



ISSN 2317-3122



GRUPO VERDE DE AGROCIÊNCIA E AMBIENTE

## Tendência de precipitações pluviométricas e avaliação da influência dos ENOS no distrito de Abunã, Rondônia.

### *Trend of pluviometric precipitations and evaluation of the influence of ENOS in the district of Abunã, Rondônia.*

Rafaela Nazareth Pinheiro de Oliveira Silveira<sup>1</sup>, Lindemberg Lima Fernandes<sup>2</sup>, Maria de Nazaré Alves da Silva<sup>3</sup>

**Resumo:** O estudo foi aplicado no distrito de Abunã, por meio da análise de 31 anos de dados da estação pluviométrica Abunã (Código ANA - 965001), localizado em Porto Velho - Rondônia, com o objetivo de avaliar a tendência da série histórica de precipitação pluviométrica e as influências dos eventos climáticos El Niño e La Niña. No desenvolvimento do estudo foram aplicados os testes não paramétricos de Mann-Kendall, Spearman e o Estimador Sen, bem como a determinação da estatística descritiva, ambos por meio dos softwares BioEstat 5.3 e XLSTS 2016, e os resultados apresentados em tabelas e gráficos. De acordo com resultados obtidos, a área apresentou sazonalidade identificada por duas estações distintas uma seca, entre os meses de maio a setembro, e a outra chuvosa, entre os meses de outubro a abril, caracterizando o comportamento hidrológico típico da região amazônica e com influência dos eventos La Niña (88/90) e de El Niño (90/93). Resultando numa tendência de crescimento da precipitação, confirmados pelos testes não paramétricos, para os níveis de significância de  $\alpha = 0,05$  e  $\alpha = 0,1$ .

**Palavras-chaves:** Precipitação. Tendência. Estatística.

**Abstract:** The study was applied in the Abunã district, through the analysis of 31 years of data from the Abunã rainfall station (ANA Code - 965001), located in Porto Velho - Rondônia, in order to evaluate the trend of the historical series of rainfall pluviometric and The influences of El Niño and La Niña climatic events. In the development of the study, the non-parametric tests of Mann-Kendall, Spearman and the Sen Estimator were applied, as well as the determination of the descriptive statistics, both using the software BioEstat 5.3 and XLSTS 2016, and the results presented in tables and graphs. According to the results obtained, the area presented seasonality identified by two distinct seasons, one drought, between May and September, and the other rainy season, between October and April, characterizing the typical hydrological behavior of the Amazon region and with influence Two La Niña (88/90) and El Niño (90/93) events. This results in a trend of precipitation growth, confirmed by non-parametric tests, for significance levels of  $\alpha = 0.05$  and  $\alpha = 0.1$ .

**Key words:** Precipitation. Trend. Statistic.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 15/01/2017; aprovado em 27/01/2017.

<sup>1</sup>Engenheira Civil, mestre em Geotecnia, aluna especial do doutorado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica. Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Belém - Pará -Brasil. (91) 98010.2223. E-mail: rafaelanpos@gmail.com

<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). Tutor do Programa de Educação Tutorial - Secretaria de Educação Superior- MEC, PET Engenharia Sanitária e Ambiental. E-mail: linlimfer@gmail.com

<sup>3</sup>Engenheira sanitária e ambiental, especialista em Gestão Ambiental, mestre em Engenharia Civil, doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica. Universidade Federal do Pará, Professora da Universidade Federal do Amazonas. E-mail: nazare\_alves@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

A precipitação é um importante componente do ciclo hidrológico, ela consiste de uma variável de entrada, essencial para dinâmica do meio físico e ambiental. Seu comportamento governa desde o setor agroeconômico até integridade ambiental.

Segundo Dahría et al. (2016), a precipitação é que governa os recursos hídricos renováveis, que afetam diretamente a geração de energia hidrelétrica e a segurança ambiental. Ressaltam a importância de refinar os dados de precipitação, pois erros nas estimativas de precipitação podem se traduzir em grandes mudanças nas estimativas de escoamento superficial e na distribuição de água.

Diversos estudos têm sido realizados a fim de analisar a variabilidade espacial e temporal da precipitação na Amazônia. A realização de vários experimentos nos últimos anos tem conduzido a um melhor entendimento da interação biosfera-atmosfera e de sua influência na formação de nuvens e chuvas no decorrer do ano e em diferentes regiões na bacia amazônica (CORREIA et al., 2007).

As precipitações anuais na Amazônia Oriental (Pará) tendem a decrescer do setor costeiro para o interior, decorrente da forma como se originam os sistemas de circulação ao penetrarem a região (FIGUEROA; NOBRE, 1990; MENEZES et., 2015). Em estudo de Menezes et al. (2015), para avaliação de fatores que influenciam as precipitações e identificação das regiões que possuem comportamentos semelhantes em termos hídricos pluviiais, foram utilizadas médias mensais de precipitação de 66 estações meteorológicas, no período entre 1982 e 2011, obtidas na rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizou como delimitação das regiões pluviometricamente homogêneas a aplicação da análise de agrupamento hierárquica, cujo objetivo é evidenciar a existência de grupos homogêneos e heterogêneos dentro de uma população de dados. Como resultado da análise de agrupamento das precipitações mensais, foram identificadas 3 regiões pluviometricamente homogêneas.

O estudo de Sousa et al. (2015) apresenta a variabilidade espaço – temporal da precipitação associada aos dois eventos fortes de El Niño, nos anos 81/83 e 97/98, nos estados do Amazonas, Amapá, Pará e Maranhão com um total de 238 postos meteorológicos para o período de aproximadamente 1920 a 2011. Onde calcularam as médias aritméticas e o desvio padrão da precipitação para cada estação pluviométrica, e determinada à anomalia de precipitação, sendo positiva ou negativa. Como resultado para o estado do Pará e adjacências, destaca-se que fenômeno El Niño afeta a estação chuvosa do ano posterior ao seu início.

Silva et al. (2012) estudaram a respeito da influência do El Niño e La Niña no regime pluviométrico na bacia do rio Araguari, em Minas Gerais. Inicialmente, foi destacado o estudo da estatística descritiva de quatro séries temporais de precipitação da bacia em estudo. Em seguida, mesclaram a estatística aos estudos de eventos climáticos a partir de um intervalo de normalidade das precipitações, o que corroborou com a comparação da média mensal com o do período, analisando às discrepâncias dos valores e existência de anomalias

positivas ou negativas. Concluíram que é muito provável que a bacia estudada não possua uma conexão forte com os fenômenos do Oceano Pacífico e que a variabilidade interanual é devida outros fatores que agem de forma, aparentemente desorganizada na região.

Neste trabalho, a investigação foi motivada por dados pluviométricos para compreensão das dinâmicas espaciais e temporais de longo prazo para na região da Estação Abunã, localizada na Sub-bacia Amazonas, Madeira e Guaporé, Bacia do Amazonas, na capital de Porto Velho do estado de Rondônia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

Abunã é um distrito da capital Porto Velho do Estado de Rondônia, localizada na porção ocidental da Amazônia. A série histórica de precipitação, objeto deste trabalho, é a Estação Abunã (Código ANA - 965001), que se encontra localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 09° 42' 11" de Latitude Sul e 65° 21' 53" de Longitude Oeste, com altitude média de 64 metros. As séries de dados de chuva utilizados neste estudo foram obtidas junto ANA, a partir do sistema de informações hidrológicas, o Hidroweb (HIDROWEB, 2016).

### Métodos

A técnica utilizada para o preenchimento de falhas foi o método de regressão linear simples. Portanto, a série histórica de precipitações com falhas foi a Estação Abunã e para o preenchimento baseou-se em dados de precipitação de série histórica completa de uma estação vizinha chamada Juma (Código ANA - 662001). Ambas, pertencem a bacia hidrográfica do Amazonas e sub-bacia do Rio Amazonas, Madeira e Guaporé. As duas estações possuem série temporal com 31 anos, entre os anos de 1985 a 2015.

A regressão simples consiste na previsão de valores de uma variável de resposta ou dependente (valores estimados de precipitação da estação Abunã) por meio de uma variável explicativa ou independente (valores de precipitação da estação Juma), por meio da equação de regressão simples linear (Eq.01):

$$\hat{y} = a + bx \quad \text{Eq. (01)}$$

Em que:  $\hat{y}$  = valor estimado da variável dependente (precipitação da estação Abunã);  $a$  = Coeficiente linear;  $b$ =Coeficiente angular da correção;  $x$  = Valor da variável independente (precipitação da estação Juma).

Para a determinação dos coeficientes da regressão pelo método dos mínimos quadrados, sendo eles o coeficiente da qualidade do ajuste ou de determinação ( $r^2$ ) e o coeficiente de Pearson ou de explicação ( $r$ ) baseou-se a partir de um conjunto de  $n$  valores da variável  $y$  (precipitações da estação Abunã), associados às  $n$  observações correspondentes das  $x$  (precipitação da estação Juma). Em que a qualidade da equação estimada pode ser realizada por meio do  $r^2$  da regressão simples que pode variar de ( $0 \leq r^2 \leq 1$ ), equação 02:

$$r^2 = \frac{\sum(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad \text{Eq. (02)}$$

Em que:  $\hat{y}_i$  - Valor estimado da variável dependente;  $\bar{y}$  - média da variável dependente observada;  $y_i$  - Valor calculado da variável dependente.

Enquanto, o coeficiente  $r$  de Pearson pode ser determinado a partir da equação (03) e pode variar de -1 (correlação perfeita negativa), +1 (correlação perfeita positiva), passando pelo valor 0 (ausência de correlação):

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad \text{Eq. (03)}$$

Em que:  $n$  - Número de termos;  $x$  - Valor da variável independente observada;  $y$  - Valor da variável dependente observada.

Após o preenchimento das falhas determinou-se os parâmetros da estatística descritiva, como a média, média móvel, mínimos, máximos, amplitude, variância, desvio de padrão e quartis da série completa com a elaboração também de gráfico do tipo box plot. A Estatística descritiva foi desenvolvida em software chamado BioEstat 5.3.

Para avaliação da associação entre os fenômenos da Oscilação Sul (El Niño e La Niña) e a variabilidade no regime precipitações diárias máximas por ano hidrológico, elaborou-se gráficos de média móvel com uma periodicidade de três anos, já que os fenômenos possuem uma tendência de variar de três a sete anos.

Para avaliação da tendência da série histórica de precipitação foi utilizado dois testes não paramétricos que são Mann-Kendall, Spearman e Sen, conforme metodologia adotada por (ALENCAR et al., 2014).

O método de Mann-Kendall, amplamente utilizado por pesquisadores, consiste num teste não-paramétrico para avaliação se há tendência de crescimento ou diminuição, neste trabalho, em termos de precipitação.

O teste de Mann-kendall foi calculado a partir das Equações 04 e 05:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad \text{Eq. (04)}$$

$$z = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad \text{Eq. (05)}$$

Em que:  $S$  = Soma.

Em função da análise da estatística  $z$  é feita a decisão final de aceitar ou rejeitar  $H_0$ , portanto pode-se confirmar a hipótese de estabilidade dos dados ou rejeitá-la, a favor da hipótese alternativa que indica haver tendência nos dados. Valores positivos de  $z$  indicam tendências crescentes e valores negativos de  $z$  mostram tendências decrescentes.

Callegaria-Jacques (2003) define que o coeficiente de  $r_s$  de Spearman mede a intensidade da

relação entre as variáveis ordinais (postos) e sua interpretação é semelhante ao coeficiente de Pearson. Porém, o coeficiente  $r_s$  indica correlação entre postos e não entre os valores efetivamente medidos, podendo variar de -1 a 1.

Neste trabalho, os postos são dois em sua totalidade, sendo um referente aos anos das séries de precipitação e o segundo posto os valores de precipitação total anual.

O Coeficiente  $r_s$  de Spearman é calculado pela equação 06:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad \text{Eq. (06)}$$

Em que:  $d_i$  -  $y_i - x_i$  (diferença de ranque);  $n$  - Tamanho da amostra.

Para a avaliação de tendência é necessário determinar os parâmetros conforme as equações 07 a 09.

$$\text{Var}_{[r_s]} = \frac{1}{n-2} \quad \text{Eq. (07)}$$

Em que:  $\text{Var}_{[r_s]}$  - Variância da amostra;  $n$  - Tamanho da amostra.

$$t_{\text{crit.}} = \frac{r_s}{\sqrt{\text{Var}_{[r_s]}}} \quad \text{Eq. (08)}$$

Em que:  $\text{Var}_{[r_s]}$  - Variabilidade da amostra;  $t_{\text{crit.}}$  =  $t$  de student ou  $t_{\text{crítico}}$ .

$$t_{\text{calc.}} = \frac{r_s}{\sqrt{\frac{1-r_s^2}{n-2}}} \quad \text{Eq. (09)}$$

Callegaria-Jacques (2003) comenta que neste caso, o valor de  $t_{\text{calc.}}$  obtido é comparado com o  $t$  de Student crítico, e a regra de decisão é a tradicional para o teste: se  $|t_{\text{calc.}}|$  for igual ou maior do que o  $t_{\text{crit.}}$ , a correlação é estatisticamente significativa.

Caso uma tendência linear seja apontada em uma série temporal, então a inclinação verdadeira (variação por unidade de tempo) pode ser estimada utilizando-se um teste não paramétrico, denominado Sen. Esse teste permite determinar a altura de lamina d'água proveniente de precipitação pluvial, a unidade resulta do teste é mm/ano, podendo ser positiva ou negativa. Para resultados positivos explica-se um aumento da lamina d'água por ano, enquanto que para valores negativos de Sen pode ser entendido como decrescimento de lamina d'água ao longo do tempo.

A estimativa da inclinação de  $N$  pares de dados é computada pela Eq. 10.

$$Q_i = \frac{X_j + X_k}{j - k} \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, N \quad \text{Eq. (10)}$$

Em que:  $X_j$  e  $X_k$  - são os valores dos dados no tempo  $j$  e  $k$  ( $j > k$ ), respectivamente. A mediana dos  $N$  valores de  $Q_i$  é o estimador da inclinação de Sen; se  $N$  é ímpar, então o estimador de Sen é calculado pela Eq. 11.

$$Q_{méd} = Q_{[N+1/2]} \quad \text{Eq. (11)}$$

Se N for par, o estimador da inclinação de Sen é calculado pela equação 12.

$$Q_{méd} = \frac{1}{2} (Q_{[N/2]} + Q_{[N+2/2]}) \quad \text{Eq. (12)}$$

Assim,  $Q_{méd}$  é testada com um teste bilateral a nível de 100 (1 -  $\alpha$ ) % de intervalo de confiança, dado pela Eq. 13.

$$IC_a = Z_{[1-\alpha/2]} \sqrt{\text{Var}(s)} \quad \text{Eq. (13)}$$

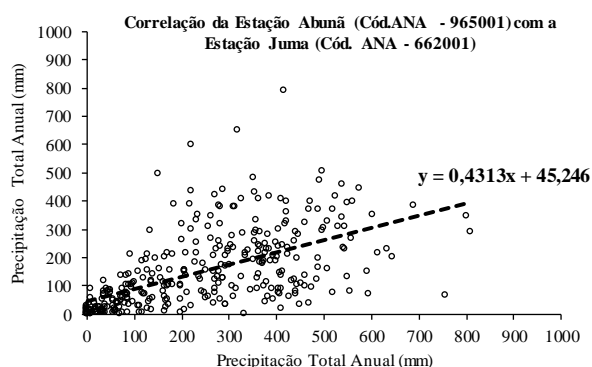
Em que:  $\text{Var}(s)$  foi definido na Eq. 10, e  $Z_{[1-\alpha/2]}$  é obtido a partir da tabela da distribuição normal padronizada, é importante comentar que, os limites inferior e superior do intervalo de confiança deverão ser calculados. O estimador Sen foi calculado no software Xlstat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Preenchimento de falhas

A correlação feita por meio de regressão simples dos dados de precipitação das duas estações, sendo elas a estação observada Abunã (que apresentava falhas mensais e anuais) e a Estação Juma (estação completa) que serviu para preenchimento de falhas está presente na Figura 1.

**Figura 1.** Correlação da estação observada com a estação auxiliar.



**Fonte:** Dados da pesquisa (2016).

De acordo com a Figura 1, pode-se observar que a equação regressão utilizada para o preenchimento de falhas da estação Abunã foi:

$$\hat{y} = 0,4313x + 45,246$$

Em que: x = precipitação concordante da estação Juma.  $\hat{y}$  = precipitação estimada da estação Abunã.

Em relação a qualidade de ajuste da regressão simples, destacam-se que o coeficiente de Pearson

encontrado foi de 0,57 resultando numa correlação moderada entre as séries históricas de precipitação. E o valor de  $r^2$  foi de 0,32.

### Estatística Descritiva

Após o preenchimento de falhas foi possível determinar os parâmetros da estatística descritiva da série temporal da precipitação da estação Abunã (Tabela 1).

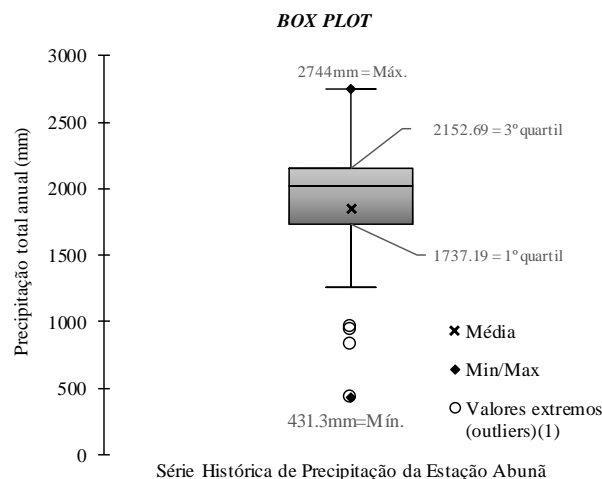
**Tabela 1** - Estatística descritiva.

Estatística Descritiva	Dados da Série Histórica de Precipitação (Anual)
Nº de observações	31
Mínimo	431,30
Máximo	2744,00
Amplitude	2312,70
1º Quartil	1737,19
Mediana	2021,60
3º Quartil	2152,69
Média	1849,84
Variância	261030,10
Desvio-padrão	510,91

**Fonte:** Dados da pesquisa (2016).

A Figura 2 apresenta o gráfico do tipo box plot para a série de precipitação da Estação Abunã.

**Figura 2.** Box plot dos quartis da série de precipitação.



**Série Histórica de Precipitação da Estação Abunã**

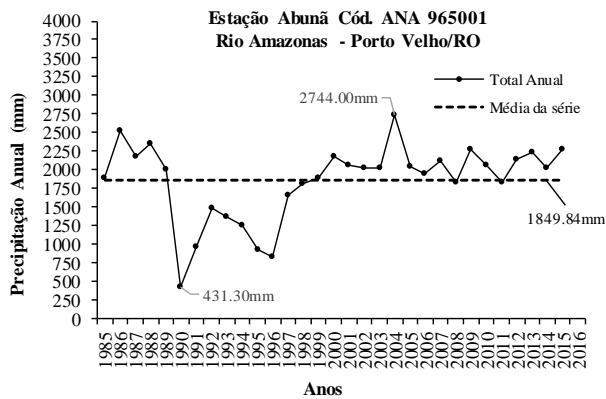
**Fonte:** Dados da pesquisa (2016).

Na análise do gráfico box plot da série completa foi realizada uma comparação entre os quartis da série, mediana, máximo e mínimo. É observado que 50% das precipitações estão entre 1737,19 a 2152,69 mm. Enquanto que, 25% dos valores de precipitação encontram-se acima de 2152,69 mm e 25% abaixo de 1737,19 mm. O Box Plot gerado serviu para identificar outliers da série de precipitação, totalizando em quatro outliers que se encaixam em valores nas porções inferiores de precipitações. Dentre eles, um ocorrido em 1990, que

apresentou precipitação igual de 431,3 mm, valor coincidente com a precipitação mínima da série.

De 31 anos analisados, apenas 11 anos (35,50%) apresentaram valores de precipitação anual abaixo da média da série histórica que é de 1849,84mm. Sendo que, os valores abaixo da média se concentram entre os anos de 1990 a 1999, conforme pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3.** Total anual da Estação Abunã.



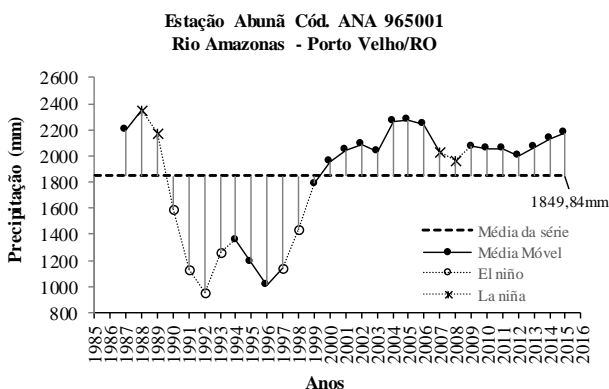
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Ao destacar os valores máximos e mínimos da série de precipitação, percebe-se que a mínima precipitação ocorreu no ano de 1990, coincidindo com o período do fenômeno El Niño com intensidade forte. Em 2004, ocorreu a máxima precipitação, porém não ocorreram fenômenos de oscilação de orientação sul com intensidade forte.

Cabe comentar que, as análises de variabilidade de precipitações com eventos climatológicos são mais viáveis quando se trata de média móvel, uma vez que a periodicidade que pode ser amarrada de 3 em 3 anos, coincidente com o período de ocorrência dos eventos.

A média móvel é uma das técnicas utilizadas na análise de séries temporais. O gráfico de média móvel de 31 anos foi elaborado considerando o ano hidrológico (janeiro a dezembro). Neste contexto, este trabalho investigou a variabilidade espaço – temporal da precipitação associada aos dois eventos de El Niño fortes (90/93 e 97/98) e dois eventos de La Niña fortes (88/90 e 2007/2008). A Figura 4 exemplifica os resultados obtidos de média móvel com periodicidade de 3 anos, da Estação Abunã.

**Figura 4.** Média móvel da Estação Abunã - Rondônia.



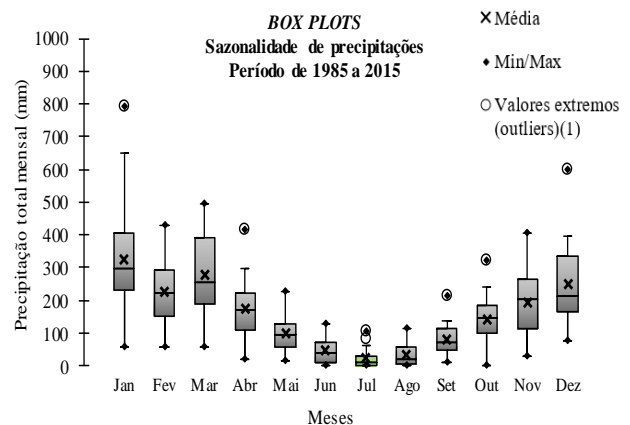
Fonte: Dados da pesquisa (2016).

Por meio da análise da Figura 4 foi possível perceber que o evento de El Niño com intensidade forte implicou em valores de precipitação bem inferiores à média da série, entre os anos de 1990 a 1993. Porém, no período do segundo evento do El Niño, também considerado com intensidade forte, as precipitações estiveram em torno da média da estação. Não foi possível afirmar, nesse caso, que está ocorrendo alguma mudança significativa devido ao evento.

Para o primeiro evento de La Niña com intensidade forte, durante 1988 a 1990, ocorreu brusca oscilação de precipitação. Pois, primeiramente, apresentou precipitações elevadas, bem acima da média da série e a partir do ano de 1990 ocorreu alteração dos valores de precipitação para bem abaixo da média da série até atingir o mínimo da média móvel. Porém, o comportamento descrito no primeiro evento de La Niña não foi observado no evento ocorrido entre os anos de 2007 a 2008, no qual as precipitações permaneceram dentro de uma linearidade, entretanto ainda acima da média da série de precipitação.

A Figura 5 apresenta a variação de precipitação ao longo dos meses, entre os anos de 1985 a 2015, mostrando uma diminuição considerável da pluviosidade entre maio a setembro (meses em que correspondem 17,5% das precipitações anuais). Cabe comentar que, a região sofre influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o que justifica esta regressiva nos valores de precipitação. Este mesmo comportamento foi observado no trabalho de Lucas et al. (2006) e Menezes et al. (2015).

**Figura 5.** Variação mensal das chuvas durante os 31 anos.



Fonte: Dados da pesquisa (2016).

### Análise de Tendência em Série Temporal de Precipitação

Os estudos de tendências em séries temporais são importantes por causa da necessidade de se compreender o impacto que o homem pode ter sobre o meio ambiente.

Neste trabalho, foram utilizados três testes não paramétricos para avaliação da tendência da série histórica da Estação Abunã, que são: Mann Kendall, Spearman e Sen.

Após a montagem da série temporal por ano hidrológico, verificou-se a discordância em relação a

tendência estimadas pelos testes não paramétricos, conforme pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Resultados dos testes não-paramétricos da série temporal da Estação Abunã.

Testes Não - Paramétricos	Resultados	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	Índices de tendência
Mann Kendall (1985-2015) - 31 anos	$Z_{MK} = 2,04$				$S^+ (\alpha = 0,05 \text{ e } \alpha = 0,1)$
Mann Kendall (1996-2015) - 20 anos	$Z_{MK} = 2,30$	1,645	1,96	2,576	$S^+ (\alpha = 0,05 \text{ e } \alpha = 0,1)$
Mann Kendall (2006-2015) - 10 anos	$Z_{MK} = 1,07$				$S^0$
Spearman (1985 - 2015) - 31 anos	$t_{crit.} = 1,72$ $t_{calc} = 1,81$				$S^+ (0,1)$
Spearman (1985 - 2015) - 20 anos	$t_{crit.} = 2,18$ $t_{calc} = 2,54$	1,645	1,96	2,576	$S^+ (\alpha = 0,05 \text{ e } \alpha = 0,1)$
Spearman (1985 - 2015) - 10 anos	$t_{crit.} = 1,18$ $t_{calc} = 1,30$				$S^0$
Sen (1985-2015) - 31 anos	Sen = 18,48				$S^+$

Legenda:  $S^+$  representa tendência positiva significativa,  $S^-$  tendência negativa significativa e  $S^0$  mostra que a tendência é nula.  $\alpha$  representa o nível de significância.

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

A respeito do teste de Mann-Kendall, foi possível observar mudança de indicação de tendência dependendo do período analisado. Uma vez que, ao analisar a série completa com 31 anos e para o período dos últimos 20 anos, verificou-se que a hipótese é classificada como alternativa, ou seja, com tendência de crescimento da precipitação, para  $\alpha = 0,05$  e  $\alpha = 0,1$ . Porém, ao analisar o período dos últimos 10 anos, o resultado indica como hipótese nula e, portanto, não há tendência de crescimento e nem de decrescimento da precipitação.

Para o teste não paramétrico de Spearman, o resultado de tendência positiva convergiu também para hipótese alternativa, com tendência positiva, para o período de 31 anos e 20 anos. Porém, para os últimos 10 anos se observou hipótese nula, confirmando a ausência de tendência de crescimento ou decrescimento durante este período.

Como último teste não paramétrico utilizado neste trabalho, tem-se o estimador Sen que imprimiu resultado semelhante aos dois anteriores, como tendência de aumento nas precipitações ao longo do tempo. Em termos de altura de lamina d'água, por meio do teste Sen, para a região da estação Abunã encontrou-se o valor de 18,48mm/ano. Os resultados do teste de Mann-Kendall, de um modo geral, coincidiram com os resultados do teste de Spearman e Sen.

## CONCLUSÕES

Em relação a estatística descritiva, destaca-se que 64,50% das precipitações totais anuais estão acima da média da série histórica de precipitação pluviométrica da Estação Abunã que é de 1849,84mm.

Os resultados da análise espacial mostram que no primeiro evento de El Niño com intensidade forte, ocorrido entre os anos de 1990 e 1993, implicou em valores de precipitações inferiores à média da série histórica de precipitação. E que o primeiro evento ENOS

teve maior influência na variabilidade de precipitação, quando comparado com o segundo evento ocorrido entre os anos de 1997 a 1998, pois os valores de precipitação ficaram em torno da média da série da estação.

Em relação ao primeiro evento de La Niña com intensidade forte, durante 1988 a 1990, ocorreu brusca oscilação de precipitação, de chuvas acima da média da série para valores mínimos da série da estação Abunã. Porém, esse comportamento não foi observado no segundo evento, ocorrido entre os anos de 2007 a 2008, uma vez que as precipitações se mantiveram margeando a média da série de precipitação.

A análise do gráfico box plot de sazonalidade apresentou comportamento hidrológico típico da região amazônica, sendo duas estações distintas uma seca, entre os meses de maio e setembro, e a outra chuvosa, entre os meses de outubro e abril, ao longo dos 31 anos analisados.

Os testes de tendência de Mann-Kendall, de Spearman e de Sen indicaram que a estação Abunã apresenta tendência positiva, com nível de significância de  $\alpha = 0,05$  e  $\alpha = 0,1$ . Porém, ao aplicar os três testes para os 10 últimos anos da série indicou hipótese nula para tendência.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, L.P.; MANTOVANIA, E.C.; BUFON, V.B.; SEDIYAMA, G.C.; SILVA, T.G.F. Variação temporal dos elementos climáticos e da ETo em Catalão, Goiás, no período de 1961-2011. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.18, n.8, p.826 - 832, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v18n08p826-832>>. Acesso em: 06 dez 2016.
- CALLEGARIA-JACQUES, S. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto alegre: Editora Artmed S.A., Brasil, 2003. 264p.

- CORREIA, F. W.S.; MANZI, A.O.; CÂNDIDO, L. A.; SANTOS, R.M.N.; PAULIQUEVIS, T. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. **Cienc. Cult. [online]**, v.59, n.3, p. 39-43, 2007.
- DAHRIA, Z. H.; LUDWIG, F.; MOORS, C. E.; AHMADA, B.; KHANE, A.; KABAT, P. An appraisal of precipitation distribution in the high-altitude catchments of the Indus basin. **Science of The Total Environment**, v. 548-549, p. 289-306, 2016. Disponível em: <Elsevier <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.001>>. Acesso em: 18 nov. 2016.
- FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v. 5, p. 36-45, 1990.
- HIDROWEB. Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 set. 2016.
- LUCAS, E.W.; SOUSA, F.A.S., MENEZES, R.H.N., COSTA, R.F., OLIVEIRA, L.L. Regionalização da precipitação na Bacia Hidrográfica do Xingu Pará. IN: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 14. 2006. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbmfiles/147160f8fc0063550cbla80d88c59ace37.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- 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.
- SOUSA, A.M.L.; ROCHA, J. P.; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. O. P.; BOTELHO. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante Eventos Enos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.08, n.01, p. 13-24, 2015.
- SILVA, M. M.; FERREIRA, V. O.; BRITO, J. L.S. Reconhecimento de possíveis influências dos eventos El Niño e La Niña no regime pluviométrico da bacia do rio Araguari, Minas Gerais. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.754-765, 2012.