

Avaliação da rede de monitoramento pluviométrico no Estado do Pará

Assessment of rainfall monitoring network in state of Pará

Evaluación de la red de monitoreo de lluvias en el estado de Pará

Recebido: 27/10/2020 | Revisado: 04/11/2020 | Aceito: 24/11/2020 | Publicado: 28/11/2020

Thays Valente do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9797-2372>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: thays.valente19@gmail.com

Lindemberg Lima Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1806-4670>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: lberge@ufpa.br

Deyved Leonam Guimarães do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3518-4095>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: deyvedleonam@gmail.com

Maysa Renata Silva Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6388-5860>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: maysa.rsab@yahoo.com.br

Luanna Costa Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9086-8131>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: luanna.dias@cprm.gov.br

Lilian Paixão Aleixo de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8673-1116>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: lilianpaixao92@gmail.com

Dayana Cravo Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5876-6901>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: dayana_cravo@hotmail.com

Karla Karoline Leite do Rosário

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-9201>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: karlaleite93@gmail.com

Resumo

Uma rede pluviométrica é formada por um conjunto organizado de estações, distribuídas espacialmente com critérios técnicos e recomendações como a densidade, para operar com maior eficiência. Em regiões como a Amazônica, a execução dessas redes de monitoramento encontra diversas dificuldades, pelo fato de não existirem estações suficientes para atender a sua grande extensão territorial e muitas das existentes se encontrarem desativadas, como também por muitas apresentarem dados com falhas ou provenientes de períodos de observações muito curtos. Com base no exposto, esse trabalho tem como objetivo analisar a rede de monitoramento pluviométrico existente no Estado do Pará, localizado na região norte do Brasil. Para isso, serão observados critérios como densidade e distribuição espacial das estações pluviométricas ativas e inativas em cada mesorregião paraense, tendo como base, as recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Foi observado que, de um modo geral, as estações existentes no estado do Pará não apresentam uma homogeneidade na sua distribuição espacial. A rede pluviométrica paraense conta com 380 estações, estando uma parcela significativa de 27, 11% dessas estações desativadas. Além disso, tomando como base o total de estações encontradas, uma porcentagem de 25% não possui dados disponíveis e apenas 26% possui séries de dados com 30 anos ou mais. A partir disso, pode-se comprovar que a maioria das estações possuem séries com curto período de dados, o que acaba dificultando a execução de estudos que utilizariam as mesmas como fonte para análise de séries históricas de precipitação mais longas na região.

Palavras-chave: Pará; Precipitação; Rede de monitoramento; Estações pluviométricas.

Abstract

A pluviometric network is formed by an organized set of stations, spatially distributed with technical criteria and recommendations such as density, to operate more efficiently. In regions such as the Amazon, the implementation of these monitoring networks faces several difficulties, due to the fact that there are not enough stations to serve its great territorial extension and many of the existing ones are deactivated, as well as many that present data with failures or points with observation period of very short. Therefore, this work aims to

analyze an existing rainfall monitoring network in the State of Pará, located in the northern region of Brazil. For this, criteria such as density and spatial distribution of active and inactive rainfall stations in each Pará region will be observed, based on the recommendations of the World Meteorological Organization (WMO). It was observed that, in general, the existing stations in the state of Pará do not show homogeneity in their spatial distribution. The rainfall network in Pará has 380 stations of which 27, 11% are deactivated. In addition, based on the total number of stations found, a percentage of 25% has no data available and only 26% has data series with 30 years or more. From this, it can be proved that most stations have a short period of data, which ends up making it difficult to carry out studies that use it as a source for analyzing longer series of historical series in the region.

Keywords: Pará; Precipitation; Monitoring network; Rainfall stations.

Resumen

Una red pluviométrica está formada por un conjunto organizado de estaciones, distribuidas espacialmente con criterios técnicos y recomendaciones como la densidad, para operar de manera más eficiente. En regiones como la Amazonia, la implementación de estas redes de monitoreo enfrenta varias dificultades, debido a que no hay suficientes estaciones para atender su gran extensión territorial y muchas de las existentes están desactivadas, así como muchas que presentan datos con fallas o provenientes de períodos de observaciones muy breves. Con base en lo anterior, este trabajo tiene como objetivo analizar la red de monitoreo de lluvias existente en el Estado de Pará, ubicado en la región norte de Brasil. Para ello, se observarán criterios como la densidad y distribución espacial de las estaciones de lluvia activas e inactivas en cada región de Pará, en base a las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Se observó que, en general, las estaciones existentes en el estado de Pará no muestran homogeneidad en su distribución espacial. La red pluviométrica de Pará tiene 380 estaciones, con una porción significativa de 27, 11% de estas estaciones desactivadas. Además, sobre la base del número total de estaciones encontradas, un porcentaje del 25% no tiene datos disponibles y solo el 26% tiene series de datos con 30 años o más. A partir de esto, se puede comprobar que la mayoría de las estaciones cuentan con series con un período de datos corto, lo que termina dificultando la realización de estudios que las utilicen como fuente para analizar series históricas de precipitación más largas en la región.

Palabras clave: Pará; Precipitación; Red de seguimiento; Estaciones de lluvia.

1. Introdução

No Brasil, os recursos hídricos disponíveis são abundantes, e para que se possa fazer uso deste, é necessário que haja meios de preservar e garantir sua existência para usos futuros, para isso é necessário ter conhecimento pleno da região de interesse, caracterizando seu comportamento, visando aperfeiçoar sua utilização (Endo, et al., 2009).

Em termos de recursos hídricos, a precipitação pluviométrica constitui a variável climática de maior importância para entender a dinâmica climática de uma dada região (Chierice & Landim, 2014; Duhan & Pandey, 2013; Ribeiro Junior, et al., 2013). E seu monitoramento tem fundamental importância para a gestão e manutenção dos recursos hídricos, pois fornece dados que contribuem nos planejamentos públicos e nos estudos que buscam o uso sustentável da água (Ishihara et al., 2013).

As estações pluviométricas são os locais escolhidos para instalação dos equipamentos de medição da precipitação. Suas localizações devem ser geograficamente fixadas obedecendo a uma proporção em sua distribuição espacial (Kawaguchi, 2013; Salgueiro, 2005).

Uma rede pluviométrica é formada por um conjunto organizado de estações, distribuídas espacialmente segundo alguns critérios técnicos e recomendações para densidades, de maneira que a mesma opere com a maior eficiência possível (Salgueiro, 2005).

A Agência Nacional de Águas (ANA) realiza o monitoramento hidro meteorológico no Brasil operando cerca de 4.543 estações de monitoramento das 14.822 estações existentes em todo o país, contando com estações pluviométricas, evaporimétricas, fluviométricas, sedimentométricas e de qualidade da água. As informações oriundas desse monitoramento encontram-se disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) e no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH (ANA, 2016).

A densidade de estações pluviométricas de uma região é importante para o desenvolvimento de estudos, pois áreas que possuem uma alta densidade de estações propiciam um melhor monitoramento gerando dados mais representativos da região.

Ao tratar dos estudos de climatologia para a Amazônia, publicações científicas registram uma região com grande dificuldade de produção e organização de dados. Embora o número de instalação de estações automáticas no norte do Brasil tenha crescido, ainda é deficitário quando comparada às outras regiões brasileiras (Nascimento et al, 2009).

Além da rede de monitoramento pluviométrico na região Amazônica não possuir estações suficientes para atender a sua grande extensão territorial, muitas dessas estações

encontram-se desativadas, outras possuem séries de dados com muitas falhas ou com períodos de observações muito curtos. Estes fatores acabam por prejudicar ou limitar os estudos pluviométricos realizados na região.

Diante deste cenário, aumenta a necessidade de melhoramento da eficiência das redes pluviométricas, impondo-lhes uma condição cada vez mais importante na geração de dados pluviométricos, de boa qualidade e quantidade adequada às análises diversas (Salgueiro, 2005).

O Estado do Pará está localizado na região Amazônica, e a distribuição da precipitação pluviométrica sobre o Estado é caracterizada pela alta variabilidade espacial e temporal, decorrente da atuação de diferentes sistemas atmosféricos que atuam sobre o Estado (Albuquerque et al., 2010; Menezes et al. 2015).

Assim, o objetivo do trabalho foi analisar a rede de monitoramento pluviométrico no Estado do Pará, além de avaliar a densidade e a distribuição espacial das estações pluviométricas em cada mesorregião paraense comparando com as recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM).

2. Metodologia

2.1 Área de estudo e dados utilizados

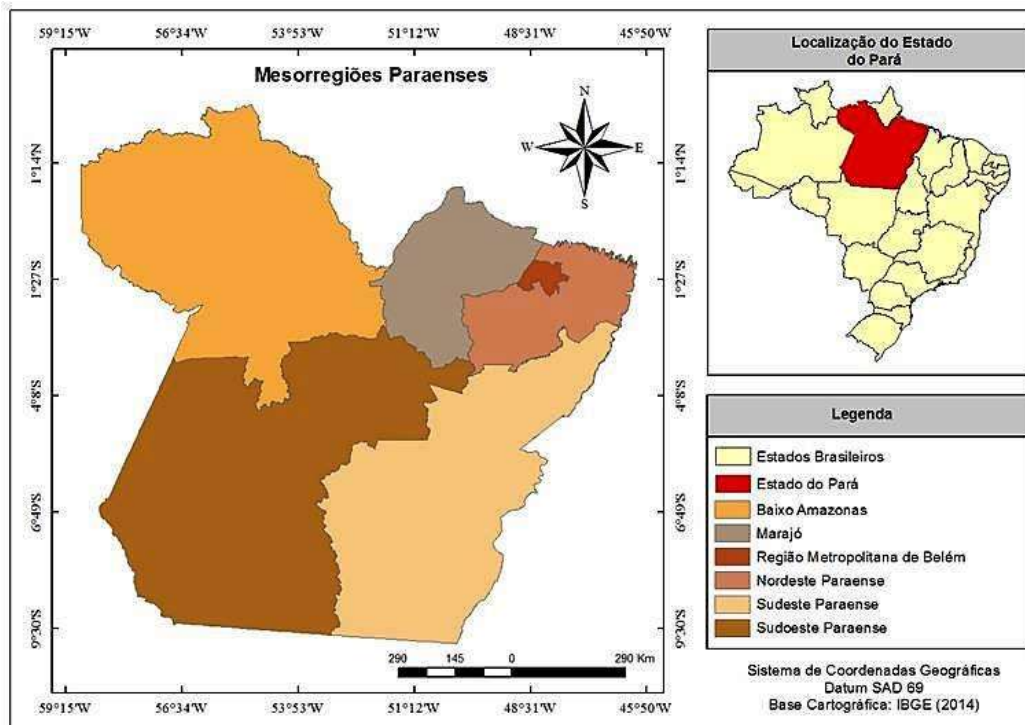
O Estado do Pará, situado na Região Norte do Brasil, é o segundo estado do país em superfície, com 1.245.871 Km², representando 14,7% de todo o território nacional e segundo o censo de 2019, a população de aproximadamente 8.690.745 habitantes (IBGE, 2019). O estado faz divisa com regiões internacionais como o Suriname e a Guiana ao Norte, a Nordeste com o estado do Amapá e com o Oceano Atlântico, ao extremo Noroeste com o estado de Roraima, a Leste com o estado do Maranhão e a Sudeste com o estado do Tocantins (Oliveira et al., 2002).

De acordo com Oliveira et al. (2002), o Estado do Pará está dividido em seis mesorregiões: Região Metropolitana de Belém (RMB), Marajó (MA), Baixo Amazonas (BA), Nordeste Paraense (NE), Sudeste Paraense (SE) e Sudoeste Paraense (SO), conforme a Figura 1.

O Estado é composto por 144 municípios, sendo que 15 municípios compõem a mesorregião do BA, 14 municípios compõem SO, 16 municípios compõem mesorregião do MA, 11 municípios compõem a RMB, 49 municípios compõem o NE e 39 municípios

compõem o SE.

Figura 1 – Localização do Estado do Pará, destacando as suas mesorregiões.



Fonte: Autores (2016).

Foram utilizadas informações das estações pluviométricas (ativas e inativas) localizadas na área de estudo, disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas (ANA).

2.2 Análise da rede de monitoramento pluviométrico no Estado do Pará

Esta análise consistiu em verificar o número de estações pluviométricas que constituem a rede de monitoramento paraense, quantificando tanto as estações ativas como inativas. Avaliando também os principais órgãos responsáveis pela operação das estações e o período de observação das séries de dados dessas estações.

2.3 Análise da densidade de estações pluviométricas por mesorregião paraense

Foi avaliada a densidade das estações pluviométricas para cada mesorregião paraense, analisando a conformidade das mesmas com o recomendado para a densidade mínima de estações pluviométricas segundo as unidades fisiográficas da região em questão pelo modelo

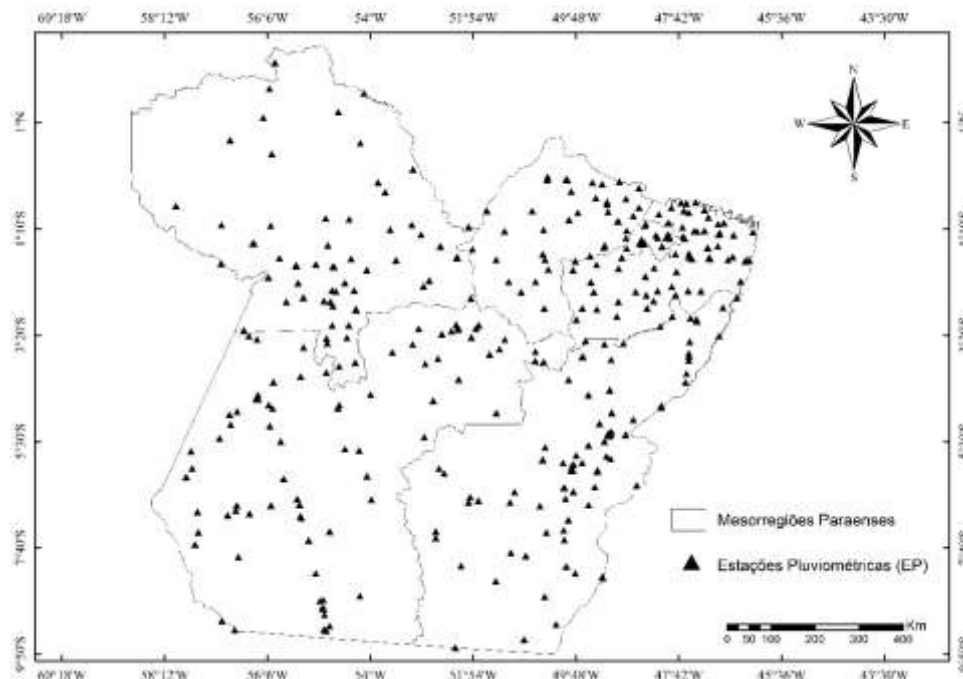
original da OMM (1984) e sua revisão OMM (1994).

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise da rede de monitoramento pluviométrico no Estado do Pará

No banco de dados Hidroweb da ANA são encontrados os registros de 380 estações pluviométricas no estado do Pará, como pode ser visualizado na Figura 2. Desse total 277 estações estão ativas e 103 encontram-se desativadas.

Figura 2 – Localização das estações pluviométricas no Estado do Pará.



Fonte: Autores (2016)

Além de possuir uma quantidade considerável de estações desativadas, existem 95 estações que não apresentam dados disponíveis, representando 25% do total de estações no estado. Com os dados da Tabela 1, é possível analisar a atual situação das estações pluviométricas no Estado do Pará.

Tabela 1 – Atual situação das estações pluviométricas no Estado do Pará.

Item	Ativas com dados disponíveis	Ativas sem dados disponíveis	Desativadas com dados disponíveis	Desativadas sem dados disponíveis	Total
Quant.	209	68	76	27	380
%	55,00	17,89	20,00	7,11	100

Fonte: Autores, (2016).

O período de dados das séries é um fator essencial em estudos que necessitem avaliar séries históricas de precipitação, uma vez que séries com períodos de observações mais longos fornecem resultados mais representativos e confiáveis da região analisada. Alguns autores (OMM, 1994; Tucci, 2001) recomendam a utilização de séries de dados com no mínimo 30 anos de observação. Diante disso, foi avaliada a extensão das séries de dados das 380 estações pluviométricas no estado, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Extensão das séries de dados pluviométricos no Estado do Pará.



Fonte: Adaptado de ANA, (2016)

Quanto ao tempo de monitoramento percebe-se que do total de estações localizadas no estado apenas 26% apresentam séries com período de observação de 30 anos ou mais, comprovando assim que o monitoramento pluviométrico atual não fornece dados suficientes para atender o recomendado pela literatura, o que torna os estudos realizados nesta região mais suscetíveis a erros.

No Pará existem várias entidades responsáveis pela operação das estações pluviométricas sendo que a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) opera a maior parte das estações, representando aproximadamente 36%. Na Tabela 2 é apresentada a quantidade de estações por entidade operadora.

Tabela 2 – Entidades operadoras das estações pluviométricas.

Operadoras	Quantidade de Estações	Porcentagem (%)
ANA	66	17,37
BURITI	3	0,79
CELPA	6	1,58
CEMADEN	23	6,05
CHM	1	0,26
CPRM	136	35,79
DEPV	6	1,58
DNIT	1	0,26
ELETRONORTE	15	3,96
EMBRAPA/IPAGRO	16	4,21
IDESP	25	6,58
INMET	25	6,58
NORTE ENERGIA	6	1,58
SEMA-PA	11	2,89
SNIRH-MA	1	0,26
UFC	33	8,68
UFPA	1	0,26
VALE-ITV	5	1,32
Total	380	100

Fonte: Autores, (2016).

3.2 Análise da densidade de estações pluviométricas por mesorregião paraense

Segundo os limites de densidade para uma rede mínima de estações pluviométricas recomendados pela OMM (1984), descritos na Tabela 3, pode-se afirmar que a área de estudo é caracterizada na primeira categoria, como “regiões planas de zonas temperadas, mediterrâneas e tropicais”.

Tabela 3 – Limites de densidade mínima recomendado pela OMM (1984).

Característica Fisiográfica	Limite das normas para uma rede mínima (Km² por estação)	Limite das normas admissíveis em circunstâncias difíceis (Km² por estação)
Regiões planas de zonas temperadas, mediterrâneas e tropicais	600 – 900	900 - 3.000
Regiões montanhosas de zonas temperadas, mediterrâneas e tropicais.	100 – 250	250 - 1.000
Pequenas ilhas montanhosas com precipitação muito irregular e rede hidrográfica muito densa	25	-
Zonas áridas e polares	1.500 - 10.000	-

Fonte: adaptado de OMM, (1984).

Essa recomendação foi revisada pela OMM (1994), que estabeleceu novos limites para a rede mínima de estações e considera 7 unidades fisiográficas diferentes, conforme descrito na (Tabela 4), em que a região de estudo pode ser enquadrada nas categorias “planícies e interiores” e “zonas íngremes e onduladas”.

Tabela 4 – Limites de densidade mínima recomendado pela OMM (1994)

Unidade Fisiográfica	Densidade Mínima Por Estação (Km² por estação)	
	Sem Registrador	Com Registrador
Zonas Costeiras	900	9.000
Zonas Montanhosas	250	2.500
Planícies e Interiores	575	5.750
Zonas Íngremes e Onduladas	575	5.750
Pequenas Ilhas	25	2.500
Zonas Urbanas	-	10 a 20
Zonas Polares e Áridas	10,000	100.000

Fonte: adaptado de OMM, (1984).

Com o valor da área territorial e o quantitativo de estações pluviométricas de cada mesorregião foi possível determinar a densidade de estações atual nessas áreas. Na Tabela 5 consta a densidade de estações determinada para cada mesorregião.

Tabela 5 – Densidades de estações pluviométricas por mesorregião.

Mesorregião	Área (Km ²)	Total de Estações	Densidade (Km ² /Estação)
RMB	6.865,78	18	381,43
MA	104.025,90	43	2.419
NE	83.005,27	70	1.186
BA	340.609,55	67	5.084
SE	297.364,63	98	3.034
SO	415.647,63	84	4.948

Fonte: Autores, (2016).

A análise da densidade da rede pluviométrica no Estado do Pará foi realizada comparando a densidade em cada mesorregião paraense com a recomendação revisada pela OMM (1994).

Considerando as categorias “planas/interiores” ou “íngremes/onduladas”, assim como, levando em consideração que as estações pluviométricas selecionadas do banco de dados da ANA são convencionais em sua grande maioria, a OMM (1994) recomenda um limite de densidade adequada para essas características de 575 Km² por estação, conforme foi verificado na Tabela 4.

Analisando os resultados da Tabela 5, nota-se que apenas a RMB apresenta uma densidade de estações dentro do limite estabelecido pela OMM (1994), as demais mesorregiões não apresentaram uma cobertura de estações pluviométricas suficientes para propiciar um monitoramento adequado, dentre elas a mesorregião NE foi a que apresentou um melhor monitoramento. Os resultados obtidos na RMB e no NE podem ser justificados por serem as menores regiões do estado e por terem mais facilidade de acesso entre os seus municípios do que as demais mesorregiões, como exemplo da região do BA que apresentou o pior monitoramento, e possui muitas áreas de difícil acesso, que em muitas localidades ainda é realizado apenas pelo sistema hidroviário, o que acaba dificultando a implantação ou operação de estações pluviométricas.

4. Considerações Finais

O Estado do Pará apesar de possuir um alto potencial hídrico ainda não tem uma rede de monitoramento pluviométrico adequado, levando-se em consideração a sua grande extensão territorial.

As estações não apresentam uma homogeneidade na sua distribuição pelo estado, sendo isto ainda mais evidente quando se analisa a distribuição espacial das estações entre as mesorregiões paraenses.

Grande parte das estações da rede pluviométrica paraense encontra-se desativada ou não possui dados disponíveis, apresentando uma quantidade insuficiente de estações dados com 30 anos ou mais, e comprovando que a maioria das estações possuem séries com curto período de dados, o que dificulta o desenvolvimento de estudos que requerem a análise de séries históricas de precipitação na região.

A análise da densidade de estações em cada mesorregião paraense permitiu avaliar que apenas a RMB apresenta um monitoramento pluviométrico adequado quando comparado aos limites de densidade estabelecidos pela OMM. No entanto, essa região equivale a uma pequena parcela territorial do estado, tendo as demais mesorregiões, apresentado uma rede de monitoramento inadequada, sendo necessário ampliar a rede de monitoramento pluviométrico no Estado do Pará para melhor cobertura de sua extensão territorial e propiciar com isso informações pluviométricas mais seguras e confiáveis.

Referências

Albuquerque, M. F., et al. (2010). Precipitação nas mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6(6), 151-168.

Agência Nacional de Águas. (2016). *Informações Hidrológicas*. Recuperado de <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrologicas/redehidro.aspx>.

Agência Nacional de Águas. (2016a). *Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb)*. Recuperado de <http://hidroweb.ana.gov.br>.

Chierice, R. A. F., & Landim, P. M. B. (2014). Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. *Geociências (UNESP)*, 33 (1), 157-171.

Duhan, D., & Pandey, A. (2013). Statistical analysis of long term spatial and temporal trend of precipitation during 1901-2002 at Madhya Pradesh, India. *Atmospheric Research*, 122, 136–149.

Endo, C. K. et al. (2009). Consistência de dados de precipitação da região Oeste do Estado do Paraná. *Revista Varia Scientia*, 7(13), 95–100.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Censo Demográfico 2019*. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa.html>.

Ishihara, J. H. et al. (2013). Avaliação do monitoramento pluviométrico da Amazônia Legal. *Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal*, 10(3), 132–144.

Ribeiro Junior, L. U. R, et al. (2013). Avaliação de tendência de dados climáticos: Estudo de caso na Bacia da UHE de Furnas. *Hydro&Hydro: PCH notícias & SHP News*, 1, 15-21.

Kawaguchi, E. Y. (2013). Análise da influência de fenômenos climáticos no regime de precipitação na cidade de Belém-PA. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

Menezes, F. P., et al. (2015). O uso da estatística para regionalização da precipitação no Estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 16, 64-71.

Nascimento T. S. et al. (2009). Preenchimento de falhas em bacon de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): Estudo de caso do Rio Solimões – Amazonas. *Revista Brasileira de Climatologia*, 6(7), 143–158.

Oliveira, M. C. F. et al. (2002). Características e tendências climáticas do Estado do Pará, 1971 a 2000. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 12, Foz do Iguaçu. Anais.

Organização Mundial de Meteorologia. (1984). *Guia de Practicas Hidrológicas - Adquisicion y proceso de dados, análisis, predicción y otras aplicaciones*. (4a ed.), 168. Genebra.

Organización Meteorológica Mundial. (1994). *Guía de prácticas hidrológicas – Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones*. (5a ed.), 168. Ginebra.

Salgueiro, J. H. P. B. (2005). Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade especial da precipitação: Estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Tucci, C. E. M. (2001). Hidrologia: Ciência e Aplicação (2a ed.) Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS: ABRH.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Thays Valente do Nascimento – 40%

Lindemberg Lima Fernandes – 20%

Deyved Leonam Guimarães do Nascimento – 10%

Maysa Renata Silva Araújo – 10%

Luanna Costa Dias – 5%

Lilian Paixão Aleixo de Sousa– 5%

Dayana Cravo Rodrigues– 5%

Karla Karoline Leite do Rosário– 5%