



ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NOS TRIMESTRES SECO E CHUVOSO NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CAROLINA-MA.

Mozar de Araújo Salvador¹

¹ Meteorologista do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET – Eixo Monumental, via S1, Sudoeste, INMET. Brasília-DF.

¹ Aluno de pós-graduação em Meteorologia da UFCG.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

RESUMO: Neste trabalho foi estudada a série climatológica da localidade de Carolina-MA. As séries mensais e trimestrais foram analisadas através da regressão linear simples, teste de Mann-Kendall e desvio padronizado da precipitação. Os meses mais chuvosos (JFM) não apresentaram variações intensas e nem tendências significativas. Porém, nos meses de pouca precipitação (JJA) foram observadas tendências negativas, com destaque para o mês de junho que apresentou tendência estatisticamente significativa para na sua reta de tendência. No gráfico do teste sequencial de Mann-Kendall observou-se uma quebra de patamar no final da série do trimestre JJA dentro dos limites de significância estatística de 5%.

PALAVRAS-CHAVE: Tendência, Precipitação e Mann-Kendall.

RAINFALL ANALYSIS IN SEASONAL DRIER AND RAINY IN WEATHER STATION CAROLINA-MA.

ABSTRACT. This paper analyzed the Carolina-MA climatological series. The monthly and quarterly series (JFM) were analyzed using simple linear regression, Mann-Kendall and precipitation standard deviation. The rainiest months showed no intense variations and significant trends. However, in the months of low rainfall (JJA) were observed negative trends, especially June that showed a statistically significant trend in its trend line. In the graph of the Mann-Kendall sequential test observed a decrease at the last part of the quarter series JJA within the statistical significance limits of 5%.

KEYWORDS: Trend, rainfall and Mann-Kendall.

INTRODUÇÃO

O sul do Estado do Maranhão está inserido em uma área considera a nova fronteira agrícola do Brasil entre as regiões Norte e Nordeste, e que, desde meados da década de 90, vem substituindo a vegetação nativa pela agropecuária intensiva.

Nesse contexto, o conhecimento climatológico é um importante subsídio para o planejamento das atividades no campo, detectando possíveis variações, tendências ou





mudanças abruptas das características climáticas de um local ao longo do tempo dentro das séries observadas de dados meteorológicos.

Para tanto, a série de precipitação pluviométrica da estação meteorológica de Carolina, no Estado do Maranhão, foi analisada através dos seus desvios-padrão e testes de tendência e de detecção de mudanças de patamar (ou abruptas) no trimestre com maior média de chuva e no trimestre mais seco.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são da estação meteorológica de Carolina (latitude 7°19'58 sul e longitude de 47°28'08 oeste), no Estado do Maranhão, para o período de 1961 a 2012. Inicialmente foi verificada a climatologia mensal e, com base na média climatológica de todo o período, os meses foram divididos em dois conjuntos: um primeiro, com trimestre mais chuvoso e um segundo, com o mais seco.

Foi aplicado o desvio padronizado da precipitação (DPP) para cada mês e trimestre, calculado pela relação: $(\text{TOTAL MENSAL} - \text{MÉDIA}) / \text{DESVIO-PADRÃO}$. Através do DPP é possível observar quantos desvios-padrão o total observado se afastou da média e o sinal desse desvio (REIS, 1994).

A hipótese nula (H_0) de que não existe tendência nas séries ou a alternativa (H_1) de que existe, foi verificada pelo teste de hipótese p-valor. Foram considerados significativos (rejeitando H_0 e aceitando H_1) os valores iguais ou abaixo 5% ($\alpha=0,05$), ou seja, $p\text{-valor} \leq 0,05$ (BUSSAB MRETTIN, 2006).

O teste sequencial de Mann-Kendall (MK) e o Kendall- τ (tau ou tao) (GOOSENS and BERGER, 1986) foram aplicados para as séries trimestrais dos dois períodos. De forma a localizar o início da mudança, o mesmo princípio aplicado para a estatística $U(t)$ (índice de MK aplicado para ano da série) está adaptado para o seu inverso, $U(*t)$. Quando a curva $U(t)$ ultrapassa um dos limites de significância (superior a 1,96 para um teste bicaudal ao nível de significância de 95%) e assim permanesse, uma tendência pode ser observada, dependendo se $U(t)$ está aumentando ou diminuindo. Na ausência de qualquer tendência da série, as curvas $U(t)$ e $U(*t)$ geralmente sobrepõem-se várias vezes. No entanto, uma única intersecção destas curvas dentro dos limites de confiança localiza o ano de mudança abrupta de patamar.

Os gráficos e os parâmetros estatísticos foram feitos e calculados pelo aplicativo ClimAp (Aplicativo de análise de séries Climáticas) feito em linguagem Python (ROSSUM, 1996). Este aplicativo, ClimAp (nome provisório), está em fase de desenvolvimento e é parte das atividades de pesquisa no curso de pós-graduação em Meteorologia da Univ. de Campina Grande em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média climatológica foi calculada com base em toda a série. O período mais chuvoso são os meses de janeiro, fevereiro e março (JFM), com as maiores médias: 268, 277 e 292 mm, respectivamente; enquanto o período mais seco concentra-se nos meses junho, julho e agosto (JJA), com médias de 15, 9 e 12 mm, respectivamente. (Figura 1).



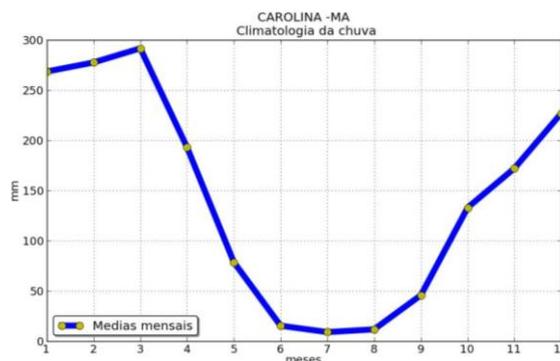


Figura 1: Climatologia da localidade de Carolina-MA (1961-2012).

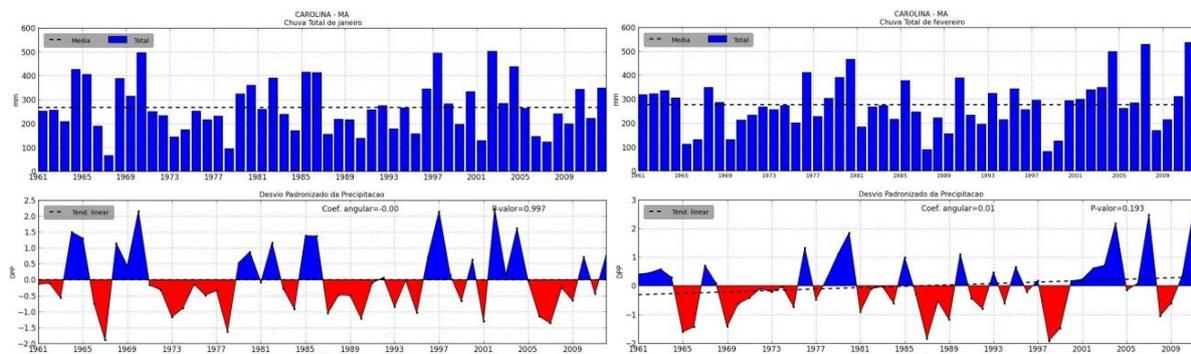
Trimestre mais chuvoso: O trimestre mais chuvoso (jan-fev-mar) não apresentou qualquer tendência significativa, demonstrando grande variabilidade anual (Figura 2), com comportamento aparentemente aleatório.

Nos gráficos dos meses chuvosos (Figura 2), observa-se o acumulado de cada mês por ano durante o período e os seus respectivos DPP's. Os desvios padronizados de precipitação (DPP) indicam um forte comportamento aleatório na frequência de anos de sinal positivo e negativos. A inclinação da reta de regressão linear muito baixa e o teste de hipótese (p-valor) muito alto indicam a não existência de tendência significativa, para um nível de significância de 5%, em todos os meses, ratificando a hipótese nula (Tabela 1).

Os anos com acumulados mais baixos no trimestre foram os anos de 1966, com DPP= -1,55; 1989, com DPP= -1,5 e 1998, com DPP= -1,6. Os acumulados mais altos foram em 1968, com DDP = +2,5; 1997, com DPP= +2,2 e em 2004, com DPP= +2,2 (Figura 02).

Tabela 1: Coeficiente angular da reta de regressão e p-valor para o trimestre mais chuvoso.

Mês	CA	p-valor
Janeiro	-0,003	0.997
Fevereiro	0,01	0.193
Março	-0,001	0.77
JFM	-0,006	0,53



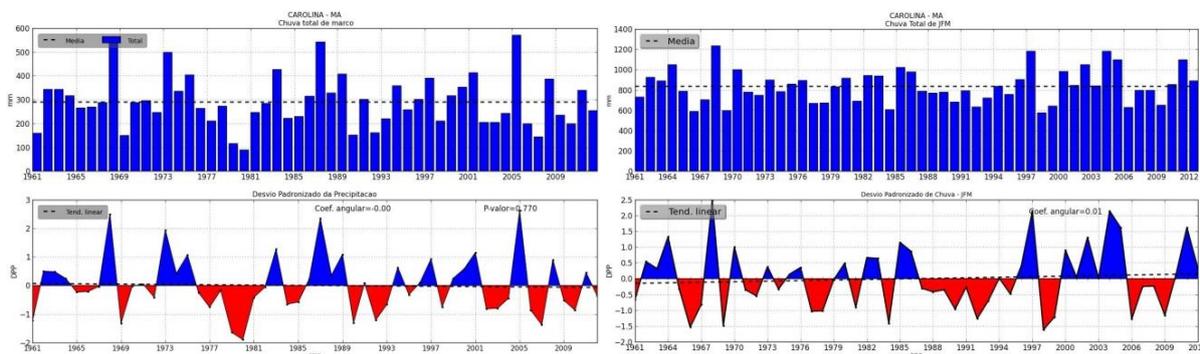


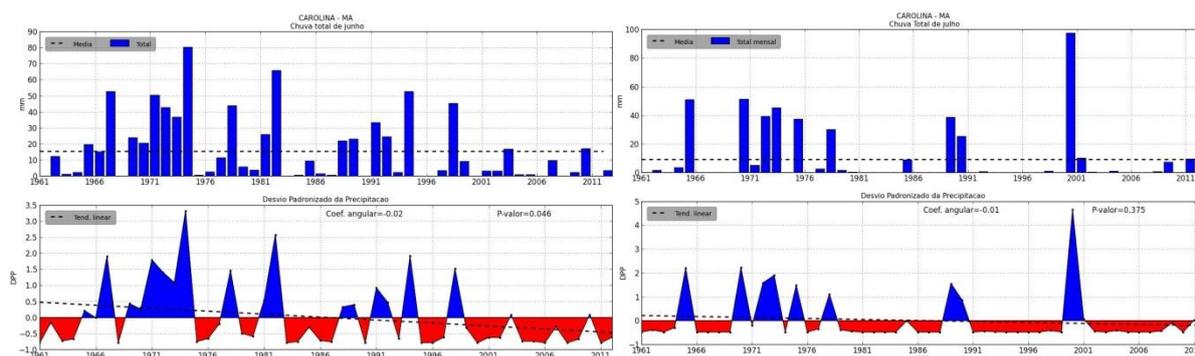
Figura 2: Total de precipitação e DPP para janeiro, fevereiro, março e o trimestre JFM.

Trimestre mais seco: Os gráficos de chuva total e de DPP demonstram que a frequência de anos com volumes acima da média tem diminuído nos três meses menos chuvosos, destacando-se o mês de junho, com o coeficiente angular (CA) de $-0,36$ e $p\text{-valor}=0,046$, indicando que a hipótese de tendência negativa pode ser aceita para $\alpha=0,05$ (Figura 3 e Tabela 2). Os meses seguintes também apresentam CA com sinal negativo, porém, as respectivas tendências não são significativas estatisticamente ($p\text{-valor} > \alpha$). O mês de junho também apresenta uma sequência de praticamente 14 anos com desvios negativos entre 1999 e 2012.

Com relação ao acumulado trimestral, os anos com índices mais altos foram 1972, com $DDP = +2,5$; 1982, com $DPP = +2,8$ e em 2000, com $DPP = +2,2$ (Figura 3).

Tabela 2: Coeficiente angular da reta de regressão e p-valor para o trimestre mais seco.

Mês	CA	p-valor
Junho	-0.361	0.046 (significativo para $\alpha=0,05$)
Julho	-0.159	0.374
Agosto	-0.086	0.633
JJA	-0,070	0,74



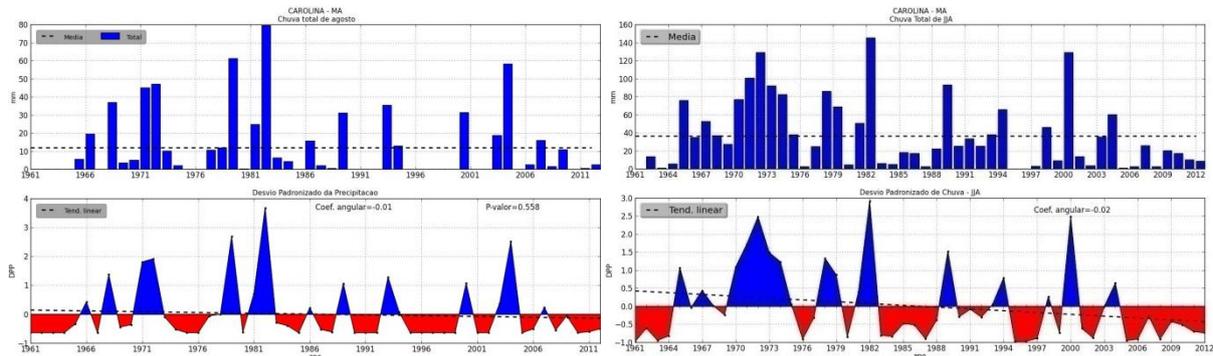


Figura 3: Total de precipitação e DPP para junho, julho, agosto e o trimestre JJA.

Teste de Mann-Kendall: O índice de Kendall- τ obtido para o trimestre chuvoso (JFM) foi de apenas 0,07, com p-valor alto igual a 0,45, ratificando H_0 e rejeitando H_1 . Este resultado é coerente com o encontrado na reta de tendência da regressão linear, cujo p-valor foi de 0,53 (Tabela 1). Na figura 4, verifica-se o teste sequencial de Mann-Kendall, onde a curva $U(t)$ (linha contínua) apresenta vários pontos de cruzamento com a linha do limite positivo de confiança (1,96 para $\alpha=0,05$), o que indica não existir, segundo o teste, qualquer tendência de elevação da série, sendo a sua variabilidade aleatória. Aproximadamente no ano de 2002, as curvas $U(t)$ e $U^*(t)$ se cruzam, o que indicaria uma possível ruptura, com mudança de patamar, na série a partir deste ponto, porém, este cruzamento ocorre fora do intervalo de confiança, significando que esta quebra não tem significância estatística para o nível de confiança de 5% ($\alpha=0,05$).

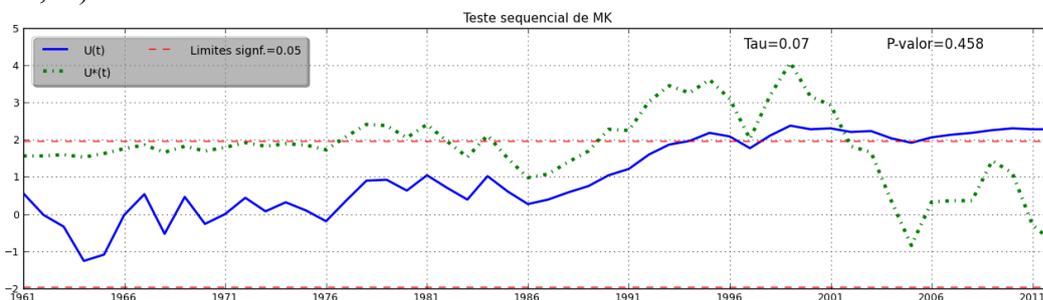


Figura 04: Teste sequencial de Mann-Kendall para o trimestre JFM.

O índice de Kendall- $\tau=-0,16$ obtido para o trimestre seco (JJA) foi bem mais elevado que o do trimestre chuvoso, porém com p-valor aproximado de 0,1, ratificando H_0 e rejeitando H_1 . Este resultado é coerente com o encontrado pela reta de tendência quando verificado o teste de hipótese, cujo p-valor foi de 0,74 (Tabela 2). No teste sequencial de Mann-Kendall (Figura 5), que a curva $U(t)$ (linha contínua) não cruza com as linhas dos limites de confiança ($\pm 1,96$ para $\alpha=0,05$), o que indica não existir, segundo o teste, qualquer tendência significativa na série, sendo a sua variabilidade aleatória. No final da série, aproximadamente no ano de 2005, as curvas $U(t)$ e $U^*(t)$ se cruzam, o que indica uma possível ruptura, com mudança de patamar, na série a partir deste ponto. Este cruzamento ocorre dentro do intervalo de confiança, significando que esta quebra tem significância estatística para o nível de confiança de 5% ($\alpha=0,05$), sugerindo uma mudança de patamar também observado no gráfico de DPP (Figura 3).

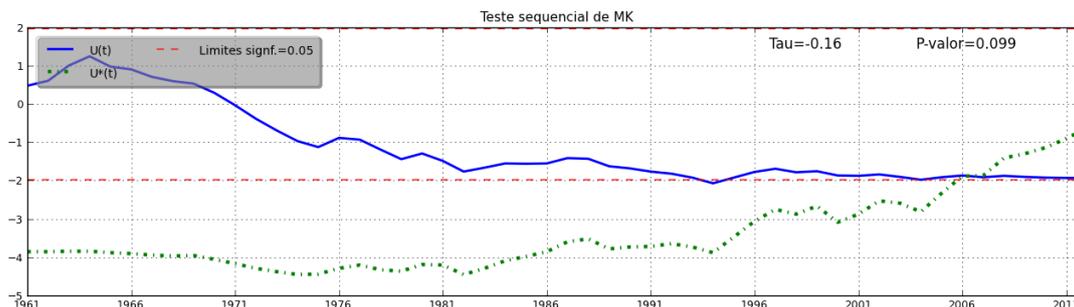


Figura 05: Teste sequencial de Mann-Kendall para o trimestre JJA.

CONCLUSÕES

Os meses mais chuvosos (JFM) não apresentaram tendência significativa, tanto na regressão linear, quanto para o Kendall- τ , sendo, assim, consideradas tendências fortuitas.

Nos últimos dez anos da série de fevereiro houve um aumento na frequência de desvios positivos, com três anos acima de 2 desvios-padrão, fatores determinantes no coeficiente de inclinação positivo, sem, contudo, haver significância estatística na tendência.

O mês de junho foi o único que apresentou uma tendência (negativa) estatisticamente significativa, com $CA = -0,36$ e $p\text{-valor} = 0,046$, aceitando H_1 para $\alpha = 0,05$. Porém, o $p\text{-valor}$ para Kendall- τ foi de 0,06.

O mês junho de 2000 foi o que apresentou maior volume, com 98 mm e $DPP = +4,7$, entre os três meses do período seco.

O teste sequencial de MK no trimestre JFM demonstrou não haver tendência ou mudança de patamar em qualquer período.

O teste sequencial de MK demonstrou não haver tendência no trimestre JJA, porém uma mudança de patamar dentro dos limites de significância estatística para $\alpha = 0,05$ foi detectada em 2006, aproximadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSSAB, W. O. e EMORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5ª Ed., Ed. Saraiva, 2006.

GOOSENS, Ch and BERGER, A. **Annual and seasonal climatic variations over the Northern Hemisphere and Europe during the last century**. Annales Geophysics. 1986.

REIS, E.. **Estatística Descritiva** (2ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo, 1994.

ROSSUM, Guido Van. **Foreword for "Programming Python"**. 1st ed. , 1996.