

# **PREVISÃO DE VAZÕES EM TEMPO REAL EM ÉPOCAS DE CHEIAS NO MUNICÍPIO DE NOVA ERA - MG**

**JOÃO BATISTA L. SILVA<sup>1</sup>, PAULO A. FERREIRA<sup>2</sup>, MÁRCIO M. RAMOS<sup>3</sup>, HUMBERTO P. EUCLYDES<sup>4</sup>, VICENTE P. SOARES<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestrando, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, (0XX31) 3892-4495, e-mail: *silvajbl@yahoo.com.br*

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, Prof. Ph.D., Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG.

<sup>3</sup> Engº Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG.

<sup>4</sup> Engº Agrônomo, Pesquisador Ms., RURALMINAS/UFV, Viçosa – MG.

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, Prof. Ph. D., Depto. de Engenharia Florestal, UFV, Viçosa – MG.

**Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB**

**RESUMO:** Enchentes são fenômenos naturais que podem ser intensificados por ações antrópicas na bacia hidrográfica, podendo produzir grandes prejuízos econômicos e perdas humanas e materiais para a população atingida. No contexto de minimizar estes impactos, encontram-se medidas de controle como as previsões de vazões em tempo real e os sistemas de alerta de enchentes. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi a simulação hidrológica da previsão da vazão em tempo real, em épocas de cheias, para a bacia a montante do município de Nova Era - MG. Nesta simulação foi utilizado o modelo hidrológico de transformação chuva-vazão IPH II. Foram utilizadas cinco estações pluviográficas e uma fluviográfica na simulação. O modelo foi calibrado por meio de tentativa e erro, observando que o mais importante foi a elevação do hidrograma e não o período de recessão do mesmo. Os resultados foram analisados estatisticamente e comparados com o do Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce no município de Nova Era, pois a metodologia de previsão é de correlações de vazões. O coeficiente de Nash ( $R^2$ ) obtido pelo modelo é similar ao do sistema de alerta. Já a antecedência do evento de cheia é muito maior, mostrando desta forma, que o modelo pode antecipar a previsão destes eventos.

**PALAVRAS-CHAVE:** ENCHENTES, CHUVA-VAZÃO, MODELAGEM

**PREDICTING THE FLOW RATES IN REAL TIME DURING FLOODING PERIODS IN NOVA ERA TOWN – MG**

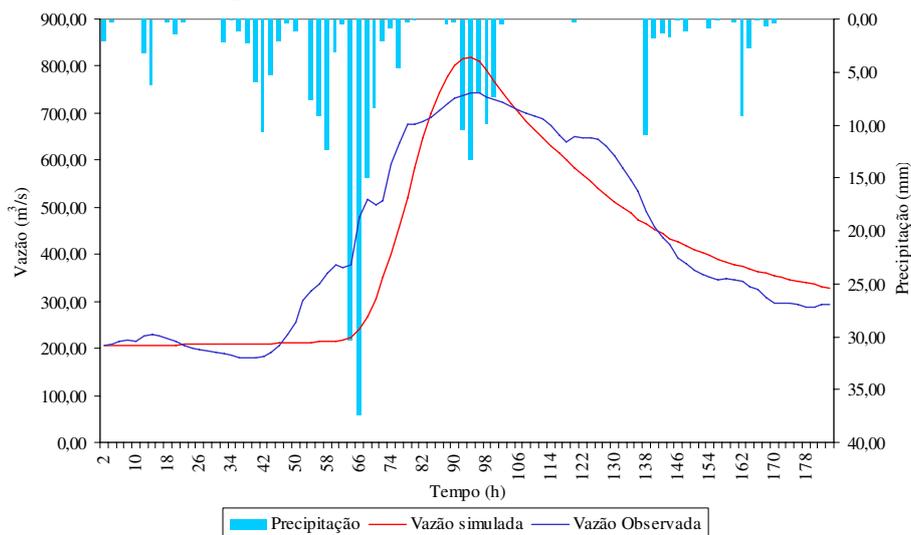
**ABSTRACT:** Floodings are natural phenomena that may be intensified by anthropical actions in the hydrographic basin, therefore producing great economical damages as well as human and material losses to the population. In this context, some controlling policies such as the flow rate forecasts under real time and the flooding alert systems. Thus, this study was carried out to hydrologically simulating the forecasting of the flow rate in real time at periodical floods for the basin upwards the Nova Era town - MG. In this simulation, the hydrological model IPH II was used for transforming the rainfall into flow rate. Five pluviographic and one fluviographic stations were used in the simulation. The model was calibrated by attempt and error, and it was observed that the most important characteristic was the raise of the hydrogram, but not the recession period of this model. The results were statistically analyzed and compared to that of the Alert System for Flooding Prevention in Rio Doce Basin, Nova Era town. The Nash coefficient ( $R^2$ ) obtained by the model is similar than the alert system. Now the antecedence of the flooding event is higher, therefore showing the model might anticipate the forecast of these events.

**KEYWORDS:** FLOODS, FLOW RATE - RAINFALL, MODELING

**INTRODUÇÃO:** Enchentes são fenômenos naturais, podendo ser intensificados por ações antrópicas que alterem significativamente as condições de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tais fenômenos, intensificados ou não, podem produzir grandes prejuízos econômicos, além de perdas humanas e materiais para a população atingida. Visando a redução destes impactos existem medidas de controle, que podem ser estruturais e não-estruturais. As medidas estruturais, na maioria dos casos, são obras de engenharia onerosas, que muitas vezes não resolvem totalmente o problema, causando uma falsa sensação de segurança aos ocupantes das áreas de risco. Já as medidas não-estruturais são de baixo custo e fácil implantação, pois tem como prioridade melhorar a convivência da população com as enchentes. Dentro destas medidas encontram-se os sistemas de alerta de enchentes, que utilizam as previsões de vazões em tempo real para prever os eventos de cheia com certa antecedência. Desta maneira, torna-se possível avisar previamente a população local, minimizando os impactos advindos das inundações. Um exemplo disto é o Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – operado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil) de Belo Horizonte – criado devido as freqüentes inundações que atingem a área (CPRM, 2005). Dentre as cidades beneficiadas pelo sistema se encontra o município de Nova Era. A metodologia de previsão de vazões do sistema de alerta (correlações de vazões), para o município, não possui um tempo de antecedência satisfatório para minimizar os impactos das enchentes, pois o município está localizado a montante da sub-bacia do rio Piracicaba, próximo à serra do Espinhaço. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi calibrar um modelo hidrológico para simular o processo de transformação chuva-vazão no intuito de antecipar a previsão de cheias para o Sistema de Alerta Contra de Enchentes da Bacia do Rio Doce, no município de Nova Era.

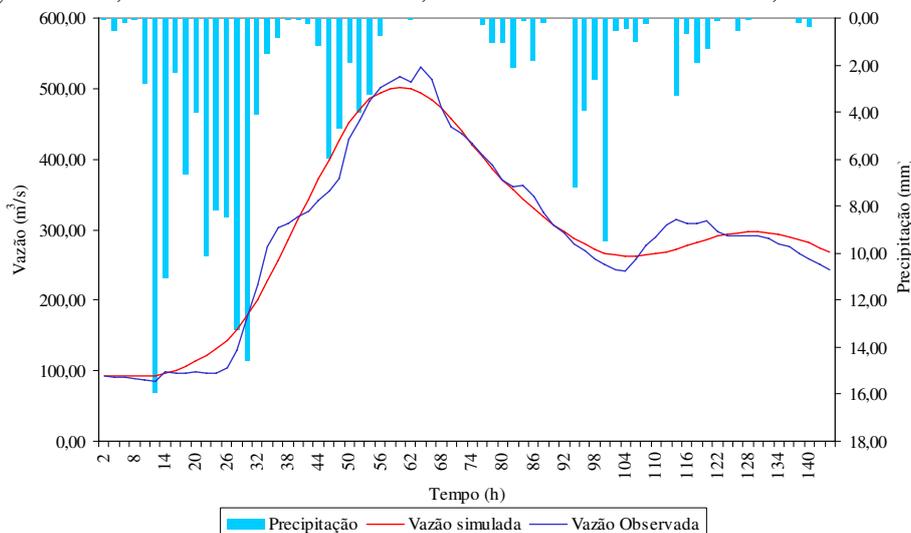
**MATERIAL E MÉTODOS:** O município de Nova Era possui uma população de 17.754 habitantes (CPRM, 2005), sendo seu principal curso d'água o rio Piracicaba, afluente do rio Doce. A bacia do rio Piracicaba a montante do município tem uma área de drenagem de 3063 km<sup>2</sup>, com seu principal afluente o rio Santa Bárbara. Seu relevo é acidentado, com altitudes que variam de 523 até 2075 m, e declividade média de 13,8 %, chegando até 238,6 %. O modelo hidrológico de transformação chuva-vazão utilizado neste trabalho foi o IPH II – versão do sistema hidrológico IPHS1 2.11 – desenvolvido pelo IPH (Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Este apresenta poucos parâmetros de calibração, sendo composto pelos seguintes algoritmos: perdas por evaporação e interceptação; separação dos escoamentos; propagação do escoamento superficial; e propagação do escoamento subterrâneo (TUCCI, 2005). Como o sistema IPHS1 é somente para eventos, não possui o algoritmo de perdas por evaporação. Foram utilizados como dados de entrada no modelo cinco estações pluviográficas e uma estação fluviográfica para aferição e calibração do modelo. A partir da série da estação fluviográfica e das vazões de alerta, 376 m<sup>3</sup>/s, e inundação, 602 m<sup>3</sup>/s – definidas por CPRM (2005) – foram selecionados dois eventos (hidrogramas) de cheia para a calibração do modelo, juntamente com os correspondentes eventos (hietogramas) das estações pluviográficas. Para considerar a variabilidade espacial da precipitação, o modelo faz a espacialização da precipitação de acordo com a influência de cada estação obtida pela metodologia dos polígonos de Thiessen (BERTONI & TUCCI, 1993). Alguns dos parâmetros do modelo foram definidos de acordo com as características físicas da bacia, extraídos do MDE (Modelo Digital de Elevação) obtido pela plataforma *United States Geological Survey* (USGS) e também por imagem do satélite LANDSAT 5. O modelo foi calibrado por meio de tentativa e erro, observando somente que o ajuste deveria se adequar melhor ao período de aumento da vazão no hidrograma, e não ao período de recessão do mesmo. Os valores iniciais destes parâmetros foram definidos segundo os encontrados em literatura, como em TUCCI (2005). Após a calibração os resultados foram analisados estatisticamente através do coeficiente de Nash (R<sup>2</sup>). Os resultados também foram comparados com os obtidos pela CPRM (CPRM, 2005) na operação do sistema de alerta no período de 2004 a 2005. Já a antecedência foi determinada a partir da precipitação diária ser maior que 80 mm – nas estações com maiores áreas de influências na bacia – até o início do evento passar a vazão de alerta do município.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 1 é apresentado o hidrograma observado no dia 17 de janeiro de 2003 na estação fluviográfica de Nova Era, juntamente com o hidrograma simulado pelo modelo hidrológico e também a precipitação média obtida pela metodologia dos polígonos de Thiessen ocorrida na bacia. Observa-se nesta figura que o modelo não simulou de forma adequada o início do aumento da vazão, pois somente gerou escoamento superficial expressivo com a forte precipitação que ocorreu na bacia, atrasando o início do aumento da vazão em 16 horas. Contudo o modelo previu o pico da vazão de cheia de forma satisfatória, uma vez que a vazão máxima simulada coincidiu com a vazão máxima observada no evento. A vazão máxima obtida pelo modelo neste evento foi de 818,38 m<sup>3</sup>/s, já a observada foi de 743,30 m<sup>3</sup>/s. Para as vazões médias do evento a diferença foi menor, sendo a simulada de 407,24 m<sup>3</sup>/s e a observada 428,06 m<sup>3</sup>/s, isto porque o modelo assimilou bem a forma do hidrograma observado.



**Figura 1 – Hidrograma observado e simulado pelo modelo para o evento do dia 17 de janeiro de 2003.**

Na Figura 2 apresenta-se o hidrograma observado no dia 10 de janeiro de 2005 na estação de Nova Era, juntamente com o hidrograma simulado pelo modelo hidrológico e também a precipitação média obtida pela metodologia dos polígonos de Thiessen ocorrida na bacia. Observa-se nesta figura que o modelo simulou muito bem o evento de cheia, ocorrendo somente no final um atraso na simulação, pois o modelo é somente para eventos isolados e não compostos. Neste evento, como no evento da Figura 1, o modelo previu o pico da vazão de cheia de forma satisfatória, pois novamente a vazão máxima simulada coincidiu com a vazão máxima observada no evento. A vazão máxima obtida pelo modelo neste evento foi 500,84 m<sup>3</sup>/s e a observada 531,20 m<sup>3</sup>/s. Já as vazões médias não apresentaram diferença significativa, sendo a simulada de 292,80 m<sup>3</sup>/s e a observada de 291,32 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 2 – Hidrograma observado e simulado pelo modelo para o evento do dia 10 de janeiro de 2004.**

Os parâmetros encontrados na calibração, para ambos os eventos, estão apresentados na Tabela 1, juntamente com os parâmetros definidos pelas características físicas da bacia. Os parâmetros definidos pelas características físicas da bacia foram o n (coeficiente de forma da bacia) e o AINP (porcentagem de área impermeável). Comparando os parâmetros calibrados neste trabalho com os encontrados em literatura (TUCCI, 2005), também para eventos isolados, estes apresentaram pouca diferença. Contudo, ocorreu uma diferença significativa nos parâmetros que indicam o comportamento do solo na infiltração – Io, Ib e h – pois a bacia a montante de Nova Era é constituída, em grande parte, por Latossolo Vermelho-Amarelo diferentemente dos solos das bacias do sul do Brasil (Argilossolos), onde se realizou a calibração, de acordo com a literatura.

**Tabela 1 – Parâmetros calibrados e definidos pelas características física da bacia, para ambos os eventos**

Evento	Io (mm/h)	Ib (mm/h)	h	Rmax (mm)	Ks (h)	Kb (h)	tc (h)	n	AINP (%)
17-01-03	29	1,5	0,93	5	39	510	34	1,7	1,41
10-01-04	11,55	1,5	0,93	5	30	510	44	1,7	1,41

Io: taxa de infiltração inicial; Ib: taxa de infiltração com o solo saturado; h:  $h = e^{-k}$  sendo que k caracteriza o decaimento da curva exponencial de infiltração; Rmax: capacidade máxima do reservatório de perdas iniciais; Ks: tempo médio de esvaziamento do reservatório superficial; Kb: tempo médio de esvaziamento do reservatório subterrâneo; tc: tempo de concentração; n: coeficiente de forma da bacia; e AINP: porcentagem de área impermeável.

Os resultados encontrados para o coeficiente de Nash ( $R^2$ ) no modelo para ambos os eventos foi: 0,84 para o evento do dia 17 de janeiro de 2003; e 0,97 para o evento do dia 10 de janeiro de 2004. Já a CPRM na operação do sistema de alerta no período de 2004 a 2005, encontrou um  $R^2$  de 0,99 (CPRM, 2005), superior ao encontrado na calibração do modelo. Contudo nos eventos de cheia, neste mesmo período de operação do sistema, a CPRM encontrou valores de  $R^2$  que variaram de 0,98 à 0,81, demonstrando desta forma, que o modelo apresentou resultados similares. Já a antecedência não foi possível determiná-la com exatidão, contudo pode afirmar que foi superior a 10 horas, maior do que três vezes a antecedência atual do Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce, a qual é de 3 horas.

**CONCLUSÃO:** Os eventos estudados e calibrados neste trabalho pelo modelo de transformação chuva-vazão IPH II, apresentam o coeficiente de Nash ( $R^2$ ) inferiores ao encontrado na atual metodologia – correlações de vazões – do Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce. Contudo se for analisado somente os eventos de cheia – a parte de maior interesse dos sistemas de alerta de enchentes – os resultados do modelo são similares à atual metodologia do sistema de alerta. Já a antecedência dos eventos é maior do que a do Sistema de Alerta Contra Enchente da Bacia do Rio Doce, demonstrando, desta forma, a potencialidade da metodologia e do modelo na previsão e antecipação dos eventos de cheia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. C., TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação, ABRH, Editora da Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1993.

CPRM, Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta – no período de dezembro de 2004 a março de 2005, Belo Horizonte, 2005.

TUCCI, C. E.M., Modelos Hidrológicos. ABRH, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.