



## ANÁLISE PRELIMINAR DA RELAÇÃO COTA-PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO BENEVENTE

EDUARDO MORGAN ULIANA<sup>1</sup>; GIZELLA CARNEIRO IGREJA<sup>2</sup>;  
JOSÉ GERALDO FERREIRA DA SILVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Ambiental, Bolsista FAPES – ES, morganuliana@bol.com.br

<sup>2</sup> MSc. Engenharia Ambiental, Analista de Meio Ambiente e Recursos Hídricos IEMA - ES

<sup>3</sup> D.Sc. Engenharia Agrícola, Pesquisador Incaper - ES

Apresentado no

IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola - CLIA 2010

XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2010

25 a 29 de julho de 2010 - Vitória - ES, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento hídrico da porção mais alta da Bacia Hidrográfica do rio Benevente de forma a contribuir para estudos de alerta e controle de enchentes, uma vez que, sua parte baixa, vem sofrendo um processo muito rápido de ocupação. Escolheu-se para esta análise, dados diários dos períodos chuvosos compreendidos entre janeiro 2004 e dezembro de 2008 de quatro postos pluviométricos e um fluviométrico. Verificou-se o grau de relacionamento entre as variáveis cota e precipitação, por meio do coeficiente de correlação e em seguida obteve-se a equação de regressão cujo grau de ajustamento foi analisado pelo coeficiente de determinação, e por fim realizou-se a análise de resíduos. A partir do modelo de regressão múltipla, obteve-se a equação para estimar por meio de precipitação a cota de nível do rio Benevente. Os resultados preliminares das análises demonstraram que o grau de relacionamento entre as variáveis sob estudo é relação linear positiva e fraca e que a equação de regressão explica em 32% a variação de cota do rio.

**PALAVRAS-CHAVE:** correlação, variação de nível, equação de regressão.

## PRELIMINARY ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP QUOTA-PRECIPITATION RIVER BASIN BENEVENTE

**ABSTRACT:** This work aimed to study the behavior of water higher portion of River Basin Benevente to contribute to studies of early warning and flood control, since their lower part, has been undergoing a very rapid process of occupation. Was chosen for this analysis, daily data of the rainy periods of between January 2004 and December 2008 of four rain gauges and one fluviometric station. It was the degree of relationship between elevation and precipitation variables through the correlation coefficient and then obtained the regression equation whose degree of adjustment was examined by the coefficient of determination, and finally held on analysis waste. From the multiple regression model, we obtained the equation for estimating rainfall by the quota level of the river Benevente. Preliminary results of analysis showed the positive linear and weak degree of relationship between variables under study is and that the regression equation explains 32% of the variation in elevation of the river.

**KEYWORDS:** correlation, changes in level, the regression equation.

**INTRODUÇÃO:** Enchente corresponde ao fenômeno da ocorrência de vazões relativamente grandes de escoamento superficial e que, normalmente, causam inundações isto é, as águas extravasam o canal natural do rio. Segundo TUCCI (1993) a ocorrência desse fenômeno está ligado diretamente aos fatores meteorológicos e hidrológicos. As condições hidrológicas que produzem a inundações podem ser naturais ou artificiais. As condições naturais são: relação intensidade/duração/frequência das

precipitações, cobertura vegetal, capacidade de drenagem, forma da bacia. As condições artificiais da bacia relacionam-se a modificação humana como obras hidráulicas, forma de ocupação do solo, erosão, desmatamentos, entre outros. Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações. Normalmente, os rios drenam nas suas cabeceiras, áreas com grande declividade, produzindo escoamento em alta velocidade que pode provocar uma rápida variação do nível do rio. Esta velocidade de escoamento pode ser intensificada devido à degradação. A atividade antrópica vem provocando alterações e impactos no ambiente há muito tempo, existindo uma crescente necessidade de se apresentar soluções e estratégias que minimizem e revertam os efeitos da degradação ambiental e do esgotamento dos recursos naturais que se observam cada vez com mais frequência. A região estudada é parte do município de Alfredo Chaves, que sofre com as consequências das enchentes do rio Benevente. A figura 1 mostra a última enchente do rio que provocou alagamento na sede deste município, no início de março de 2010.



Figura 1 – Câmara municipal de Alfredo Chaves teve o dia de trabalho suspenso.

O objetivo desse trabalho é construir uma ferramenta matemática que possa demonstrar relação entre as variáveis cota e precipitação de forma a tentar antecipar a elevação das águas do rio Benevente em virtude das chuvas de forma a contribuir para estudos de alerta e controle de enchentes.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área escolhida para esta análise preliminar é a parte alta da bacia hidrográfica do rio Benevente, com uma área de drenagem de aproximadamente 210 km<sup>2</sup>. Está inserida nesta região, parte do município de Alfredo Chaves, cuja sede é frequentemente atingida pelas cheias do rio. Os dados utilizados são da Agência Nacional das Águas e foram obtidos pelo HydroWeb. Os dados de cota pertencem a estação de Matilde e os dados de chuva foram obtidos nas estações de Matilde, Aracê, Vila Nova Maravilha e São Rafael. Foram escolhidos os dados diários dos períodos chuvosos compreendidos entre janeiro 2004 e dezembro de 2008. A figura 2 mostra o mapa da região e a localização dos postos pluviométricos e fluviométrico utilizados.



Figura 2 – Estações utilizadas e delimitação da bacia hidrográfica do rio Benevente.

Através de regressão múltipla, estudou-se o comportamento da variável dependente cota em função das variáveis independentes precipitação. Para avaliar o grau de relacionamento entre as variáveis, calculou-se o coeficiente de correlação e para avaliar a proporção da variância da variável cota, que é explicada pelas variáveis independentes de precipitação dos 4 postos, foi calculado o coeficiente de determinação múltipla,  $R^2$ .

$$R^2 = \frac{SQ\ Reg}{SQT} = \frac{[\hat{\beta}]^T [X]^T [Y] - n\bar{Y}^2}{[Y]^T [Y] - n\bar{Y}^2} \quad (01)$$

em que  $[Y]$  é um vetor ( $n \times 1$ ) das observações da variável dependente;  $[X]$  é uma matriz ( $n \times P$ ) com as  $n$  observações de cada uma das  $P$  variáveis independentes, e  $[\hat{\beta}]$  é um vetor ( $P \times 1$ ) com os parâmetros desconhecidos. Os coeficientes desconhecidos  $\beta$  podem ser estimados pela minimização do somatório dos erros quadráticos que estão apresentadas na forma de uma tabela de análise de variância (ANOVA), tal como ilustrada na tabela 1.

Tabela 1 – Tabela ANOVA da regressão múltipla.

Fonte	Graus de liberdade	Somatório dos quadrados	Quadrado médio
Regressão	P	$SQ\ Reg = [\hat{\beta}]^T [X]^T [Y] - n\bar{Y}^2$	$QM\ Reg = \frac{SQ\ Reg}{P}$
Resíduos	n-P-1	$SQ\ Res = [Y]^T [Y] - [\hat{\beta}]^T [X]^T [Y]$	$QM\ Res = \frac{SQ\ Res}{n-P-1}$
Total	n-1	$SQT = [Y]^T [Y] - n\bar{Y}^2$	

O coeficiente de determinação múltipla varia entre 0 a 1 e expressa a proporção da variância que é explicada pelo modelo de regressão. O coeficiente de correlação múltipla é calculado pela extração da raiz quadrada da equação 01 (PINTO & NAGHETTINI, 2007). Para avaliar a confiabilidade da regressão e dos seus coeficientes, foram utilizados a estatística F e o teste t, respectivamente, ambos com o nível de 5 % de significância. Foi verificado se os resíduos estavam centrados em zero e se apresentavam algum tipo de estrutura (MONTGOMERY & RUNGER, 2003).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A equação de regressão encontrada está apresentada abaixo:

Cota = **95,83** + **0,57**.(Precipitação Matilde) + **0,34**.(Precipitação Aracê) + **0,19**.(Precipitação Vila Nova Maravilha) + **0,28**.(Precipitação São Rafael)

Os resultados da regressão multipla estão apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 2 – Resultado da estatística de regressão

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,567528758
R-Quadrado	0,322088892
R-quadrado ajustado	0,319521047
Erro padrão	21,65523085
Observações	1061

Tabela 3 – Tabela resumo dos resultados da ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	4	235284,0842	58821,02104	125,4315888	1,237E-87
Resíduo	1056	495210,1684	468,9490231		
Total	1060	730494,2526			

Tabela 4 – Coeficientes do modelo

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	95,83083503	0,81349046	117,8020392	0
Variável X 1	0,572032627	0,055862891	10,23993951	1,58331E-23
Variável X 2	0,340909107	0,067320061	5,064004699	4,84201E-07
Variável X 3	0,191657542	0,048495104	3,95210082	8,26194E-05
Variável X 4	0,27743364	0,073688108	3,76497166	0,000175751

Na tabela 2 observa-se que o coeficiente de correlação linear encontrado foi de 0,56, que mostra um grau razoável de relacionamento linear entre as variáveis. O coeficiente de determinação da equação de regressão foi igual a 0,32, então, pode-se dizer que aproximadamente 32% das variações nos valores de cota são explicadas pelas variações nos valores das precipitações. Pelo valor de F de significação obtido na tabela 3, pode-se concluir que a equação de regressão é significativa. Considerando o teste t para cada coeficiente de regressão, tabela 4, tem-se que existe significância estatística, pois o valor P é menor do que 0,05, ou seja, todos os coeficientes são significativos para a regressão. Verificou-se que os resíduos estavam centrados em zero e não apresentaram estrutura. Neste estudo preliminar foi testado apenas o modelo de regressão múltipla, dessa forma, seria interessante avaliar outros modelos e verificar qual seria o mais adequado para ser aplicado nesta região. A instalação de mais um pluviômetro na cabeceira da bacia pode trazer contribuição significativa para melhorar a qualidade da informação, uma vez que dois dos pluviômetros utilizados estão muito afastados do ponto de estudo. Além disso, seria importante utilizar dados horários na construção do modelo, pois dessa forma será possível considerar as oscilações mais rápidas de nível do rio que na forma convencional de coleta, muitas vezes não é detectada.

**CONCLUSÕES:** O posicionamento da rede pluviométrica na referida bacia hidrográfica não é eficaz para calibrar modelos de cota em função da precipitação. Assim sendo, há necessidade da instalação de pelo menos mais um pluviômetro na cabeceira da bacia para melhorar a qualidade dos ajustes do modelo.

#### REFERÊNCIAS

- PINTO, E. J. A.; NAGHETTINI M. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007.  
 TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação – 1 ed.; Porto Alegre: Ed. Da Universidade: UFRGS: ABRH, 1993.  
 MONTGOMERY, DOUGLAS C.; RUNGER, GEORGE C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.