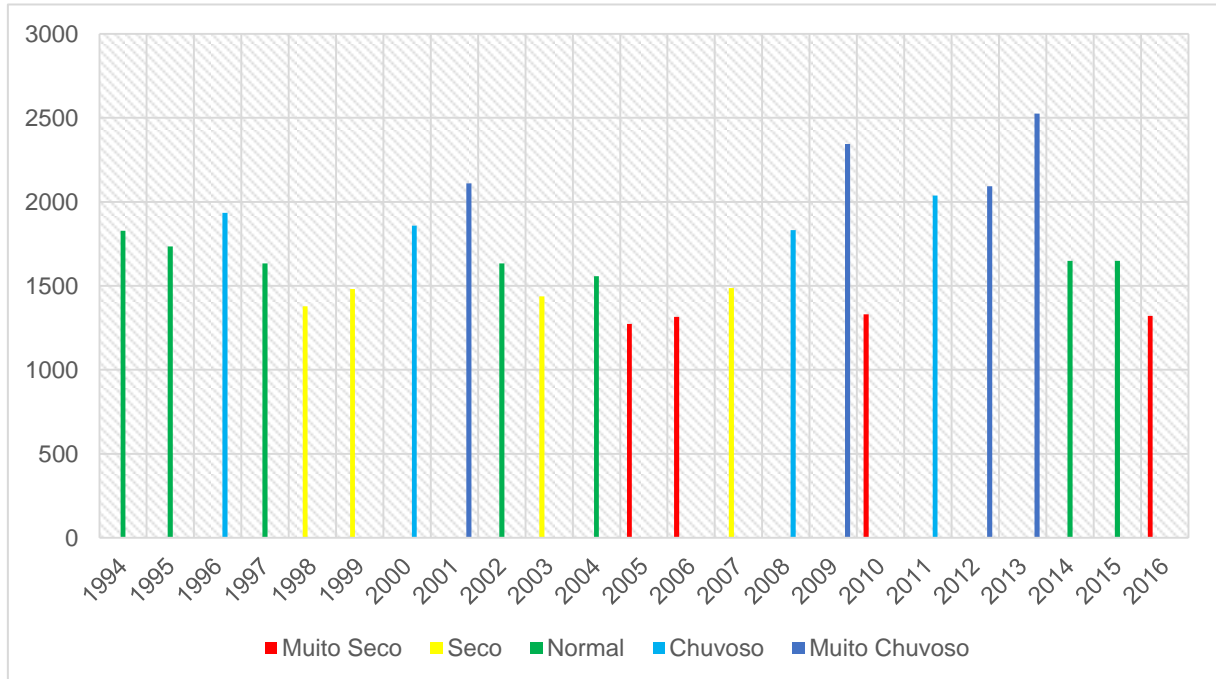


Fonte: elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

#### 4.4.2.4 Estação Meteorológica de Itupiranga (1994-2016)

No Gráfico 06, para a Estação de Itupiranga foram identificados anos muitos secos em 2005, 2006, 2010 e 2016, todos eles foram marcados pela ocorrência do *El Niño*. Nota-se que o mesmo ocorreu em 2010 na Estação de Cachoeira Tracambeua. Já para os 4 anos muitos chuvosos, 2001, 2009, 2012 e 2013, que coincidem com o mesmo fenômeno, isto é, aumento da pluviosidade associado com a ocorrência de *La Niña*, em Tucuruí (2001) e Goianésia (2009). Para a Estação de Itupiranga, apenas em 2013 não foi registrada oscilação negativa do Pacífico.

**Gráfico 06:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Itupiranga (PA)



Fonte: elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

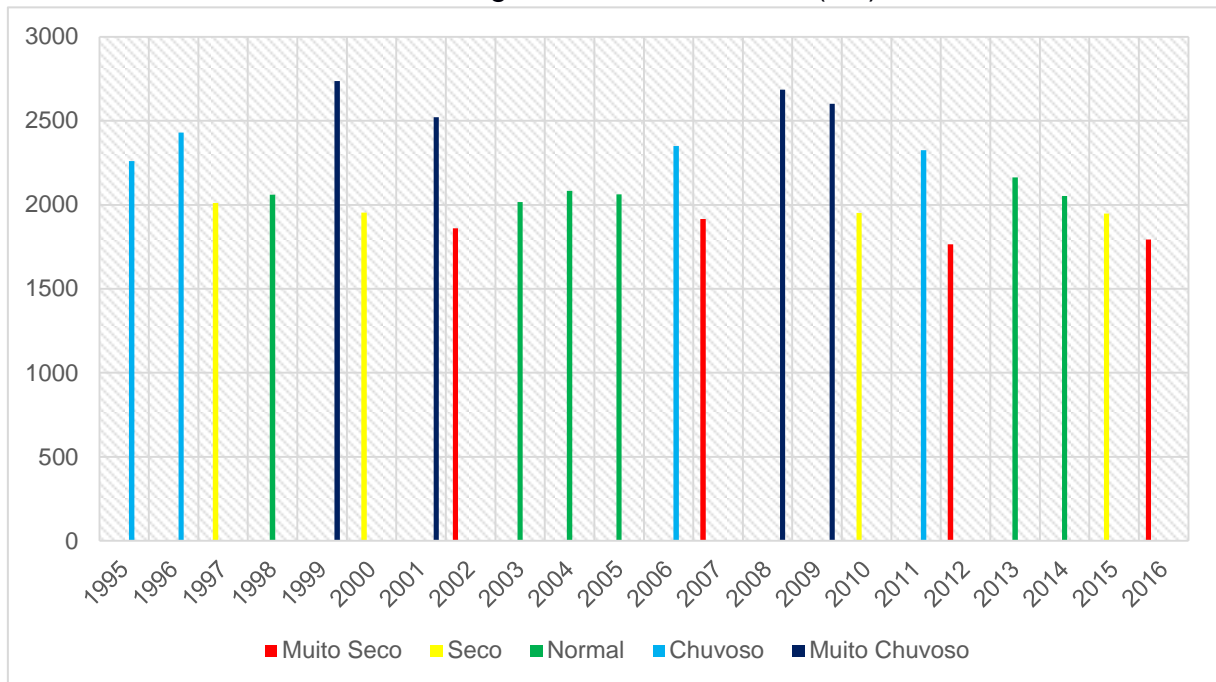
#### 4.4.2.5 Estação Meteorológica de Nova Jacundá (1995-2016)

Na Estação de Nova Jacundá, de acordo com Gráfico 07, houve anos muitos secos em 2002, 2007 (simultaneamente em Cachoeira Tracambeua e Goianésia), 2012 e 2016, verificando-se que em 3 anos muitos secos foram ocasionados pelo *El Niño*, sendo a exceção 2012, que foi marcado por uma situação oposta, a *La Niña*. Já nos anos muitos chuvosos, 1999, 2001, 2008 e 2009, em todos se verificou este fenômeno, sendo que em 1999 o mesmo se deu nas estações meteorológicas de Tucuruí, Cachoeira Tracambeua e Goianésia.

#### 4.4.2.6 Estação Meteorológica de Nova Ipixuna (2000-2016)

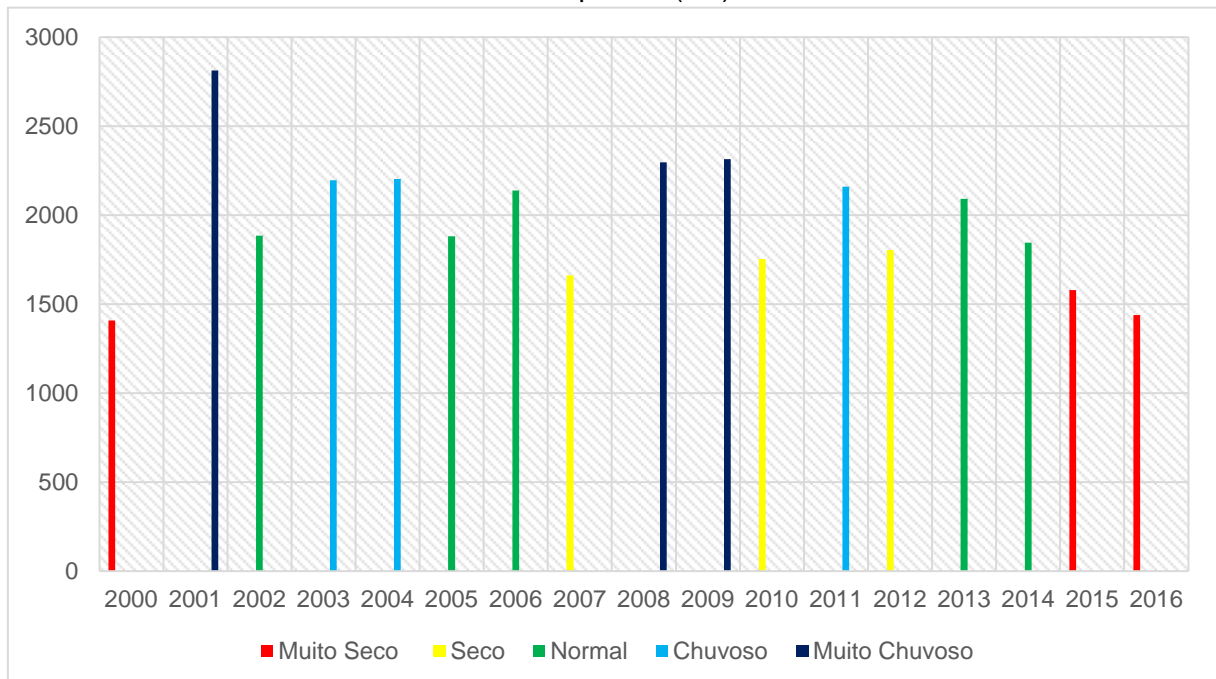
De acordo com o Gráfico 08, ao se analisar os dados da Estação de Nova Ipixuna observa-se que os anos de 2000, 2015 e 2016 foram muitos secos, houve a presença de oscilação positivas do Pacífico que ocasionaram a formação do *El Niño* em diferentes graus de intensidade. No ano de 2015 foi registrado o mesmo fenômeno em Goianésia. Contudo, no ano de 2000 não houve *El Niño*. Em anos muitos chuvosos 2001, 2008 (igualmente a Nova Jacundá) e 2009, ocorreu aumento de precipitação associado com *La Niña*.

**Gráfico 07:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Nova Jacundá (PA)



Fonte: elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

**Gráfico 08:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Nova Ipixuna (PA)

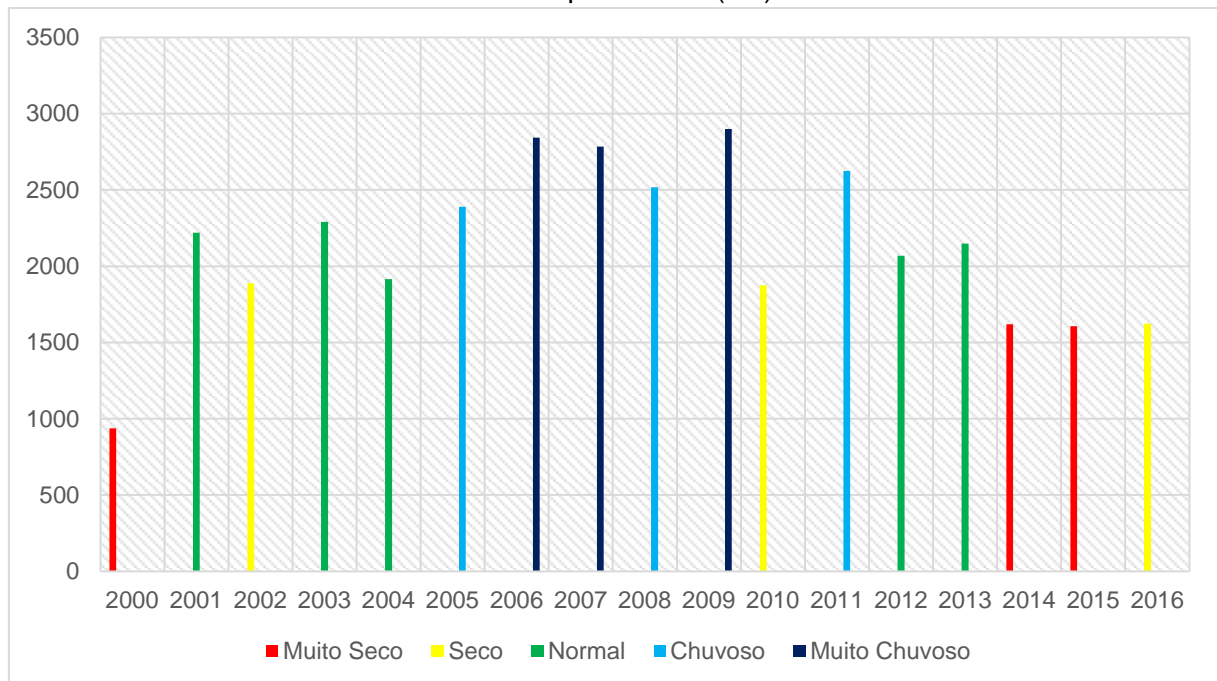


Fonte: elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

#### 4.4.2.7 Estação Meteorológica de Novo Repartimento (2000-2016)

Ao analisar o grau de intensidade das chuvas em Novo Repartimento (gráfico 09), percebe-se o registro de ocorrência de anos muitos secos em 2000, 2014 e 2015, com a presença de oscilações positivas do Pacífico, com única exceção o ano de 2000, verificando-se *La Niña*. Além disso, no ano de 2015 o mesmo fenômeno foi registrado em Goianésia e Nova Ipixuna. Já no segundo caso, aumento das chuvas com ocorrência de oscilação negativa no Pacífico, isto ocorreu nos anos 2006, 2007 e 2009, igualmente a Nova Jacundá e Nova Ipixuna.

**Gráfico 09:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Novo Repartimento (PA)

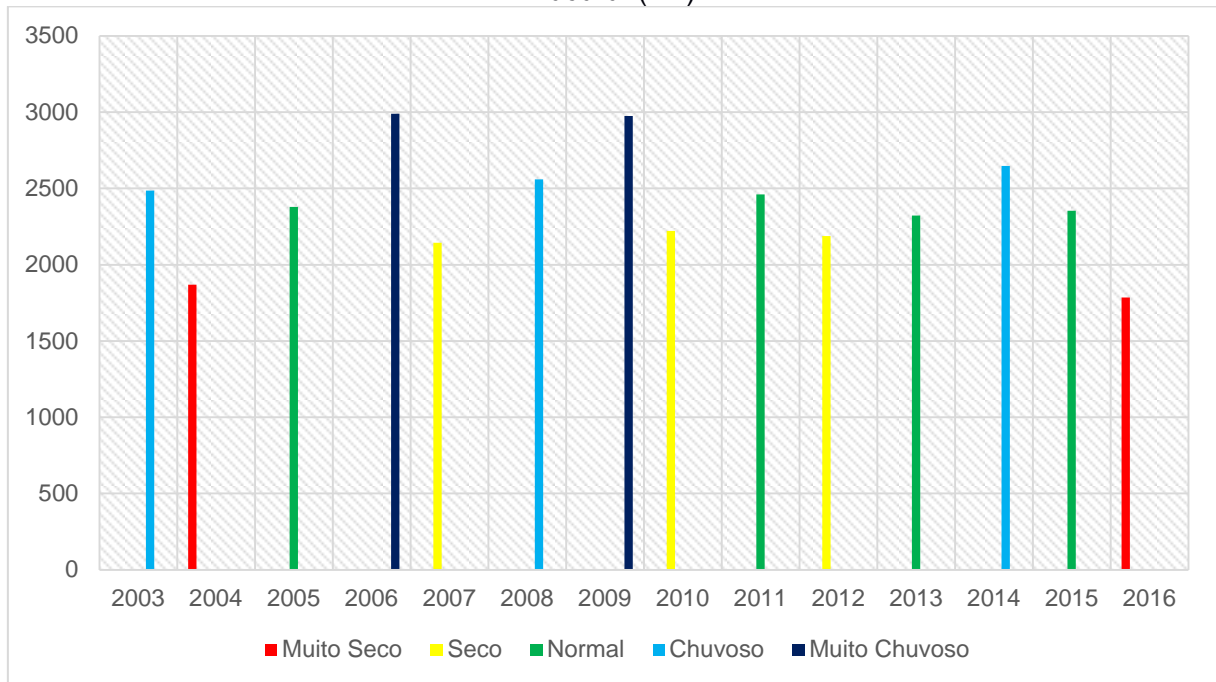


Fonte: elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

#### 4.4.2.8 Estação Meteorológica de Tucuruí (2003-2016)

No Gráfico 10, pode-se verificar que também na normal provisória (a normal completa está descrita no item 4.4.2.1) ocorreu grande variabilidade das chuvas em âmbito interanual. Houve situações de anos muitos secos em 2004 e 2016, que foram marcados pela presença da ocorrência do fenômeno *El Niño*. Já nos anos muitos chuvosos, 2006 e 2009, registrou-se oscilações negativas do Pacífico, que ocasionou a formação da *La Niña*.

**Gráfico 10:** Grau de intensidade das chuvas e sua distribuição na estação meteorológica de Tucuruí (PA)



**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

#### 4.5 ANÁLISE DA NORMAL CLIMATOLÓGICA COMPLETA E PROVISÓRIA DA ESTAÇÃO DE TUCURUÍ

Na Tabela 06, observam-se os dados da normal climatológica completa (1961-1990), obtida do INMET, e da normal climatológica provisória (1991-2016) de Tucuruí, para realizar uma comparação dos dados registrados e verificar alguma possível alteração das fases pré e pós-enchimento do reservatório da UHE Tucuruí.

**Tabela 06:** Média dos totais pluviométricos mensais das normais climatológicas completa e provisória da estação meteorológica de Tucuruí (PA)

Meses	Normal Climatológica Completa	Normal Climatológica Provisória
Janeiro	317,6	364,1
Fevereiro	402,1	371,4
Março	433,0	434,9
Abril	433,9	385,6
Maio	234,1	248,6
Junho	101,1	77,4
Julho	56,2	48,1
Agosto	24,8	31,6
Setembro	24,9	36,9
Outubro	77,7	63,4
Novembro	102,8	113,7
Dezembro	204,5	204,5
Total Anual	2422,7	2380,3

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA e INMET, 2017

Nota:

O azul representa o período em que a estação registou o maior índice.

Verifica-se que a normal climatológica completa registrou 5 meses de altos índices pluviométricos em relação à provisória, com destaque para o mês de abril, que registrou uma diferença de aproximadamente de 48,3 mm. Já a normal climatológica provisória se mostrou superior em 6 meses do ano, em comparação com a normal climatológica completa, tendo como destaque o mês de janeiro que registrou média superior em 46,5 mm. O mês de dezembro registrou virtualmente o mesmo valor nos dois períodos, aproximadamente 204 mm.

Também se deve ressaltar que os meses em que está normal climatológica completa foi superior à provisória dizem respeito, principalmente, ao período mais chuvoso. Já quando a normal climatológica provisória foi superior, ela ocorreu no período tanto mais chuvoso como no mais seco, dominando, porém, o segundo período, isto é, houve tendência ao aumento da pluviosidade em Tucuruí durante a estiagem ou “verão” amazônico.

#### 4.6 ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS DO PRÉ E PÓS-ENCHIMENTO DO LAGO DA UHE TUCURUÍ – ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE TUCURUÍ

As pesquisas realizadas no ramo da Climatologia tem revelado que, ao longo dos anos, o clima vem sofrendo modificações tanto na escala global como local. Um exemplo é o chamado aquecimento global, supostamente ocasionado por atividades antrópicas. Conforme Ayoade (1996), observou-se que as atividades humanas têm o potencial de influenciar o clima, como efeito das atividades ligadas à urbanização, à industrialização, ao desmatamento, à agricultura e alterações na hidrografia.

No Brasil, devido as suas inúmeras bacias hidrográficas, nota-se um grande potencial energético, pois o País apresenta ótimas características para que aconteça a construção de usinas hidrelétricas (UHE), que ocasionaram a formação de diversos lagos artificiais (reservatórios). Dentre as regiões brasileiras podemos destacar a Amazônia, contudo, existem UHE em todas as regiões.

Aonde o grande interesse na região Amazônica para a construção de hidrelétrica vem, segundo Ab' Sáber (1980, p. 12), do aproveitamento da zona de quedas do sul da região, conhecidas como “fall zone” sul-amazônica, e do grande volume de água, que conferem à região um grande potencial energético, onde se pode

destacar as UHE de Balbina (AM), Curuá-Una (PA), Jirau (RO), Santa Antônio (RO), Belo Monte (PA) e Tucuruí (PA) em qual será o centro da pesquisa, sobre as possíveis alterações no regime pluviométrico. Pois segundo Cruz et al. (2016, p. 21), as construções de hidrelétricas acabam ocasionando uma série de alterações, como por exemplo: o assoreamento dos rios, a redução da cobertura vegetal, a perda de moradias, o aumento ou diminuição dos índices pluviométricos de uma localidade e o aumento da temperatura da superfície terrestre.

A partir do exposto, fez-se uma análise das médias dos totais pluviométricos na Estação Meteorológica de Tucuruí no período antes do enchimento e posterior a este período. Por isso, a série histórica de Tucuruí foi dividida da seguinte maneira:

- 1972-1984 (pré-enchimento);
- 1985-1994 (primeiro período após o enchimento)
- 1995-2004 segundo período após o enchimento do lago, e;
- 2005-2014 terceiro período de análise depois da formação do lago.

De acordo com Tabela 07, percebe-se que ocorreram algumas mudanças no regime de chuvas da estação, contudo, esse aumento dos índices de chuvas foi em média 25,3 mm, com destaque para o mês de abril, com 55,4 mm de diferença entre o pré-enchimento e o terceiro período de pós-enchimento.

**Tabela 07:** Média do total pluviométrica da estação meteorológica de Tucuruí (PA) em diferentes tempos em pré e pós-enchimento

Meses	Pré-enchimento (1972-1984)	Pós-enchimento (1985-1994)	Pós-enchimento (1995-2004)	Pós-enchimento (2005-2014)
Janeiro	352,7	314,1	378,5	361,8
Fevereiro	436,9	366,5	371,5	384,7
Março	430,6	428,5	451,3	426,7
Abril	396,4	386,0	373,6	451,8
Maio	225,8	229,0	255,2	261,3
Junho	76,6	91,7	76,1	87,5
Julho	56,3	39,4	44,8	61,7
Agosto	28,2	34,8	27,3	33,0
Setembro	31,3	32,6	48,7	23,1
Outubro	57,5	82,1	49,6	83,7
Novembro	111,2	117,5	131,0	101,7
Dezembro	190,0	240,0	219,7	211,5
Total Anual	2.393,5	2.362,2	2.427,3	2.488,5

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

Nota:

O azul representa o mês mais chuvoso da estação meteorológica.

A única exceção, ao verificar os meses foi fevereiro, em que o maior índice pluviométrico registrado é no período de pré-enchimento, com 436,9 mm. Então, pode-se supor que esse aumento do índice pluviométrico causado no pós-enchimento é ocasionado pela formação do lago, sendo o mês de fevereiro a única

exceção. Já com relação ao valor total pluviométrico, percebe-se que no primeiro período pós-enchimento houve um decréscimo no volume de chuvas, já nos outros períodos foi registrado um aumento para 2.427,3 mm e 2.488,5 mm.

Outro parâmetro analisado foi com relação aos números de dias com chuvas (NDC), para verificar a ocorrência de chuvas na Estação Meteorológica de Tucuruí no período de pré e pós-enchimento do lago da usina.

A partir disso, de acordo com a média do NDC da estação de Tucuruí (Tabela 08), pôde-se averiguar um equilíbrio entre os períodos analisados, sem a ocorrência de dias muitos discrepantes durante os meses. O único aspecto digno de destaque é o aumento do NDC no ano, em que no período anterior à formação do lago ocorria 183 dias de chuvas. Já após a formação do lago, foi registrado 188, 188,189 NDC nos períodos de 1985-1994, 1995-2004 e 2005-2014 respectivamente.

**Tabela 08:** Média do NDC da estação meteorológica de Tucuruí (PA) em diferentes tempos em pré e pós enchimento do lago da UHE

Meses	Pré-enchimento (1972-1984)	Pós-enchimento (1985-1994)	Pós-enchimento (1995-2004)	Pós-enchimento (2005-2014)
Janeiro	24	23	23	24
Fevereiro	25	24	24	24
Março	27	27	27	27
Abril	23	26	25	26
Maio	20	19	20	21
Junho	10	11	11	11
Julho	8	9	9	10
Agosto	6	6	6	6
Setembro	7	6	10	5
Outubro	8	10	7	7
Novembro	9	11	9	10
Dezembro	15	16	17	18
Total Anual	183	188	188	189

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados de HidroWeb/ANA, 2017

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises e dos resultados da pesquisa, confirmou-se em relação ao regime pluviométrico da RI Lago de Tucuruí a ocorrência de um período mais chuvoso e outro mais seco em todas as estações meteorológicas.

Em cotejo com a literatura ( NIMER, 1989; BASTOS, 1982; SUDAM, 1984; MARENGO; NOBRE, 2009), o trimestre mais chuvoso está ocorrendo dentro do período normal para a região, de janeiro a março na parte sul da RI, e de fevereiro a abril nas partes central e norte. Já com relação ao trimestre mais seco, notou-se um adiantamento em todas as estações da RI Lago de Tucuruí, pois conforme a literatura ele deveria ocorrer nos meses de julho a setembro no sul da RI, e de agosto a outubro nas partes central e norte. Os dados da pesquisa indicaram o adiantamento em um mês do trimestre mais seco, para junho e julho, respectivamente.

Quando foram analisadas as médias das chuvas da RI Lago de Tucuruí, verificou-se que as estações meteorológicas de Tucuruí e Novo Repartimento são as que apresentam os maiores índices pluviométricos; enquanto que os menores índices de chuvas são verificados em Itupiranga e Cachoeira Tracambeua. Esta última, apesar de sua proximidade com Tucuruí, apresentou alguns dos menores índices pluviométricos. Ainda sobre o regime pluviométrico, foi confirmada a sazonalidade das chuvas da RI Lago de Tucuruí, com um período mais chuvoso durante o verão e outono, popularmente conhecido como o “inverno” amazônico; e um período mais seco ocorre no inverno e primavera, chamado de “verão” amazônico. Nesta última estação, as chuvas passam a ser mais volumosas no sudeste e sul da RI.

Então, para se entender os fatores que influenciam a sazonalidade das chuvas, foi analisada a sua distribuição mensal e a relação com os sistemas atmosféricos, principalmente aqueles que determinam o clima regional. Nos meses de agosto a dezembro não há influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e sim a atuação da Massa Tropical Atlântica (*mTa*) durante a maioria deste período; além disso, tem-se a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nos meses de novembro a dezembro e da Massa Equatorial Continental (*mEc*) em dezembro, o que explica os maiores volumes pluviométricos para o sudeste. Apesar de influenciar toda a RI, a ZCIT é mais decisiva na sua parte norte,

onde constitui o principal fator de formação de chuvas entre dezembro a maio, quando começa a se deslocar para o hemisfério norte. Isto demonstra uma maior variabilidade das chuvas durante o ano na RI Lago de Tucuruí ocasionados pelos sistemas atuantes sobre a região, onde se percebe que os maiores índices pluviométricos são registrados na porção norte e os menores na porção sul.

Esta dinâmica se deve à variação sazonal das chuvas na região amazônica, que acontece no sentido S-N, como se pode verificar em Marengo e Nobre (2009). Estes autores afirmam que as chuvas acontecem primeiro na parte sul da Amazônia, para depois se intensificarem nas partes central e norte da região. Conforme dito anteriormente, isto se deve pela atuação da ZCAS e da *mEc* durante os meses de novembro a fevereiro; e nos meses de dezembro a maior atuação da ZCIT, que intensifica as chuvas nas partes centro e norte da RI.

Outros aspectos analisados foram as normais climatológicas completas e provisórias das estações, além da classificação do grau de intensidade anual das chuvas da região e relaciona-la com os fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

Para as sete estações, foi possível elaborar 3 normais climatológicas completas e 5 normais climatológicas provisórias, sendo que para a Estação Meteorológica de Tucuruí, que possui mais de 40 de dados registrados, decidiu-se fazer a divisão em 1 normal climatológica completa e 1 normal climatológica provisória.

Esta análise confirmou a ocorrência de um semestre mais chuvoso, isto é o “inverno amazônico”, e um mais seco, o “verão” amazônico, além de comprovar que apenas três meses concentram mais da metade das chuvas esperadas para o ano todo. Quando se analisa o número de dias com chuvas (NDC), percebe-se igualmente que apenas três meses registram mais da metade do esperado para o ano.

Com relação à classificação do grau de intensidade das chuvas, observou-se que nos anos considerados muitos secos e muito chuvosos, para todas as estações as ocorrências são correlacionadas, em sua maior parte, com os eventos *El Niño* e *La Niña*, anomalias que podem explicar a ocorrência desses eventos extremos nos quais são reduzidos ou aumentados os índices de chuvas na Amazônia, respectivamente.

Também foram realizadas comparações entre a normal climatológica completa (1961-1990) disponibilizada pelo INMET com a normal climatológica

provisória (1991-2016) construída a partir dos dados da Estação Meteorológica de Tucuruí, para se verificar o comportamento das chuvas no Município. Foi averiguado que em 6 meses a normal provisória mais recente foi superior à normal completa.

Na sequência, analisou-se os dados pré e pós-enchimento do lago da UHE Tucuruí para a sua contribuição no aumento das chuvas.

Os resultados da análise demonstraram que para 11 meses, os maiores índices pluviométricos foram registrados após a formação do lago, com destaque para o mês de abril, com um aumento de 55,4 mm, provocando ao longo dos anos um aumento total do anual pluviométrico no Município de Tucuruí. Para o NDC, não foram identificadas alterações significativas, pois alguns meses estavam sem o registro de ocorrência de chuvas, o que comprometeu a análise estatística desta variável; mesmo assim foi possível observar um aumento total de 9 dias, sem destaque para nenhum mês do ano. Ainda que tal análise careça de maior aprofundamento, pode-se inferir pelas médias de chuvas mensais e anuais que veio ocorrendo um aumento dos índices pluviométricos após a formação do lago da UHE Tucuruí, como foi visto nos autores que defendem a influência dos lagos das UHE na modificação do clima do entorno (e.g.: GRIMM, 1988; FISCH et al., 1990; GUIDON, 1991; CORREIA et al., 2000; SANCHES et al., 2005; LIMA, 2013).

Contudo, não se pode dizer que a formação do lago seja o único fator que contribuiu para a mudança ligeira das chuvas na RI Lago de Tucuruí. Em um estudo futuro, serão analisados outros parâmetros para se entender a comportamento das chuvas da RI, com o intuito de contribuir para a prevenção de eventos que possam prejudicar a população local, além de fornecer subsídios para o gerenciamento da agricultura, economia, fornecimento de água, saúde e em obras de infraestrutura.

## REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. **Previsão de impactos ambientais nos projetos de usinas hidrelétricas na Amazônia brasileira**. 40. n°. São José do Rio Preto: Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – IBLCE, Universidade Estadual Paulista – UNESP. P. 18, 1980.
- ALVES, E. D. L. A.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Act Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 33, n. 2, p.193-197, 2011.
- ANJOS, R. S.; CANDEIAS, A. L. B.; NÓBREGA, R. S. Mapeamento da Precipitação Estimada e Observada no Semiárido Pernambucano e sua relação com a Modelagem de Dados Espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 69, p. 447-467, mar/2017.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BASTOS, T. X. **O clima da Amazônia brasileira segundo Köppen**. 87.n°. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982.
- CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA. p.79-122, 2004.
- CONTI, J. B. **A climatologia e a defesa da natureza**. Boletim Climatológico da FTC/UNESP, Presidente Prudente, São Paulo, n. 2, p.05-09, 1996.
- CORREIA, M. F.; SILVA DIAS, M. A. F. Efeito do Lago de Sobradinho no clima local: uma análise numérica e observacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 1739-1748.
- COSTA, H. C; MARCUZZO, F. F. N; FERREIRA, O. M; ANDRADE, L. R. Espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Pernambuco. Nº1, p. 87-100. 2012.
- CRUZ, A. R.; TEIXEIRA, C. S.; PEREIRA, J. A.; AMORIM, R.; PINHEIRO, J. R. Impacto causado pela implantação de Usinas Hidrelétricas e PCH'S na Amazônia meridional. **Revista eletrônica Georaguaiá**. Barra do Garças, v. 6, n. 1, p. 19-29, 2016
- DIAS, N. L.; OKAWA, C. M. P.; ARAÚJO, A. A. M.; GOBBI, M. F. Estudo dos impactos sobre o clima urbano regional do reservatório de Itaipu. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 15, 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 1999. p.01-06.
- EWALD, K. H.; LIMBERGER, L. Caracterização do regime pluviométrico no Município de Marechal Cândido Rondon – PR entre os anos de 1941 a 2008. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DOS ESPAÇOS DE FRONTEIRA. 1; SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE TERRITÓRIO, FRONTEIRA E CULTURA. 3; EXPEDIÇÃO GEOGRÁFICA DA UNIOESTE: ESPAÇO DE FONTEIRA – TERRITÓRIO E AMBIENTE. 7, 2011, Marechal Cândido Rondon. **Anais...** Marechal Cândido Rondon, 2011. p.01-10.

FERREIRA, D. B.; LIMA, E. C.; OLIVEIRA, M. C. F.; LUZ, M. S. F. Variação espacial da temperatura e precipitação e sua associação aos eventos de El Niño e La Niña em Tucuruí-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 12, 2002, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002. p. 1102-1106

FISCH, G. F.; JANUÁRIO, M.; SENNA, R. C. Impacto ecológico em Tucuruí (PA): climatologia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 20, n. 1, p. 49-60, 1990.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral do clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 101–126. 1998.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARA A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ – FAPESPA. **Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Região de Integração Lago de Tucuruí.** Belém, 45 slides. 2015.

GUIDON, M. A. A. O. **Estudo das variações climáticas na área do lago de Tucuruí.** 1991. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

GRIMM, A. M. Verificação de variações climáticas na área do lago de Itaipu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 5, 1988, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Convencionais.** Disponível em ><http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais.htm><. Acesso: 7 fev. 2018.

\_\_\_\_\_. **Estações Automáticas.** Disponível em ><http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas.htm><. Acesso: 7 fev. 2018.

LAZZAROTTO, C.; PEIXOTO, P. P. P. **Estação meteorológica da EMBRAPA – CPAO.** Documento 6. EMBRAPA-CPAO, 1995.

LIMA, A. M. **Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu – GO** 2013. 89 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Goiás, Campus Jataí, 2013.

LIMBERGER, L. **O clima do Oeste do Paraná: análise da presença do lago de Itaipu.** 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2007.

LIMBERGER, L. PITTON, S. E. C. Mudanças climáticas globais e alterações climáticas: a participação dos grandes reservatórios de usinas hidrelétricas. **Pleiade**. v. 2, n. 2, p. 123-134, jul./dez. 2008.

MARENGO, J. A.; HASTENRATH, S. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. **Journal of Climate**, v.6, n. 4, p. 617-627, 1993.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.197-2012.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L.; ROCHA, E. J. P. O uso da estatística para regionalização da precipitação no Estado do Pará, Brasil. **Revista brasileira de climatologia**. v. 16, p. 64-71, 2015.

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: Mecanismos de Precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, p. 107-117, 1987.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 2007-214. 2005.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. 1. ed. São José dos Campos: ARA; CCST-INPE; INPA, 2014.

PAZ, A. R. (Coord.). **Hidrologia Aplicada**. Apostila do Curso em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul-UERGS, Campus Caixas do Sul. 2004. p. 1-138.

QUEIROGA, Y. G. A. **Análise das previsões de precipitação do modelo ETA realizadas durante a operação do sistema de alerta contra enchentes da bacia do rio Doce**. 2006. 31 p. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

REIS, M. H.; GRIEBELER, N. P., SARMENTO, P. H. L.; COUTINHO, L. F. O.; MOURA, J. O. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, GOIÂNIA. **Anais...** Goiânia, INPE, 2005. p. 229-236.

RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí – Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 798–807, 2014.

SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí–PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 41-50, 2005.

SANTOS, C. A; LIMA, A. M. M; FRANCO, V. S; ARAUJO, I. B; MENEZES, J. F. G; GOMES, N. M. O. Distribuição espacial da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Xingu. **Nucleus**, v. 13, n. 5, p. 223-230, 2016.

SANTOS, H. A.; FREITAS, R. C.; SILVA, L. Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba através da técnica dos quantis. **Revista de Geografia**. UFPE. v.30, n.1, p.217-232, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DE INTEGRAÇÃO REGIONAL – SEIR. **Atlas de Integração Regional do Estado do Pará**. Belém: SEIR. Diretoria de Integração Territorial, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO - SEPLAN. **Manual de Elaboração do Plano Plurianual 2016-2019 do Governo do Estado do Pará**. Belém: SEPLAN. Diretoria de Planejamento, 2015.

SILVA, F. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, Z. M. C. Sistema de coleta de dados meteorológicos. In: \_\_\_\_\_. **Geografia Física II**. Natal. EDUFRN. p.240. 2009.

SOUZA, M. B. **Influência de lagos artificiais no clima local e urbano: estudo de caso em Presidente Epitácio (SP)**. 2010. p. 203. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém. p.125.1984.

TEIXEIRA, C. A. (Coord.). **Apostila de Hidrologia Aplicada**. Apostila do Curso de Engenharia de Produção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Campus Curitiba. 2010. p. 1-133

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

ZAGO, D. V.; GUARESI, L.; MIRANDA, C. R. **Análise do impacto do reservatório da usina hidrelétrica de Itá/SC sob variáveis climáticas**. Jornada de Iniciação Científica, Concórdia – Santa Catarina. p. 131-132. 2016.