

NECESSIDADE DE AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA NA BACIA DO ALTO PARAÍBA COM EFEITO DA VARIABILIDADE DO CLIMA.

Osvalcélio M. Furtunato¹; Eduardo E. de Figueiredo² & Hérbete Hálamo R. C. Davi³

Resumo - O Nordeste semi-árido em geral, e em particular o semi-árido da Paraíba, tem sofrido os efeitos das variações do clima e do uso do solo. As secas são freqüentes e a remoção da cobertura vegetal reduz a oportunidade para a infiltração da água, aumenta os picos do escoamento, a salinidade, a erosão e o grau de degradação. O uso de modelos hidrológicos concentrados para a simulação do escoamento nas bacias é uma prática comum. Porém, esses modelos são limitados e não permitem uma avaliação adequada dos impactos causados pelo uso do solo e variações do clima sobre o escoamento, por não considerarem as variabilidades do clima e as heterogeneidades da bacia na simulação dos processos hidrológicos. Os modelos distribuídos, embora complexos, são uma alternativa para uma avaliação mais adequada dos efeitos dessas heterogeneidades sobre o escoamento. No presente trabalho discute-se a necessidade da modelagem do escoamento na bacia do alto rio Paraíba-PB com efeito da variabilidade do clima. Sugere-se a utilização do modelo NAVMO para a simulação do escoamento na bacia, por incorporar as variabilidades da bacia e já ter sido testado em algumas bacias de menor área da região.

Abstract - The Northeast region of Brazil, particularly the semiarid area of the state of Paraíba, has been suffering the consequences of the climate variability and land misuse. The frequent droughts and the removal of the vegetation cover in the region reduce the opportunity for the infiltration and increase the peak runoff, salinization, soil erosion and the degree of degradation. The use of concentrated simulation models is common. However, these models are not appropriated for an evaluation of the impacts caused by the land use and variations of the climate because they do not consider the soil and climate heterogeneities. Although the distributed models are complex, they are an alternative for a better evaluation of the effects of land use and climate variabilities on the runoff. This paper discusses the needs to better simulate the runoff in the Paraíba river basin. The

¹ Mestrando de Rec. Hid., DEC/CCT/UFCG, (osvalcelio@yahoo.com.br);

² Prof. Adjunto, DEC/CCT/UFCG; Caixa Postal 505, 58109-970 Campina Grande-PB (Eduardo@dec.ufcg.edu.br);

³ Mestrando de Rec. Hid., DEC/CCT/UFCG, (herbetehd@yahoo.com)

distributed model NAVMO is suggested for the region because it takes into account the climate and soil heterogeneities on relevant hydrologic processes.

Palavras-chave - Variabilidade do Clima; Uso do Solo; Modelagem do Escoamento Superficial.

INTRODUÇÃO

A Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992 (Williams and Balling, 1996), definiu como terras em degradação as terras secas, zonas áridas e semi-áridas, resultando de variações climáticas e de atividades do homem que reduz a cobertura vegetal acelerando o escoamento, a erosão do solo e o grau de salinidade. O Nordeste semi-árido em geral, e em particular o semi-árido da Paraíba, tem sofrido as conseqüências das variações climáticas e do uso do solo.

Na região semiárida do Cariri paraibano, particularmente no alto rio Paraíba, as secas são freqüentes e a remoção da cobertura vegetal reduz a proteção natural e a oportunidade para a infiltração da água no solo, aumentando os picos do escoamento, a salinidade, a erosão e o grau de degradação. Além do mais, a construção indiscriminada de açudes de pequeno e médio porte, reduz o aporte de água para mananciais maiores que atendem a várias demandas. Quantitativamente, os impactos causados por esses fatores são ainda pouco estudados.

Para uma avaliação quantitativa, é comum o uso de modelos hidrológicos concentrados para a simulação do escoamento nas bacias. No entanto, esses modelos são limitados para uma avaliação adequada dos impactos causados pelo uso do solo e variações do clima sobre o escoamento, por não considerarem as variabilidades do clima e as heterogeneidades da bacia na simulação dos processos hidrológicos. Os modelos distribuídos, embora complexos, são uma alternativa.

O modelo NAVMO (Kleeberg et al., 1989; Figueiredo, 1990; Figueiredo et al., 1991), é distribuído, considera as heterogeneidades da bacia e do clima e já foi testado e validado para algumas bacias da região sertaneja da Paraíba, no semi-árido paraibano (Lopes, 1994; Figueiredo et al., 1999; Braga 2001). O modelo foi também testado em bacias da região do cariri paraibano (Figueiredo e Srinivasan, 1999; Júnior et al., 2001), uma das regiões mais secas do Brasil, porém em pequenas bacias e sem que ter sido feita uma avaliação dos efeitos da variabilidade climática e do uso do solo sobre o escoamento.

Uma avaliação dos impactos da variabilidade do clima e uso do solo sobre o escoamento, através da aplicação desse modelo, na grande área do alto rio Paraíba – PB é importante e pode representar um avanço nos conhecimentos sobre o comportamento hidrológico de bacias da região.

A bacia que sofre sérios problemas de aporte de água ao açude de Boqueirão que referencia a parte alta da bacia. Esses aspectos são discutidos neste trabalho.

ESTUDOS RECENTES

Impactos de Mudanças Climáticas

No que diz respeito às alterações climáticas resultantes do aquecimento global, ficou reconhecido, desde que este problema começou a ser discutido, que poderiam ocorrer alterações importantes no regime hidrológico, o que acarretaria impactos significativos em vários sectores da economia, da sociedade e do ambiente (Cunha et al., 2002), influenciando diretamente no planejamento, gerenciamento e gestão dos recursos hídricos. Do ponto de vista hidrológico, as variabilidades no clima, resultantes tanto de processos naturais como de atividades humanas, afetam o escoamento gerado nas bacias hidrográficas.

As mudanças de origem natural são aquelas oriundas somente do clima. Fenômenos como o ENSO (El Niño Oscilação Sul) ou La Niña provêm do aquecimento ou resfriamento das águas superficiais do Oceano Pacífico (Hastenrath & Heller, 1977, citado por Gomes Filho et al., 1999), podendo inibir ou favorecer a formação de nuvens sobre a bacia do Atlântico Equatorial, incluindo o leste da Amazônia e o semi-árido Nordeste (Cruz et al., 1999), e, conseqüentemente, a precipitação.

Já as mudanças climáticas originadas de atividades humanas (antropogênica), podem ter como causa a mudança no uso do solo (Ribot et al., 1996), podendo resultar numa degradação do ambiente, ou a emissão de gases de efeito estufa causando um aumento na temperatura global (Tucci, 1998).

À escala global, os últimos resultados apresentados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), apontam para uma elevação da temperatura média global entre 1,4°C a 5,8°C até 2100, segundo o cenário de emissão de gases considerado. As evidências de mudanças na temperatura média global e mudanças nos padrões geográficos, sazonais e verticais de temperatura atmosférica, sugerem uma influência humana no clima global (IPCC, 1995). O Brasil vem acompanhando esta tendência mundial. Segundo Hulme e Sheard (1999), a temperatura média anual subiu aproximadamente 0,5° C durante os últimos cem anos. O IPCC (1995), também afirma que temperaturas mais altas regem um ciclo hidrológico mais vigoroso, o que se traduz em perspectivas para ocorrência de secas ou cheias severas para alguns lugares.

Os recursos naturais das zonas semi-áridas tendem a ser escassos e são facilmente prejudicados pelas modificações nos padrões das precipitações e pela ação humana (Ribot et al, 1996, citados por Braga e Figueiredo, 2000). A vulnerabilidade a que está exposta a maior parte do

Nordeste brasileiro, em decorrência da instabilidade climática, resulta num quadro de destruição de lavouras, desemprego e fome (Cruz, H. P. et al, 1999) devido à reduzida produção de água nas bacias hidrográficas.

Modelar mudanças climáticas é muito difícil, envolve simular o comportamento intrínseco complexo de processos oceânicos e atmosféricos, alguns dos quais não são completamente entendidos (Ribot et al, 1996). Na escala global, são muito utilizados os modelos de circulação global (MCG), que possuem como elemento central um modelo detalhado, tri-dimensional da atmosfera, envolvendo o tempo (Warr and Smith, 1995). Apesar dos processos climáticos na escala global serem bastante complexos e envolverem um grande número de interações e variáveis, os atuais modelos conseguem reproduzir com razoável precisão histórico climático (Cunha et al., 2002). Segundo Viner e Hulme (1997), para avaliar os impactos das mudanças climáticas, existe uma necessidade clara para representações consistentes de futuras mudanças no clima chamados de “cenários de mudanças climáticas”.

Muitos estudos vêm sendo realizados no sentido de analisar os efeitos do clima utilizando MCG (Kite, 1993, Bogardi et al., 1994, Conway et al., 1996, Medeiros, 1994; Tucci e Damiani, 1994) para simular cenários da atmosfera os quais servem como dados de entrada de modelos de simulação do escoamento na escala da bacia, enquanto outros simulam os efeitos das variabilidades alterando simplesmente os níveis de variáveis climáticas como a temperatura, evapotranspiração, precipitação (Kite e Waititu, 1981 e Némec e Schaake, 1982, citados por Kite, 1993 e Vieux et al., 1998; Braga, 2001). É sob a conjuntura de variabilidade climática e uso indevido da terra que o subdesenvolvimento e a calamidade social são mais comuns de acontecer (Ribot et al, 1996), resultando no flagelo devido à redução da oferta de água. A prevista diminuição da precipitação acompanhada por um aumento da evapotranspiração potencial, relacionada com o aumento da temperatura, tenderá a provocar uma diminuição das disponibilidades de água (Cunha et al., 2002).

Estudos com Modelos de Simulação

Os resultados do estudo realizado por Kite (1993) usando dados de saída de um MCG como entrada de um modelo hidrológico, considerando também as mudanças no uso do solo, associadas com cenários resultantes do efeito estufa, mostram que o escoamento aumenta consideravelmente com o aumento da precipitação e com a redução da evapotranspiração devido à mudança no uso do solo. Kite (1993) percebeu que o uso do solo associado à mudança climática aumentou o número de picos embora não tenha ocorrido grande mudança nos valores máximos. Um estudo que considere as mudanças do uso do solo, associadas às mudanças no clima, é de extrema importância uma vez que estes fatores afetam diretamente a formação e produção do escoamento nas bacias

hidrográficas. Modelos hidrológicos que considerem essas características são importantes na simulação de mudanças do uso do solo (Figueiredo e Srinivasan., 1999) e cenários climáticos.

Lorup et al., (1998), citados por Braga (2001), em região semi-árida, avaliaram efeitos de uso do solo pela combinação de testes estatísticos e por modelagem hidrológica. Buscaram distinguir efeitos de variabilidade climática e efeitos de mudança de uso do solo através de metodologia empregada por Refsgaard et al., 1989 (apud Lorup et al.1998). De posse dos resultados, eles concluíram que a maioria dos efeitos da variabilidade climática e de mudança no uso do solo sobre o escoamento está ligada a um aumento da densidade populacional da bacia, comprovando que as alterações do escoamento estão realmente ligadas à mudança no uso do solo já que o crescimento populacional gerou uma intensificação das atividades nas terras, existindo influência discernível do uso do solo independentemente da variabilidade climática.

Um estudo realizado por Figueiredo e Srinivasan (1999), usando um modelo distribuído para simular o escoamento da bacia do açude público Sumé, mostrou que o efeito do uso do solo, expresso em termos do desmatamento, pode aumentar o volume e o pico do escoamento anual em 120% e 80% respectivamente, dependendo da área afetada.

Estudos avaliando os efeitos de fatores climáticos e uso do solo em conjunto, foram desenvolvidos por Braga (2001) no Nordeste do Brasil, onde foram avaliados os efeitos de fatores climáticos e do uso do solo, tanto isolados quanto em conjunto, sobre o escoamento simulado em na região do alto rio Piranhas (14.850 km²), localizada no semi-árido paraibano, através do modelo hidrológico NAVMO, o qual é distribuído e pode considerar a variabilidades desses fatores. Para tanto, o modelo foi validado para a região e foram estabelecidos cenários para os quais as variações foram introduzidas sendo possível avaliar aqueles fatores mais relevantes ou que mais afetaram o escoamento.

Segundo Braga (2001) a simulação do escoamento considerando a variabilidade de fatores isolados e em conjunto permitiu detectar que o efeito de um fator isolado é sempre menor do que quando combinados (e.g., precipitação e uso do solo). Braga estudou, entre outras situações, o efeito dos fatores abaixo sobre o escoamento expresso pela razão entre a vazão média simulada para um determinado cenário, Q , e a vazão média natural Q_n (Figuras 1 e 2).

- a) variação da precipitação;
- b) variação da temperatura, que afeta o processo de evapotranspiração;
- c) desmatamento e reflorestamento;
- d) variação da temperatura (evaporação) e da precipitação em conjunto;
- e) variação da temperatura (evaporação), da precipitação e do uso do solo em conjunto.

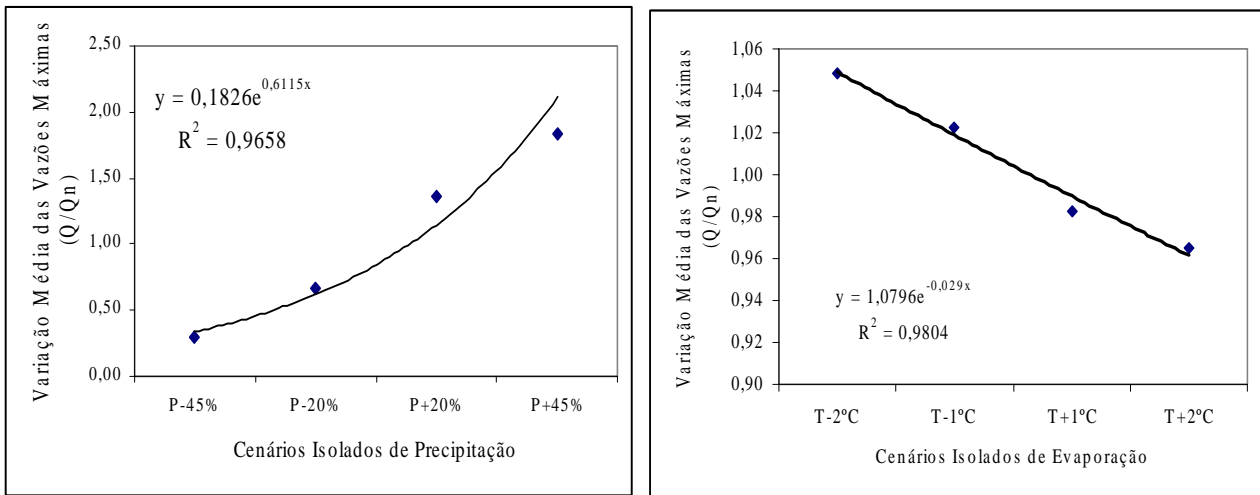


Figura 1 – Razão Q/Q_n para Cenários de Precipitação e Evaporação (Braga, 2001)

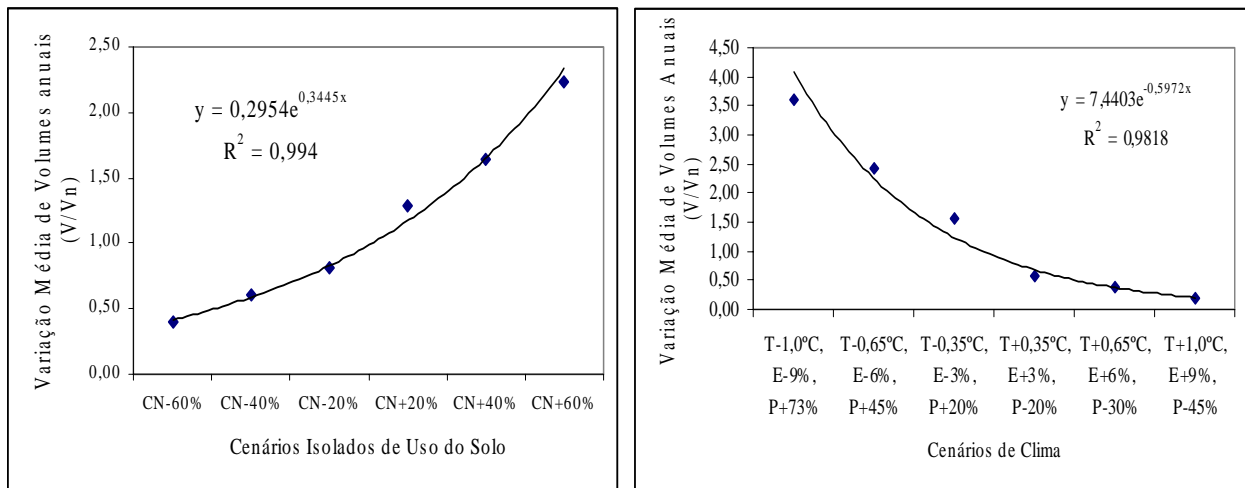


Figura 2 – Razão V/V_n para Cenários de Uso do Solo e Clima (Braga, 2001).

Júnior (2002) utilizou o modelo NAVMO para fazer uma avaliação dos efeitos de escala e uso do solo na sua parametrização com dados de bacias do Cariri paraibano, a Bacia Representativa de Sumé com suas sub-bacias e áreas experimentais. Ele concluiu que o parâmetro de evaporação (EET) variou pouco entre as escalas da bacia, sugerindo que não existe efeito significativo, provavelmente devido à estabilidade climática (temperatura) da região. Quanto aos efeitos provocados pelo tipo de uso do solo sobre os parâmetros do modelo NAVMO, ele constatou que o valor médio do parâmetro de evapotranspiração (EET) é menor 30% nas áreas desmatadas do que nas áreas vegetadas. Este comportamento deve-se à redução da evapotranspiração provocada pela ausência da vegetação. O efeito da precipitação foi também marcante, com os volumes e vazões máximas variando conforme o nível de precipitação e a escala (Figuras 3 e 4).

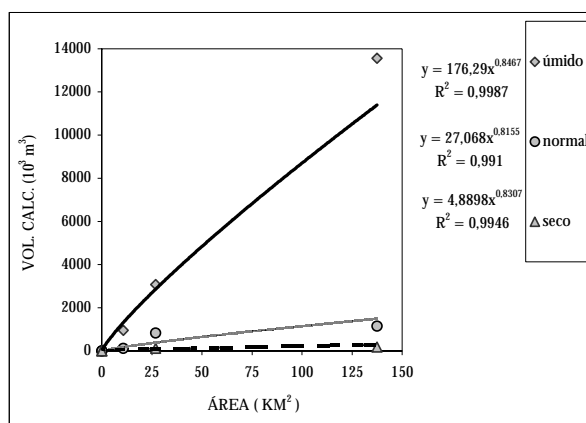


Figura 3 – Volumes simulados conforme a Faixa de Pluviometria Anual (Júnior, 2002).

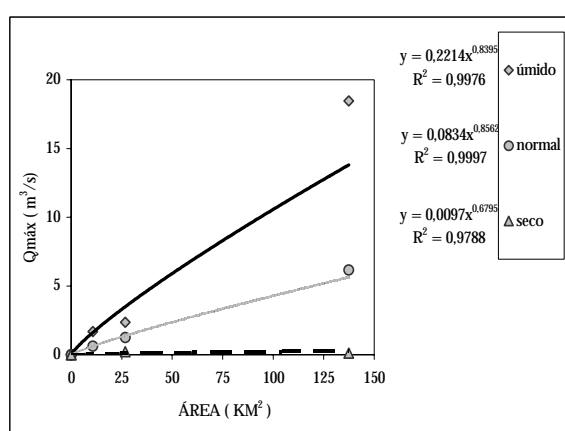


Figura 4 – Vazões máximas simuladas conforme a Faixa de Pluviometria Anual (Júnior, 2002)

As pesquisas avançam e vêm ajudando a compreender melhor os mecanismos que regem os fenômenos. Sabe-se, por exemplo, que o comportamento da temperatura em resposta à indução humana pode implicar na mudança nos níveis das variáveis hidrológicas (escoamento, disponibilidade de água) e na qualidade da água (Gleick, 1987). Mas, ainda se faz necessário avaliar o comportamento do escoamento frente às mudanças nos níveis de evaporação, precipitação e uso do solo através do uso de modelos matemáticos mais robustos. Os fatores climáticos são, segundo Chow (1964), principais na geração do escoamento.

As variabilidades do clima e do uso do solo são características marcantes nas regiões semi-áridas em geral. O estudo dos efeitos que estes fatores podem causar sobre o escoamento e sobre os sistemas de recursos hídricos é de fundamental importância, pois estas regiões sofrem grandes alterações com a degradação da vegetação nativa (caatinga).

A literatura vem mostrando a importância da realização de estudos de avaliação nesse sentido, de modo a se quantificar os impactos tanto do uso do solo quanto do clima sobre o escoamento. No semi-árido do Nordeste do Brasil, ainda são necessários estudos dessa natureza. O número de

estudos nesta região é pequeno e muito deles não avalia o efeito conjunto de fatores climáticos e uso do solo sobre o escoamento.

Ainda não foi feita uma avaliação dos efeitos da variabilidade climática e do uso do solo sobre o escoamento na bacia do alto Paraíba que é limitada pelo açude Epitácio Pessoa (açude Boqueirão), o qual abastece importantes cidades da região, e onde os processos hidrológicos são complexos, altamente variáveis e ainda não foram avaliados através de um modelo distribuído. A bacia tem sofrido com as variações do clima, com secas frequentes e redução do aporte de água. Uma avaliação através de um modelo distribuído que considere fatores climáticos e físicos do solo, já testado na região semi-árida, é necessária. O modelo NAVMO agrega esses requisitos e pode ser utilizado para tal finalidade. É isso que se propõe através da presente avaliação.

O MODELO NAVMO

O modelo NAVMO foi desenvolvido no Instituto de Recursos Hídricos da Universidade de Bundeswehr, Munique, Alemanha (Kleeberg et al., 1989). As primeiras aplicações no Brasil foram apresentadas por Figueiredo et al. (1991; 1993) e as pesquisas mais recentes utilizando este modelo foram desenvolvidas por Braga (2001) e Júnior (2002). Uma descrição mais detalhada do modelo pode ser encontrada em Lima (1994).

O modelo é diário, conceitual e distribuído e considera o sistema da bacia através de uma divisão da mesma em sub-bacias de produção e trechos de acompanhamento do fluxo. A precipitação é transformada no escoamento total em cada sub-bacia. A vazão total é a soma dos escoamentos superficial, sub-superficial e subterrâneo, os quais são controlados por dois sistemas de reservatórios: um superficial e outro sub-superficial. O escoamento subterrâneo é controlado por uma função de transformação do excesso de água proveniente do reservatório sub-superficial. O método da curva número (CN) do Serviço de Conservação do Solo - SCS (McCuen, 1982) é usado para avaliar o armazenamento de água nos reservatórios do sistema, o qual é associado às condições do solo e do seu uso, sendo apropriado, portanto, para uma avaliação das alterações ocorridas na bacia. A Figura 5 mostra a estrutura e os processos considerados no modelo. Vários métodos alternativos de cálculo são possíveis de serem utilizados pelo modelo, para o cálculo da precipitação média nas sub-bacias, para o acompanhamento do escoamento na calha do rio, e para uma investigação da qualidade dos resultados obtidos.

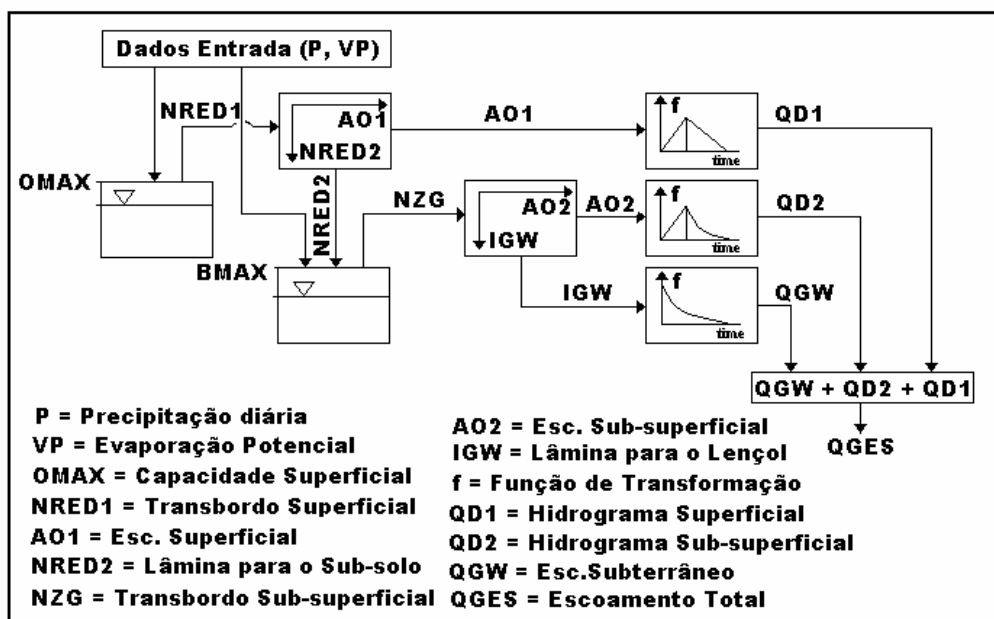


Figura 5 – Esquema do modelo NAVMO

O modelo NAVMO tem treze (13) parâmetros que estão associados aos processos de transformação da precipitação no escoamento total na saída da sub-bacia. São eles: ALFA (fator usado no cálculo do escoamento direto), EET (fator usado no cálculo da evaporação real), BETA (fator usado no cálculo do escoamento sub-superficial), MET1 e MAX1 (tempo para atingir o pico e tempo de base do escoamento direto), MET2 e MAX2 (tempo para atingir o pico e tempo de base do escoamento sub-superficial), K (usado para o cálculo do escoamento subterrâneo), EKM, EKL e EKR (fatores usados no cálculo da velocidade de fluxo no leito principal e nos planos de inundação do trecho de rio), QBSP (vazão de base inicial) e BFD (déficit de umidade inicial do solo). Os treze parâmetros acima descritos podem ser calibrados manual ou automaticamente. O modelo ainda requer um valor da curva número (CN) para cada sub-bacia, que deve ser definido de acordo com o grupo de solos e usos na sub-bacia.

Este modelo foi inicialmente utilizado por Figueiredo et al. (1991;1993). Eles o utilizaram num estudo das prováveis causas da diminuição do volume de armazenamento do açude público de Sumé, que capta água da bacia hidrográfica do Rio Sucurú (748,6 km²). Eles concluíram que o problema de enchimento do açude não é devido à variação da pluviosidade, e sim devido à presença de armazenamentos a montante do reservatório.

Na literatura encontram-se outras aplicações deste modelo, como o trabalho realizado por Lopes (1994), que calibrou e validou o modelo NAVMO para avaliar o escoamento na bacia do Piancó (4550 km²), encontrando bons resultados. Recentemente, Figueiredo e Srinivasan (1999), avaliaram os impactos do uso do solo e da presença dos açudes sobre o escoamento superficial a montante do açude público de Sumé. Braga (2001) estudou os efeitos de fatores climáticos e do uso

do solo sobre o escoamento através de aplicações do modelo NAVMO à bacia do alto rio Piranhas concluindo que estes efeitos afetam diretamente a formação do escoamento nas bacias da região. Figueiredo e Braga (2002) discutiram e apresentaram a calibração e os resultados da validação dos parâmetros mais sensíveis do modelo para aquela bacia. Júnior (2002) utilizou este modelo para fazer uma avaliação dos efeitos de escala e uso do solo na parametrização do mesmo com dados de bacias do cariri paraibano, concluindo que os parâmetros mais sensíveis do modelo sofrem variação quando aumenta o tamanho da bacia.

DISCUSSÃO E ABORDAGEM DO PROBLEMA NO ALTO PARAÍBA

Estudos de estimativas do escoamento em bacias hidrográficas, usando modelos matemáticos empíricos, conceituais e, em alguns casos distribuídos, têm sido realizados em várias regiões semi-áridas. Na região semiárida da Paraíba, particularmente onde se localiza a parte alta do rio Paraíba, os processos hidrológicos ainda não foram avaliados através de um modelo distribuído capaz de levar em consideração as heterogeneidades física e climática da bacia. Nesse sentido, a maioria dos estudos é limitada, sendo, tendo se realizados estudos com metodologias não adequadas para essas finalidades. Avaliações mais abrangentes, que considerem fatores importantes como as variabilidades climáticas e as condições do uso do solo, tanto isolados como em conjunto, são de grande importância em regiões semi-áridas com escassez de informações. Melhorar os conhecimentos sobre o comportamento hidrológico em bacias da região implica auxiliar no planejamento, uso, monitoramento e gestão dos recursos hídricos em áreas vulneráveis.

Os efeitos da ação do homem (uso do solo) e das variações climáticas só podem ser melhor avaliados através da utilização de modelos distribuídos que utilizem parâmetros associados às condições físicas da bacia e considerem a variabilidade do clima, principalmente a precipitação. O modelo NAVMO é distribuído, considera as heterogeneidades da bacia e do clima e já foi testado e validado para algumas bacias da Paraíba como a do alto Piranhas (~15000 km²) por exemplo (Braga, 2001) e na bacia representativa de Sumé e sub-bacias (100 m² - 137 km²) que é uma pequena sub-bacia do alto Paraíba (~14000 km²) localizada numa das regiões mais secas do Brasil. Na escala da bacia do alto Paraíba, onde a precipitação torna-se ainda mais variável e o uso do solo acentuado, ainda é necessário estudar o comportamento dos fatores climáticos e seus efeitos sobre o escoamento. A bacia tem sofrido importantes reduções na oferta de água (Albuquerque e Galvão, 2001), com o açude de Boqueirão, que limita o alto rio Paraíba-Pb e abastece importantes cidades, com disponibilidade reduzida. É nesse sentido que se propõe avaliar o comportamento hidrológico através de um modelo distribuído onde as variabilidades podem ser consideradas. A modelagem da bacia encontra-se em andamento (Figura 6).

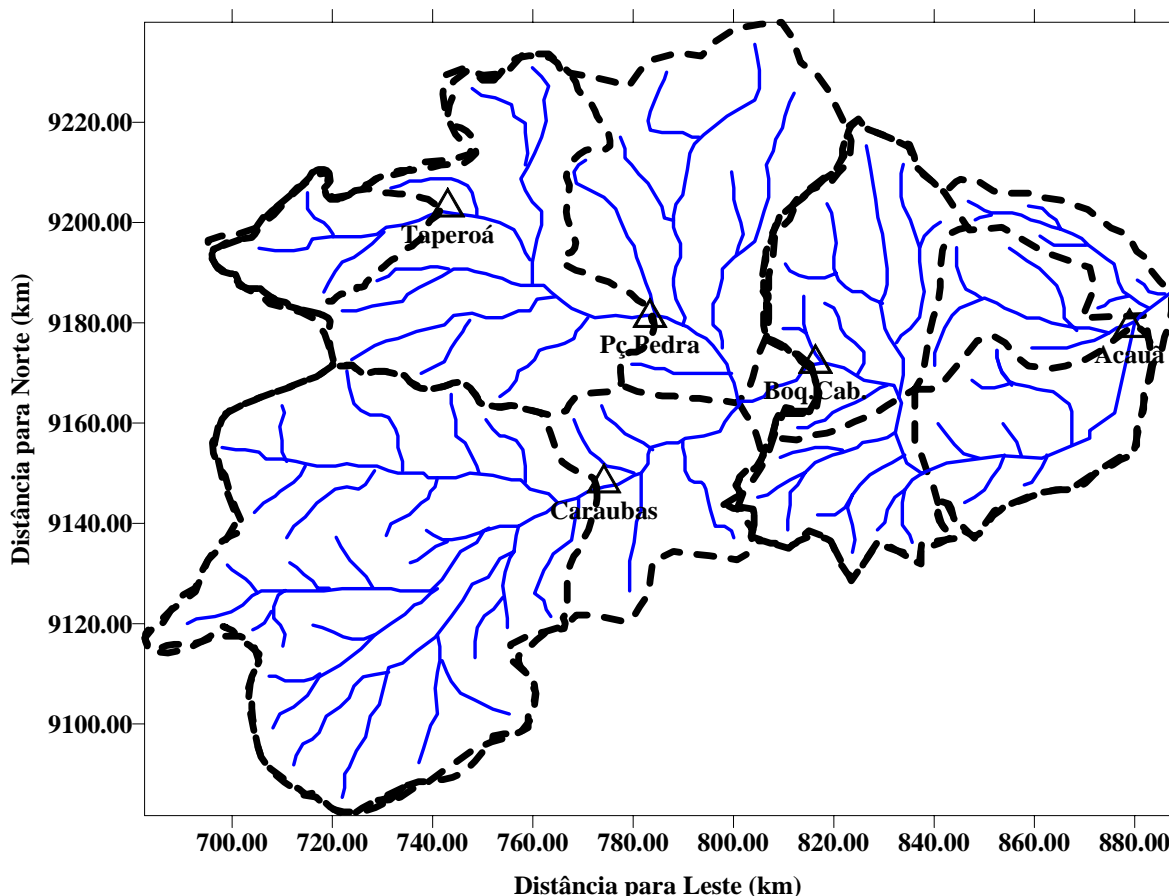


Figura 6 – Modelagem da Bacia do alto e médio rio Paraíba

Para a bacia mostrada na Figura 6, já foi preparado um banco de dados conforme o formato requerido pelo modelo NAVMO, consistindo de 52 postos pluviométricos, duas estações climatológicas (Ouro Velho e São João do Cariri), 4 estações fluviométricas, Taperoá, Poço das Pedras, Caraúbas e Boqueirão de cabaceiras que tem localização coincidente com a do açude de Boqueirão.

Para a avaliação dos efeitos da variabilidade climática e uso do solo, os fatores climáticos serão estudados e correlacionados seguindo a abordagem de Braga e Figueiredo (2000) de modo a se estabelecer os níveis de temperatura, evapotranspiração e precipitação que serão introduzidos no modelo e os resultados comparados com os valores médios provenientes do processo de calibragem dos parâmetros do modelo. A calibragem deverá ser conduzida de maneira a comparar volumes e vazões máximas, além da distribuição temporal dos hidrogramas diários. A calibragem deverá ser feita principalmente por tentativa e erro (Lopes, 1994; Figueiredo e Braga, 2002).

Em termos do uso do solo, a remoção da cobertura vegetal será estabelecida, quando possível, com base em dados reais, mas, principalmente em termos percentuais, os quais serão introduzidos no modelo através de valores de parâmetros relacionados aos processos de infiltração e escoamento e os efeitos analisados em relação aos valores médios estabelecidos na fase de calibragem do

modelo. O efeito conjunto desses fatores (clima e uso do solo) também será investigado, através de uma combinação dos fatores relevantes, também seguindo a mesma abordagem de Braga (2001).

Em virtude de a bacia apresentar algumas séries de dados em diferentes escalas, uma análise dos efeitos da escala sobre os parâmetros e processos será conduzida. Para tanto, diferentes divisões da bacia serão definidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, J. P. T., Galvão, C. O (2001). Participação da Sociedade na Crise 1998-2000 no Abastecimento D'Água de Campina Grande-PB, Brasil. IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas, ABRH/IWRA – Foz do Iguaçu – PR.
- Braga, A. C. F. M. (2001). Efeitos de Fatores Climáticos e do Uso do Solo sobre o Escoamento em uma Região Semi-Árida da Paraíba. Tese de mestrado, Depto. Enga. Civil, CCT/UFPB, Campina Grande- PB.
- Braga, A. C. F. M. e Figueiredo, E. E. (2000). Necessidade de Avaliação dos Efeitos das Variações do Clima e Uso do Solo sobre o Escoamento nas Bacias do Semi-Árido Nordeste.V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, v. 01, Sessão II, Art. 019, p. 683-689. Natal-RN.
- Bogardi, I., Matyasovszky, I., Bardossy, A., Duckstein, L. (1994). Estimation of Local and Areal Drought Reflecting Climate Change. *American Society of Agricultural Engineers*. v. 37, n. 6, p. 1771-1781.
- Chow, V. T. (1964). *Hanbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Publishing Company. USA.
- Conway, D., Krol, M., Alcamo, J., Hulme, M. (1996). Future Availability of Water in Egypt: the Interaction of Global, Regional, and Basin Scale Driving Forces en the Nile Basin. *Ambio*. v. 25, n. 5, p. 336-342.
- Cruz, H. P. Coimbra, R. M., Freitas, M. A. V. (1999). Vulnerabilidade Climática e Recursos Hídricos no Nordeste. In: Freitas, M. A. V. (org.). *O Estado das Águas no Brasil: Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos*. Ministério Público (ANEEL, MME, MMA, OMM), Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento.
- Cunha, L. V., Oliveira, R., Nunes, V. (2002). Water Resources, in Santos Forbes, e Moita, 2002.
- Figueiredo, E. E., Braga, A. C. M. F. (2002). Modelling the rainfall-runoff relationship for the Piranhas river basin in the semiarid region of Brazil. *Flood Defence '2002, Wu et al. (eds)© 2002 SciencePress, New York Ltd., ISBN 7-03-008310-5*.
- Figueiredo, E.E. (1990). Relatório de Estágio de Pesquisa em Hidrologia Superficial. Universität der Bundeswerh, München.

- Figueiredo, E.E., Overland, H. e Kleeberg, H.B. (1991). O Modelo NAVMO de Simulação do Escoamento Superficial. IX Simpósio Bras. de Rec. Hídricos, pp 337-346, Rio de Janeiro.
- Figueiredo, E.E., Srinivasan, V.S., Barros, M.G. (1993). Análise do Problema de Enchimento do Açude Público Sumé através do modelo NAVMO. X Simpósio Bras. de Rec. Hídricos, pp 226-235, Gramado.
- Figueiredo, E.E., Lopes, P.L e Srinivasan, V.S. (1999). Calibração e Validação de um Modelo Distribuído para a Bacia do Rio Piancó - PB. CDROM do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte - MG.
- Figueiredo, E.E. e Srinivasan, V.S. (1999) Avaliação dos Impactos do Uso do Solo e da Influência dos Açudes sobre o Escoamento para o Açude Sumé - PB. CDROM do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte - MG.
- Gleick, P. H. (1987). Global Climatic Changes and Regional Hydrology: Impacts and Reponses. In: Solomon, S. I., Beran, M., Hogg, W. (editors). *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources*. IAHS pub. n. 168. p. 389-402.
- Gomes Filho, M. F., Aragão, J. O., Srinivasan, V.S. (1999). Relações entre as TSM's Globais e os Volumes dos Principais Reservatórios de Água da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 74-81.
- Hastenrath, S., Heller, L. (1997). Dynamics of Climate Hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. London. V. 103, p. 77-92. (apud)
- Hulme, M., Sheard, N. (1999) Cenários de Alterações Climáticas para o Brasil. Climate Research Unit, Norwich, Reino Unido. Disponível on-line em: <http://www.cru.uea.ac.uk> . 25 Mai 2003.
- IPCC, (1995). The Science of Climate Change. Contribution of Working group I to the second assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by Houghton, J.T., Meira Filho, L. G., Callender, B. A. et al. Cambridge University Press, U.K., p. 572. Disponível on –line em: <http://www.ipcc.ch/pub/sarsum1.htm> . 27 Mai 2003.
- IPCC, (2001). Climate Change 2001., Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Katz, R. W., Brown, B. G. (1992). Extreme Events in a Changing Climate: Variability is more Important than Averages. *Climatic Change*. V. 21, p. 289-302.
- Júnior, H. B. L., Davi, H H C e Figueiredo, E E (2001). Variação da Curva Número com a Escala e Uso do Solo na Bacia Representativa de Sumé-PB. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos

- Hídricos e V Simposio de Hidraulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Aracaju-SE.
- Júnior, H. B. L. (2002). Um Estudo dos Efeitos de Escala e Uso do Solo na Parametrização do Modelo NAVMO com Dados de Bacias do Cariri Paraibano. Dissertação de Mestrado, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande-PB.
- Kite, G. W., Waititu, J. K. (1981). Effects of Changing Precipitation and Evaporation on Nzoia River Flows and Lake Victoria Levels, Contribution to the World Climate Program, report, 5 pp., World Meteorol. Org., Geneva. (apud).
- Kite, G. W. (1993). Application of a Land Class Hydrological Model to Climatic Change. *Water Resources Research*. v. 29, n. 7, p. 2377-2384.
- Kleeberg, H.B., Overland, H. e Paus, G.B. (1989). NAVMO, Version 1.1 Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswerh, München.
- Lopes, P. L. (1994). Avaliação do Escoamento Superficial da Bacia do Rio Piancó Utilizando o Modelo NAVMO. Tese de Mestrado, Dept. Eng. Civil, CCT/UFPB, Campina Grande, Pb.
- Lorup, J. K., Resfsgaard, J. C., Mazvimavi, D. (1998). Assessing the Effect of Land Use Change on Catchment Runoff by Combined Use of Statistical Tests and Hydrological Modelling: Case Studies from Zimbabwe. *Journal of Hydrology*. v. 205 p. 147-163.
- McCuen, R.H. (1982). A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods, Univ. of Maryland, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Medeiros, Y. (1994). Modelling the Hydrological Impacts of Climatic Change on a Semi-Arid Region. Newcastle. PhD Thesis. University of Newcastle Upon Tyne, Department of Civil Engineering, Newcastle, 1994.
- Nemec, J., Schaake, J. (1982). Sensitivity of Water Resources Systems to Climate Variation. *Hydrology Science Journal*. v. 27, n. 3, p. 327-343. (apud)
- Refsgaard, J. C., Alley, W. M., Vuglinsky, V. S., (1989). Methods for Distinguishing Between Man's Influence and Climatic Effects on The Hydrological Cycle. IHP-III Project 6.3. Unesco, Paris.
- Ribot, J. C., Najam, A., Watson, G. (1996). Climate Variation, Vulnerability and Sustainable Dvelopment in the Semi-Arid Tropics. In: Ribot, J.C., Magalhães, A. R., Panagides, S.S. (editors). *Climate variability, Climate Change and Social Vulnerability in the Semi- Arid Tropics*. Cambridge University Press. P. 13-51.
- Tucci, C. E. M., Damiani, A. (1994). Potencial Impacto da Modificação Climática do Rio Uruguai. *Revista Brasileira de Engenharia*, Porto Alegre, v. 12, n.2,p. 5-34.
- Tucci, C. E. M. (1998). Modelos Hidrológicos. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. ABRH. Porto Alegre.

- Vieux, B. E., Looper, J. P., Cappelaere, B., Peugeot, C., Maia, A. (1998). Exploring Climatic Impacts on Water Resources in West Niger, Africa. In: Servat, E., Hughes, D., Fritsch, J. M., Hulme, M. (editors). *Water Resources variability in Africa during the XXth Century*. IAHS. Pub. n. 252. p.347-354.
- Viner, D., Hulme, M. (1997). *The Climate Impacts*. Link Project: Applying Results from the Hadley Centre's Climate Change Experiments for climate change impacts assessments. Published by Climate Research Unit. UEA, Norwich
- Warr, K., Smith, S. (1995). *Science Matters – Changing Climate*. The Open University. London. p. 109-135.
- Williams, M.A.J. and Balling Jr, R.C. (1996). *Interactions of Desertification and Climate*. World Meteorological Organisation, United Nations Environmental Programme. Arnold, UK.