

## IV-175 - ANÁLISE DE TENDÊNCIA EM SÉRIE TEMPORAL, ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SÃO FRANCISCO, LARANJAL DO JARI – AP

### **Daniel Alvino Mesquita<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará, especialista em Segurança do trabalho(UFPA), mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia Hídrica. Docente do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará

### **Lindemberg Lima Fernandes<sup>(2)</sup>**

Docente do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará - Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental – FAESA. Engenheiro Civil (UFPA), Mestre em Geofísica (UFPA) e Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (UFPA).

### **Gabrielle Souto da Rocha<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará, especialista em Segurança do trabalho(UFPA), mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia Hídrica.

### **Maria de Nazaré Alves da Silva<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará, especialista em Gestão Ambiental (NUMA/UFPA), mestre em Engenharia Civil, doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia Hídrica. Docente da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas(UFAM)

### **Rafaella Nazareth Pinheiro de Oliveira Silveira<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil pela faculdade Ideal. Mestre em Geotecnia pela universidade de Brasília (UnB). Docente Assistente A do Instituto de geociência e Engenharias da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Conjunto PAAE, Alameda Barreiras, 13 - Maguari - Ananindeua - PA - CEP: 67145-026 - Brasil - Tel: (91) 98258-0202 - e-mail: [dmesquita@ufpa.br](mailto:dmesquita@ufpa.br)

## **RESUMO**

A precipitação é uma das variáveis climáticas mais importante para caracterizar uma região, visto que está relacionada com o tipo de vegetação, uso e ocupação do solo, atividades agrícolas e geração de energia. Sendo possível identificar as mudanças climáticas, a fim de se evitar, ou ao menos minimizar, os impactos negativos futuros, uma alternativa para detectar mudanças climáticas é por meio dos estudos de tendências de dados passados sobre precipitação. Sustentado nessa temática o presente Trabalho analisou 40 anos consecutivos de precipitação no período de 1976 a 2015, da estação São Francisco localizada na bacia do Rio Jari, buscando compreender o comportamento hidrológico, através de análises estatísticas descritivas e aplicação de testes não paramétricos de análise de tendência de Mann Kendal, Spearman e quantificar a magnitude da tendência pelo método de Sen's, bem como a influência das variabilidades pluviométricas mensais e anuais da precipitação com os fenômenos climáticos *El Niño e La Niña*. Os resultados demonstraram que para o nível de confiabilidade de 95%, a região da estação São Francisco não apresentou tendência em sua série histórica, significando que não há variabilidade em torno do valor médio da precipitação e que não há interferência de externalidades. Porém observou-se um declínio da reta do valor de precipitação em 1,70 mm ao longo do período analisado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teste não paramétrico, Precipitação, Estação Pluviométrica, Rio Jari/AP.

## **INTRODUÇÃO**

A precipitação é importante na determinação das características da região, por isso tem sido reconhecida por muitos pesquisadores e estudiosos, como uma das variáveis do clima mais importante, por poder ser relacionada com o tipo de vegetação, as atividades agrícolas, geração de energia, entre outros. Wanderley et al (2013) reforça a importância de métodos para caracterizar, entender os impactos e sua evolução no tempo, intensidade, tendência, duração e frequência na região.

Nesse sentido, o monitoramento torna-se indispensável para obtenção de dados que expresse o padrão climático da região (Souza et al, 2009), onde a análise das séries históricas informará se há aumento ou redução da pluviosidade e quais externalidades podem causar essas mudanças climáticas (FERREIRA, 2009).

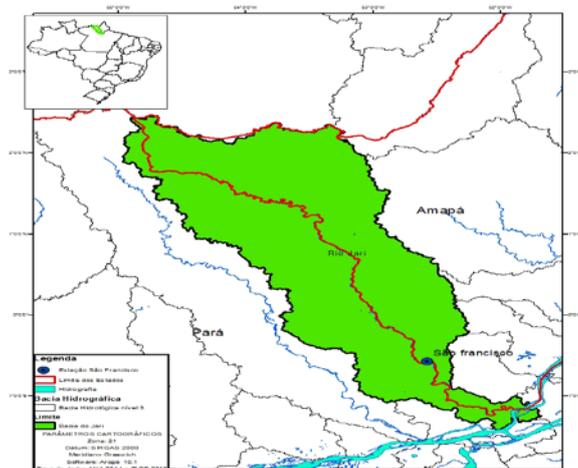
Essas informações sobre precipitação são necessárias para a região, visto que a bacia possui grande potencial hidroelétrico, destacando a Hidrelétrica de Santo Antônio. Outra questão do ponto de vista Hidrológico da bacia são as frequentes cheias do rio que ocasionam alagamento, em especial na cidade de Laranjal do Jari, localizado nas margens do Rio Jari (CUNHA, 2010). Portanto, a interpretação sobre o comportamento das séries históricas pode ser útil no planejamento da gestão dos recursos hídricos dentro da bacia, com aplicações hidroenergéticas, saneamento, defesa civil, entre outras.

Então, o presente trabalho objetivou analisar 40 anos consecutivos de precipitação pluviométrica no período de 1976 e 2015, da estação São Francisco localizada na bacia do Rio Jari, buscando compreender o comportamento hidrológico, através de análises estatísticas descritivas e aplicação de testes não paramétricos de análise de tendência de Mann Kendal, Spearman e quantificar a magnitude da tendência pelo método de Sen's. Bem como a influência das variabilidades pluviométricas mensais e anuais da precipitação com os eventos El Niño e La Niña.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do Rio Jari, situada no norte da região amazônica, na divisa dos estados do Amapá e Pará, tem cerca de 57.000 km<sup>2</sup> de área de drenagem, 77% da área da bacia é preservada da floresta amazônica, referente às Unidades de Conservação de Proteção e das Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

A estação pluviométrica São Francisco (código da ANA 52000), do presente estudo, pertence à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Água (ANA), localizada nas coordenadas geográficas latitude 0°34'16''S e longitude 52°34'30''W no município de Laranjal do Jari/AP. (Figura 01).



**Figura 01. Mapa de localização da estação pluviométrica São Francisco Cod. ANA 52000.**

Essa estação foi selecionada devido o sistema de monitoramento da região ser escasso, pois há somente 5 estações pluviométria em uma bacia com 57 mil km<sup>2</sup>, sendo que somente as estações de São Francisco e Jarilândia possuem mais de 25 anos de dados (ANA). Esse déficit está relacionado com a escassa ocupação na região amazônica, onde se percebe as estações distribuídas em áreas povoadas, majoritariamente nas margens do Rio Amazonas e alguns afluentes, e praticamente ausente em outras áreas. E para o preenchimento de falhas eventuais foi selecionado a estação de Jarilândia Cod. ANA151000, que se encontra a 88 km de distância da estação estudada.

Os dados foram obtidos no Hidroweb da ANA, os quais foram organizados em planilhas do Microsoft Excel, onde foram sistematizados, e analisados por meio da estatística descritiva e análise de tendência com uso de dados mensais e anuais das precipitações pluviométricas, no período de 1976 a 2015 (40 anos de dados). Para

análise de tendência da série temporal foi aplicado o teste de Mann Kendal, Spearman e Sen's (NAGUETTINI e PINTO, 2007). Os testes se completam para a análise das mudanças climáticas em séries de precipitação pluviométrica (WINKE,2008), (GOOSSENS e BERGER, 1986).

Os resultados da estatística referente à posição média, mediana, quartis são apresentados em forma de gráficos box-plots e análise da média com intervalo de 30 anos em gráfico de linha com auxílio do software Excel e BioEstat 5.3.

Enquanto que os testes não paramétricos de Mann Kendall e o estimador Sen's Slope como em Naguettini e Pinto (2007), foram executados no BioEstat 5.3 e o teste de Spearman no XLSTAT Free.

Para aceitar ou rejeitar a hipótese de nulidade ( $H_0$ ), que se refere a não existência de alteração de tendência na série de dados, enquanto que a hipótese alternativa ( $H_1$ ), refere-se à existência de tendência nos dados (GOOSSENS e BERGER, 1986), foi utilizado o intervalo de -1,96 a 1,96, para o nível de significância de 5%, ou seja, caso o valor dos testes seja entre o referido intervalo será aceito a hipótese nula.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de avaliação dos dados da estação pluviométrica percebeu-se a ocorrência de falhas mensais na série histórica, essas eventuais falhas foram preenchidas com a aplicação da regressão linear simples (Figura 02), utilizando informações da estação de Jarilândia, resultando numa correlação moderada, visto que o valor do  $R^2 = 0,55$  e Coeficiente de Pearson ( $r$ ) igual a 0,74 entre as duas estações, onde se obteve a equação linear  $\hat{y} = 0,8367x + 54,654$ .

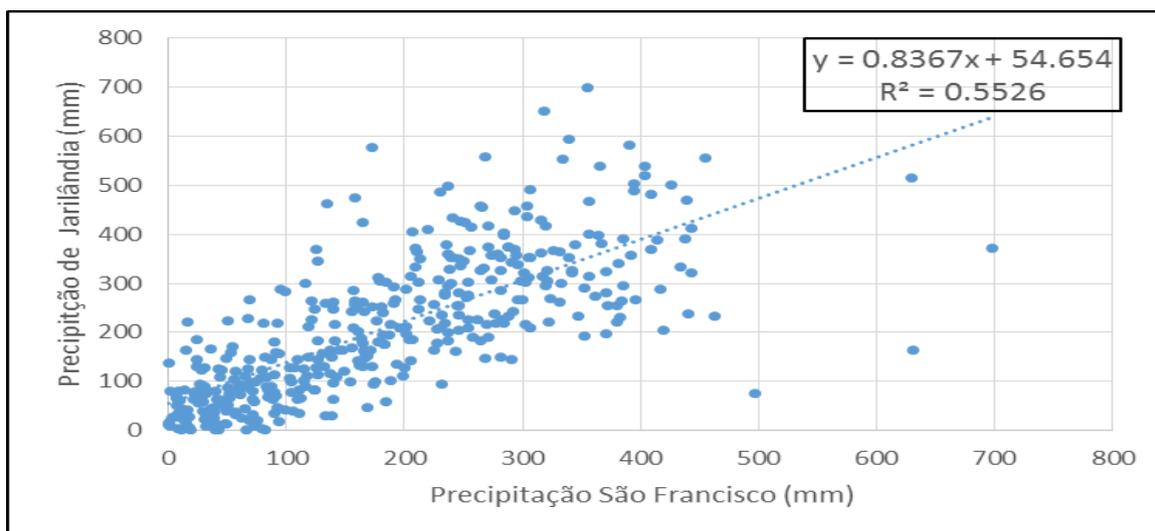


Figura 02. Correlação entre as estações São Francisco e Jarilândia.

Após os preenchimentos das falhas, analisou-se o comportamento da série anual pela estatística descrita conforme é apresentado no gráfico box plot (Figura 03). Onde apresentaram dois períodos bem definidos: a estação seca que corresponde aos meses de julho a novembro e a estação chuvosa de dezembro a junho. Com isso percebe-se que a série temporal tem comportamento similar ao regime hidrológico da bacia Amazônica.

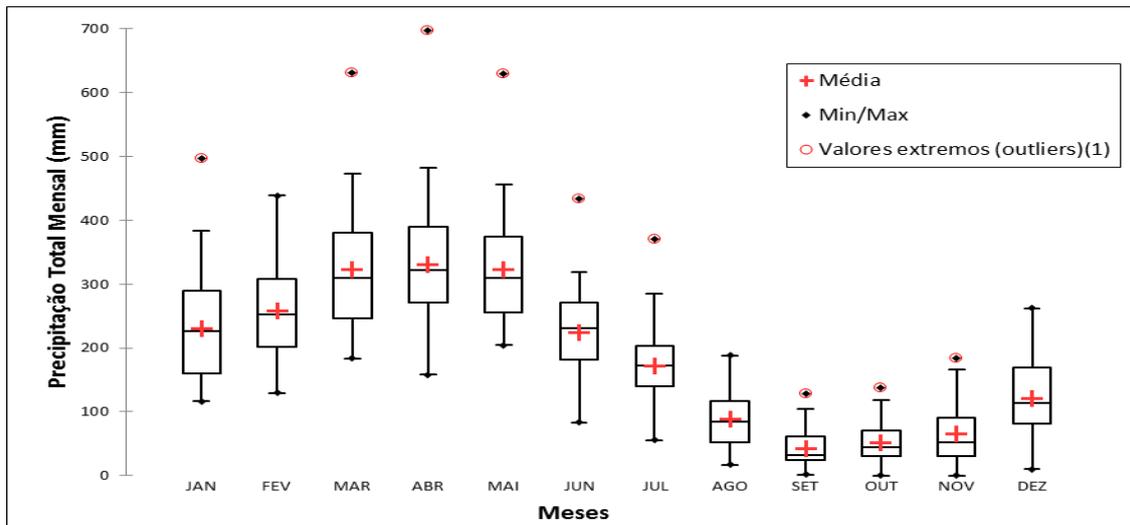


Figura 03. Sazonalidade da precipitação pluviométrica de 1976 a 2015.

Outro ponto observado é a influência decorrente de fenômenos climático (El Niño e La Niña) no regime. Analisando o gráfico da média móvel em relação ao período estudado, conforme a Figura 04 percebe-se variação na precipitação nos anos de 1988 a 1989, 1995 a 1996 e 2007 a 2008, período em que ocorreu La Niña com intensidade forte, enquanto que o El Niño de intensidade forte pode ter influenciado com o período de menor precipitação, ocorrido no período de 1982 a 1983.

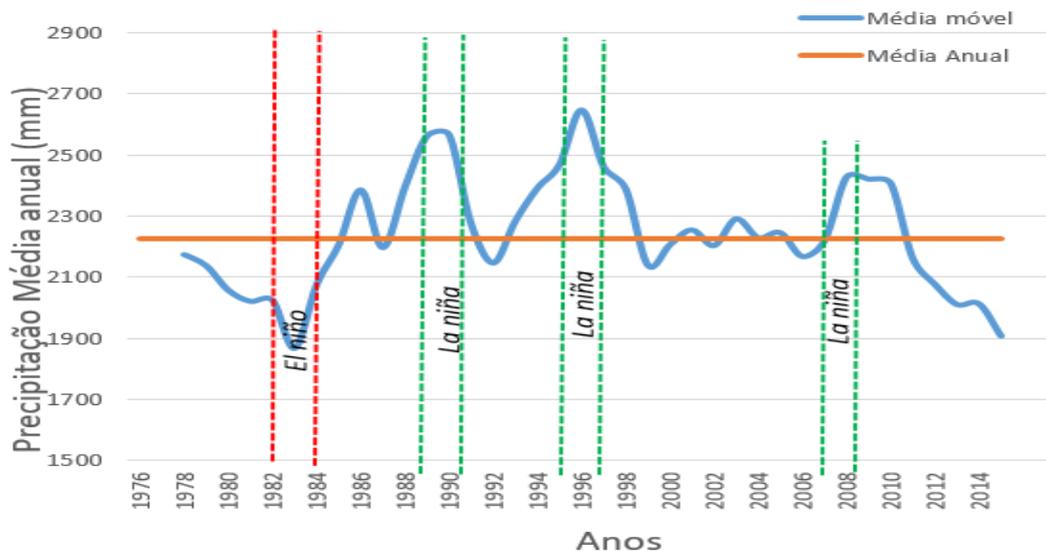


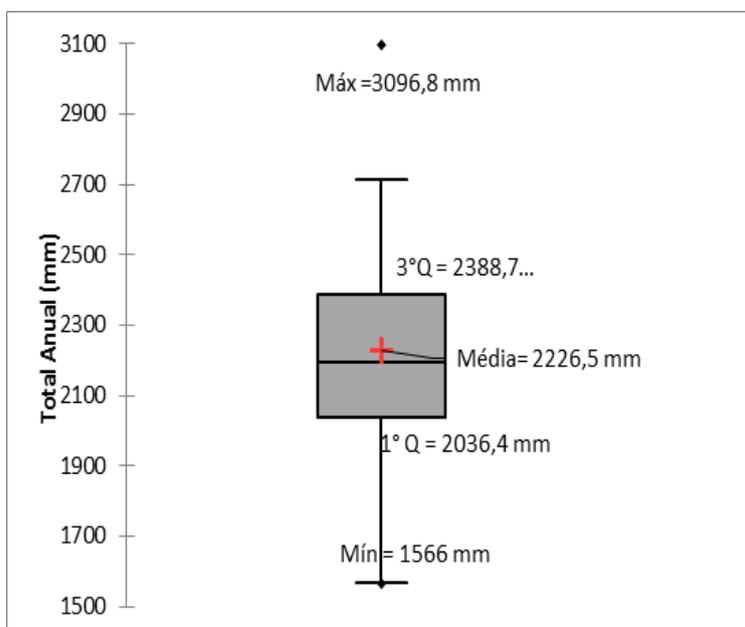
Figura 04. Comportamento da média móvel (3anos).

Com relação aos dados anuais de precipitação, os valores da estatística descritiva (Tabela 01), demonstraram baixa variação de dados em torno da média, ou seja, menor variabilidade dos resultados obtidos, demonstrando uma tendência central do conjunto analisado.

**Tabela 1. Estatística Descritiva de posicionamento.**

ESTATÍSTICA	TOTAL ANUAL (mm)
MÍNIMO	1.566,0
MÁXIMO	3.096,8
AMPLITUDE	1.530,8
1° QUARTIL	2.036,37
MEDIANA	2.195,56
3° QUARTIL	2.388,74
MÉDIA	2.226,47
DESVIO-PADRÃO (N-1)	302,30

Para complementar os resultados descritivo, o gráfico Box-plots (Figura 05) mostra que o posicionamento dos 50% dos valores analisados está entre o 1° quartil e 3° quartil, cujos valores respectivamente são 2036,4mm e 2388,7mm. Enquanto que o valor da média (2226,5 mm) é aproximadamente igual a mediana (2195,6mm).



**Figura 05. Box Plots do posicionamento dos valores de precipitação totais anuais.**

Quanto aos resultados dos testes não paramétricos com dados mensais, apresentados na Tabela 02, pode-se afirmar que tanto o teste de Mann Kendall como o de Spearman confirmam a hipótese nula, com nível de significância de 5% para todos os meses, significando que os períodos de chuva e seca se mantem sem alteração significativa.

**Tabela 02. Resultado mensal dos testes não paramétricos.**

MESES	MANN KENDALL	SPEARMAN	SEN'S (mm)	MESES	MANN KENDALL	SPEARMAN	SEN'S (mm)
JANEIRO	-1,19	-1,24	-1,38	AGOSTO	-0,67	-0,95	-0,29
FEVEREIRO	0,36	0,15	0,44	SETEMBRO	-0,69	-0,67	-0,27
MARÇO	0,54	0,51	0,60	OUTUBRO	-0,27	-0,23	-0,09
ABRIL	0,56	0,61	0,76	NOVEMBRO	-0,79	-0,71	-0,38
MAIO	1,38	1,40	1,70	DEZEMBRO	-1,75	-1,76	-1,49

Mesmo não havendo estatisticamente tendência alternativa, pode-se analisar a inclinação da reta e observar que os meses chuvosos entre fevereiro e maio apresentaram um comportamento de crescimento na precipitação no decorrer dos anos, sendo mais acentuado no mês de maio, onde a precipitação aumentou 1,70mm. Já no período de seca houve declínio na precipitação de cada mês, no caso de dezembro em que a precipitação diminui 1,49 mm, isso deixando mais acentuados e distintos os períodos de chuva e de seca.

A Tabela 03 apresenta a análise de tendência dos dados anuais, os testes não paramétricos de Mann Kendall, Spearman e Sen's.

**Tabela 03. Resultado Anual dos testes não paramétricos.**

PERÍODO	MANN KENDALL	SPEARMAN	SEN'S
1976 A 2015	-1,19	-1,24	-1,38 mm

Nesse caso, as aplicações dos testes para a série temporal das precipitações anuais confirmaram a Hipótese nula ( $H_0$ ), com um nível de significância de 5%. Esse resultado indica que os valores de precipitação no período de 40 não estão sendo influenciados por fatores antrópicos, ou seja, a precipitação pluviométrica medida pela estação São Francisco manteve-se linear entre os anos de 1976 a 2015.

No entanto, o valor de Sen's indica um declínio no volume precipitado no decorrer do tempo, visto que seu valor foi negativo, isso quer dizer que a lâmina líquida tem diminuído cerca de 1,72mm nesses 40 anos na estação São Francisco.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e as análises no presente trabalho, tanto para a estatística descritiva e não paramétricas, observou-se correlação entre seus resultados, podendo afirmar que esses testes podem ser empregados nos estudos de tendência de séries temporais.

Na região da estação São Francisco, afirma-se que estatisticamente, com 95% de confiabilidade, que não há variabilidade em torno do valor médio de precipitação e que a série não sofre interferência de externalidade, podendo ser confirmada devido ao grande número de áreas de conservação em torno da estação estudada. Com tudo não apresentou tendência de aumento ou decréscimo significativo na precipitação da bacia, de acordo com o teste de Sen's, Mann-Kendall e Spearman. O que demonstra a importância da preservação da floresta na manutenção do clima, uma vez que a bacia hidrográfica delimitada pela estação São Francisco possui Unidades de Conservação de Proteção Integral (Parque nacional Montanhas do Tumucumaque PA/AP; Estação Ecológica do Jari PA/AP; Reserva Biológica do Maicuru).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. Agência Nacional de Águas. HidroWeb – Sistemas de Informações Hidrológicas. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/> >. Acesso em: 10 de novembro de 2016
2. FERREIRA, V. Análise de Tendências em Séries Pluviométricas: algumas possibilidades metodológicas. Uberlândia, 2009.
3. GOOSSENS C & BERGER A. 1986. *Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century*. *Ann Geophys* 4: 385-400
4. NAGUETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
5. SOUZA, E.B.; CUNHA, A.C. Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala. In: Cap. 10, p. 177-195. ISBN 978-85-87794-15-4.
6. CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 10, p. 177-195. ISBN 978-85-87794-15-4.
7. WINKE L. et al. 2008. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura e precipitação em Pelotas/RS. In: XVII Congresso de Iniciação Científica e X ENPOS. Anais... Pelotas: UFPel. p.5.