

IV-135 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ MIRIM

Taiane Menezes Conterato⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria.

Stefany Correia de Paula⁽²⁾

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Rondônia. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria.

Maria do Carmo Cauduro Gastaldini⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre e Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Adjunta do Departamento de Hidráulica e Saneamento - Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria.

Endereço⁽¹⁾: Rua Vale Machado, 1675/302 – Centro - Santa Maria - RS - CEP: 97010-530 - Brasil - Tel: (55) 3307-6675 - e-mail: taianeconteratto@gmail.com

RESUMO

A análise estatística de dados hidrológicos é de fundamental importância para a caracterização de bacias hidrográficas. Com este estudo, é possível se obter a variabilidade dos dados e analisar a representatividade dos mesmos. Neste trabalho, realizou-se a análise estatística descritiva de dados de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, na região central do Rio Grande do Sul. Utilizou-se dois postos pluviométricos próximos, um dentro da bacia (P1) e outro fora, (P2). Além de uma estação fluviométrica que monitora quase toda a bacia. O período de estudo foi de janeiro de 1984 a dezembro de 1985, pois nesta época não existiam falhas nos dados. Realizou-se hidrogramas e histogramas com os dados dos postos, obtendo que, na maior parte do tempo, não ocorreram chuvas na bacia. As médias obtidas para os pontos P1 e P2 foram 5,9mm e 5,6mm, respectivamente, devido à pouca precipitação. Já, a média das vazões foi de 31,7 m³/s, não sendo um valor representativo das maiores ou das menores vazões. A mediana das precipitações foi de 0 mm e das vazões de 16m³/s, também não sendo um valor representativo. A variância do posto P1 foi de 260,6 e do P2, 212,4. Já, para a vazão, foi de 2078. Os desvios padrões foram de 16,1mm, 14,6 mm e 45,6m³/s, para os pontos P1, P2 e para a vazão, respectivamente. Estes valores mostram as grandes alterações dos dados em torno das médias. Os coeficientes de variação foram de 2,7 para P1, 2,6 para P2 e 1,4 para os dados de vazões. Ainda, a correlação entre os postos pluviométricos foi de 0,77, indicando boa relação entre ambos. Por fim, verificou-se que a obtenção de medidas estatísticas isoladamente não representa de forma adequada toda a série de dados, sendo necessário um maior número de análises.

PALAVRAS-CHAVE: Estatística descritiva, hidrograma, dados hidrológicos.

INTRODUÇÃO

A maioria dos fenômenos hidrológicos são estocásticos, ou seja, ocorrem de forma inerentemente aleatória, devido à dependência e à complexa interação entre as variáveis (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Devido à esta inter-relação entre as componentes hidrológicas, é possível correlacionar causas e efeitos de interesse, tais como chuva-vazão e vazão-sedimento, a partir de alguns indicadores estatísticos.

Em um primeiro momento, é necessário realizar uma análise prévia em uma sequência de dados hidrológicos, conhecida como série histórica, que consiste basicamente de uma amostra extraída da população. Naghettini e Pinto (2007) citam que esta análise compreende um conjunto de métodos e técnicas, que visam identificar as características empíricas essenciais do padrão de distribuição de uma variável hidrológica.

A bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, localizada na região central do Rio Grande do Sul, possui grande importância na região, contendo um reservatório responsável por 40% do abastecimento da cidade de Santa Maria. Além disso, as suas águas são utilizadas, em sua maioria, para agricultura, pecuária e recreação. Logo, é de grande importância a inserção de postos para o monitoramento de dados hidrológicos, principalmente, os referentes à precipitação e vazão.

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise estatística descritiva de séries históricas de postos de monitoramento pluviométrico e fluviométrico, na bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, em busca de padrões empíricos de variabilidade destas amostras populacionais, buscando caracterizá-las em função de seu comportamento.

Esta análise estatística descritiva dada a partir de indicadores básicos que permitem de forma efetiva, desenvolver a probabilidade aliada às soluções dos diversos problemas relacionados com recursos hídricos. As medidas analisadas neste trabalho serão a média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, moda, variância e valores máximos e mínimos. Outra representação estatística importante é o histograma de frequências, que fornece informações a respeito da ocorrência dos volumes das precipitações. Além disso, serão apresentados os hidrogramas das bacias que mostram o comportamento das vazões, a partir de determinados eventos, o que permite uma visão mais clara do comportamento da bacia.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, está localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes 29° 36' 55"S e 29° 39' 50"S e longitudes 53° 46' 30"W e 53° 49' 29"W, contando com uma área de, aproximadamente, 1.140 km² (CASAGRANDE, 2004). Abrange cinco municípios: Santa Maria, Restinga Seca, Itaara, São João do Polesine e Silveira Martins.

Para este estudo, delimitou-se a bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, até o posto fluviométrico Restinga Seca (figura 1), escolhido por ser o único com dados disponíveis de vazão em toda a bacia. A partir da nova delimitação, reduziu-se a área da bacia para 931,92 km². O perímetro obtido foi, então, de 162,74 km, com comprimento do canal principal de 71,87 km, declividade de 0,006 m.m⁻¹ e rede de drenagem total de 341,63 km.

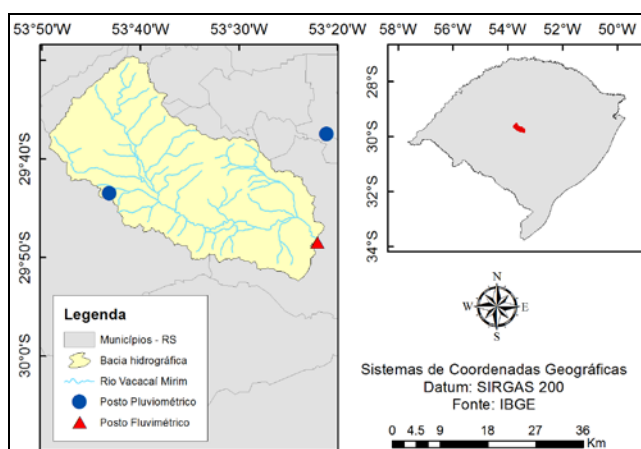


Figura 1: Bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim até o posto fluviométrico Restinga Seca.

OBTENÇÃO DE DADOS

As séries históricas foram obtidas através da base de dados da Agência Nacional de Águas – ANA, por meio dos postos de monitoramento pluviométrico (de onde foram obtidos os dados de precipitação) e fluviométrico (a partir do qual se adquiriu a série de vazões). Neste trabalho, serão utilizados dois postos pluviométricos, sendo que um deles é localizado dentro da bacia e o outro fora de sua delimitação.

O primeiro, denominado Santa Maria (cód. 2953017) é situado dentro da bacia, compreendido na latitude 29°43'27"S e longitude 53°43'12"W, sendo designado ao longo do estudo como P1. O segundo, cujo nome é Dona Francisca (cód. 2953008), localizado fora da bacia, possui latitude 29°37'28"S e longitude 53°21'07"W, denominado no trabalho como P2. A estação de monitoramento de vazão é denominada Restinga Seca (cód. 85438000), localizada na latitude 29°48'03"S e 53°22'07"W. Os dados de precipitação e vazão utilizados foram os compreendidos entre Janeiro de 1984 e Dezembro de 1985, por ser o período em que todas as séries

não apresentavam falhas diárias. Este período de dados pode não garantir a representatividade da série histórica, pois se trata de um período curto, podendo não demonstrar toda a variabilidade dos dados que ocorre nestes anos.

APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DESCRITIVA

A representação gráfica é uma maneira prática de tornar os dados hidrológicos nítidos e se ter uma noção da disposição destas variáveis. Porém, ressalta-se que apenas a visualização gráfica não basta para se inferir o comportamento da amostra ou da população, ela apenas dá uma ideia do seu comportamento, sendo necessário o uso da estatística descritiva.

Uma forma gráfica bastante utilizada por hidrólogos, quando se trata de amostras médias e grandes, é o histograma de frequência, do qual se obtém informações agrupadas em subconjunto, de forma a melhorar a compreensão do padrão de variabilidade da amostra em questão. Para se determinar o número desse subconjunto, ou ainda o número de classes (NC), do histograma, Sturges (1926) sugere que se utilize o número mais próximo gerado pela equação 1.

$$NC = 1 + 3,3 \times \text{Log}_{10} N , \quad \text{equação (1)}$$

Onde: NC = número de classes; N = número de observações.

Os postos pluviométricos P1 e P2 são analisados para o mesmo período, sendo assim, contêm iguais números de dados, então ambos os postos apresentaram um NC de 10,43. Optou-se por utilizar 11 classes nos histogramas, onde a primeira compreende apenas os dados que representam precipitação de zero mm, e os demais intervalos são dados a cada 10 mm.

Além disso, foram construídos os hidrogramas dos postos de estudo, gráficos box-plot (utilizando o *software* Action 2.7) e a análise descritiva dos dados, com o intuito de se realizar uma comparação entre a importância dos diferentes tipos de representação dos dados hidrológicos.

Na análise descritiva, foram consideradas as seguintes medidas: média, mediana, moda, variância, desvio padrão e coeficiente de variação. A média aritmética ou simplesmente média é calculada através da soma de todos os valores de uma série de dados, dividido pelo tamanho da série. Na maioria dos trabalhos que apresentam um conjunto de valores, a média é comumente uma das primeiras medidas a ser calculada. No estudo de precipitações, por exemplo, ela fornece uma ideia inicial do comportamento dos eventos. Porém, em casos onde os dados são muito discrepantes, ela pode não ser representativa. Sendo assim, é necessário fazer uma análise dos dados de forma geral para comparar com a média calculada.

Já, a mediana é obtida organizando-se a série de dados em ordem crescente e tomando-se o valor central, representando assim 50% das ocorrências. É considerada um valor mais robusto do que a média, pois representa uma maior quantidade de valores, principalmente quando a amostra possui muitos *outliers* (valores que apresentam um grande afastamento dos demais). A moda é o valor que mais se repete no conjunto de dados, podendo ser bastante útil para se analisar o tipo de ocorrência mais frequente.

A variância representa a alteração dos valores em torno da média. O desvio padrão é dado pela raiz quadrada da variância. Este expressa a dispersão individual de cada valor em relação à média e é fortemente influenciado pelos maiores e menores desvios. Ainda, o coeficiente de variação, que é dado pelo quociente entre o desvio padrão e a média, é muito utilizado quando se quer comparar duas ou mais amostras diferentes em relação à sua variabilidade.

A correlação entre os postos de precipitação também foi realizada, objetivando relacionar as duas séries de dados e indicar a força e direção do relacionamento linear entre ambas, sendo maior quando este valor se aproxima de 1. É obtida matematicamente, pela divisão da covariância pelos desvios padrões das variáveis envolvidas. Em estudos hidrológicos é muito utilizada quando se quer buscar uma maneira de se relacionar diferentes variáveis, para explicar o comportamento de uma bacia, por exemplo.

RESULTADOS OBTIDOS

Os hidrogramas obtidos para as precipitações dos postos P1 e P2 estão representados na figura 2, demonstrando que essa representação gráfica é de fácil entendimento, porém, torna-se difícil a retirada de informações hidrológicas quantitativas, devido à grande quantidade de eventos presentes.

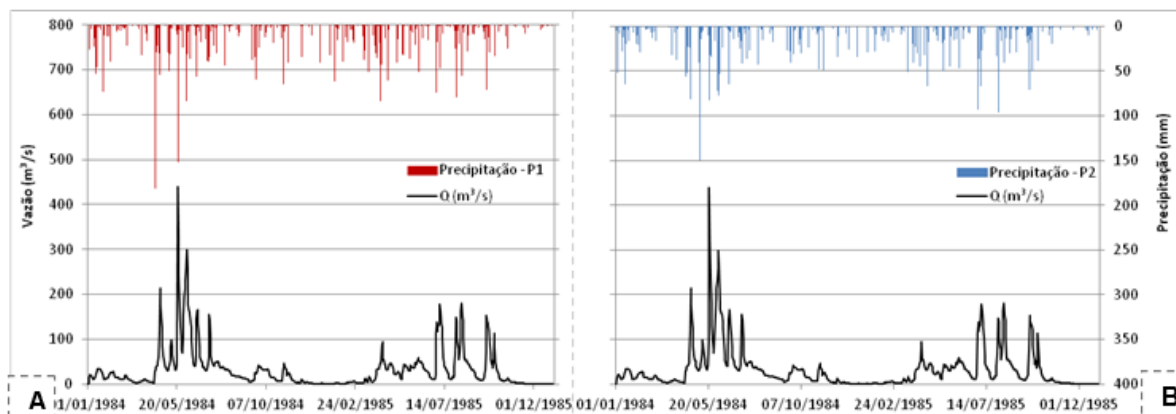


Figura 2: Representação das vazões diárias, com os dados de precipitação do P1 (A) e os dados de precipitação do P2 (B).

Nos histogramas dos Postos P1 (figura 3A) e P2 (figura 3B) é possível observar nitidamente o comportamento da precipitação quando se relaciona “Frequência vs. Volume Precipitado”. Pode-se inferir, também, sobre a variação da distribuição dos dados, notando que os histogramas se comportam de forma assimétrica, não seguindo um padrão normal de distribuição.

Observa-se que, dos 731 dias analisados, 456 dias no P1 e 523 dias no P2 não apresentaram precipitação. Conforme se aumenta o volume precipitado diminui-se a frequência, seguindo a ideia de que chuva de menor intensidade é mais frequente, e possui Tempo de Retorno (TR) menor.

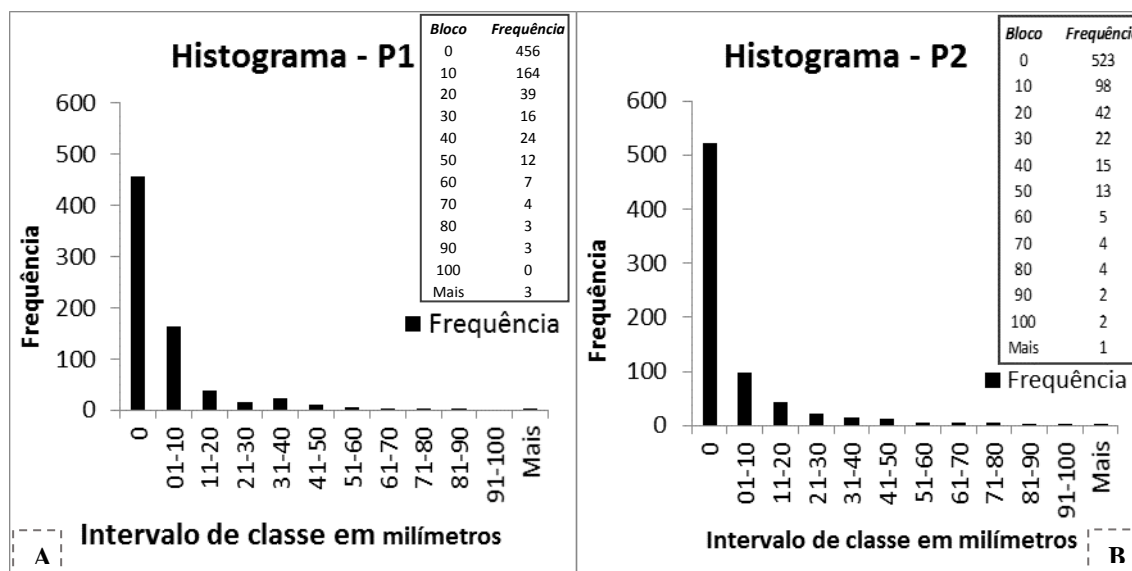


Figura 3: Histograma do P1 (A); e do P2 (B).

Na figura 4 têm-se os resultados da média e da mediana, onde é possível comparar as mesmas com os valores de vazões.

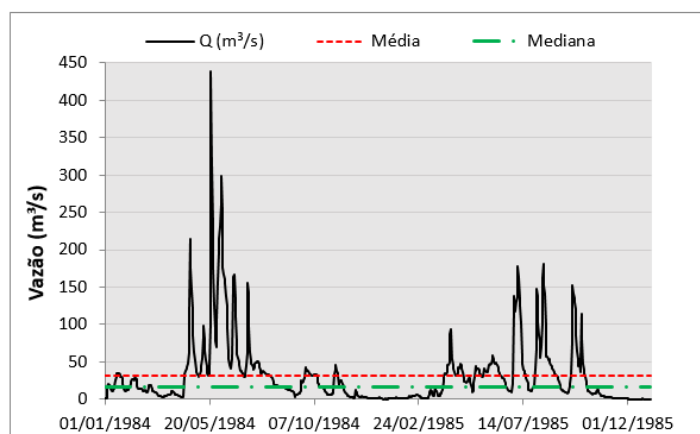


Figura 4: Representação das vazões diárias com o destaque para a média e a mediana da série.

Para as precipitações do P1, a média encontrada foi de 5,9 mm e para P2 se obteve 5,6 mm. Estas médias baixas podem ser explicadas pela quantidade de dias em que não houve precipitação. Já a vazão média encontrada foi de 31,7 m³/s, não sendo representativa nem das vazões maiores nem das menores. Para os dados de chuva, foram obtidas medianas com valores de 0 mm, pois mais de 50% dos dias não apresentaram precipitação, o que é confirmado pelos histogramas de frequência gerados para os dois postos. A mediana das vazões encontradas foi da ordem de 16 m³/s. Como esses dados de vazão não seguem um padrão, se torna difícil serem representados por único valor.

Em estudos hidrológicos, dificilmente usa-se a moda, pois é difícil dizer, por exemplo, qual o valor da vazão que mais se repete. Porém, para fins didáticos, calculou-se a moda das séries de precipitação e vazão, chegando ao valor de 0 mm para ambos os postos pluviométricos e 0,5 m³/s para a série de vazão.

No posto P1 se obteve uma variância de 260,6 e no posto P2, 212,4. Para a vazão, o valor encontrado foi de 2078. Estes resultados demonstram uma grande dispersão tanto dos dados de chuvas quanto os de vazão, embora a variância não seja uma medida de fácil interpretação. Para as precipitações dos postos P1 e P2, os desvios padrões foram 16,1 e 14,6 mm, respectivamente. Para a vazão, o desvio padrão amostral foi de 45,6 m³/s. Assim sendo, é possível afirmar que os valores de chuvas e vazões variaram consideravelmente da média. Partindo dos resultados encontrados, nota-se que o valor do desvio padrão da vazão é mais influenciado pelos valores extremos do que a precipitação.

O resultado obtido para o coeficiente de variação da série de precipitação do P1 foi de 2,7 e do P2 foi de 2,6. Isto coloca a série desta última estação numa condição de maior homogeneidade em relação à P1. Porém, ambos são muito próximos, evidenciando que as distribuições das chuvas dos dois postos são bastante semelhantes, o que pode ser explicado devido à localização próxima dos dois postos. Para os dados de vazão, foi obtido um coeficiente de variação de 1,4. Este valor mais baixo se dá devido ao fato de que, na maior parte do período estudado, as vazões foram mais baixas e, embora não tenham sido iguais, eram sempre próximas entre si.

Na tabela 1 estão os resultados obtidos na análise estatística descritiva.

Tabela 1: Análise descritiva dos postos em estudo.

P1 (mm)		P2 (mm)		Q(m³/s)	
Média amostral	5,9	Média amostral	5,6	Média amostral	31,7
Desvio padrão da média	0,6	Desvio padrão da média	0,5	Desvio padrão da média	1,7
Mediana	0,0	Mediana	0,0	Mediana	16,0
Moda	0,0	Moda	0,0	Moda	0,5
Coeficiente de variação	2,8	Coeficiente de variação	2,6	Coeficiente de variação	1,4
Variância da amostra	260,6	Variância da amostra	212,4	Variância da amostra	2078,0
Mínimo	0,0	Mínimo	0,0	Mínimo	0,2
Máximo	182,2	Máximo	150,0	Máximo	439,0

A respeito da correlação entre os postos pluviométricos, obteve-se um valor de 0,77 e um coeficiente de determinação (R^2) de 0,59, indicando uma boa relação, devido ao fato de ambos estarem em regiões e condições climáticas semelhantes. Na figura 5 é mostrada a correlação entre os postos P1 e P2.

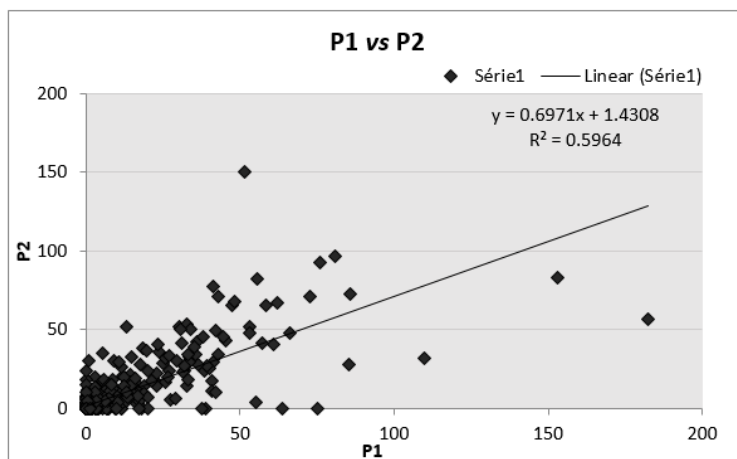


Figura 5: Correlação entre os postos pluviométricos P1 e P2.

Nas figuras 6A e 6B estão os gráficos box-plot para os postos pluviométricos e fluviométrico. Para os primeiros, as médias das precipitações se aproximaram muito do limite inferior, o que torna difícil a visualização e a compreensão dos gráficos. Além disso, teve um grande número de valores atípicos, evidenciando a grande variação das chuvas diárias. Já no gráfico da vazão, a média se distanciou mais dos valores baixos, favorecendo a visualização do diagrama.

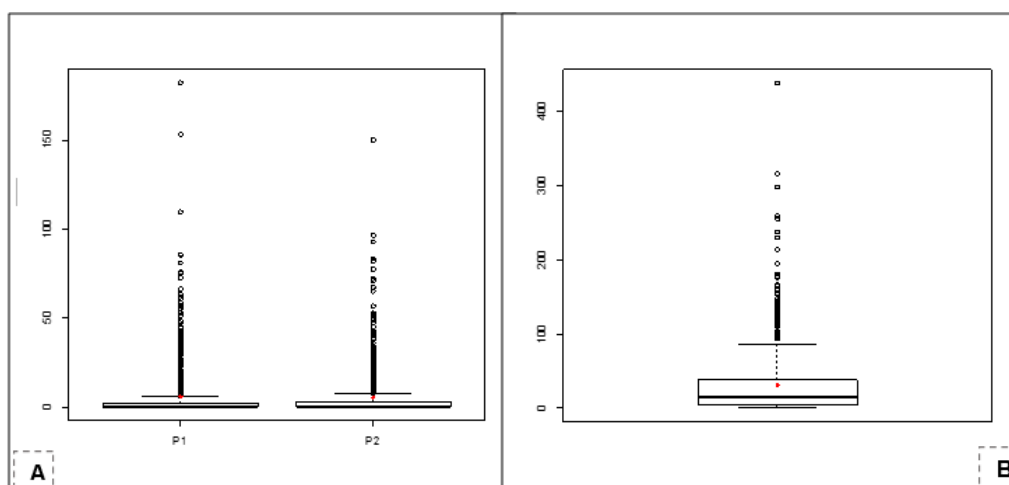


Figura 6: Gráfico box-plot para as séries de precipitação dos postos P1 e P2 (A) e de vazão do posto fluviométrico (B).

CONCLUSÃO

A partir deste estudo, notou-se que os conjuntos de dados hidrológicos necessitam ser previamente analisados com base em alguns indicadores estatísticos básicos, com o objetivo de se conhecer seu comportamento e sua variabilidade no tempo, sendo necessário realizar vários testes para que se comprove e valide a representatividade do resultado obtido.

Avaliar somente uma variável, como a média, por exemplo, pode não ser o suficiente para se descrever o comportamento da série histórica de determinada variável, ressaltando-se, então, a importância de uma análise completa e consistente.

Para os postos utilizados neste trabalho, foi realizada uma análise estatística descritiva básica, a partir da qual foi possível notar a pouca relação entre as precipitações e a vazão que ocorre na bacia, pressupondo, dessa forma, que outros fatores interfiram nos resultados, como a forma da bacia, o tempo de concentração, o uso e ocupação do solo e, provavelmente, contribuição de água subterrânea.

Sendo assim, conclui-se que devido à inter-relação entre as diversas componentes hidrológicas, a relação entre apenas duas variáveis (Precipitação vs. Vazão) não é suficiente para explicar o comportamento de uma a partir da outra, sendo necessário o conhecimento das demais variáveis hidrológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASAGRANDE, L. Avaliação do parâmetro de propagação de sedimentos do modelo de Williams (1975) na bacia do rio Vacacaí-Mirim com o auxílio de técnicas de geoprocessamento. Santa Maria, 2004. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, 2004.
2. NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil–CPRM, 2007, 561p.
3. STURGES, H. A. The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association, v.21, n. 153, p.65-66, 1926.