

# INCERTEZAS SOBRE VALORES DE MÉDIAS PLUVIOMÉTRICAS

**José M. Brabo ALVES<sup>1</sup>, José Nilson B. CAMPOS<sup>2</sup>, Rubenaldo Alves da SILVA<sup>3</sup>, Jair B. Lúcio<sup>4</sup>**

## RESUMO

Neste artigo faz-se uma abordagem estatística sobre o tamanho e o erro associado de séries pluviométricas em duas localidades com regimes de chuva distintos, uma na Amazônia (Porto Velho-RO) e outra na Região Nordeste do Brasil (Fortaleza-CE). Os resultados mostraram que para regiões semi-áridas, ainda há uma grande incerteza ao assumir-se o valor de uma média amostral ou populacional para a precipitação sazonal, relacionado a variabilidade de chuva na Região Amazônica. Enquanto, na Amazônia, a exemplo de Porto Velho-RO, para se obter uma precisão na estimativa da média amostral da ordem de 5%, com 95% de confiabilidade, são necessários em torno de 46 anos; no setor norte do Nordeste (Fortaleza-CE), este número de anos é 4 vezes maior (em torno de 173 anos). A diminuição do erro padrão médio, associado, a uma amostra padrão de 30 anos, é da ordem de 50% em Fortaleza-CE quando esta amostra passa ter em torno de 545 anos, enquanto em Porto Velho – RO esta diminuição no erro padrão situa-se em torno de apenas 20%.

**Palavras-chave:** média amostral, erro padrão

## INTRODUÇÃO

O uso de médias temporais como medida de tendência central tem sido amplamente explorado, inclusive como variável principal em projetos de pesquisa. Tem-se optado, também, por outras medidas estatísticas como a mediana e a moda como variáveis esperadas.

---

1- Meteorologista Ms. em Engenharia Civil – Área de concentração em Recursos Hídricos – Depart. Meteorologia – FUNCEME – Av. Bezerra de Menezes, 1900 – Fortaleza – Ce – 60.325.001 – email: [brabo@zeus.funceme.br](mailto:brabo@zeus.funceme.br)

2 - Phd em Hidrologia – Universidade Federal do Ceará – Depart. Engenharia Hidráulica e Ambiental – Campus do Pici – Fortaleza – Ce – email: [nilson@ufc.br](mailto:nilson@ufc.br)

3 - 1- Meteorologista Ms. em Engenharia Civil – Área de concentração em Recursos Hídricos – Depart. Meteorologia – FUNCEME – Av. Bezerra de Menezes, 1900 – Fortaleza – Ce – 60.325.001 – email: [rubenald@zeus.funceme.br](mailto:rubenald@zeus.funceme.br)

4 - 1- Assistente Técnico – Depart. Meteorologia – FUNCEME – Av. Bezerra de Menezes, 1900 – Fortaleza – Ce – 60.325.001 – email: [jair@zeus.funceme.br](mailto:jair@zeus.funceme.br)

A Organização Meteorológica Mundial – **OMM** (1960), tem sugerido que o período aceitável para se estimar a média como climatológica, ou representativa de um valor temporal esperado em análises climatológicas, seria de 30 anos de dados, adotado em duas situações: (1) Como Normais, representando a média de dados contínuos relativo a 3 períodos consecutivos de 10 anos, ou (2) Normal Climatológica Padrão, que se refere a média de 30 anos de dados contínuos contados a partir do início dos séculos (01/01/1901 a 31/12/1930, etc.). Evidentemente que a proposta da **OMM** pretendia contemplar, dentro dos períodos sugeridos, todas as variações possíveis, no quais ter-se-ia um média “precisa”.

No entanto, sabemos que as médias climatológicas ditas representativas têm as suas características que mudam de região para região ao longo do globo. Por exemplo, as medidas de tendência central de variáveis climatológicas nas regiões temperadas, em geral, apresentam uma variância bem menor que nas regiões tropicais sugerindo que o período representativo para se obter a média pode ser inferior a 30 anos nessas regiões. Isto é, cada região têm as suas particularidades climáticas, o que deve ser levado em consideração na extração de variáveis para suas padronizações climáticas. Além disso, deve-se considerar também se no período de observação da série no qual se deseja extrair um valor médio se não ocorreu nenhuma mudança climática significativa, ou persistência de períodos mais extensos que caracterizaram anos anômalos que poderiam mascarar o valor médio da respectiva variável.

Uma das principais questões no âmbito estatístico é realmente assumir que o valor médio populacional de uma determinada variável, observada em um certo intervalo de tempo, seja realmente representativo de toda a sua variabilidade. Estatisticamente seria ideal que se possuísse uma amostra excessivamente longa, tendendo ao infinito, para que seus valores populacionais fossem mais fidedignos possíveis da realidade. Entretanto, isto em termos práticos é impossível de se conseguir.

Estudos que abordam este assunto podem ser encontrados na literatura especializada. Campos et al., 1996 e Campos et al., 1997 mostraram comparações da estimativa da variabilidade das vazões regularizadas por reservatórios superficiais em função do coeficiente de variação dos deflúvios anuais ( $Cv = \sigma/\mu$ ). Dois aspectos foram avaliados nestes estudos: o tamanho (**n**) da série necessário para uma dada precisão na estimativa da média populacional dos deflúvios e a variância da vazão regularizada como função de **Cv** e **n**. Os valores de **Cv** utilizados variaram desde 0,2,

típicos de rios do Nordeste dos Estados Unidos, a 1,4, valores característicos do semi-árido do Nordeste Brasileiro.

Segundo os resultados dos estudos citados acima as incertezas e erros caracterizam principalmente rios com altos valores de  $C_v$ . Por exemplo, para se obter no Nordeste Brasileiro a mesma precisão na estimativa do deflúvio médio que se obtêm no Nordeste dos Estados Unidos para uma série de 30 anos de dados, seriam necessários cerca de 690 anos. Além disso, dada uma média populacional, a vazão regularizada para  $C_v = 0,2$  é aproximadamente 2,8 vezes maior que aquela para  $C_v = 1,4$ . Portanto, quanto maior o  $C_v$  menor a vazão regularizável e menor a sua previsibilidade.

Neste estudo, admitindo-se que o regime de chuva em um determinado posto pluviométrico pode ser caracterizado pela sua média ( $\mu$ ) e desvio padrão ( $\sigma$ ), analisou-se dois problemas: (i) o erro padrão associado a estimativa de  $\mu$  a partir de dados históricos e o tamanho da amostra para a estimativa de  $\mu$  para uma dada precisão ( $\epsilon$ ).

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados totais anuais de precipitação (acumulados entre os meses de janeiro a maio) para postos pluviométricos localizados nas cidades de Fortaleza-CE e Porto Velho-RO. Para Fortaleza-Ce a série utilizada compreendeu o período de observações de 1964-1993 e para Porto Velho de 1951-1985. A Tabela 1 mostra os valores de  $\mu$  e  $\sigma$  (considerados como característicos da população e que serviram de base para a geração das séries sintéticas que foram usadas no estudo) para as respectivas séries mencionadas acima. Foram geradas 30 amostras sintéticas para os horizontes de 30, 100, 300, 500 e 545 anos tendo como base os valores da Tabela 1 para duas cidades Fortaleza-CE e Porto Velho-RO.

**Tabela 1** – Valores de  $\mu$  e  $\sigma$  das séries de dados observados em Fortaleza-CE e Porto Velho-RO.

---

CIDADE	PARÂMETROS ESTATÍSTICOS		
	Média ( $\mu$ )	Desvio Padrão ( $\sigma$ )	$C_v$
Fortaleza –CE	1247,0	417,42	0,16
Porto Velho –RO	1326,31	216,14	0,33

---

Segundo Kenneth & Chapra (1983) a incerteza na média populacional é definida como uma condição de estado de conhecimento não confiável. Considerando que se deseja estimar o desempenho de um sistema (regime), o valor médio de uma determinada variável de controle qualquer, com um nível de precisão de  $\pm r\%$  (sobre esta variável) e um nível de confiança de  $100(1-\alpha)\%$ , o tamanho da amostra (n) pode ser definido de acordo com a formulação mostrada a seguir (Filho, 1998).

$$n \equiv \left( \frac{100 * z * \sigma}{r * x} \right)^2 \quad (1)$$

onde :

z = é o valor da variável normal padrão para o nível de confiança desejado.

x = média amostral.

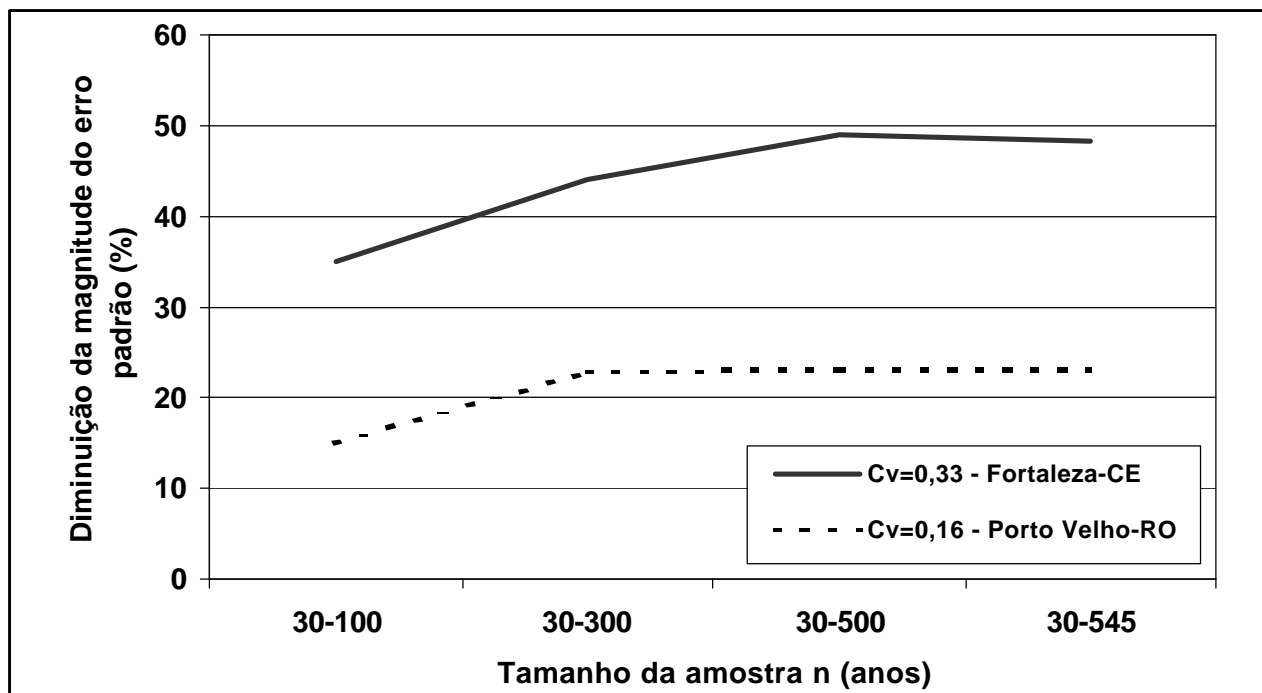
$\sigma$  = desvio padrão amostral.

r = nível de precisão estatístico desejado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram diferenças marcantes na estimativa da média (com uma precisão de 5% e 95% de confiança estatística) utilizando a fórmula 1 entre as duas cidades consideradas no estudo assumindo-se os valores da Tabela 1 como sendo representativos da população da variável em questão. Para Fortaleza-CE, onde a variabilidade pluviométrica é mais acentuada, seria necessário em torno de 173 anos para se obter esta precisão estatística, enquanto para Porto Velho-RO o número de anos para se obter esta precisão seria em torno de 46 anos (período 4 vezes inferior).

Na figura 1 é apresentado a diminuição do erro padrão (%), em relação a uma amostra de 30 anos de observações, para um horizonte de observações de 100, 300, 500 e 545 anos para os referidos valores de Cv para as cidades de Fortaleza-CE e Porto Velho-RO. Nota-se uma diferença bastante acentuada entre as curvas para duas cidades. Em Fortaleza-CE, há uma redução do erro da ordem de 50%, caso de utilize uma série com 545 anos de observações em relação a uma de 30 anos. Enquanto, para Porto Velho-RO este erro, estatisticamente, seria da ordem de apenas 20%.



**Figura 1** – Diminuição do erro padrão médio (%) em relação a uma amostra de tamanho **n** de observações a ser considerada. A amostra padrão base para comparação foi uma amostra de tamanho **n** igual a 30 anos.

## CONCLUSÕES

Em síntese, pelas análises pôde-se concluir:

- Apesar da variabilidade pluviométrica em regiões semi-áridas ser bem menor do que os seus deflúvios médios anuais (Campos et. al., 1997), mesmo assim, ainda há uma grande incerteza ao assumir o valor de uma média amostral ou populacional para a precipitação sazonal relacionada a variabilidade de chuva na Região Amazônica. Enquanto na Amazônia, a exemplo de Porto Velho-RO, para se obter uma precisão na estimativa da média amostral da ordem de 5% com 95% de confiabilidade, são necessários em torno de 46 anos; no setor norte do Nordeste este número de anos é 4 vezes maior (em torno de 173 anos);
- A diminuição do erro padrão médio associado a uma amostra padrão 30 anos no setor norte do Nordeste (Fortaleza-CE) é da ordem de 50%, quando a amostra n tem 545 anos de observações, enquanto na Amazônia (Porto Velho-RO) esta diminuição situa-se em torno de 20%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J. N. B. (1996) O processo de estocagem de águas em reservatórios: o papel da variabilidade dos deflúvios. In: III Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Salvador-BA.

CAMPOS, J. N. B.; SOUZA FILHO, F. A & ARAÚJO, J. C. de (1997) Erros and variability of reservoir yield estimation as a function of the coefficient of variation of annual inflows. In: XXVII Congress IARH, Proceedings, San Francisco, USA.

FILHO, P. J. de F. (1998) Curso de Capacitação Técnica – Emprego de Técnicas Estatísticas na Modelagem e Simulação de Sistemas. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Fortaleza-CE. Cap.3, pg.7.

KENNETH, H. R. and CHAPRA, S. C. (1983) Engineering approaches for Lake Management, v.1: Data Analyses and Empirical Modeling. BUTTER WORTH PUBLISHERS, Maryland.

WMO (1960) Guide to Climatological Practices. WMO, n°. 100, pg. 4.