

Avaliação do Desempenho de Modelo Hidrológico de Balanço Hídrico na Sub-bacia de Caraúbas, em anos de El Niño e La Niña

Josiclêda Domiciano Galvêncio

DCG/CFCH/UFPE.

josicleda.galvencio@ufpe.br

Francisco de Assis Salviano de Sousa

DCA/CTRN/UFEG,

fassis@dca.ufeg.edu.br

Recebido: 03/08/06 - revisado: 24/07/07 - aprovado: 14/09/07

RESUMO

Visando aplicar o balanço hídrico à superfície para outras bacias hidrográficas no semi-árido avaliou-se o desempenho do modelo desenvolvido por Galvêncio em 2005 e 2006, em anos de El Niño e La Niña, na sub-bacia hidrográfica de Caraúbas, localizada no semi-árido do Nordeste do Brasil (NEB). No balanço hídrico foram utilizados os totais diários e anuais precipitados, no período de 1973 a 1990 em cinco postos pluviométricos, localizados no âmbito da sub-bacia em estudo; os totais anuais evaporados; vazões diárias e um modelo de balanço hídrico em escala diária. A avaliação do modelo em anos de El Niño e La Niña foi feita com os anos de 1973, 1981, 1982, 1985, 1986 e 1988.

O modelo de balanço hídrico desenvolvido demonstrou-se factível e eficiente em quantificar os recursos hídricos das bacias do semi-árido, em especial da sub-bacia de Caraúbas. Esse modelo permitiu uma verificação da importância relativa dos diversos processos hidrológicos: precipitação, evapotranspiração, fluxo subsuperficial e superficial e as influências das características do solo. Em geral, o modelo desenvolvido responde bem à variabilidade espaço-temporal do escoamento superficial, quando se considera a variabilidade climática, da profundidade do solo, da cobertura vegetal e da condutividade hidráulica.

Em anos de ocorrência de El Niño forte o modelo não consegue responder aos baixos impulsos da variável precipitação. Em consequência, produz sobreestimativas de descargas diárias, acima de 12% do tempo de permanência. Nesses anos a vazão média diária é cerca de 15 m³/s. Em ano de La Niña o modelo comporta-se muito bem, com exceção das sobreestimativas dos picos de vazão. Nesses anos a descarga média diária é cerca de 200 m³/s, 13 vezes maior do que a de anos de El Niño. Esse resultado comprova que quando há impulso significativo da variável precipitação o modelo responde de forma favorável.

Palavras-chave: El Niño, balanço hídrico, descargas diárias

INTRODUÇÃO

Hidrologistas e os gerenciadores de água têm se interessados na simulação do comportamento hidrológico em grandes áreas geográficas. Para isso existem três motivações primárias. Primeiro, os gerenciadores responsáveis pelos recursos hídricos de grandes regiões precisam conhecer sua variabilidade espacial de uma forma diferente daquela hoje conhecida, ou seja, fornecida apenas pelos dados observados à superfície. Segundo, os hidrologistas e os gerenciadores de água estão interessados nos efeitos sobre a bacia hidrográfica, devido à variabilidade climática e mudanças ocorridas em grandes

áreas geográficas. Por fim, os hidrologistas e os modeladores da atmosfera estão interessados em desenvolver modelos generalizados da superfície terrestre que simule esses processos em grandes áreas geográficas.

Wooldridge et al. (2001) combinaram um modelo semidistribuído simples com uma estratégia de regionalização climática a fim de desenvolver uma previsão que estivesse relacionada aos efeitos causados por vários tipos e intensidades de uso do solo, em escala regional, da bacia hidrográfica.

Jothityangkoon et al. (2001) desenvolveram um modelo de balanço hídrico de longo prazo para grande bacia no semi-árido da Austrália Ocidental.

O modelo de balanço hídrico usado é baseado na análise climática, solo e controle de vegetação.

Jothityangkoon & Sivapalan (2003) refinando o modelo proposto acima, para estimativa de fluxos extremos, examinaram as mudanças no processo de geração do escoamento superficial durante a transição de fluxos normais para fluxos extremos. Concluíram que a vegetação influencia significativamente durante a transição do processo de escoamento superficial normal e extremo.

Berger & Entekhabi (2001) também analisando as respostas hidrológicas em relação a fisiografia e climatologia, em 10 pequenas bacias obtiveram que quando no modelo era considerado apenas a influência da climatologia o coeficiente de determinação explicava 75% enquanto que considerava no modelo a influência tanto da fisiografia quanto da climatologia o coeficiente de determinação explicava 90%. E conclui que, a fisiografia e a climatologia podem explicar uma grande fração dos diferentes processos hidrológicos.

Guo et al. (2002) usaram um modelo de balanço hídrico mensal semidistribuído para prever os impactos das mudanças climáticas na China. Para avaliar esse impacto, foi proposto e desenvolvido um modelo para simular e prever os processos hidrológicos. Nesse sentido foram utilizadas as técnicas de SIG como ferramentas para efetuar a análise topográfica da rede de drenagem, do uso do solo, das atividades humanas, da vegetação e das características do solo. Os parâmetros do modelo foram integrados a essas características da bacia por regressão e métodos de otimização; e estimados para cada um dos elementos de grade. Foram estudadas, com base em diferentes saídas do GCM (Global Circulation Model) e RCM (Regional Circulation Model), as sensibilidades da hidrologia e dos recursos hídricos da China, devido ao aquecimento global. O modelo proposto foi capaz de produzir a magnitude, a duração do escoamento superficial e as condições dos recursos hídricos. Os resultados desse estudo indicaram também que o escoamento superficial é mais sensível à variação da precipitação do que ao aumento da temperatura.

Sabe-se que no Nordeste do Brasil em anos de El Niño ocorre diminuição das precipitações e causa impacto nos recursos hídricos da região.

O Nordeste do Brasil (NEB) é uma região complexa do ponto de vista climático. Na maior parte dessa região, a precipitação é escassa e apresenta flutuações interanual muito elevadas, não observadas em outros locais da mesma faixa latitudinal. Climaticamente, o NEB apresenta temperaturas elevadas, relativamente homogêneas, durante quase

todo ano, porém essa homogeneidade térmica contrasta com a grande variabilidade espaço-temporal das chuvas. As causas dessas variações; que estão relacionadas a vários fenômenos que atuam nessa região, dentre eles o El Niño, com forte influência no clima do NEB; são intensamente investigadas.

Aragão (1990) afirma que a probabilidade de ocorrência de secas no NEB é alta, visto que está associada, em cerca de 70% dos casos, a episódios de El Niño moderados e fortes. A influência desse fenômeno é mais forte ao norte do NEB (norte do Estado do Maranhão), no Piauí, no Ceará, no Rio Grande do Norte, em Pernambuco, na Paraíba e ao norte da Bahia.

Alves e Repelli (1992) analisaram a influência do El Niño em várias sub-regiões do NEB. Na bacia do Oceano Atlântico, estudos, como por exemplo, de Hastenrath & Heller (1977), Markham & McLain (1977), Ward & Folland (1991), Moura & Shukla (1981) e Souza (1995) mostraram a relação direta do comportamento térmico do El Niño com a qualidade da estação chuvosa da região semi-árida do NEB. Em adição, diversos pesquisadores, como por exemplo, Galvêncio (2000) têm afirmado que o El Niño é um dos fenômenos responsáveis pela seca da região, enquanto o fenômeno La Niña ou anti-El Niño está associado a ocorrência de chuvas.

O objetivo deste estudo é o de avaliar o desempenho do modelo de balanço hídrico desenvolvido por Galvêncio (2005 e 2006) em anos de El Niño e La Niña na sub-bacia de Caraúbas. Os resultados obtidos poderão ser estendidos para a sub-bacia vizinha, a do rio Taperoá. Ambas formam a bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa, popularmente conhecido por açude de Boqueirão. Esse reservatório é responsável pelo abastecimento público de cerca de quinhentas mil pessoas, dentre elas as 360.000 que habitam a cidade de Campina Grande, distante 45 km do açude. Em tempo, este trabalho foi centrado apenas na sub-bacia de Caraúbas porque nela há disponibilidade de dados de vazão.

Devido à seca na região, a montante da barragem do açude Epitácio Pessoa, em decorrência do fenômeno El Niño, o abastecimento público da cidade de Campina Grande foi racionado, de outubro de 1998 a abril de 2000, em cerca de 50% a fim de evitar o colapso do sistema. Apesar de tardia, a opção pelo racionamento foi acertada visto que as chuvas do ano de 1999 não foram suficientes para recuperar, de forma satisfatória, o volume de água do açude. Além do mais, nos últimos anos, a demanda por água na cidade tem crescido vertiginosamente, não somente por causa do aumento populacional,

mas também devido ao crescimento de setores produtivos.

MATERIAL E MÉTODOS

Região em estudo

A Figura 1 apresenta a localização espacial da sub-bacia hidrográfica de Caraúbas em relação ao Nordeste do Brasil.



Figura 1 - Localização espacial da sub-bacia de Caraúbas

Material utilizado

A SUDENE e a Secretária Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH, do Estado da Paraíba, forneceram os totais diários e anuais precipitados, no período de 1973 a 1990 em cinco postos, localizados na bacia em estudo. Junto a SEMARH foram obtidos também os totais anuais evaporados, através do “Programa de Monitoramento de Umidade do Solo”. Este modelo foi viabilizado por uma parceria entre o Governo do Estado e o CPTEC/INPE. Os resultados do modelo estadual de umidade do solo estão disponibilizados na “home page” da SEMARH.

Os dados fluviométricos utilizados neste estudo, foram do período de 1973 a 1990, anos consecutivos, foram obtidos junto a Agência Nacional de Água (ANA). Esses dados amostrais ou séries temporais de vazões naturais estão isentos de alterações provocadas pela construção de obras hidráulicas. Essas séries resultam de um trabalho de consistência hidrológica coordenado pela ANA.

Modelo de balanço hídrico

De modo geral, o escoamento superficial é influenciado por diversos fatores que podem facilit

tar ou dificultar sua ocorrência. Esses fatores podem ser de natureza climática, relacionados à precipitação e a evaporação, ou de natureza fisiográfica, ligados às características físicas de uma bacia. Para estimar os valores de descargas diárias na sub-bacia de Caraúbas, Galvínio, (2006) desenvolveu um modelo de balanço hídrico para a sub-bacia de Caraúbas, baseado na identificação e quantificação dos principais processos hidrológicos. O modelo considera a precipitação e a evaporação potencial, levando em conta as influências de variações da profundidade do solo, das características fisiográficas e da cobertura vegetal. O esquema desse modelo é semelhante ao proposto por Jothityangkoon et al. (2001). As componentes do balanço hídrico foram estimadas também em escala diária.

De início, considera-se a variação da precipitação no modelo, visto que é uma das variáveis climáticas mais importantes para o escoamento superficial. Em seguida, o escoamento superficial é separado em duas partes fundamentais: escoamento superficial e subsuperficial.

A evapotranspiração potencial é contabilizada, no modelo, pela soma da evaporação à superfície e a transpiração da vegetação.

O modelo desenvolvido permite que se varie a precipitação e a evaporação potencial entre os dias. Essa metodologia é idêntica àquela adotada por Manabe (1969), Milly (1994) e Jothityangkoon et al. (2001). Inicialmente o modelo conceitualiza a resposta da bacia em termos de um único reservatório subterrâneo, com capacidade de armazenamento de água no solo finita. Considera-se como perda a interceptação na cobertura vegetal, a evaporação e a transpiração extraída pelo sistema radicular das plantas acima do reservatório subterrâneo. Considera-se que o escoamento superficial é gerado quando o armazenamento de água no reservatório subterrâneo excede sua capacidade.

Na primeira simulação é necessário especificar uma condição inicial de umidade do solo. Após várias iterações é assumido que o valor final do armazenamento de água no solo é igual ao valor inicial. Isso é feito porque o valor inicial de umidade do solo ou volume de armazenamento de água no subsolo afeta outros termos do balanço hídrico.

Equações do balanço hídrico

A estimativa do escoamento superficial no balanço hídrico diário é feita pela seguinte equação:

$$\frac{ds(t)}{dt} = p(t) - q_{ss}(t) - q_{se}(t) - e_b(t) - e_v(t) \quad (1)$$

em que q_{ss} é o escoamento subsuperficial, $e_b(t)$ é a taxa de evaporação no solo sem vegetação e $e_v(t)$ é a taxa de transpiração das plantas. O escoamento subsuperficial, na equação (1) é descrito em função do armazenamento de água no solo (s), como dado nas equações (2) e (3):

$$q_{ss} = \frac{s - s_f}{t_c} \quad se \quad s > s_f \quad (2)$$

$$q_{ss} = 0 \quad se \quad s < s_f \quad (3)$$

em que S_f é o armazenamento de água no solo, considerando uma dada capacidade de campo. Assume-se que $S_f = f_c D$. Em que f_c é a capacidade de campo predominante na bacia e D é a profundidade média do solo. A razão para o uso da capacidade de campo é que, freqüentemente, quando o conteúdo de umidade é menor do que a capacidade de campo, a força de capilaridade é maior do que a de gravidade, conseqüentemente a drenagem é retardada. O tempo de resposta do escoamento subsuperficial t_c é estimado com base na lei de Darcy, para representar de forma triangular, o aquífero subterrâneo numa superfície inclinada. Na estimativa de t_c assume-se que o gradiente hidráulico aproxima-se do ângulo da superfície do solo. Assim, t_c pode ser escrito como:

$$t_c = \frac{L\phi}{2K_s \tan \beta} \quad (4)$$

em que L é o comprimento médio do escoamento lateral, $\tan \beta$ é a declividade média da superfície, e K_s é a condutividade hidráulica média saturada.

A estimativa da evaporação no solo sem vegetação é dada por:

$$e_b = \frac{s}{t_e} \quad (5)$$

$$t_e = \frac{S_b}{(1-M)e_p} \quad (6)$$

em que t_e é uma escala temporal associada à evaporação do solo sem vegetação e dada pela equação (6), M é a fração da cobertura vegetal da bacia e varia de zero a um.

A estimativa da transpiração das plantas é dada pelas equações:

$$e_v = Mk_v e_p \quad se \quad s > s_f \quad (7)$$

$$e_v = \frac{s}{t_g} \quad se \quad s < s_f \quad (8)$$

$$t_g = \frac{S_f}{Mk_v e_p} \quad (9)$$

em que t_g é uma escala temporal associada à transpiração e k_v é a eficiência de transpiração das plantas, segundo Eagleson (1978), k_v geralmente é igual a um.

O parâmetro M é usado para dividir a evaporação total em evaporação no solo sem vegetação e transpiração das plantas. A evaporação no solo sem vegetação é uma proporção de e_p , que depende da relação de s e S_b . Quando s é maior do que S_f a transpiração é máxima e equivalente a e_p . Quando s é menor que S_f , a transpiração é dada por uma fração de e_p .

Para se utilizar o modelo em escalas de tempo diária é necessário separar a evaporação de superfície vegetada da de solo nu. Isso é feito porque nessa escala a evaporação temporal é diferente e, portanto, haverá alteração no valor do escoamento superficial.

Parâmetros e critério de estimativa do modelo

Os parâmetros são classificados em duas categorias: topográficos como D , ϕ , f_c , L , K_s e de vegetação como M , k_v .

O critério utilizado para ajustar os parâmetros e calibrar o modelo foi o coeficiente de deter-

minação. Esse coeficiente explica a variância entre a vazão observada e a estimada pelo modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados seis casos especiais: o El Niño de 1988, de forte intensidade, o La Niña de 1985 e o ano normal de 1981. Além desses três casos, foram analisados os anos de 1973, 1982 e 1986. O ano de 1973 é considerado como um ano precipitação normal, já os de 1982 e 1986 são considerados por alguns especialistas como anos de El Niño moderados.

A Figura 2 exibe as curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo, para o ano de 1988, ano de El Niño, na sub-bacia de Caraúbas. Nota-se que o modelo sobreestima a vazão para durações inferiores a 12%. Acima desse valor o modelo apresenta estimativas razoáveis. Em outras palavras, em anos de El Niño forte, o modelo não consegue responder à variabilidade da vazão. Destaca-se na Figura 2 que o pico de descarga diária é inferior a $50 \text{ m}^3/\text{s}$ e a descarga média diária está em torno de $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Essa vazão média é muito baixa para o período chuvoso da região e não contribui de forma significativa para reduzir o déficit de armazenamento do açude Epitácio Pessoa. Esse resultado demonstra que há influência negativa do fenômeno El Niño nas descargas diárias da sub-bacia e que o modelo, em anos de El Niño, não responde aos fracos estímulos da variável precipitação. Para esse caso o valor do coeficiente de determinação foi de 79%.

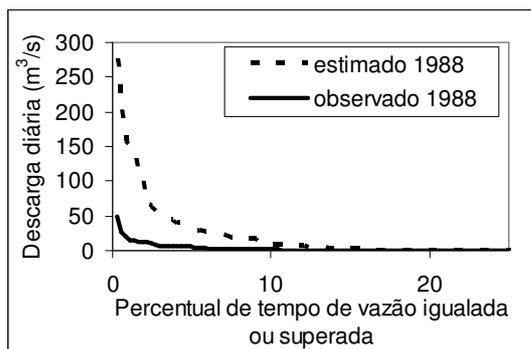


Figura 2 - Curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano de 1988, na bacia do Caraúbas

A Figura 3 mostra as curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano

de 1985, ano de La Niña, na sub-bacia de Caraúbas. Nesse caso, o modelo comportou-se muito bem, com exceção das estimativas dos picos de vazão, onde se verifica sobreestimativas. Em anos de La Niña a descarga média diária é cerca de $200 \text{ m}^3/\text{s}$, 13 vezes maior do que a de anos de El Niño. Esse resultado comprova que quando há impulso significativo da variável precipitação o modelo responde de forma favorável. Destaca-se aqui forte variabilidade, entre anos de El Niño e La Niña, das descargas diárias na sub-bacia em estudo. Nesse caso o coeficiente de determinação foi de 81%.

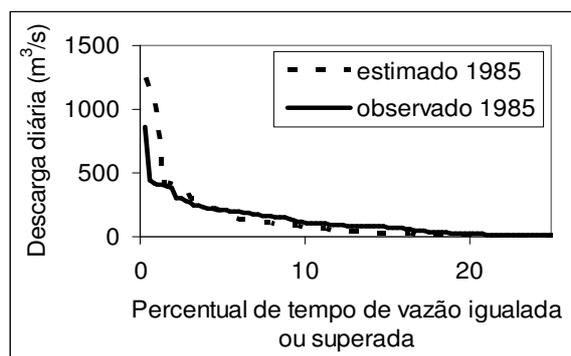


Figura 3 - Curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano de 1985, na sub-bacia de Caraúbas

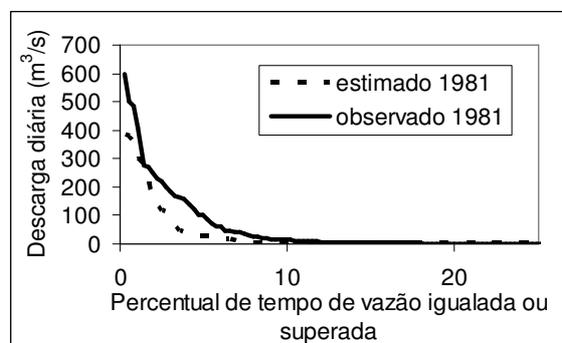


Figura 4 - Curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano de 1981, na sub-bacia do Caraúbas

A Figura 4 exibe as curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano de 1981, ano normal, na sub-bacia de Caraúbas. Nesse caso, o modelo subestima as vazões máximas, acima de 8% de duração. Nessa simulação o coeficiente de determinação obtido foi de 92%. Em resumo, as estimativas de vazões pelo modelo, em anos de La Niña e normal, podem ser consideradas como

boas e aceitáveis, respectivamente. Portanto, nesses anos, é possível se efetuar a previsão do volume de água, em escala diária, a ser armazenado no açude Epitácio Pessoa, usando o modelo aqui adotado, com razoável confiabilidade.

Em anos de El Niño forte o modelo não respondeu muito bem. Isso não constitui em demérito para o modelo, visto que nesses anos, geralmente, não ocorrem vazões significativas. Uma vez que a proposta do modelo é a de estimar vazões, o objetivo é alcançado.

A Figura 5 exibe as vazões estimadas pelo modelo para o ano de 1973, ano normal. Nota-se que o modelo responde muito bem aos valores observados. Nesse ano a descarga média diária foi de $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Como pode ser visto o modelo responde muito bem quando a precipitação é normal. Aqui o coeficiente de determinação explica 92%.

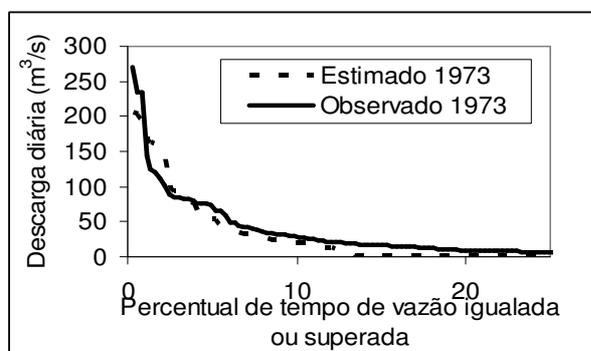


Figura 5 - Curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano de 1973, na sub-bacia de Caraúbas

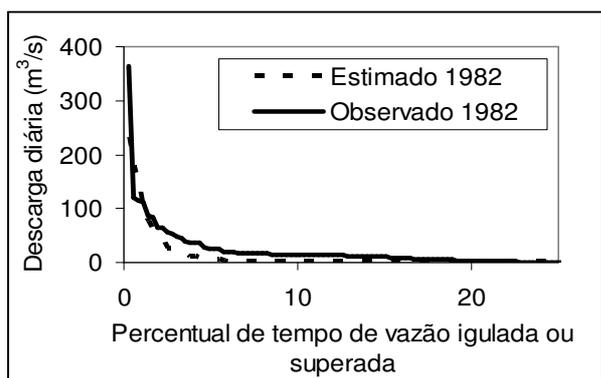


Figura 6 - Curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo, para o ano de 1982, na sub-bacia de Caraúbas

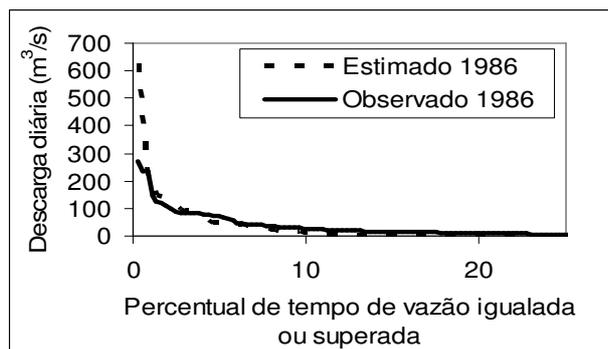


Figura 7 - Curvas de duração de vazão observada e estimada pelo modelo para o ano de 1986, na sub-bacia de Caraúbas

As Figuras 6 e 7 exibem as estimativas de vazões para os anos de 1982 e 1986, respectivamente, anos de El Niño moderados. Nota-se que o modelo responde relativamente bem, em ambos os casos, aos valores observados, com exceção da vazão de pico no ano de 1986.

Resumindo, considerando os últimos três casos, Figuras 5, 6 e 7, em que as descargas médias diárias observadas foram inferiores a $100 \text{ m}^3/\text{s}$ e o tempo de permanência dessas descargas abaixo de 5%, pode-se afirmar que; quando o fenômeno El Niño não se encontra bem definido; a previsão de vazão pelo modelo na sub-bacia pode ser considerada muito boa.

CONCLUSÕES

No presente estudo, foi avaliado o desempenho do modelo de balanço hídrico aplicado à bacia hidrográfica de Caraúbas, em anos de El Niño e La Niña.

De acordo com os resultados apresentados neste estudo conclui-se que o modelo de balanço hídrico utilizado é capaz de efetuar boas estimativas de descargas diárias, para anos de La Niña, de El Niño moderados e normal, com exceção dos valores de pico.

Em anos de ocorrência de El Niño forte o modelo não consegue responder aos baixos impulsos da variável precipitação. Em consequência, produz sobreestimativas de descargas diárias, acima de 12% do tempo de permanência. Nesses anos a vazão média diária é cerca de $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Essa vazão média é muito baixa para o período chuvoso da região e não

contribuiu de forma significativa para reduzir o déficit de armazenamento do açude Epitácio Pessoa.

No ano de 1998 o El Niño influenciou de forma negativa as chuvas sobre a sub-bacia de Caraúbas. A consequência direta dessa influência foi a baixa produção de água. Ao contrário do pensamento comum, o fenômeno El Niño não é responsável, sozinho, pela seca do Nordeste e região. Porém, quando o modelo aqui desenvolvido é “alimentado” com as variáveis em ano de El Niño forte, constata-se que há grande influência desse fenômeno sobre as vazões da sub-bacia estudada. Como dito anteriormente, os resultados obtidos para a sub-bacia de Caraúbas podem ser extensivos à bacia do rio Taperoá.

O binômio demanda — seca evidencia a necessidade de melhor monitoramento da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. A complexidade das demandas por água desse reservatório requer o conhecimento mais refinado da origem, translação e destino de suas águas. Esse monitoramento poderá ser efetivado, de forma relativamente simples, utilizando-se de ferramentas adequadas, manejo dos recursos naturais e do conhecimento da climatologia da região.

Diante dos resultados deste estudo e da importância da água para a transformação econômica de uma sociedade, os autores deste trabalho sugerem que seja dada maior atenção ao efetivo gerenciamento integrado dos recursos naturais da bacia da bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de estudos concedidas aos autores e aos revisores anônimos pelas correções e sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.C. Variabilidade Pluviométrica no setor norte do nordeste do Brasil e os eventos El – Niño/ Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 7(2), 588-592, 1992.
- ARAGÃO, J.O.R. Fatos Sobre o Fenômeno El Niño e Sua Relação Com as Secas no Nordeste do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia-SBMET**-Vol 14, nº 1, P. 2-8, 1990.
- BERGER, K. P.; ENTEKHABI, D. Basin hydrologic response relations to distributed physiographic descriptors and climate. **Journal of Hydrology**, vol.247, pp. 169-182, 2001.
- EAGLESON, P.S. Climate, Soil and Vegetation. 1. Introduction to Water Balance Dynamics. **Water Resources Research**, vol.14, nº 5, October, 1978.
- GALVÍNCIO, J. D. **Impactos dos Eventos El Niño na Precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Publicação DCA-CMM-TD Nº 08, 2000.
- GALVÍNCIO, J. D. **Balanço hídrico à Superfície da Bacia Hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa Utilizando Informações Digitais do Terreno**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. pp 151, março de 2005.
- GALVÍNCIO, J. D. Balanço Hídrico à Superfície da Bacia Hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, pp. 135-146, vol. 11, n. 03, jul/set, 2006.
- GUO, S., WANG, J. XIONG, L. YING, A. LI, D. A macro-scale and semi-distributed monthly water balance model to predict climate impacts in China. **Journal of Hydrology**, 268, 1-15p, 2002.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate Hazards in Northeast Brasil – Quart. **Journal Roy. Meteor. Soc.** Vol. 103, pág. 77 – 92, 1977.
- JOTHITYANGKON, C. SIVAPALAN M.; FARMER, D.L. Process Controls of Water Balance Variability in a Large Semi-Arid Catchments: Downward Approach to Hydrological Model Development. **Journal of Hydrology**, vol. 254, pp. 174 – 198, 2001.
- JOTHITYANGKON, C. SIVAPALAN M. Towards Estimation of Extreme Floods: Examination of the Roles of Run-off Process Changes and Floodplain Flows. **Journal of Hydrology**, Vol. 281, pp. 206-229, 2003.
- MARKHAM, C. G.; MCLAIN, D. Sea Surface Temperature Related to Rain in Ceará, North – Eastern Brazil. **Nature**, v. 265, p. 320-3, 1977.
- MANEBE, S. Climate and circulation – 1: the atmospheric circulation and the hydrology of the earth’s surface. **Monthly Weather Review**. 97 (11), 739-774, 1969.
- MILLY, P. C.D. Climate, soil water storage, and the average annual water balance. **Water Resources Researches**. 30(7), 2142-2156, 1994.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of in northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. **Journal Atmospheric Science**, v.38, p. 2653 –75, 1981.
- SOUZA, E. P. **Um Estudo Observacional sobre o Padrão de Dipolo de Anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical**-Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos (SP) – 1995.

WOOLDRIDGE, S.; KALMA, J.; KUCZERA, G. Parameterisation of a simple semi-distributed model for assessing the impact of land-use on hydrologic response. *Journal of Hydrology*, Volume 254, Issues 1-4, 10 December 2001, Pages 16-32.

WARD, M.N.; FOLLAND, C. K. Prediction of Seasonal Rainfall in The North northeast of Brazil Using Eigenvectors of Sea-Surface Temperature. *International Journal of Climate*. v. 11,p. 711-43, 1991.

Evaluation of the Performance of the Hydrological Model of Water Balance in the Caraubas Basin in El Niño and La Niña Years

ABSTRACT

Aiming at applying the water balance to the surface of other watersheds in the semi-arid, the performance of the model developed by Galvêncio in 2005 and 2006 was evaluated in El Niño and La Niña years, for the Caraúbas watershed in the semi-arid, Northeastern Brazil (NEB). The following were used for the water balance: daily and annual rainfall totals of the 1973-1990 period, at five stations in the watershed studied; annual totals of evaporation; daily discharges and a daily water balance model. The model was evaluated for the El Niño and La Niña years 1973, 1981, 1982, 1985, 1986 and 1988.

The water balance model developed proved feasible and effective to quantify the water resources in the semi-arid basins, especially Caraúbas watershed. This model allowed a verification of the relative importance of the different hydrological processes: rainfall, evapotranspiration, subsurface and superficial flow and the influences of soil characteristics. In general, the model developed responds well to spatial-temporal surface runoff variability, when climate variability, soil depth, plant cover and hydraulic conductivity are considered.

In years when there is a strong El Niño, the model does not manage to respond to the low pulses of the precipitation variable. Consequently, it overestimates daily discharges, above 12% of the permanence time. In those years the average daily discharge is about 15 m³/s. In La Niña years the model behaves very well, except for the overestimates of peak discharges. In those years the average daily discharge is about 200 m³/s, 13 times more than in the El Niño years. This result proves that when there is a significant pulse of the precipitation variable the model responds favorably

Key-words: El Niño, water balance, daily discharges.