

## DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUÍDO PARA SER INCORPORADO AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS DO ESTADO DA PARAÍBA

Alain M.B.P. de Silans<sup>1</sup> ; Cristiano das N. Almeida<sup>1</sup> ; Ana E. D. B. Paiva<sup>1</sup> e Rogério de A. Leite<sup>1</sup>

**Resumo** - Neste trabalho, apresenta-se o arcabouço de um modelo hidrológico distribuído desenvolvido para subsidiar a gestão dos recursos hídricos na região Nordeste. Este modelo, articulado sobre os bancos de dados do Sistema de Informações Hidrológicas, ora em desenvolvimento no âmbito do Plano Diretor de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, permite a modelização de cenários diversos tais como: Implantação de novos açudes, de projetos de irrigação ou de novas captações e modificações na estrutura hídrica existente. O modelo possui recursos de sistemas de informações geográficas ( GIS ) que facilitam a entrada e a modificação dos dados de simulações em bases georeferenciadas.

### 1 - INTRODUÇÃO

As regiões semi-áridas do Brasil caracterizam-se por precipitações concentradas em poucos meses durante o ano, apresentando alta variabilidade tanto temporal como espacial. Em função disto, a água destinada a suprir as demandas para o abastecimento humano, industrial e para a irrigação é armazenada em reservatórios artificiais.

Segundo o Pliirhine (SUDENE, 1980), a potencialidade hidráulica de uma bacia, é definida como a vazão média anual da série de vazões naturais, isto é, sem a existência de reservatórios na rede de drenagem. Já a disponibilidade de um reservatório corresponde a vazão regularizada pelo mesmo, com um certo nível de garantia.

Os estudos hidrológicos realizados na região mostram que tanto a potencialidade como a disponibilidade são difíceis de se obter, pelas seguintes razões:

- a) Não se dispõe na região de uma rede fluviométrica suficientemente consistente para se obter séries longas históricas de vazões. Assim, essas séries são geradas sinteticamente a partir de modelos chuva-vazão.
- b) Dos poucos postos fluviométricos de que se dispõe com séries suficientemente longas para servir à calibração e à validação dos modelos hidrológicos, pode se afirmar que a grande maioria senão todos, tem as suas observações afetadas pela existência de açudes a montante. Deste modo, os modelos hidrológicos atualmente utilizados, calibrados com essas séries, não permitem na realidade a geração de séries históricas de vazões naturais. Daí, decorrem erros para as estimativas das potencialidades e das disponibilidades.

Um instrumento de gestão de recursos hídricos previsto pela lei 9433 do 8 de Janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e toma outras providências, é a Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos. É um instrumento pelo qual o usuário recebe uma autorização ou a concessão de uso de um certo volume de água em um ponto determinado. Dentro de uma visão integrada da bacia, torna-se então uma ferramenta indispensável, aquela que permite decidir da vazão a ser explorada, sem prejuízo para os demais usuários de jusante.

Neste trabalho, tece-se alguns comentários sobre a filosofia adotada para a outorga considerando as disponibilidades dos açudes com certo nível de garantia e propõe-se um modelo hidrológico distribuído no qual estão incorporados os balanços hídricos em cada sistema de captação para:

- a) estimar com maior confiabilidade as potencialidades e as disponibilidades dos açudes;
- b) efetuar cenários de uso da água e eventualmente de modificações da estrutura hidráulica da bacia para avaliar e otimizar as reais possibilidades de outorga dentro de uma visão integrada da bacia.

### 2 - DESENVOLVIMENTO

#### 2.1 - O conceito de disponibilidade x a outorga

A disponibilidade de um determinado corpo de água, corresponde a vazão mínima que se pode retirar deste corpo de água com um certo nível de garantia, geralmente superior a 95%. Examinando-se a estrutura hidráulica sintética representada na figura 1, observa-se que o nível de garantia de um açude

---

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba; DTCC/Centro de Tecnologia da UFPB - Campus 1; 58050-900 João Pessoa; Tel (083) 216.7684 - Fax (083) 216.7179 - E-Mail: alain@ct.ufpb.br

de jusante depende na realidade das retiradas do açude de montante. Em muitos Planos Diretores de bacias hidrográficas, estima-se a disponibilidade de um açude qualquer sem considerar os demais açudes na rede hidrográfica. Em outros, estima-se a disponibilidade do açude de jusante, considerando retiradas nos demais açudes de montante iguais a disponibilidade com 100% de garantia de cada açude. Captações ao longo do curso da água não são consideradas, assim como, na realidade não é considerada a real situação das demandas hídricas em todo o percurso da água. A autorização de uso ou a concessão do direito de uso de um certo volume de água em determinado ponto é temporária, deve ser renovada periodicamente, e é atualmente dada se a vazão requerida, somada àquelas já outorgadas é inferior ou no máximo igual à disponibilidade do açude considerado. Trata-se de um conceito, então que não depende do uso real da água, quer seja ele atual ou projetado para o futuro, assim como não considera as ações de modificações planejadas da infra-estrutura existente. Significa que o modelo de outorga aí descrito e freqüentemente utilizado na região, nega na sua essência o próprio Plano Diretor dos Recursos Hídricos da bacia hidrográfica.

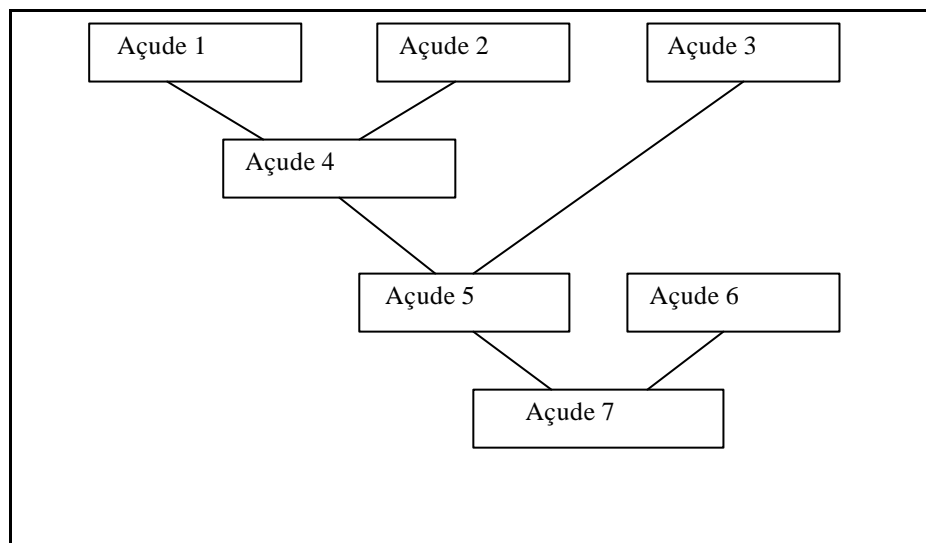


Figura 1 - Estrutura hidráulica

## 2.2 - Descrição do AÇUMOD

O modelo hidrológico distribuído concebido neste trabalho, é uma adaptação do MODLAC de Girard (19xx). Trata-se de um modelo distribuído sobre malhas quadradas embutidas. Na sua concepção atual, simula o balanço hídrico em cada quadrícula da malha através de um modelo conceptual e encaminha os escoamentos superficiais, subsuperficiais e parte do escoamento subterrâneo para o rio de onde alimenta os açudes respeitando a “árvore” da infra-estrutura hidráulica. O balanço hídrico nos açudes é efetuado pelo algoritmo clássico:

$$V_{i+1} = V_i + V_{af,i} - V_{E,i} + V_{P,i} - R_i - Q_{0,i}$$

$$\text{Se } V_{i+1} \geq V_{Sangr} \Rightarrow V_{i+1} = V_{Sangr}$$

$$\text{Se } V_{i+1} \leq V_{Morto} \Rightarrow R_i = 0 \text{ e } Q_{0,i} = 0$$

onde  $V_i$  e  $V_{i+1}$  são os volumes armazenados no açude nos tempos  $i$  e  $i+1$ ;  $V_{af,i}$  é o volume afluinte ao açude;  $V_{E,i}$  corresponde ao volume evaporado durante o período  $Dt$ ;  $V_{P,i}$  corresponde ao volume precipitado sobre o espelho de água do açude;  $R_i$  corresponde à soma dos volumes retirados para satisfazer as demandas hídricas e  $Q_{0,i}$  é o volume liberado pelas comportas no tempo  $Dt$ .  $V_{sangr}$  e  $V_{morto}$  são respectivamente os volumes no açude correspondendo às cotas do sangradouro e do porão. O passo de tempo  $Dt$  é regulável, porem certas rotinas de entrada de dados funcionam atualmente considerando somente a possibilidade de um passo de tempo diário.

Obtem-se na saída do modelo as descargas no rio em pontos pré-definidos; as descargas no exutório da bacia; os níveis de água em todos os açudes, e, com um passo de tempo preestabelecido, os componentes do balanço hídrico em cada sub-bacia.

Na sua versão atual, o modelo permite captações ao longo do rio para projetos de irrigação ou

outras finalidades, transposição de vazões entre sub-bacias; modificações nos açudes atuais ou construção de novos açudes desde que os locais de construção forem definidos no momento da construção da malha.

Escolheu-se adaptar este modelo para utilizá-lo na gestão dos recursos hídricos superficiais em bacias hidrográficas do Nordeste, pelos seguintes aspectos:

- a) Como o modelo na sua forma atual permite variar ao longo da simulação a estrutura hidráulica da bacia, assim como as retiradas de água, o modelo é capaz de simular séries históricas de vazões e de níveis de água nos açudes, a medida que estes foram construídos ou modificados;
- b) Devido ao item (a) acima, aumenta-se consideravelmente as possibilidades para calibração e validação do modelo, pois postos fluviométricos de curta duração podem ser utilizados assim como todos aqueles cujas observações foram perturbadas pela construção de açudes a montante. Além disso, dados de níveis de açudes registrados pelo DNOCS podem também ser utilizados simultaneamente.
- c) Uma vez calibrado, o modelo é apto a gerar séries sintéticas de vazões. Basta para isto, zerar as curvas cota-área-volume de todos os açudes, assim como anular as retiradas de água.
- d) O modelo permite efetivar cenários, quer sejam eles de utilização da água, quer sejam de modificação da estrutura existente.
- e) Uma interatividade com os bancos de dados do SIRI, sistema de informações em recursos hídricos do Estado da Paraíba é factível e de fato esta sendo atualmente desenvolvida.

### 2.3 - Apresentação dos interfaces do modelo com o SIRI

A figura 2 a seguir constitui a janela inicial do modelo. Ela permite escolher a partir do banco de dados do Siri, o Sistema de Informação de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, uma das bacias hidrográficas - unidades de planejamento, do Estado da Paraíba que já tem os seus mapas digitalizados e georeferenciados. Em resposta, o banco de dados fornece informações sobre a malha mãe associada à bacia escolhida.

Uma vez escolhida a bacia, aparece uma segunda janela, (figura 3) de construção da geometria do modelo. Os passos de construção da geometria do modelo são seqüenciais. O primeiro passo, aciona o sistema de construção das malhas embutidas (ver figura 3). O segundo passo, de desenho da estrutura hidráulica, só pode ser acionado quando a malha for definitivamente projetada. Neste passo localiza-se os açudes; os postos fluviométricos; os pontos de captação ao fio da água; os pontos estratégicos de observação de vazões (exutórios de sub-bacias por exemplo); os pontos previstos para novos barramentos e novas captações e o sentido da drenagem de cada quadricula, focalizando aquelas que constituem a rede de drenagem (malhas rio). Uma vez a geometria do modelo desenhada, uma série de testes de verificação é efetuada e o sub-modelo Maingeo prepara os arquivos necessários à simulação. Os outros botões acionam os bancos de dados do SIRI relativos aos dados de precipitação; das demandas hídricas e da descrição geométrica dos açudes

A figura 4, mostra a tela dos módulos de simulação, a qual só pode ser acionada quando os trabalhos relativos a janela anterior foram completados. Neste módulo, a primeira "orelha" corresponde à fase de calibração e validação. As demais não podem ser acionadas enquanto a fase de calibração não for completada. Não são incluídos no modelo procedimentos automáticos de calibração. Esta, pelo fato de poder ser efetuada sobre vários tipos de dados é efetuada pelo método "trial and error". A orelha "potencialidades", roda o modelo com as curvas cota-área-volume dos açudes, assim como as retiradas de água nos pontos de captação e nos açudes, zeradas. A orelha disponibilidades aciona um modelo simples de balanço hídrico em estrutura arborescente, como aquele sintético da figura 1, com ordem dos açudes definida de montante para jusante. O nível de garantia da disponibilidade dos açudes de montante pode ser indicada pelo usuário. A orelha "Infra-estrutura hidráulica atual abre um menu que permite escolher se a simulação vai ser efetuada com os dados atuais das demandas hídricas ou com os dados projetados segundo os horizontes do Plano Estadual de Recursos Hídricos. Os resultados apresentam um diagnóstico da situação hídrica para os diversos horizontes. A última orelha denominada "cenários" aciona o módulo de simulação de cenários. Este módulo não foi ainda construído. Está previsto considerar dois tipos diferenciados de cenários: o primeiro, mantendo a estrutura hidráulica existente, permitirá observar os resultados de modificação do plano atual de retiradas (outorga de novos direitos de uso ou transposições de vazão por exemplo); o segundo permitirá efetuar modificações sobre a estrutura hidráulica existente.

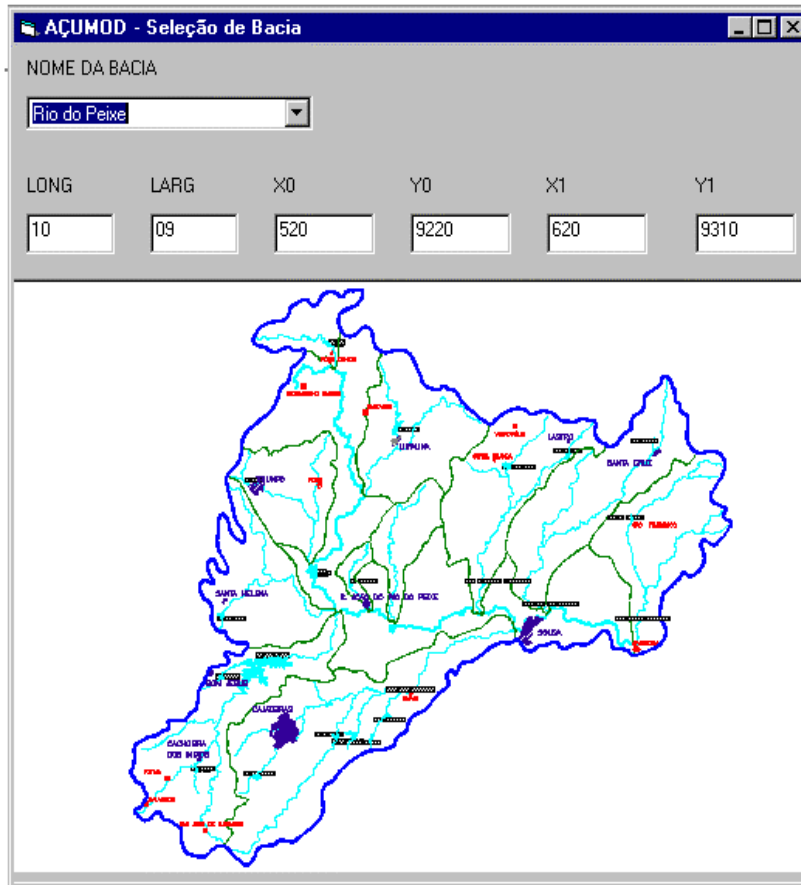


Figura 2 - Tela de entrada do modelo



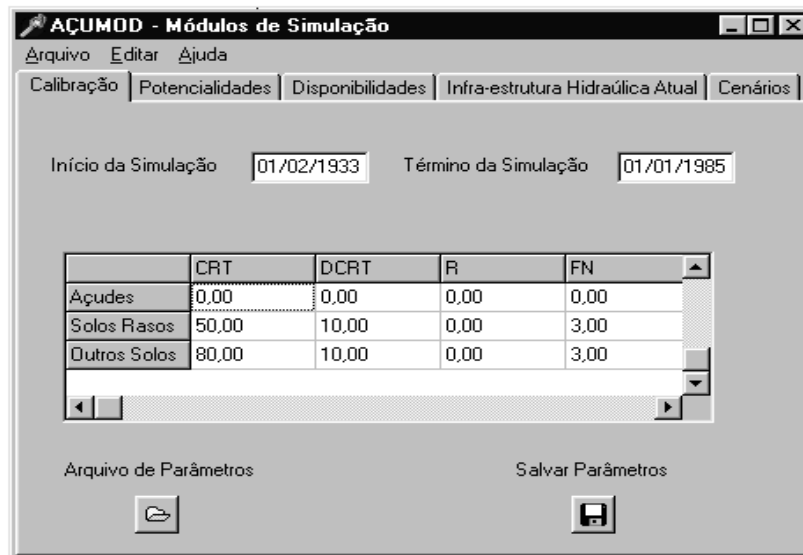


Figura 3 – Tela de construção da geometria do modelo

### **3 - CONCLUSÕES**

Neste trabalho apresentou-se um modelo hidrológico distribuído para o qual esta se criando uma interface com o SIRI. O SIRI é um Sistema de Informação em Recursos Hídricos desenvolvido para o Estado da Paraíba. Mostrou-se a potência da estrutura tal como ela foi definida para a utilização do modelo como ferramenta de gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, mais especificamente para a outorga de uso da água, definição das potencialidades e disponibilidades. O modelo mostra-se capaz de simular cenários propícios a subsidiar os planejadores nas suas tomadas de decisão para um uso mais racional da água.

### **4 - REFERÊNCIAS**

- SUDENE (1980). Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - Plirohine - volume XI Recife PE
- Girard G. (1989). Modélisation des écoulements de surface sur des bassins hydrologiques équipés de réservoirs. Rapport interne École des Mines de Paris, LHM/RD/89/41.