

SISTEMA DE SUPORTE AO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS APLICADO À BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Daniela de Souza Kyrillos¹ e José Almir Cirilo²

Resumo - Este trabalho apresenta um sistema de apoio ao planejamento dos recursos hídricos aplicado à bacia do rio São Francisco. O Sistema é composto de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) integrado por interfaces com modelos de simulação e acesso a banco de dados hidrológicos. O objetivo principal do sistema é unir as informações em um mesmo ambiente, proporcionando economia de tempo e de trabalho nas análises detalhadas dos processos hidrológicos.

Abstract - This work presents a support system for water resources planning, applied to the São Francisco river basin. A GIS (Geographic Information System) has been integrated by interfaces with hydrological models and data base. The main purpose of this kind of system is to improve hydrological process analysis, getting the information together in a same computational environment, saving time and work in the analysis process.

Palavras-chave – Sistema de Suporte ao Planejamento, Bacia do Rio São Francisco, Simulação Hidrológica.

¹ Aluna do Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco
Fone/ Fax : (081) 271 8223, e-mail : niel@netpe.com.br

² Prof. do Depto. de Engenharia Civil – Grupo de Recursos Hídricos - Universidade Federal de Pernambuco
Rua Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, CEP: 50740-530, Recife-PE
Fone/ Fax : (081) 271 8223, e-mail : almir.cirilo@torricellic.com.br

INTRODUÇÃO

Um sistema especialista que integra banco de dados hidrológicos, bancos de dados geográficos e modelos de simulação hidrológica é uma ferramenta bastante útil no planejamento dos recursos hídricos, uma vez que permite selecionar automaticamente em um mesmo ambiente computacional dados hidrológicos (chuva, evaporação, vazão), analisar esses dados, ajustá-los, calibrar os modelos, gerar séries sintéticas de vazões, simular operação de reservatórios, etc, isso tudo contando com a ajuda dos dados geográficos e sua mensuração (planimetria, altimetria, áreas, perímetros, geologia, vegetação, uso dos solos, entre outros) obtidos visualmente e automaticamente no mesmo ambiente computacional.

Entre os estudos que podem ser feitos a partir da integração desses dados destacam-se a avaliação da disponibilidade e potencialidade hídrica das bacias hidrográficas, compatibilização entre a demanda de água a ser captada e a finalidade de uso e verificação dos conflitos entre os diversos usos outorgados (Cirilo et alli, 1997), (Paiva et alli, 1999).

Este trabalho apresenta um Sistema de Suporte ao Planejamento dos Recursos Hídricos aplicado a bacia do rio São Francisco em desenvolvimento no âmbito do Programa Xingó, que integra o CNPq, a CHESF, diversas universidades do Nordeste, prefeituras da bacia do rio São Francisco e outras instituições. O Sistema é formado por um SIG, com informações cartográficas da bacia principal e secundárias, banco de dados hidrometeorológicos e integração com módulos do Sistema Gerencial de Informações Hidrológicas –SGI (Cirilo et alli, 1997).

ESTRUTURA DO SIG (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS)

Para o desenvolvimento do SIG, foram escolhidos os softwares ArcView e 3D-Analyst, dada a capacidade de comunicação dos mesmos com formatos diversos em termos de geoprocessamento e ainda a possibilidade de fácil criação e inclusão de temas e links com programas diversos.

O ArcView também proporciona fácil acesso a bancos de dados não espaciais como Access e Dbase.

Apesar de toda a potencialidade e recursos, os programas integrados, ArcView e 3D-Analyst, não apresentam uma boa performance em termos de rapidez de processamento. O acesso a banco de dados razoavelmente “pesados” como os empregados no processamento de dados hidrológicos torna-se muito lento, motivo pelo qual foi integrado um módulo de acesso ao banco de dados, em Access, desenvolvido em Visual Basic 5.0. Para isso, foram incluídos “botões de atalho” no sistema que dão acesso aos módulos integrados. O clique dos botões acionam “scripts” desenvolvidos em Avenue, linguagem de programação utilizada no ArcView, de onde vem o comando de execução dos módulos externos (Figura 1). A estrutura atual do SIG é a seguinte:

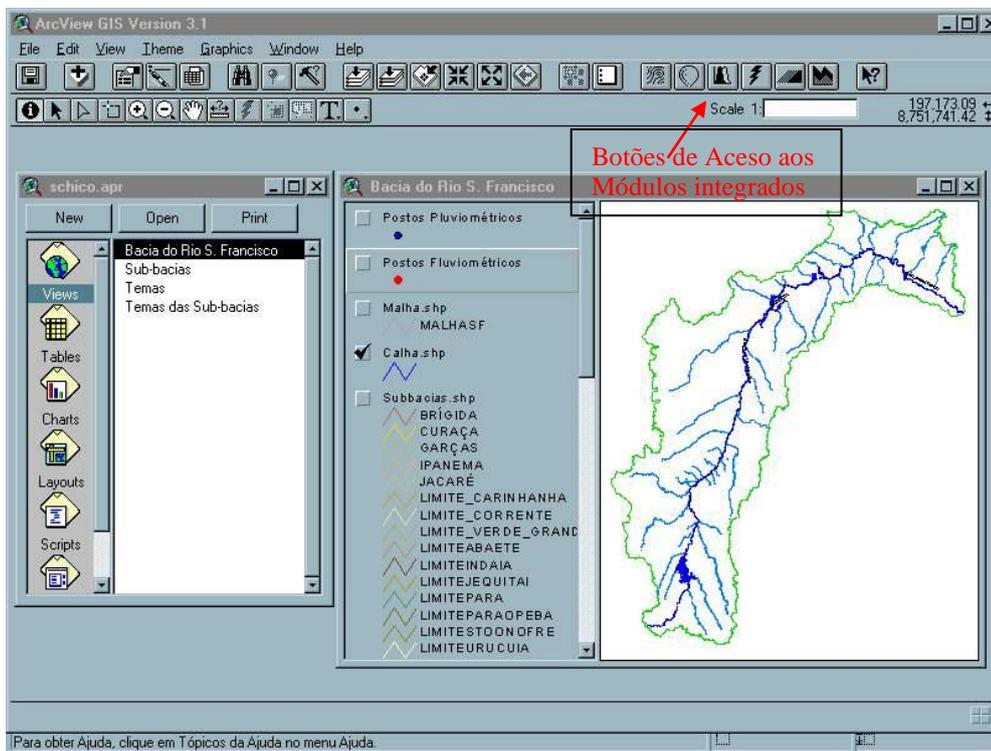


Figura 1. Ambiente do ArcView, botões de Acesso aos módulos integrados.

“Vista 1” – Bacia do Rio São Francisco (Figura 2), onde estão incluídos os seguintes arquivos vetoriais: Contorno, Sub-bacias, Estradas, Afluentes, Localidades, Municípios e Rede Hidrométrica.

“Vista 2” – Temas , onde podem ser consultados temas da bacia do Rio São Francisco, gerados pela CODEVASF no formato JPEG (Figura 3), todos georreferenciados: Risco de Salinização, Declividade, Classes de Terra para Irrigação, Classes de Terra x Risco de Salinização, Uso e Ocupação do Solo, Rede Elétrica, Rede Viária, Irrigação Pública – Perímetros Irrigados, Pólos Agroindustriais, Regiões Fisiográficas, Divisão Municipal, Classificação de Climas, Precipitação Média Anual, Sub-bacias, Hidrogeologia, Hipsometria, Reservas Minerais e Solos.

“Vista 3” – Sub-bacias: arquivos vetoriais das sub-bacias do São Francisco, e os níveis de informação implantados até o presente são geologia, falhas, solos, estradas, hidrografia, divisão municipal, divisão estadual e contorno.

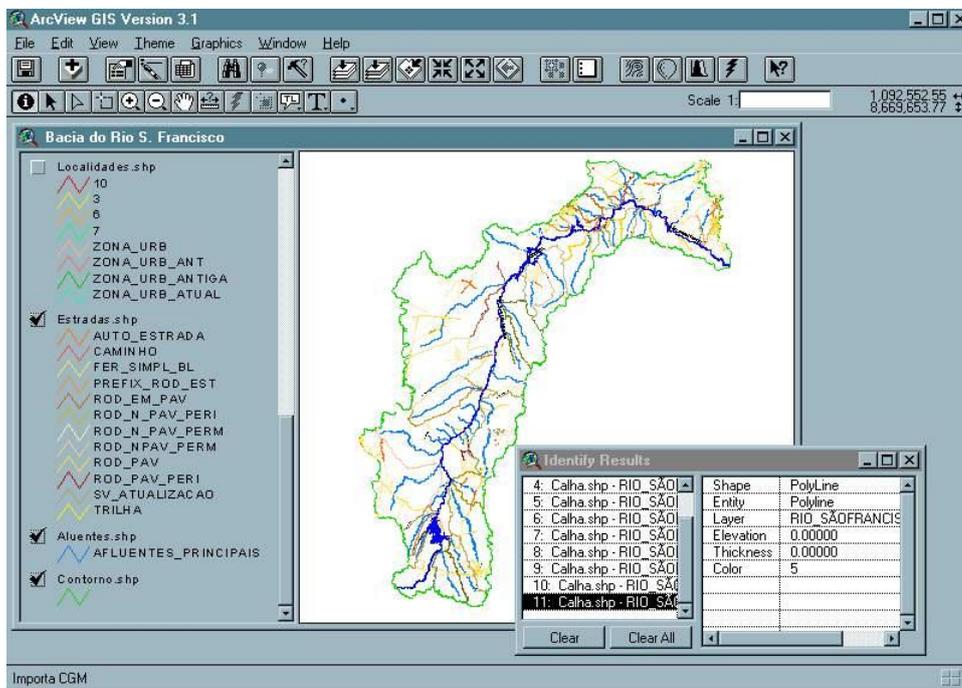


Figura 2. Visualização dos níveis disponíveis, com possibilidade de informações sobre as entidades gráficas.

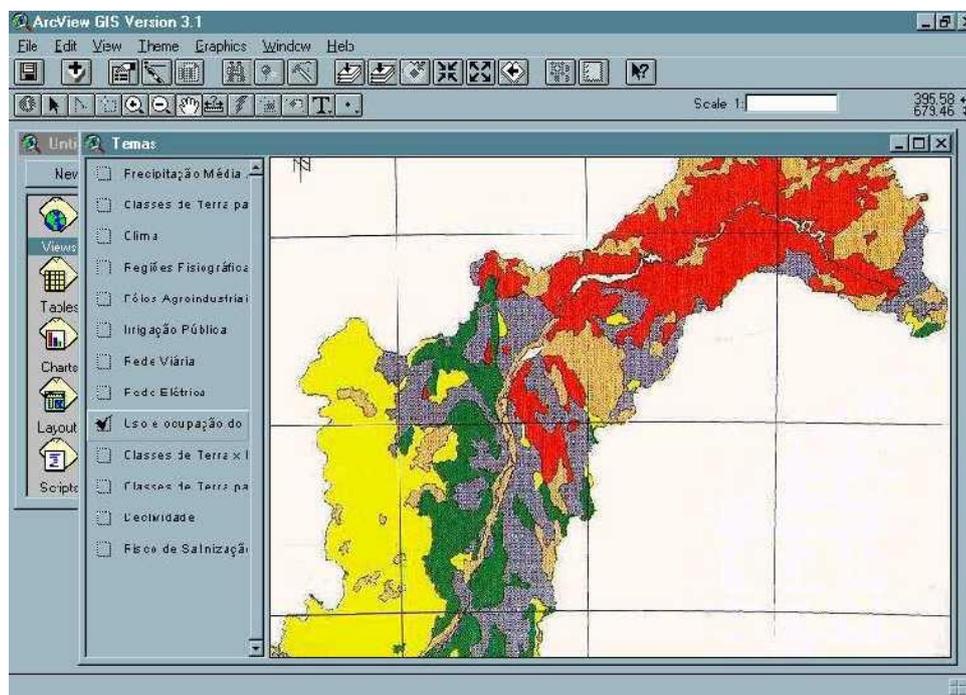


Figura 3. Alguns mapas temáticos da bacia do rio São Francisco (CODEVASF).

“Vista 4” – Temas de sub-bacias: da mesma forma que para a bacia inteira, estão sendo inseridos alguns temas em formato raster georreferenciados das sub-bacias do rio São Francisco. Fazem parte do sistema hoje os seguintes temas: imagens de satélites classificadas quanto ao uso dos solos e imagens de satélite com destaque para a rede viária.

GERENCIAMENTO DOS BANCOS DE DADOS E MODELOS DE SIMULAÇÃO

Para os estudos hidrológicos, integrou-se ao ArcView a interface dos modelos de simulação do Sistema Gerencial de Informações Hidrológicas - SGI, desenvolvido na UFPE (Cirilo et alii, 1997). Os seguintes procedimentos foram implantados:

- Análise e tratamento de séries históricas de dados hidrometeorológicos;
- Modelos de simulação chuva-vazão a nível diário e mensal;
- Modelos de operação de reservatórios

Todas as interfaces do SGI que foram integradas, passaram por adaptações na programação para que a integração fosse possível. Dessa forma tornou-se possível utilizar o SIG tanto para geração de informações de entrada aos procedimentos de análise hidrológica, como para o pós-processamento na visualização dos resultados.

ESTRUTURA DO BANCO DE DADOS HIDROLÓGICOS

O banco de dados foi desenvolvido em ACCESS, e alimentado por dados fornecidos pelo antigo DNAEE, atual ANEEL . Foi incluído o cadastro de 449 postos pluviométricos (dados diários) e 275 postos fluviométricos com dados diários de vazão (Figura 4.). Também foram incluídos cadastros de obras hidráulicas (poços e barragens) das sub-bacias. Fotos disponíveis de barragens podem ser visualizadas.

Todos os dados cadastrados podem ser visualizados sobre qualquer base cartográfica disponível, de forma georreferenciada.

PROCESSAMENTO DOS DADOS

Módulo Pluviométrico

A partir do ArcView, digitaliza-se a sub-bacia em estudo, sobre a base cartográfica escolhida (Figura 5). Automaticamente obtém-se dados de perímetro, área e coordenadas geográficas limites da sub-bacia. De posse destes dados, acessa-se o módulo pluviométrico do SGI através de um atalho criado no próprio ArcView.

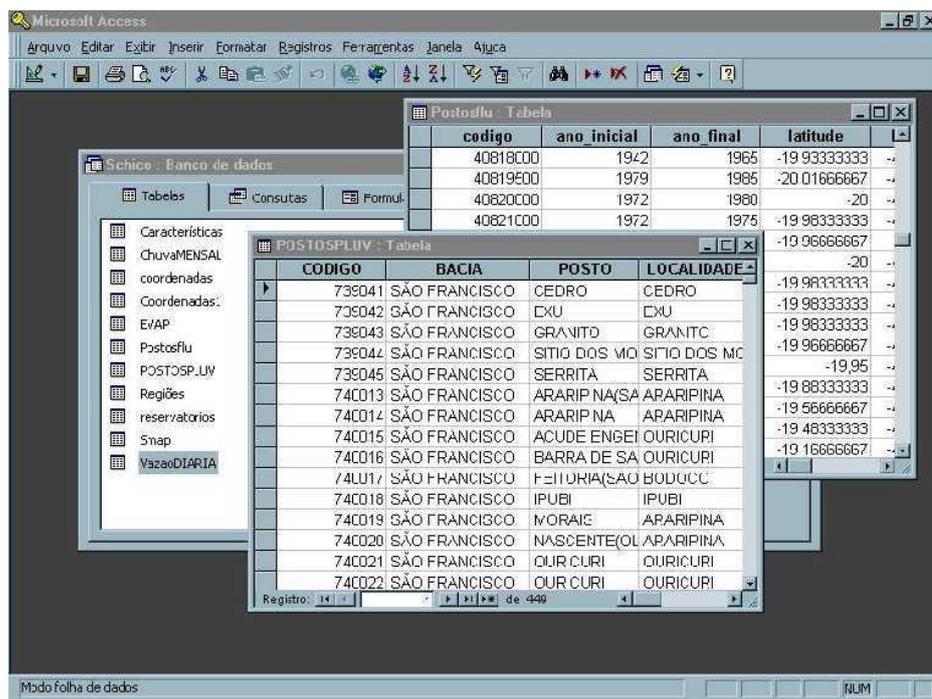


Figura 4. Banco de Dados em Access

Para se utilizar o contorno digitalizado no ArcView, é necessário transformá-lo para o formato ASCII suportado pelo SGI. O arquivo gerado é simplesmente a combinação de coordenadas X e Y, sem que estas estejam necessariamente em UTM ou coordenadas geográficas. Para este fim, foi desenvolvido em Visual Basic 5.0, um módulo de importação de arquivo CGM (formato ASCII exportado pelo ArcView). No módulo pluviométrico podemos ter informações de postos pluviométricos da região em estudo e utilizá-los para cálculo da chuva média, através do método dos Polígonos de Thiessen (Figura 6).

Modelos de Simulação

Chuva-Vazão - Foram integrados ao sistema quatro tipos de modelos de simulação chuva-deflúvio, dois a nível diário e dois a nível mensal.

A nível diário estão integrados ao SIG os modelos SMAP, desenvolvido na USP (Lopes et alli 1981) e IPH (Tucci et alli, 1981). A nível de simulação chuva-deflúvio mensal foram implantados o IPH mensal (Tucci et alli, 1990) e o GRH (Cirilo et alli, 1992).

A Calibração dos parâmetros desses modelos é auxiliada pelos temas disponibilizados no SIG como dados sobre solos, cobertura vegetal, clima e relevo. O acesso aos modelos é feito por ícones implantados no ArcView. Na figura 7 representa-se a tela de acesso ao modelo GRH.

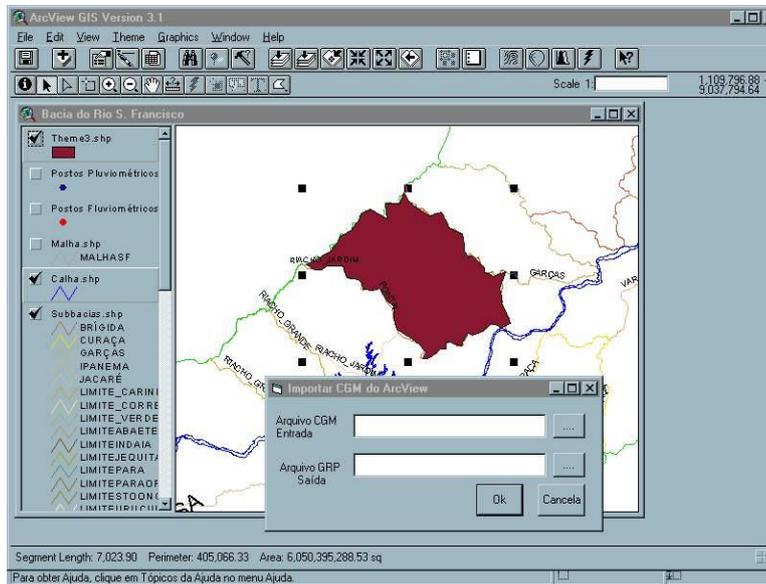


Figura 5. Digitalização de contorno de bacia e geração de arquivo das coordenadas do contorno.

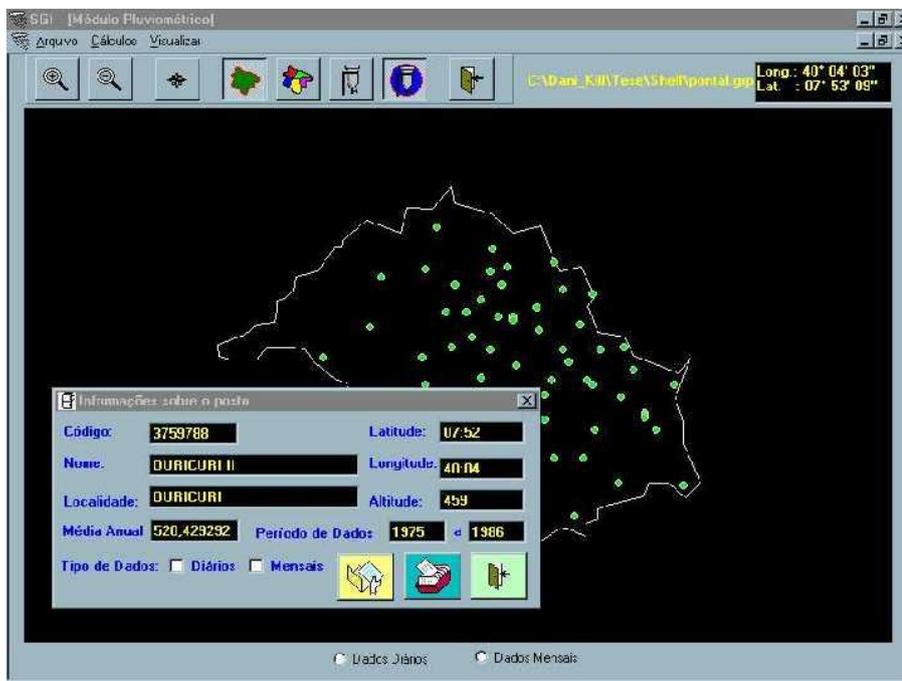


Figura 6. Módulo pluviométrico: captura de dados na bacia do rio Pontal, PE.

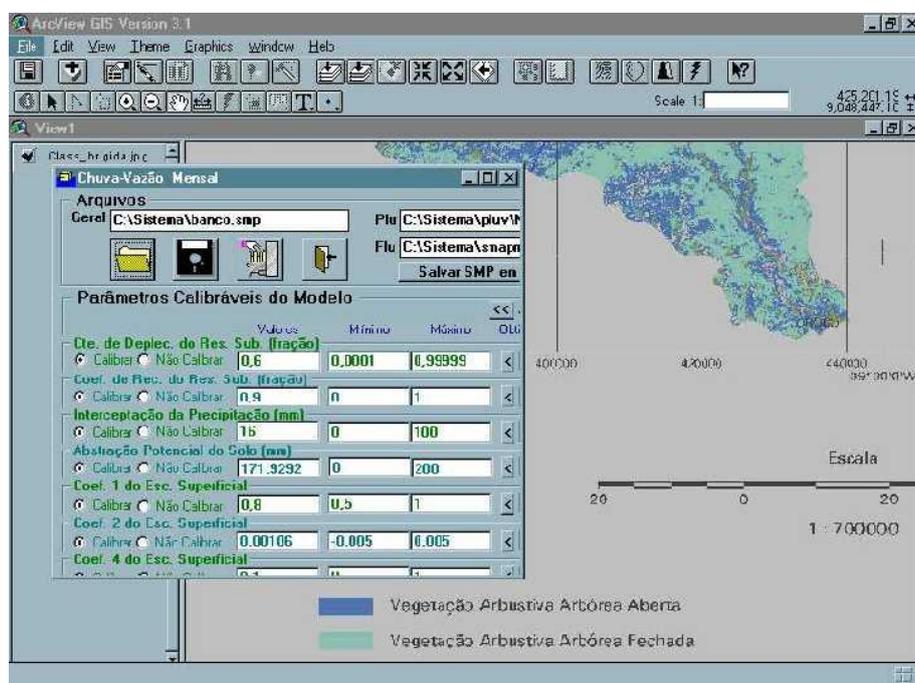


Figura 7. Modelo GRH-mensal e ArcView exibindo a imagem da bacia do Rio da Brígida, classificada quanto ao uso do solo.

Chuva-Evaporação - Para extensão de dados de evaporação foi implantado no sistema o modelo EVAPOR (Araújo e Cirilo, 1994). O acesso a esse modelo é indicado na figura 8.

Operação De Reservatórios - Também a partir de um botão de atalho, acessa-se a interface do SGI com modelo de operação de reservatórios. As informações da localização geográfica dos reservatórios, necessárias para rodar o modelo, podem ser obtidas facilmente no Arcview. Futuramente com a inclusão de cartas altimétricas no sistema, será possível obter-se informações de cota, área e volume com a utilização da extensão 3D Analyst do ArcView. A utilização do modelo de operação de reservatórios é indicada na figura 9.

Módulo de Análise Estatística de Dados

Para análise das vazões, acessa-se o módulo de cálculo estatístico de vazões do SGI (Figura 10). Neste módulo podem ser calculados parâmetros como $Q(95\%)$, Q_{7-10} e outros, com dados diários, anuais e mensais. Aqui também se faz comparação de séries e preenchimento de falhas.

MÓDULO DE ACESSO À BASE DE DADOS

Por possibilitar uma maior rapidez no acesso de dados foi desenvolvido em Visual Basic 5.0 um módulo de acesso ao banco de dados hidrológicos. Neste módulo, pode-se fazer consultas ao banco e gerar arquivos no formato ASCII para serem usados nos modelos de simulação integrados ou para outros fins quaisquer (Figura 11)

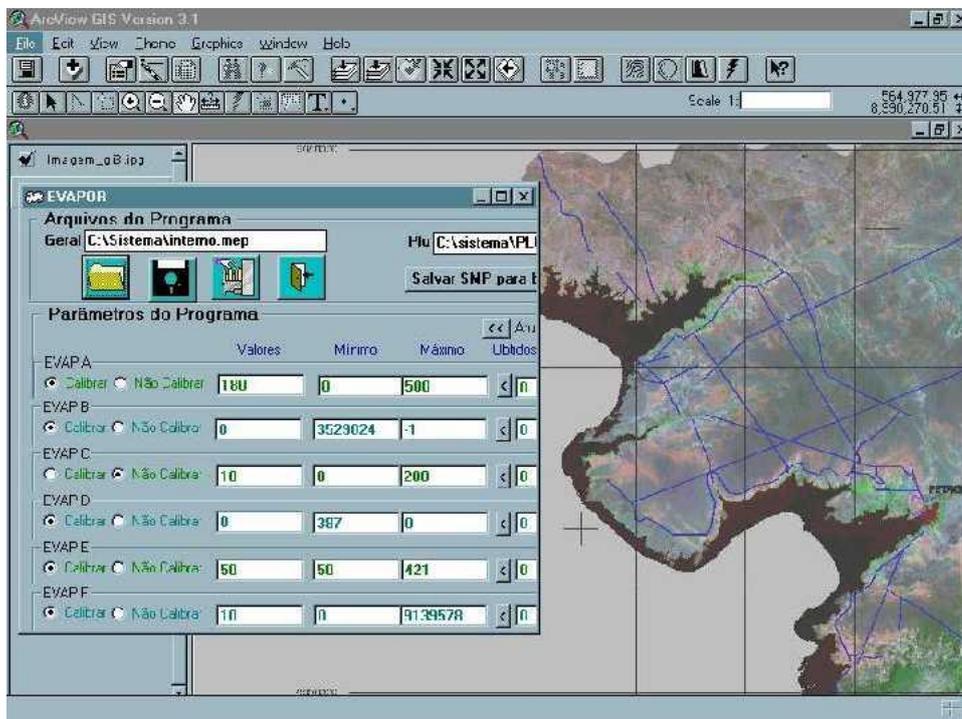


Figura 8. Módulo de extensão de dados de evaporação.

FLUXOGRAMA

Na figura 12 está indicado um esquema da estrutura do sistema para melhor entendimento.

Entrada de dados para o BALRES

Arquivos
 Nome do Arquivo de Entrada: C:\Danelia Kynlils\Esqj Outra Versão\teste.da
 Nome do Arquivo de Saída: P\A\IFII\PIIT

Características
 Título: BACIA DO ACUDE SERRINIA I
 Área da Bacia: 0,95C+00
 Volume de Referência: 31108000
 Número de Regiões: 1
 Número Total de Reservatórios: 7

Identificadores
 Rodada: 11
 Comentário: 11

Período
 Mês Inicial: 1 Mês Final: 12
 (Mês em NÚMERO)
 Ano Inicial: 1000 Ano Final: 1005
 (Número COMPLETO)

Dados da Região

| Região | Betar | Arquivo de Vazão | Arquivo de Evaporação | Arquivo de Chuva | Número de Reservatórios |
|--------|-------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | c:\sgl\smzpm\SEFRA2.flu | c:\sgl\evap\SEFRA2.eva | c:\sgl\puv\SEFRA2.plu | 7 |

Dados dos Reservatórios

| Região | Grupo | Título | Grupo número dos | Vazão Aduzida | Alfa | Alfa Mínimo | Alfa Inicial |
|--------|-------|----------------------|------------------|---------------|---------|-------------|--------------|
| 1 | 1 | ACUDE SERRINIA (Q50) | 1,0 | 0,5 | 0,03522 | 0,09 | 0,5 |
| 1 | 2 | ACUDE ARRODEIO (Q50) | 1,0 | 0,5 | 0,04668 | 0,2 | 0,5 |
| 1 | 3 | ACUDE ROSARIO (Q50) | 2,0 | 0,5 | 0,11248 | 0,045 | 0,5 |
| 1 | 4 | ACUDE BROTAS (Q50) | 2,0 | 0,5 | 0,03313 | 0,015 | 0,5 |
| 1 | 5 | ACUDE JAZIGU (Q50) | 2,0 | 0,5 | 0,04996 | 0,032 | 0,5 |

Adicionar Ecluir Atualizar Escutar ASCII Editar Visualizar IMPRIMIR Fechar

Rodada: 11

Figura 9. Interface com modelo de operação de reservatórios.

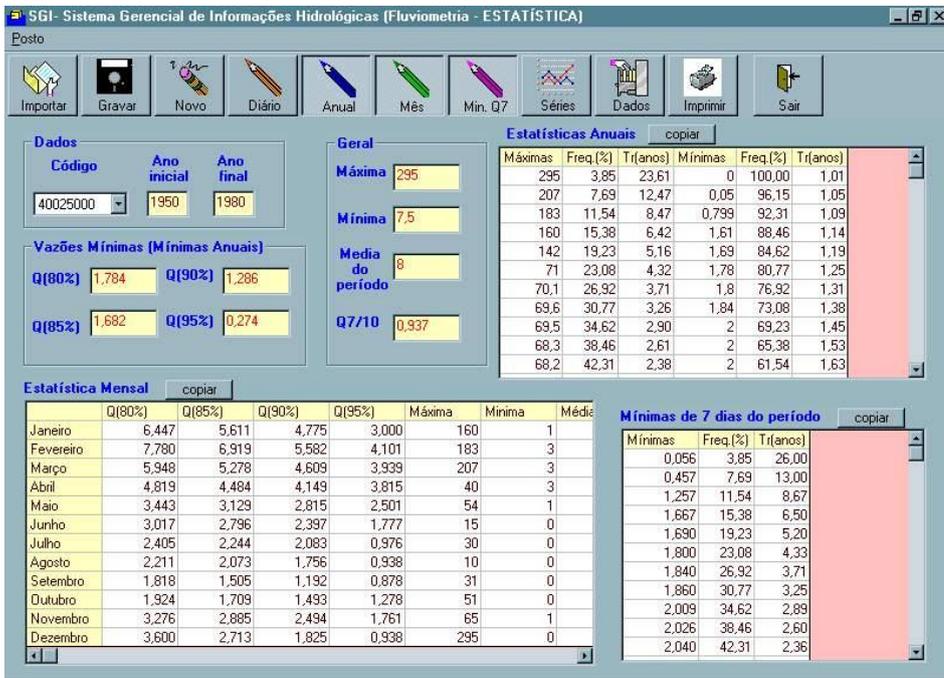


Figura 10. Módulo de análise estatística do SGI.

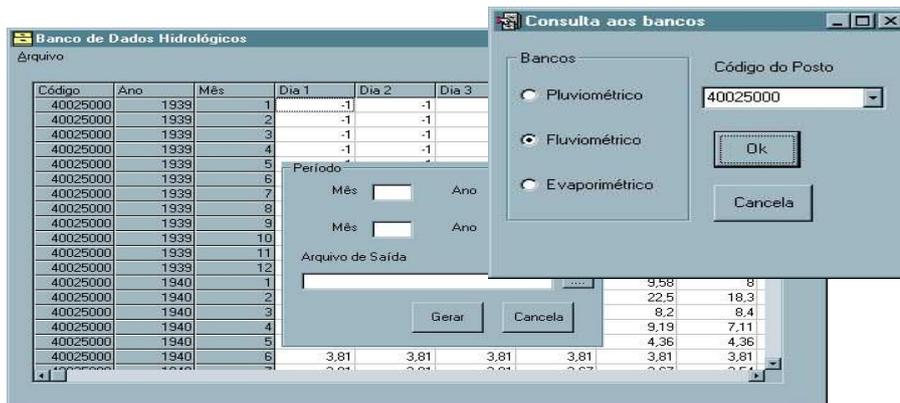


Figura 11. Módulo de acesso ao banco de dados hidrológicos

CONCLUSÃO

O sistema em desenvolvimento tem como propósito dar suporte às ações de planejamento na bacia do rio São Francisco, inicialmente no âmbito do programa Xingó, posteriormente por outras entidades e programas na bacia. A estruturação do sistema encontra-se praticamente montada, restando o desafio de completar a base de dados, tarefa árdua dadas as dimensões da bacia do rio São Francisco.

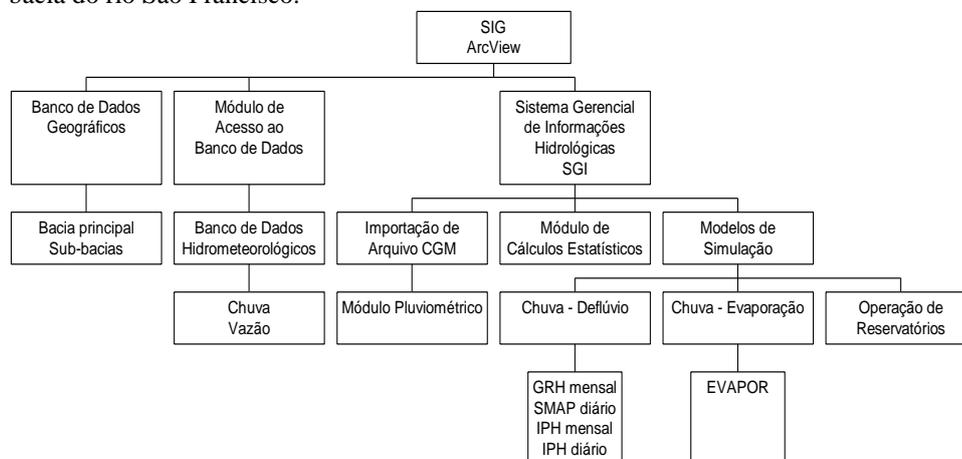


Figura 12. Esquema da estrutura do sistema

AGRADECIMENTOS

Ao Ministério do Meio Ambiente – MMA, à FINEP/RECOPE, ao Projeto Xingó/ CNPq e a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco – SRH, pelo apoio à realização desse trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO Filho, P. F. e CIRILO, J. A., Regionalização da Evapotranspiração para o Estado de Pernambuco. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, CE, 1994
- CIRILO, J. A., AZEVEDO, J. R. G. e MONTENEGRO, S. M. G. L., Modelos de Simulação Hidrológica Aplicados à Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco. I Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Recife, PE, 1992.

- CIRILO, J.A., BALTAR,A.M., ROLIM,A.L, TORRES, C.O. Processo Integrado da Dados Para Análise Hidrológica, Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 2 n. 1 Jan/Jun 1997, p 15 – 28
- CIRILO, J.A., SAMPAIO JR, R. A., AGRA, M. C. M., CUNHA, F. A. G. C., TORRES, C.O. Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco: Subsistema de Informações ao Usuário. Volume 2 n. 1 Jan/Jun 1997, p 29 – 43
- LOPES, J.E.G., BRAGA JR, B.P.F e CONEJO, J.G.L., Simulação Hidrológica: Aplicações de um Modelo Simplificado. VI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Fortaleza, CE, 1981.
- PAIVA, M. F., CIRILO, J. A., GARRIDO, R. J. S., ASFORA, M. C., SSDACO-Sistema Computacional de Suporte à Decisão para Análise e Controle de Outorga. IV Simpósio de Hidráulica dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Coimbra, Portugal, 1999.
- TUCCI, C. E. M., DAMIANI, A. e PERITI, R., Potenciais Impactos no Escoamento devido a Modificação Climática: Avaliação Preliminar. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Recursos Hídricos, v. 6 n. 1, p 65-80, 1990.
- TUCCI, C.E.M., SANCHEZ, J. e SIMÕES LOPES, J, Modelo IPH II de Simulação Precipitação – Vazão na Bacia: Alguns Resultados.VI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Fortaleza, CE, 1981.