

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

ESTABILIDADE TEMPORAL DOS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO (PERNAMBUCO, BRASIL)

Joel Medeiros Bezerra¹; Glécio Machado Siqueira²; Rafael José Gomes¹; Hélio Nogueira
Bezerra³

RESUMO – A identificação de pontos de estabilidade temporal, que apresentam menor variação e maior representatividade dentro da população amostral, é fundamental no planejamento de programas de monitoramento de variáveis hidrológicas, pois permite a redução de custos relacionados à mensuração de dados de campo e a determinação dos locais de amostragem com maior confiabilidade. Este trabalho teve como objetivo analisar a estabilidade temporal do regime de precipitação pluvial no município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco (Brasil), avaliando-se o padrão de estabilidade para os períodos de estiagem e chuvoso. A avaliação da estabilidade temporal foi realizada baseada nos pressupostos de Vachaud *et al.* (1985) e Kachanoski e De Jong (1988). As diferenças relativas médias foram plotadas com seus respectivos desvios-padrão para cada estação meteorológica, a fim de identificar os pontos de maior precisão para estimativa da média geral do evento de precipitação no período. Os resultados mostraram que a estabilidade temporal da precipitação pluvial é maior no período chuvoso, desconsiderando eventos extremos, e menor no período de estiagem, devido ao regime de eventos de precipitação da região da Zona da Mata, predominante em grande parte do ano. O mês de dezembro foi o ponto de maior estabilidade temporal.

ABSTRACT– The identification of temporal stability points, which show less variation and greater representative within the sample population, is essential in planning of programs for hydrological variables monitoring, because allows the reduction of costs related to the measurement of field data and determination of sampling locals with greater reliability. This study aimed to analyze the temporal stability of the regime of rainfall in the city of Vitória de Santo Antão, Pernambuco (Brazil), evaluating the standart of stability for periods of dry and rainy seasons. The temporal stability evaluation was performed based on approaches of Vachaud *et al.* (1985) and Kachanoski and De Jong (1988). The relative differences means were plotted with their respective standard deviations for each weather station, in order to identify the points of greatest accuracy for estimating the general average of the precipitation event in the period. The results showed that the temporal stability of the rainfall is higher in the rainy season, excluding extreme events, and lower in the dry season, due to the regime of rainfall events in the Zona da Mata region, prevalent in large part of the year. The months of december was the point with greatest temporal stability.

Palavras-Chave – Análise temporal. Modelagem. Variabilidade.

1) Mestrando em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural do Pernambuco – UFRPE. Av. Dom Manoel, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. Fone: (81) 9767-5643. E-mail: joel_medeiros@oi.com.br; engenheirofael@gmail.com.

2) Doutor em Engenharia para o Desenvolvimento Rural. Universidade Federal Rural do Pernambuco – UFRPE. Av. Dom Manoel, Bairro Dois Irmãos, Recife, PE, CEP 52171-900. E-mail: gleciosiqueira@hotmail.com.

3) Mestrando em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Caixa Postal 1524, Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, RN, CEP 59072-970. Fone: (84) 8888-4026. E-mail: helionogueirab@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O uso de monitoramentos hidrológicos tem se intensificado, buscando-se a caracterização de processos como os que envolvem a dinâmica da água no espaço e no tempo, visando subsidiar decisões sobre a implementação de ações de convivência com a seca.

Vachaud *et al.* (1985) estudando a predição do conteúdo de água no solo, introduziram o conceito de estabilidade temporal. Este pode ser definido como a associação constante entre a localização espacial e as medidas estatísticas que caracterizam uma determinada propriedade do solo ao longo do tempo (VAN WESENBEECK e KACHANOSKI, 1988).

A estabilidade temporal possibilita a identificação de pontos no espaço que refletem o comportamento médio de uma variável, ou seja, pontos que apresentam menor variação e com maior representatividade dentro da população amostral. A identificação deles é fundamental no planejamento de programas de monitoramento de variáveis hidrológicas, pois permite a redução de custos relacionados à mensuração de dados de campo e permitindo a determinação dos locais de amostragem em campo com maior confiabilidade.

A região Nordeste apresenta elevada variedade climática, levando-se em conta o regime de chuvas, encontramos zonas com clima semiárido no interior da região, com precipitação acumulada inferior a 500mm ano⁻¹, até zonas com clima chuvoso, observado principalmente na costa leste, com precipitação acumulada anual superior a 1500mm (KOUSKY e CHU, 1978).

Este trabalho teve como objetivo analisar a estabilidade temporal do regime de precipitação pluvial no município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco (Brasil), avaliando-se o padrão de estabilidade para os períodos de estiagem e chuvoso.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Vitória de Santo Antão, região da Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil (Figura 1 - A). Foram utilizados neste trabalho, dados de precipitação pluvial mensal de duas estações meteorológicas, compreendendo o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005, sendo utilizada uma Plataforma de Coleta de Dados - PCD do LAMEPE/ITEP (8°7'43"S, 35°18'10"W e 157m) e uma estação automática do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, (8°07'00"S, 35°17'45"W e 150m), com distância média entre estas de 1,53km (Figura 1 - B).

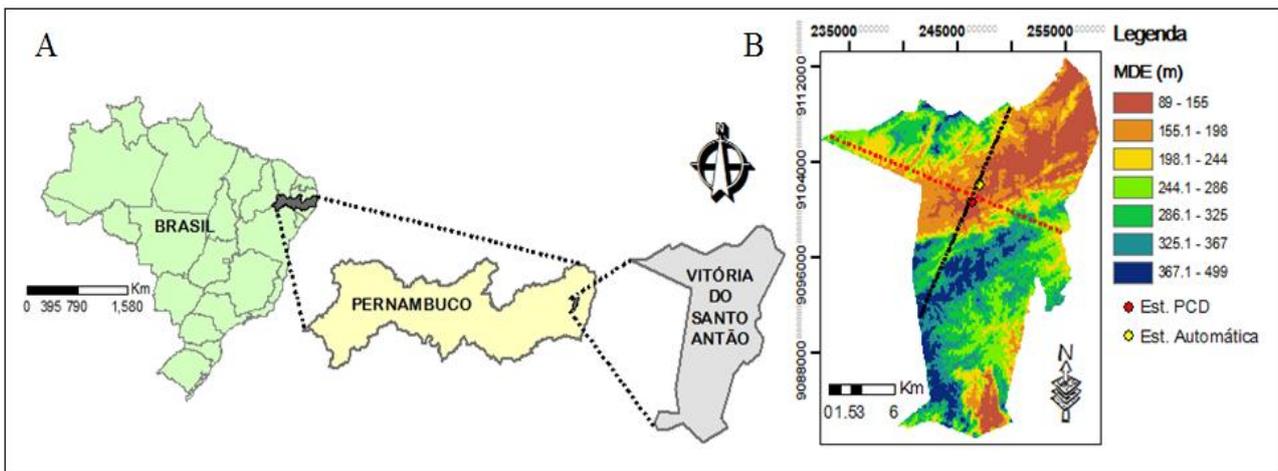


Figura 1 – A. Localização do estado de Pernambuco, município de Vitória de Santo Antão e B. Modelo Digital de Elevação abrangendo as duas estações meteorológicas e espacialização destas.

A Figura 2 apresenta o Modelo Digital de Elevação – MDE, em faixas adjacentes as estações meteorológicas, para averiguação da altitude de cada uma destas e verificação da variação do relevo no entorno das mesmas, como um agente interceptador das chuvas.

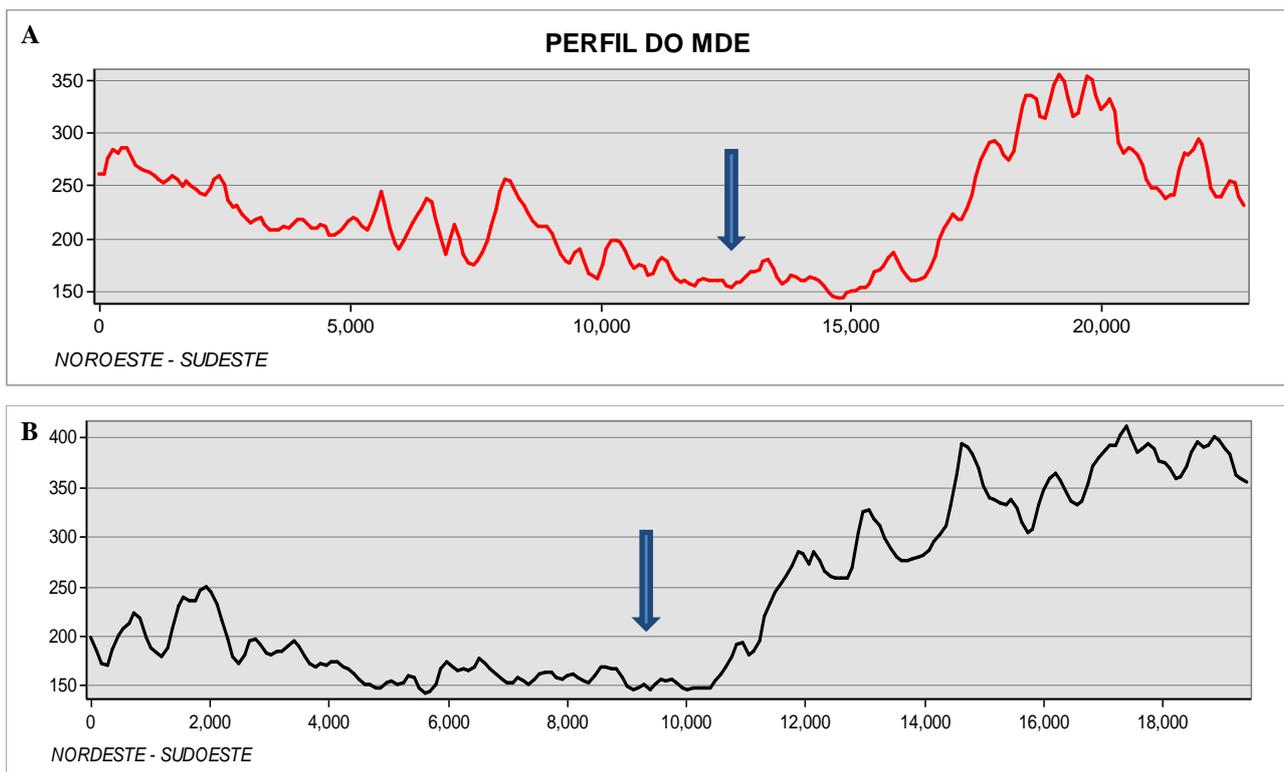


Figura 2 – Perfis A e B do MDE (m) em faixa adjacente as estações.

O clima é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco. O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início em dezembro/janeiro e término em setembro. A precipitação média

anual é de 1309,9mm (CPRM, 2005). A Figura 3 apresenta o gráfico de distribuição do regime de precipitação pluvial para as duas estações meteorológicas em estudo.

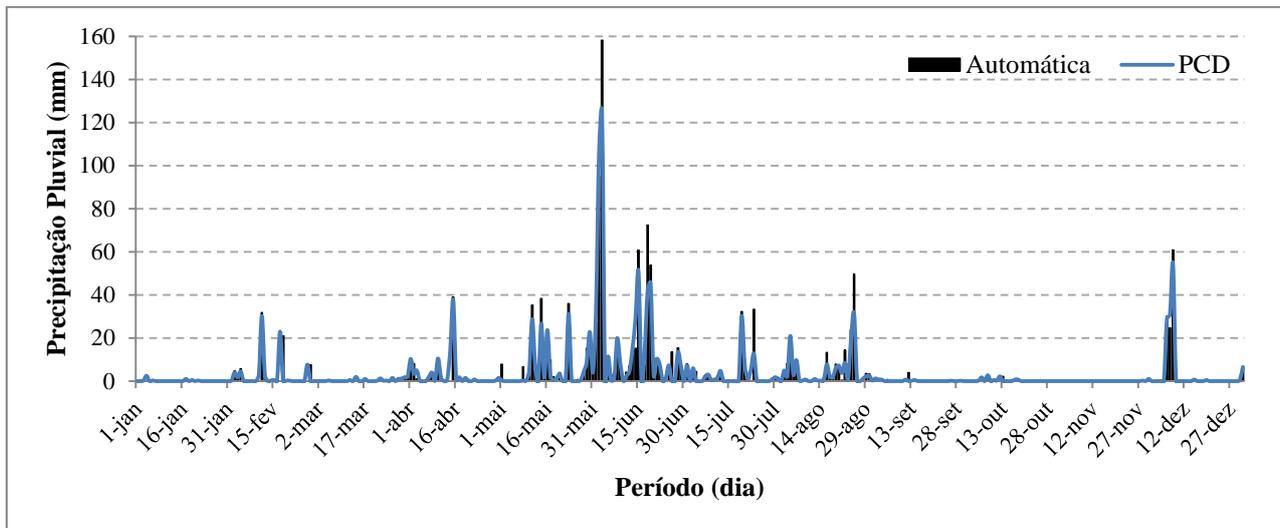


Figura 3 – Gráfico de distribuição diária do regime de precipitação pluvial.

Com auxílio das Figuras 3 e 4, percebe-se a presença de eventos extremos de precipitação pluvial durante o período de maio a junho, com a ocorrência de chuvas torrenciais, em contrapartida tem-se um declínio acentuado do regime de precipitação durante os meses de agosto (2ª semana) até o início de dezembro.

A Figura 4 representa o comportamento da precipitação pluvial em escala mensal acumulada para as duas estações.

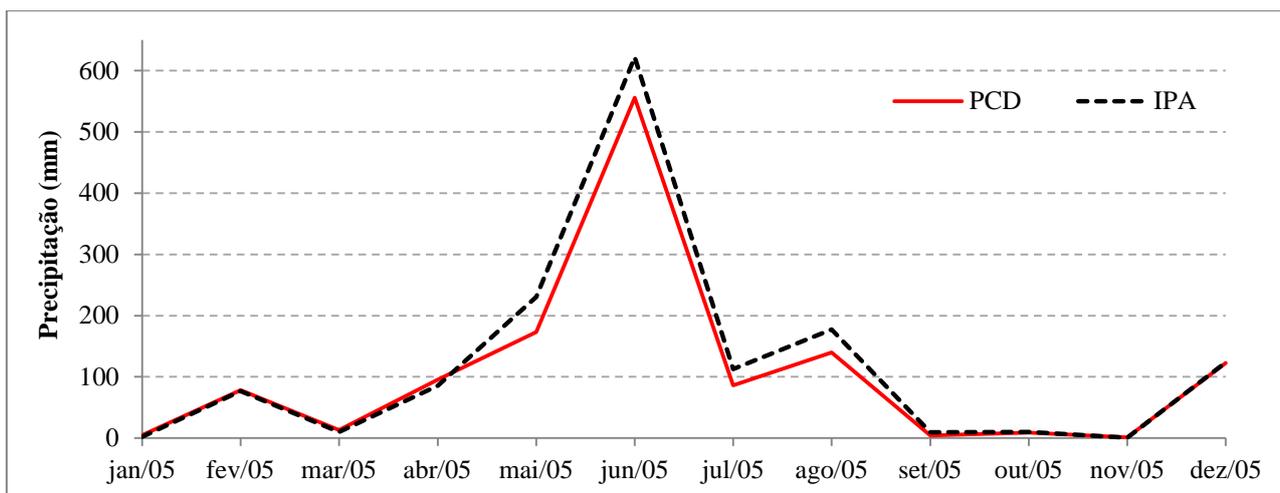


Figura 4 – Gráfico de distribuição mensal do regime de precipitação pluvial.

Tal fato corrobora com Nimer (1979), onde na zona da Mata litorânea, embora haja um decréscimo acentuado de precipitação durante cerca de 5 a 6 meses, existem chuvas em quantidade acima das necessidades, durante cerca de 8 a 11 meses.

Os dados foram analisados com o auxílio do programa STATISTICA 7, obtendo os principais parâmetros estatísticos, tais como: somatório, média, desvio-padrão, coeficiente de variação, valor mínimo, valor máximo, assimetria, curtose e distribuição normal por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5%. Em seguida, representou-se o desvio padrão para cada estação, com auxílio de um gráfico de *box-plot*, possibilitando verificar a ocorrência de valores extremos, discrepantes e *outliers*.

Para avaliar a estabilidade temporal, foram utilizados os pressupostos de Vachaud *et al.* (1985) e por Kachanoski e De Jong (1988). O primeiro diz respeito à diferença Δ_{ij} entre uma determinação individual S_{ij} no local i ($i = 1-y$, y é o número de pontos de amostragem) no tempo j ($j = 1-x$, x é o número de leituras) e a média dos valores medidos S_j no mesmo tempo:

$$\Delta_{ij} = S_{ij} - \bar{S}_j \quad (1)$$

com

$$S_j = (1/y) \sum_{i=1}^{i=y} S_{ij} \quad (2)$$

com o que se tem a diferença relativa:

$$\delta_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{S_j} \quad (3)$$

De acordo com Vachaud *et al.* (1985), uma pequena variação ou a igualdade de δ_{ij} , ao longo do tempo, para cada posição j , é a indicação de estabilidade temporal, que, entre outras palavras, significa independência temporal.

Posteriormente, as diferenças relativas médias foram plotadas com seus respectivos desvios-padrão para cada estação meteorológica, a fim de identificar os pontos de maior precisão para estimativa da média geral do evento de precipitação no período. Valores próximos de zero da diferença relativa média indicam maior estabilidade temporal do processo, enquanto menor desvio-padrão representa menor variabilidade ou dispersão da precipitação em torno da média e, conseqüentemente, maior confiabilidade da medição do ponto escolhido para estimativa da média geral.

Desta maneira, o ponto a ser escolhido como representativo foi aquele que apresentou, simultaneamente, valores próximos de zero da diferença relativa média e menor desvio-padrão (VACHAUD *et al.*, 1985; GONÇALVES *et al.*, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros da análise estatística da precipitação pluvial para as duas estações meteorológicas estudadas. De acordo com os valores do coeficiente de variação, a variabilidade dos dados de precipitação foi classificada, de acordo com Warrick e Nielsen (1980), considerando três níveis de variabilidade, baixa variabilidade quando $CV < 12\%$; média variabilidade para o intervalo de 12% a 60%; e alta variabilidade para $CV > 60\%$. Os dados apresentaram CV alto em ambas as estações em estudo. Tal fato pode ser explicado pela influência de eventos sazonais de precipitações concentradas em um curto espaço de tempo (chuvas torrenciais), seguido de um prolongado período de decréscimo.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos para a precipitação pluvial mensal de duas estações meteorológicas.

Estações	Unidade	N	S	Min	Max	Média	CV	Assimetria	Curt.	D
PCD	mm mês ⁻¹	12	1284.95	1.25	555.45	107.08	143.18	2.58	7.64	0.249Ln
Automática		12	1461.30	1.00	621.70	121.78	143.23	2.44	6.78	0.245Ln

N: número de medidas; S: Somatório; Mín.: valor mínimo; Máx.: valor máximo; CV: Coeficiente de Variação (%); Curt.: curtose; D: desvio máximo em relação a distribuição de frequência normal por meio do teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov com probabilidade de erro de 5 %; n: distribuição de frequência normal; Ln: distribuição de frequência lognormal.

O teste de Kolmogorov-Smirnov demonstrou que todos os atributos em estudo apresentaram distribuição de frequência lognormal, fato que é comprovado pelos valores de assimetria e curtose, que apresentam distanciamento de 0 e 3, respectivamente.

Observa-se ainda a presença de comportamento sazonal nas duas estações, em virtude dos valores extremos de máximo e mínimo, onde ocorre uma amplitude de 554,2 e 620,7mm, para as estações PCD e automática, respectivamente. Apesar das duas estações estarem tão próximas de forma planialtimétrica (Figura 1 - B), tem-se o efeito da variabilidade espacial onde na PCD ocorreu precipitação média mensal de 107,08mm, enquanto a automática obteve 121,78mm.

A Figura 5 apresenta valores de extremo no conjunto de dados, podendo ser observado na análise do gráfico Box plot, que os valores da média e da mediana foram bem próximos, indicando a simetria na distribuição dos dados, em todos os pontos.

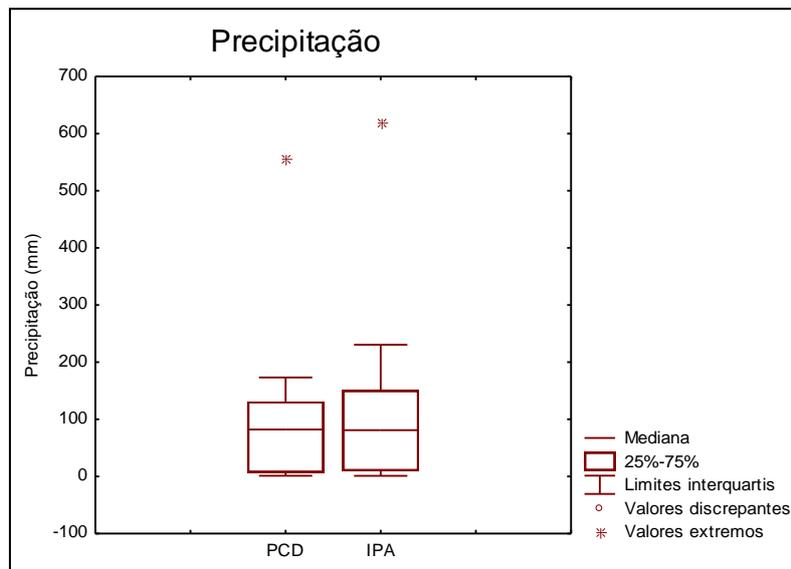


Figura 5 – Gráfico de Box-Plot da precipitação das duas estações meteorológicas.

Tais valores extremos recorrem aos eventos extremos observados nas Figuras 3 e 4 para o mês de junho, coincidindo com os eventos de precipitação torrencial, mais frequente na estação automática do IPA, o que corrobora para que tais valores extremos não sejam considerados discrepantes, e sim favorecidos pela proximidade do litoral, pela massa de ar oceânica, que de certa forma é amortecida pela elevação acentuada do relevo a sudoeste e nordeste das estações (Figuras 1 e 2), corroborada pela cota inferior de 150m de altitude, onde se tem menor pressão atmosférica e consequentemente maior vapor d'água (MILLER, 1971), sendo fator importante para origem das nuvens e fenômenos atmosféricos de precipitação pluvial.

O desvio padrão dos dados em geral, corresponde a faixa entre 25 e 75%, como os dados estão distribuídos sobre a média, acima ou abaixo desta, no caso da PCD abaixo e no caso da IPA divididos mais ou menos iguais, isso corresponde a distribuição da chuva (regular ou irregular), o índice de precipitação é contínuo no segundo caso e descontínuo no primeiro caso, com eventos fora da média, isso é devido ao regime de precipitação da região, refletindo sobre a análise estatística dos dados.

Observa-se, pela figura 6, que os valores de diferença relativa média, à semelhança de Comegna e Basile (1994) e Gonçalves *et al.* (1999), não foram superiores a 15 %, ao contrário de Gómez - Plaza *et al.* (2000), que obtiveram valores superiores a 60 % em áreas semiáridas, isto é, com acentuada variabilidade espacial.

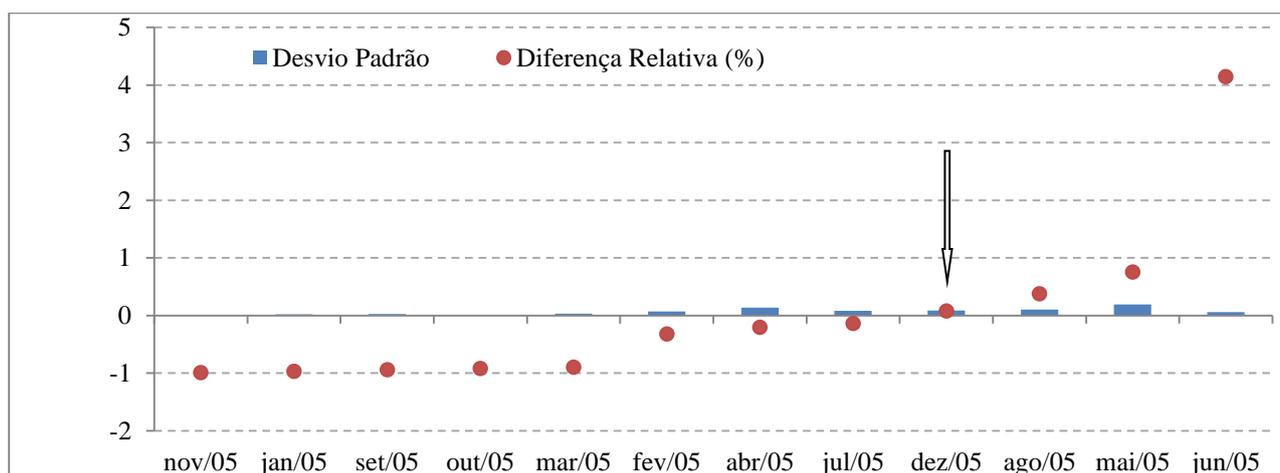


Figura 6 – Desvio-padrão e diferença relativa da precipitação nas duas estações.

A análise conjunta dos dados apresentou estabilidade temporal para o mês de dezembro/2005 com uma precipitação pluvial de 123,2mm, apresentando diferença relativa de 0,0807 ($\pm 0,0895\%$), estando bem próximo do valor médio da estação automática do IPA com 121,78mm. A estabilidade temporal para o período em estudo se justifica uma vez que na Zona da Mata Pernambucana ocorrem chuvas durante todo o ano com maior ou menor intensidade (Figuras 3 e 4).

Verificam-se percentuais menores que 5 % nos valores da diferença relativa média para a área em estudo no período de estiagem, com redução para valores próximos a 0,1 % no período chuvoso.

Analisando os valores do desvio-padrão, observa-se diminuição significativa da variabilidade da diferença relativa média no período de chuvoso (com exceção do mês de junho) na Zona da Mata de Pernambuco (fevereiro, abril, junho, dezembro e agosto, apresentando valores inferiores a 0,4%), o que garante maior estabilidade temporal aos eventos de precipitação, tendo a vista presença de eventos de chuva constantes no regime de precipitação pluvial (Figura 3).

Observa-se ainda, que os maiores valores do desvio-padrão ocorreram no período de estiagem, o que indica maior variabilidade da diferença relativa observada, sendo marcado por eventos abaixo da média (Figura 4).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a estabilidade temporal é influenciada pela localização geográfica das estações, sendo também influenciada pela variabilidade natural dos eventos de precipitação pluvial.

A estabilidade temporal da precipitação pluvial é maior no período chuvoso, desconsiderando eventos extremos, e menor estabilidade no período de estiagem, devido ao regime de eventos de precipitação da região predominante em grande parte do ano.

Utilizando o parâmetro diferença relativa foi identificado o ponto no espaço de amostragem que teve média de precipitação pluvial com elevado grau de confiabilidade e baixo grau de incertezas durante o período de estudo, sendo o mês de dezembro.

Portanto, a identificação de pontos que apresentam valores semelhantes ao valor médio é fundamental no planejamento de programas de monitoramento de variáveis hidrológicas, pois permite a redução de custos relacionados à mensuração de dados de campo (ÁVILA *et al.*, 2010). Sendo recomendado que o monitoramento seja conduzido em pontos específicos, considerando essa variação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro.

BIBLIOGRAFIA

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R. de e SILVA, A. M. da. (2010). “*Estabilidade temporal do conteúdo de água em três condições de uso do solo, em uma bacia hidrográfica da região da serra da mantiqueira, MG*”. R. Bras. Ci. Solo, 34:2001-2009.

COMEGNA, V.; BASILIE, A. (1994). “*Temporal stability of spatial patterns of soil water storage in a cultivated Vesuvian soil*”. Geoderma, 62:299-310.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2005). “*Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antônio, estado de Pernambuco*” / Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Julio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

GÓMEZ-PLAZA, A.; ALVREZ-ROGEL, J.; ALABALADEJO, J.; CASTILHO, V.M. (2000). “*Spatial patterns and temporal stability of soil moisture across a range of scale in a semi-arid environment*”. Hydrol. Proc., 14:1261-1277.

GONÇALVES, A.C.A.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, A.P. (1999). “*Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô-central*”. R. Bras. Ci. Solo, 23:1555-164.

KACHANOSKI, R.G.; DE JONG, E. (1988). “*Scale dependence and the temporal persistence of spatial patterns of soil water storage*”. Water Res. Res., 24:85-91.

KOUSKY, V. E.; CHU, P. S. (1978). “*Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil*”. *Journal Meteorological Society Japan*, v. 56, n. 5, p. 457-465.

- MILLER, A. (1971). *"Meteorology"*. Charles E. Merrill, Columbus, Ohio.
- NIMER, E. (1979). *"Climatologia do Brasil"*. Rio de Janeiro: IBGE. Vol. 4, 422 p. (Recursos naturais e meio ambiente).
- VACHAUD, G.; PASSERAT DE SILANS, A.; BALABANIS, P.; VAUCLIN, M. (1985). *"Temporal stability of spatially measured soil water probability density function"*. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:822-827.
- VAN WESENBEECK, I.J.; KACHANOSKI, R.G. (1988). *"Spatial and temporal distribution of soil water in the tilled layer under a corn crop"*. Soil Sci. Soc. Am. J., 52:363-368.
- WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. (1980) Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. *"Applications of soil physics"*. New York: Academic Press.