

## Planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, Uma Bacia Litorânea do Nordeste Brasileiro

**Tarciso Cabral da Silva, Alain Passerat de Silans, Laudelino de A. Pedrosa Filho**

*Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia – Área de Recursos Hídricos – Campus I  
58059-900 João Pessoa, PB – Tel./Fax: (83) 216.7684 - tarciso@lrh.ct.ufpb.br*

**Ana Emilia Duarte B. Paiva**

*SEMARH/ Gerência de Informática e Geoprocessamento – Centro Administrativo, Jaguaribe  
58019-900 João Pessoa, PB – Tel:(83) 218.4399 - anaemilia@semarh.pb.gov.br*

**Max Billib, Peter Boochs**

*WAWI – Instituto de Recursos Hídricos, Hidrologia e Engenharia de Hidráulica Agrícola da Universidade de Hannover  
Appelstraße 9 A D-30167 – Hannover – Alemanha*

Recebido: 23/10/01 - revisão: 10/02/02 - aceito: 30/08/02

---

### RESUMO

*Neste trabalho, apresenta-se a metodologia usada para o planejamento do uso da água na bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba. Uma avaliação preliminar foi efetuada considerando a bacia e diversas sub-bacias como espaço geográfico de análise. A partir desta e de uma avaliação das inter-relações entre o desenvolvimento sócio-econômico da bacia e seus recursos hídricos, diversas perguntas foram formuladas e respondidas construindo-se cenários e realizando simulações através da aplicação do modelo MODSIM. A bacia hidrográfica do rio Gramame é bastante representativa das bacias litorâneas peri-urbanas do Nordeste do Brasil. A metodologia adotada neste trabalho contribui como um exemplo para o planejamento do uso dos recursos hídricos das demais bacias litorâneas peri-urbanas do Nordeste, de mesmo porte.*

**Palavras-chave:** *bacias peri-urbanas; bacias litorâneas; modelo para planejamento.*

---

### INTRODUÇÃO

A lei Federal 9433/97, que instituiu a política e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conhecida também como a lei das águas, cria instrumentos para efetivar a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. São eles: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderante; a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

O processo de planejamento dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica requer, segundo Lanna (1999): um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; análises de alternativas de crescimento demográfico, da evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; um balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade; metas de racionalização do uso da água e projetos a serem implantados, entre outros.

O objetivo deste trabalho é de apresentar os estudos que foram conduzidos para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba.

A bacia hidrográfica do rio Gramame é uma bacia litorânea, de médio porte, com 589,1 km<sup>2</sup>. O maior interesse com relação a essas bacias hidrográficas litorâneas no Nor-

deste, do ponto de vista dos recursos hídricos, vem do fato delas se encontrarem geralmente próximas a grandes centros urbanos ou até em regiões peri-urbanas. São bacias que, embora de porte modesto, estão sujeitas a um desenvolvimento sócio-econômico importante e crescente, principalmente baseado sobre as atividades agrícolas, de mineração, industriais, turísticas e até de expansão urbana. Os seus recursos hídricos são de mais a mais solicitados para os diversos usos na bacia como também exportados para sistemas de abastecimento de água das grandes cidades vizinhas. Obviamente, conflitos de uso da água já existem em muitas delas e crescem rapidamente. Estes podem se revestir de caráter dramático nos anos de precipitação inferior às normais ou de estiagem prolongada. Por isso, a planificação e o gerenciamento dos recursos hídricos nessas bacias hidrográficas se tornam urgentes. Além do mais, são bacias carentes em informações hidroclimatológicas, o que dificulta os estudos hidrológicos essenciais.

A bacia hidrográfica do rio Gramame no Estado da Paraíba, entretanto, distingue-se das demais justamente porque dispõe de quantidade razoável de informações hidroclimatológicas (Silva Jr. et al., 2000). A CAGEPA (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba) instalou em 1971 três postos fluviométricos e quinze postos pluviométricos na bacia com período de registro variando no intervalo 1972 a 1989. Ao redor da bacia hidrográfica existem quatro postos pluviométricos instalados pela SUDENE com séries históricas relativamente longas.

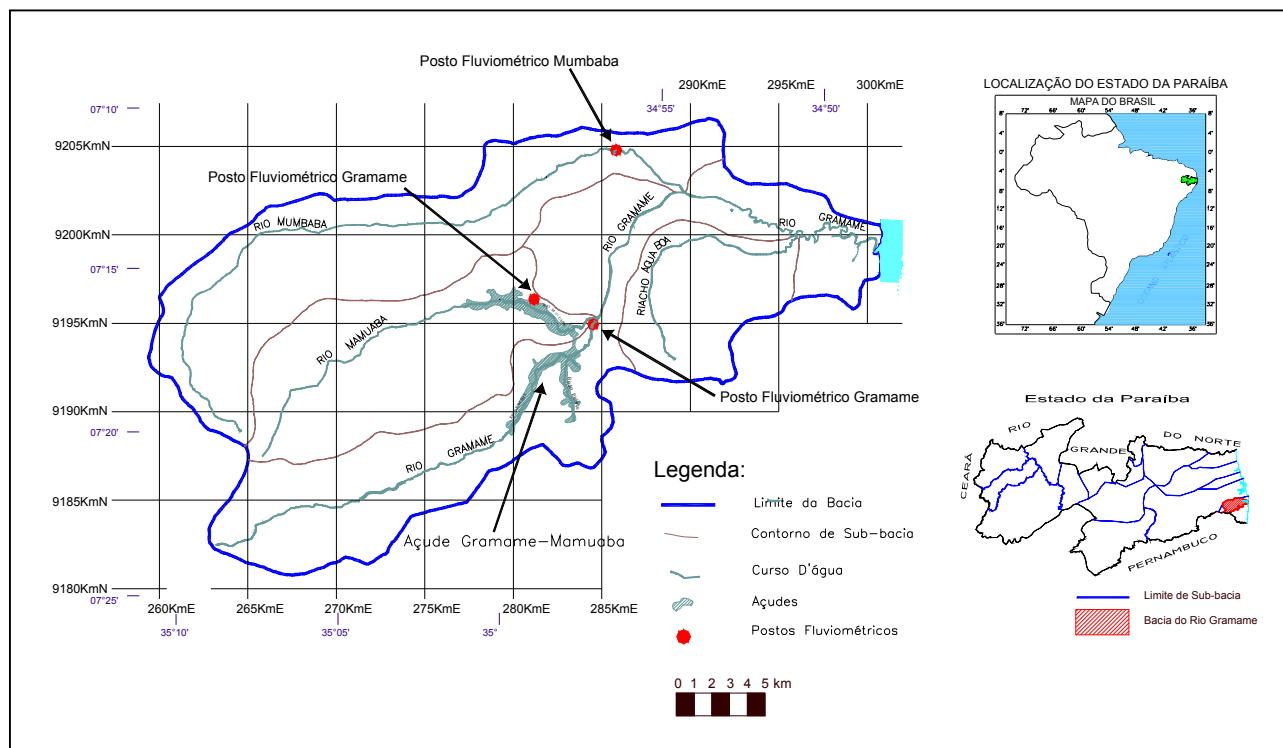


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Gramame, localização dos postos fluviométricos e rede de drenagem.

Neste trabalho mostra-se uma avaliação preliminar global dos recursos hídricos para diversos horizontes, a qual considera como espaço geográfico de análise a bacia e/ou suas principais sub-bacias. Com base nos resultados desta avaliação preliminar, apresenta-se posteriormente como um modelo de simulação de rede de fluxo foi utilizado para diagnosticar a situação dos recursos hídricos nesta bacia litorânea, efetuando cenários de uso de água considerando os diversos horizontes, diversas alternativas de modificações da infra-estrutura hidráulica e alternativas de operação do sistema. Esta última avaliação considera a bacia de forma discretizada, onde a análise é feita ponto a ponto na bacia. Os resultados e metodologias adotados para este estudo podem ser utilizados em outras bacias litorâneas do Nordeste carentes de informações hidrometeorológicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### A bacia hidrográfica do rio Gramame

A bacia hidrográfica do rio Gramame (Figura 1), localiza-se entre as latitudes 7°11' e 7°23' sul e as longitudes 34°48' e 35°10' oeste, no litoral sul do Estado da Paraíba, e drena uma área de 589,1 km<sup>2</sup> (Goldfarb et al., 1999).

Os principais rios que compõem a bacia hidrográfica (Gramame, Mumbaba e Mamuaba), têm as suas nascentes localizadas na proximidade do complexo cristalino na porção sudoeste da bacia. Desenvolvem-se na parte ocidental

em vales encaixados que vão se alargando ao se aproximarem da parte oriental da bacia hidrográfica. Com relação aos solos ocorrentes, percebe-se que em torno do alto e do médio curso do rio Gramame, são predominantemente Podzol Hidromórfico. Tais solos são arenosos e profundos, com taxa de infiltração elevada e baixa retenção de água. Já os solos podzólicos com fragipan, também ocorrentes na bacia, apresentam permeabilidade razoável até encontrar em torno de 1,50 m de profundidade uma camada impermeável com fraturas. Solos desta natureza conduzem a escoamentos superficiais relativamente elevados. O aquífero do grupo Barreiras é alimentado por estas fraturas ou falhas, conduzindo a água da precipitação a fluir em direção às calhas do rio com uma cinética bastante baixa. O baixo curso do rio Gramame, desenvolve-se numa planície com solos de mangue e solos gleys na sua proximidade com o oceano.

A vegetação natural ao longo do processo de ocupação das terras foi sendo indiscriminadamente retirada e substituída pelas culturas de cana-de-açúcar, abacaxi, mandioca, entre outras de caráter intensivo, restando, atualmente, alguns pequenos trechos de Mata Atlântica e seus ecossistemas (SEPLAN, 1997).

Na bacia existem três postos fluviométricos com dados de vazões: Mumbaba (01/1972 – 04/1982); Mamuaba (01/1972 – 04/1982) e Gramame (01/1972 – 07/1978). A precipitação média anual varia de 800 a 1800 mm, com a maior concentração do total precipitado nas áreas mais próximas do oceano, sendo notório o alto gradiente da precipitação na direção oeste-leste. Dentro da bacia exis-

**Tabela 1. Características específicas da bacia hidrográfica do rio Gramame no que tange aos recursos hídricos.**

Características principais	Uso dos recursos hídricos (quantidade)	Uso dos recursos hídricos (qualidade)	Desenvolvimento sócio-econômico
Bacia hidrográfica peri-urbana	Exportação de água para o abastecimento da grande João Pessoa com previsão de crescimento importante nos horizontes do plano (20 anos); Crescimento das demandas em água para abastecimento da cidade do Conde, na bacia em virtude da sua ocupação turística e urbana pela grande João Pessoa; Possibilidade de que as demandas de água para uso agrícola possam crescer para atender às necessidades alimentares da grande João Pessoa; Aumento dos usos não consuntivos das águas na bacia para efeitos recreativos.	Invasão progressiva do distrito industrial de João Pessoa; Qualidade insustentável e em crescimento dos efluentes industriais no riacho Mussuré afluente ao rio Mumbaba e no baixo curso do rio Gramame.	Crescimento considerável do parque industrial; Transformação progressiva da área rural em área urbana; Possibilidade de desenvolvimento baseado no turismo e no lazer para a população da grande João Pessoa; As terras férteis para a irrigação, hoje ocupadas pela cana de açúcar poderão se voltar para a produção de alimentos para atender a população da grande João Pessoa; Crescimento demográfico urbano no entorno da bacia com riscos de invasão na proximidade das coleções de água.
Bacia hidrográfica litorânea	Rios perenes; Devido à aparente disponibilidade em água quando comparado com o semi-árido, o monitoramento dos recursos hídricos é inexistente.	Áreas de manguezais; Rios perenes utilizados sem controle para despejo de efluentes; A aparente abundância em água quando comparada com o semi-árido levou a negligenciar-se o controle da qualidade da água; Risco de doenças de veiculação hídrica.	Desenvolvimento turístico e de lazer.
Bacia hidrográfica fortemente antropizada	O desmatamento excessivo nas margens dos rios, principalmente nas nascentes, e do açude Gramame-Mamuaba deve provocar assoreamento e modificações do regime dos cursos de água com propensão à intermitência dos rios; Conflitos de uso da água.	Desmatamento excessivo favorecendo a perda de solos e nutrientes pelo escoamento superficial; Diminuição dos processos de nitrificação e depuração dentro do solo; Crescimento demográfico não planejado em áreas urbanas com vocações turísticas; Diminuição da biodiversidade aquática.	Principal uso da terra com o cultivo da cana de açúcar e do abacaxi; Significativa exploração de minerais não metálicos, incluindo três plantas industriais de envasamento de água mineral.

tem 15 postos pluviométricos que foram operados pela CAGEPA com períodos de observações variáveis entre 1972 e 1989, perfazendo uma densidade de um posto a cada 39 km<sup>2</sup>. Ao redor e próximo da bacia existem quatro postos operados pelo Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto da Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba – SEMARH, com período de observação bem maior.

As sedes dos municípios de Conde e Pedras de Fogo se situam no interior da bacia. A bacia abastece ainda a cidade de João Pessoa, capital do Estado, e mais três cidades-satélite fora do seu espaço geográfico, perfazendo um total aproximado de 900.000 habitantes.

O maior reservatório fluvial da região litorânea do Estado está localizado na bacia, o açude Gramame-Mamuaba, com capacidade de acumulação de 56,9 milhões de metros cúbicos.

As principais características da bacia são:

- bacia hidrográfica peri-urbana com exportação expressiva de água para o aglomerado urbano denominado Grande João Pessoa;
- bacia hidrográfica litorânea com rios perenes;
- bacia hidrográfica fortemente antropizada.

Na Tabela 1 são sintetizadas as informações relativas a estas características no que concerne aos recursos hídricos em quantidade e qualidade e suas inter-relações com o desenvolvimento sócio-econômico na bacia.

### Avaliação preliminar

É consensual que a bacia hidrográfica seja tomada como a unidade natural e adequada para se avaliar a dispo-

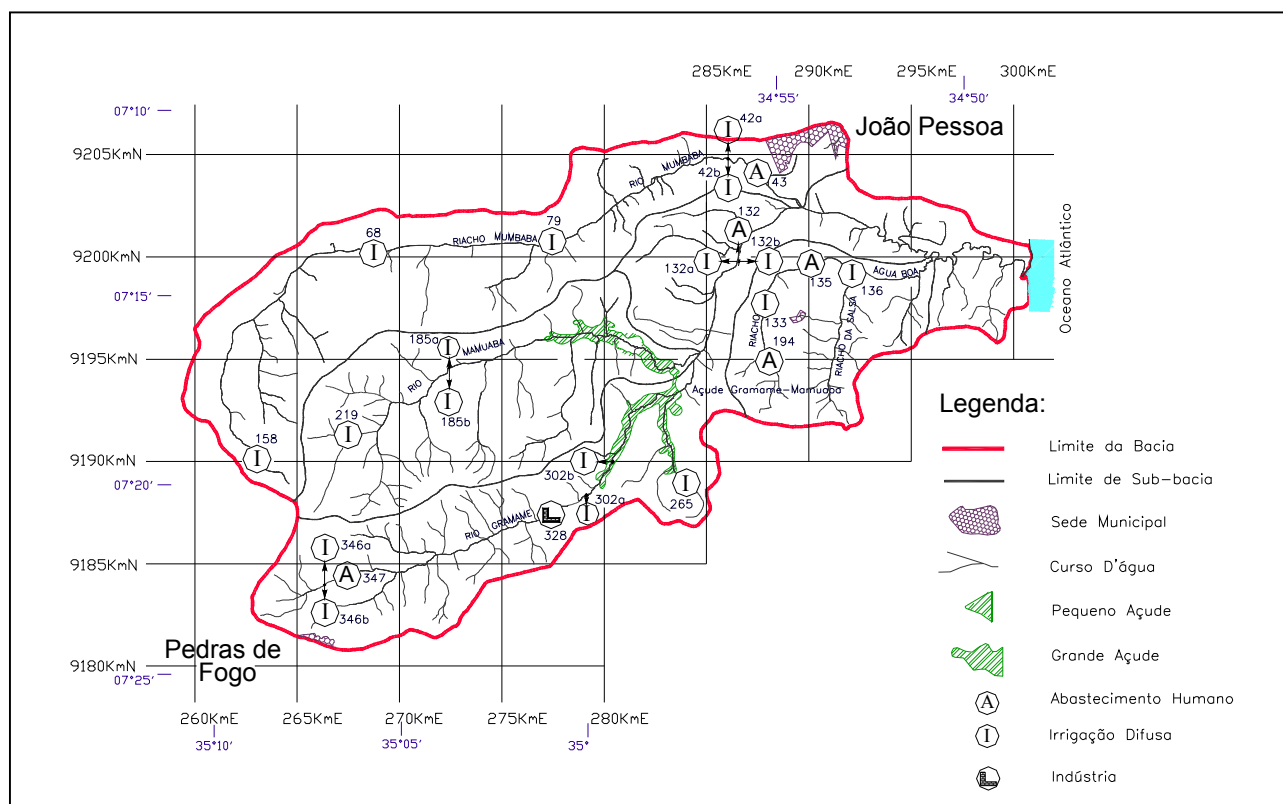


Figura 2. Localização dos pontos de cálculo.

nibilidade em recursos hídricos e confrontá-la com as demandas. No entanto, a unidade administrativa na qual se expressam as demandas é o município. Há portanto necessidade de se definir unidades para comparação conforme o caso. No caso da bacia hidrográfica do rio Gramame, as maiores demandas são para a chamada Grande João Pessoa que abrange espacialmente pequena parte da superfície da bacia hidrográfica do rio Gramame e cujo abastecimento de população urbana é também parcialmente assegurado pelas águas advindas de outras bacias hidrográficas, inclusive com transposição interbacias. Maiores informações encontram-se no Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (PDRH – Gramame, SEMARH, 2000).

A avaliação preliminar é aqui efetuada considerando a bacia hidrográfica como um todo assim como as sub-bacias do açude Gramame-Mamuaba e a sub-bacia do rio Mumbaba.

A água sustenta a existência dos ecossistemas naturais e as atividades humanas, dentre estas, os três setores da economia propulsores do desenvolvimento, quais sejam os setores Primário, Secundário e Terciário. Consequentemente, sendo um recurso renovável finito, a água é, em caso de escassez ou impropriedade, um fator limitante ao desenvolvimento.

A sustentabilidade hídrica de uma determinada região está diretamente associada ao seu potencial de desenvolvimento sócio-econômico. Em face destes conceitos, o diagnóstico, objeto desta avaliação preliminar, será analisado à luz dos índices de sustentabilidade hídrica definidos por Vieira e Vieira (1995) e descritos a seguir:

- IUD – Índice de Utilização da Disponibilidade, definido pela razão entre a demanda e a disponibilidade;
- IUP – Índice de Utilização da Potencialidade, definido pela razão entre a demanda e a potencialidade;
- IAP – Índice de Ativação da Potencialidade, definido pela razão entre a disponibilidade e a potencialidade.

Nesta primeira parte do trabalho, todas as demandas são consideradas, assim como as disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas extraídas do PDRH - Gramame (SEMARH, 2000). Na segunda parte, guiado pelos resultados da primeira parte, diversos cenários de operação do sistema (cenários de oferta hídrica e cenários de demanda hídrica associados à priorização dos usos da água) serão considerados, utilizando um modelo de simulação hidrológica. Nesta segunda parte, a disponibilidade subterrânea não é considerada porque, na bacia do rio Gramame, ela é utilizada principalmente para o abastecimento animal e o abastecimento da população rural. Também alguns poços suprem em água diversas indústrias na bacia. Durante o recente racionamento vivido pela grande João Pessoa, a CAGEPA ativou ou reativou 32 poços na região, os quais têm capacidade de oferecer ao sistema 900 l/s. Segundo informações da CAGEPA, esta disponibilidade suplementar deve ser considerada apenas como emergencial, haja visto não existirem estudos e dados confiáveis sobre os aquíferos utilizados.

Nesta avaliação preliminar, as potencialidades hídricas das bacias e sub-bacias, assim como as disponibilidades

hídricas para os diversos cenários considerados foram calculadas com um modelo hidrológico distribuído.

### Os modelos de simulação hidrológica utilizados: AÇUMOD e MODSIM

O AÇUMOD (Paiva et al., 1999; Silva Jr. et al., 2000; Silans et al., 2000 e SEMARH, 2000), é um modelo hidrológico distribuído que efetua o balanço hídrico dos açudes implantados na rede de drenagem da bacia hidrográfica, considerando as respectivas regras de operação dos mesmos. É uma adaptação do modelo SIMMQE (DNAEE, 1983a) desenvolvido pela ORSTOM e utilizado pelo DNAEE na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (DNAEE, 1983b). O AÇUMOD guarda a mesma estrutura que o SIMMQE, tendo simplificado e adaptado ao microcomputador os seus comandos de leituras assim como as entradas e saídas de dados. Além disso, algumas modificações foram introduzidas para torná-lo mais adaptado às regiões semi-áridas.

O AÇUMOD também permite calcular séries de vazão em diversos pontos da bacia hidrográfica. Estes pontos foram aqui chamados de “Pontos de Cálculo” e trata-se de uma representação espacialmente simplificada da bacia hidrográfica, de acordo com a rede de drenagem e com a localização das captações ou do uso *in situ* da água. Por meio desta é suposto que o uso de água se faça apenas nos pontos específicos da rede de drenagem. Isto permite a redução dos balanços hídricos a serem realizados para confronto entre as disponibilidades naturais de água e os usos ao longo da rede de drenagem da bacia. Correspondem aos postos fluviométricos, às captações de água para abastecimento humano, industrial e para a irrigação, aos exutórios de sub-bacias e outros pontos onde futuramente captações e barragens poderão ser implantadas. No caso da irrigação, estes pontos são fictícios e agrupam diversos usuários com captações reais, às vezes de porte muito pequeno (Figura 2). Para estes pontos de cálculo, as vazões foram geradas no período 1972-1988.

Já o modelo MODSIM é um modelo de rede de fluxo desenvolvido na Colorado State University sob a liderança do Prof. John Labadie (Labadie, 1988 e Azevedo et al., 1997). O MODSIM é um modelo generalizado, bem documentado, adaptado para simular as situações mais comuns que ocorrem em sistemas de recursos hídricos e testado em uma variedade de situações.

No Brasil, registram-se aplicações do modelo para simular o Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza (Souza Filho e Porto, 1996), o sistema das bacias dos rios Itapicurú (Porto et al., 1997 e Porto, 1999) e Jacuípe na Bahia (Porto, 1997).

Uma das principais características do MODSIM é o fato de que este modelo incorpora automaticamente uma série de funções que são comuns na simulação de bacias hidrográficas sem que o usuário tenha que se preocupar em programá-las. Entre elas as mais importantes são:

- O usuário pode colocar quantos nós de demanda forem necessários para levar em conta as demandas na bacia (consuntivas ou não). O modelo atenderá a estas demandas de acordo com um valor de prioridade atribuído pelo usuário, que pode variar de 1 a 99 (o valor 1 é a maior prioridade);  
Na realidade as prioridades P e os custos C estão relacionados de forma biunívoca ( $C = 10P - 1000$ ), o que significa que os valores de C que representam prioridades são sempre negativos. Portanto, ao atender uma prioridade o modelo estará diminuindo os custos da rede de um valor C por unidade de vazão fornecida;
- A operação dos reservatórios é feita utilizando-se o conceito de “volume meta” ou “nível meta”, ao qual se atribui uma prioridade. Desta forma, sempre que o volume armazenado for menor que o volume meta, o reservatório guardará água desde que as outras prioridades da rede sejam menores;
- As perdas por evaporação dos reservatórios são levadas em conta por meio de processo iterativo; o modelo calcula a produção de energia elétrica (de ponta ou de base) desde que sejam fornecidas as características da usina, se for o caso;
- O modelo simula o balanço água superficial – água subterrânea, desde que sejam fornecidas as características do aquífero.

Para utilizar o modelo, concentram-se as diversas demandas associadas a prioridades em pontos de cálculo, os quais representam usuários importantes quanto à quantidade ou qualidade, ou locais geográficos em torno dos quais usuários difusos e outros eventuais são, de modo fictício, associados, podendo representar, por exemplo, associações de usuários estabelecidas. Nestes pontos de cálculo, séries longas de vazões afluentes incrementais devem ser fornecidas ao modelo.

Neste trabalho, as séries longas de vazões afluentes foram geradas em duas etapas. Na primeira, utilizou-se o modelo hidrológico distribuído AÇUMOD para gerar as vazões nos pontos de cálculo, transformando as precipitações em vazões. Na segunda, um modelo estocástico, adaptado do modelo de Thomas Fiering para séries temporais cíclicas e distribuições assimétricas, foi desenvolvido para gerar séries pseudo-históricas de 100 anos. O número de 100 anos corresponde ao maior comprimento das séries temporais aceitas pelo MODSIM.

### Os cenários de oferta e utilização da infra-estrutura hídrica

Diversos cenários foram construídos para diagnosticar a situação dos recursos hídricos na bacia e propor ações estruturais e não estruturais de melhoria do sistema.

A primeira sequência de cenários é relativa à situação atual, no que concerne tanto à infra-estrutura hídrica como

à inexistência de operação do sistema, ou seja, não existem prioridades para os diversos usos da água e não existe níveis de alerta no açude Gramame-Mamuaba. Quatro cenários são construídos conforme a Tabela 2, cada um relativo a um dos horizontes escolhidos.

Considera-se nos cenários seguintes (ver Tabela 3), regras de operação do sistema com níveis de alerta no açude de Gramame-Mamuaba correspondendo a 50% (caso A) e 25% (caso B) do volume acumulado e as regras de prioridades descritas na Tabela 4. No que concerne às regras de prioridade, uma distinção foi feita em relação à irrigação da cana de açúcar e dos outros cultivos, estes últimos, principalmente a fruticultura, apresentando sensibilidade maior à escassez de água ao mesmo tempo em que agregam valor econômico importante.

Nos cenários 9 a 12 (ver Tabela 5), observa-se a situação supondo ser construído um açude no rio Mumbaba com capacidade para 41 milhões de m<sup>3</sup> (Figura 2).

No cenário 14 (Tabela 6), imagina-se construir na sub-bacia hidrográfica do açude Gramame-Mamuaba, no município de Pedras de Fogo (no sudoeste da bacia), um pequeno reservatório de regularização (Figura 2) com uma capacidade de armazenamento de 8 milhões de m<sup>3</sup> (R8). O índice IAP (Índice de Aproveitamento da Potencialidade), daquela bacia indicou não ser recomendado a construção de um açude com maior possibilidade de armazenamento. Nas simulações com este reservatório considerou-se que a cidade de Pedras de Fogo seria abastecida pelo mesmo.

Nos cenários 15 e 16 (ver Tabelas 7 e 8), acrescentou-se aos cenários 12 e 14 respectivamente a possibilidade de importação de uma vazão de 1.000 l/s da bacia hidrográfica vizinha, a bacia dos rios Abiaí e Papocas. Esta importação, nos cenários efetuados, seria efetivada para dentro do açude Gramame-Mamuaba.

## RESULTADOS

### Avaliação preliminar

**Índices de sustentabilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Gramame** - A potencialidade hídrica em água superficial da bacia hidrográfica do rio Gramame foi estimada em 10,21 m<sup>3</sup>/s, o que corresponde a um volume anual de 322,16 milhões de m<sup>3</sup>. Por sua vez, a potencialidade hídrica em água subterrânea foi estimada em 106,85 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Este último valor foi computado como sendo igual às vazões médias de base dos rios da rede de drenagem da bacia, ou seja, o seu valor já está incluído na potencialidade hídrica superficial. Assim, a potencialidade total a ser considerada é de 322,16 milhões de m<sup>3</sup> (SEMARH, 2000).

Para o abastecimento da grande João Pessoa, atualmente estão sendo bombeados 2.571 l/s. Destes, em condições normais de operação, ou seja, anteriormente aos recentes conflitos registrados na bacia, 425 l/s são retirados do rio Mumbaba através da captação a fio d'água de

**Tabela 2. Identificação dos cenários 1 a 4 – Infra-estrutura atual sem volume meta no açude Gramame-Mamuaba e sem prioridades.**

Horizonte	Cenário
2000	1
2005	2
2010	3
2020	4

**Tabela 3. Identificação dos cenários 5 a 8 – infra-estrutura atual com volume meta no açude Gramame-Mamuaba e prioridades.**

Horizonte	Cenário
2000	5 (A e B)
2005	6 (A e B)
2010	7 (A e B)
2020	8 (A e B)

**Tabela 4. Regras de prioridades.**

Finalidade de uso	Prioridade
Abastecimento humano	1
Armazenamento do volume meta	20
Irrigação prioritária	50
Irrigação não prioritária	90

**Tabela 5. Identificação dos cenários 9 a 12 – infra-estrutura atual mais açude Mumbaba com volumes meta e prioridades.**

Horizonte	Demanda da CAGEPA		Cenário
	Ponto 43	Ponto 132	
2005	1600 l/s	1060 l/s	9 (A e B)
2010	1600 l/s	1370 l/s	10 (A e B)
2020	1600 l/s	1920 l/s	11 (A e B)
2020	1000 l/s	2520 l/s	12 (A)

**Tabela 6. Identificação do cenário 14 – infra-estrutura atual mais Açude Mumbaba mais R8, com volume meta (50%) e prioridades.**

Horizonte	Demanda da CAGEPA		Cenário
	Ponto 43	Ponto 132	
2020	1000 l/s	2520 l/s	14

**Tabela 7. Identificação do cenário 15 – infra-estrutura atual mais açude Mumbaba mais importação da bacia Abiaí-Papocas, com volume meta (50%) e prioridades.**

Horizonte	Demanda da CAGEPA		Cenário
	Ponto 43	Ponto 132	
2020	1000 l/s	2520 l/s	15

**Tabela 8. Identificação do cenário 15 – infra-estrutura atual mais açude Mumbaba mais R8 mais importação da bacia Abiaí-Papocas, com volume meta (50%) e prioridades.**

Horizonte	Demanda da CAGEPA		Cenário
	Ponto 43	Ponto 132	
2020	1000 l/s	2520 l/s	16

mesmo nome e exportados por adutora até a barragem do rio Marés. Há vários anos atrás bombeava-se do rio Mumbaba 600 l/s; 116 l/s são supridos pelo sistema de águas subterrâneas de Burraquinho e 225 l/s correspondem à disponibilidade exclusiva da barragem de Marés, embora a ETA de Marés seja dimensionada para 1.200 l/s. A bacia hidrográfica do rio Gramame, quer seja diretamente através de sua adutora, via ETA de Gramame, quer seja através de transposição de água da bacia hidrográfica do rio Mumbaba para a bacia hidrográfica do rio Marés contribui com 2.230 l/s para o abastecimento da grande João Pessoa. Os índices de sustentabilidade já mencionados são calculados com esta demanda para o ano 2000. Para os horizontes do plano, quais sejam 2005, 2010 e 2020, no que concerne ao abastecimento da grande João Pessoa, consideram-se saturadas as disponibilidades respectivas da bacia do rio Marés e do sistema de Burraquinho. Desta forma, crescimentos da demanda previstos para estes horizontes terão que ser supridos pela bacia hidrográfica do rio Gramame, caso haja disponibilidade para isto. É a informação principal que os valores dos índices de sustentabilidade hídrica calculados neste item, fornecerá.

A demanda na bacia do rio Gramame tem três usos principais: abastecimento urbano na bacia, irrigação e exportação de água para a cidade de João Pessoa. A distribuição das águas da bacia entre estes diferentes usos é apresentada na Figura 3. Na Tabela 1 assim como na Figura 3 observa-se que mais de 60% das demandas são para a exportação de água para a cidade de João Pessoa. O equacionamento do importante abastecimento de João Pessoa é estratégico para o balanço hídrico da bacia do rio Gramame. Considerando o horizonte de 2020, horizonte estabelecido no PDRH-Gramame (SEMARH, 2000), observa-se que as demandas evoluirão de 3,73 m³/s no horizonte 2000 para 4,91 m³/s no horizonte 2020.

Conseqüentemente, no cálculo dos índices de sustentabilidade hídrica, diversos cenários de demanda são considerados como mostrado na Tabela 9.

As disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas para a bacia hidrográfica são apresentadas na Tabela 10, extraído de SEMARH (2000).

As disponibilidades apresentadas na Tabela 10 correspondem às vazões regularizáveis pelo açude de Gramame-Mamuaba com garantias de 100% e 98% respectivamente às quais foram somadas as vazões de referências por trecho de rio. Os diversos cenários de uso a montante do açude Gramame-Mamuaba são considerados.

Na Tabela 11 os índices de sustentabilidade hídrica IUD, IUP e IAP são calculados com os valores de dispo-

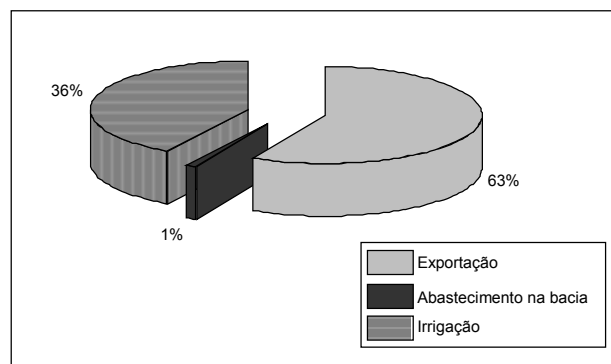
**Tabela 9. Cenários considerados para a bacia hidrográfica do rio Gramame.**

Cenário	Descrição
A	A irrigação não é considerada.
B	A demanda atual para a irrigação é considerada.
C	50% da demanda atual para a irrigação é considerada.
D	Um incremento da demanda atual para irrigação é considerado correspondendo a um incremento das terras irrigáveis em 2,5%.

**Tabela 10. Disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Gramame (m³/s).**

Disponibilidades em água subterrânea	0,263	
Disponibilidades em água superficial	100%*	98%*
Cenário A	3,22	4,24
Cenário B	2,53	3,44
Cenário C	2,88	3,68
Cenário D	2,53	3,35

\*Níveis de garantia.

**Figura 3. Estrutura da demanda na bacia do Gramame.**

nibilidade para os diversos cenários relativos a um nível de garantia de 100%. As demandas relativas à irrigação, para o cálculo destes índices no caso dos cenários B a D foram estimadas pela seguinte expressão:

$$Q_I^* = Q_I - \sum Q_{I,M} + \sum D_{I,M}$$

onde  $Q_I^*$  representa a demanda para irrigação considerada no cálculo dos índices de sustentabilidade;  $Q_I$  representa a demanda total para a irrigação;  $\sum Q_{I,M}$  representa as demandas para irrigação a montante do açude Gramame-Mamuaba, e  $\sum D_{I,M}$  representa os déficits em atender a irrigação a montante do açude Gramame-Mamuaba. Essas demandas não variam para os diversos horizontes.

**Tabela 11. Índices de sustentabilidade para diversos cenários na bacia do rio Gramame, segundo os horizontes de planejamento.**

Cenário	IUD				IAP				IUP			
	2000	2005	2010	2020	2000	2005	2010	2020	2000	2005	2010	2020
A	0.85	0.96	1.09	1.34	0.32	0.32	0.32	0.33	0.27	0.31	0.35	0.44
B	1.09	1.23	1.39	1.71	0.32	0.32	0.32	0.33	0.36	0.40	0.44	0.53
C	0.94	1.06	1.20	1.49	0.32	0.32	0.32	0.33	0.32	0.36	0.41	0.49
D	1.14	1.29	1.45	1.77	0.32	0.32	0.32	0.33	0.38	0.42	0.47	0.55

**Tabela 12. Índices de sustentabilidade para diversos cenários na sub-bacia do açude Gramame-Mamuaba, segundo os horizontes de planejamento.**

Cenário	IUD				IAP				IUP			
	2000	2005	2010	2020	2000	2005	2010	2020	2000	2005	2010	2020
A	0.98	1.10	1.25	1.54	0,57	0,57	0,57	0,57	0.56	0.63	0.71	0.88
B	1.48	1.66	1.87	2.30	0,57	0,57	0,57	0,57	0.74	0.81	0.89	1.06
C	1.16	1.30	1.48	1.83	0,57	0,57	0,57	0,57	0.65	0.72	0.80	0.97
D	1.59	1.77	1.98	2.41	0,57	0,57	0,57	0,57	0.81	0.88	0.96	1.13

**Índices de sustentabilidade hídrica da sub-bacia hidrográfica do açude Gramame-Mamuaba** - A potencialidade hídrica da sub-bacia do açude Gramame-Mamuaba corresponde a um volume anual de 122,1 milhões de m<sup>3</sup>. Os índices de sustentabilidade para esta sub-bacia são apresentados na Tabela 12. No cálculo desses índices, os mesmos cenários de uso da água para a irrigação são considerados. Para o abastecimento da grande João Pessoa, dois valores de demanda são considerados: o primeiro considera que a captação no rio Mumbaba, opera com 425 l/s e o segundo que a mesma opera com 600 l/s. Os valores de demanda para a grande João Pessoa na sub-bacia do Gramame-Mamuaba para os diversos horizontes, nessas condições, estão explícitos na Tabela 13.

**Índices de sustentabilidade hídrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mumbaba** - A potencialidade hídrica da sub-bacia do rio Mumbaba corresponde a um volume anual de 85,5 milhões de m<sup>3</sup>.

Os índices de sustentabilidade nessa bacia são calculados considerando todas as demandas nessa sub-bacia.

Duas hipóteses sobre as retiradas em Mumbaba são consideradas: 425 l/s e 600 l/s. Isto resulta as respectivas demandas em João Pessoa. Quanto à demanda para irrigação, três cenários são considerados conforme explicado na Tabela 14.

Os resultados dos cálculos dos índices de sustentabilidade são apresentados na Tabela 15.

**Síntese da avaliação preliminar com os índices de sustentabilidade** - Observando-se a Tabela 11 onde são fornecidos os índices de sustentabilidade para toda a bacia do rio Gramame, constata-se:

**Tabela 13. Demanda para o abastecimento da grande João Pessoa na sub-bacia do açude Gramame-Mamuaba (m<sup>3</sup>/s), segundo os horizontes de planejamento.**

Retirada em Mumbaba (m <sup>3</sup> /s)	2000	2005	2010	2020
0,425	1,805	2,080	2,358	2,925
0,600	1,980	2,255	2,533	3,100

**Tabela 14. Cenários de demanda para a irrigação na sub-bacia do rio Mumbaba.**

Cenário	Descrição
A	A irrigação não é considerada.
B	Demanda atual para a irrigação.
C	Demanda atual acrescida da necessidade para irrigar 2,5% das terras produtivas não irrigadas na bacia.

- A demanda hídrica será praticamente igual à disponibilidade na bacia hidrográfica, a partir de 2005, caso nenhuma irrigação a montante do açude Gramame-Mamuaba for permitida, assim como nenhum consumo industrial por parte da agroindústria existente na bacia, a GIASA (cenário A).
- A situação atual é preocupante, pois as demandas superam as disponibilidades quando a irrigação a montante da barragem é considerada. Daí a explicação dos recentes conflitos ocorridos.
- O crescimento da irrigação a montante da barragem de Gramame-Mamuaba, aumenta de modo considerável e insustentável o valor do IUD.



Tabela 15. Índices de sustentabilidade para diversos cenários na sub-bacia do rio Mumbaba, segundo os horizontes de planejamento.

Cenário		IUD				IAP				IUP			
		2000	2005	2010	2020	2000	2005	2010	2020	2000	2005	2010	2020
425 l/s	A	0,76	0,87	0,97	1,17	0,43	0,43	0,43	0,43	0,33	0,38	0,42	0,51
	B	0,86	0,97	1,07	1,27	0,43	0,43	0,43	0,43	0,37	0,42	0,46	0,55
	C	0,96	1,07	1,17	1,37	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,46	0,51	0,59
600 l/s	1-A	0,91	1,02	1,12	1,32	0,43	0,43	0,43	0,43	0,40	0,44	0,49	0,57
	1-B	1,02	1,12	1,22	1,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,44	0,48	0,53	0,62
	1-C	1,11	1,22	1,32	1,52	0,43	0,43	0,43	0,43	0,48	0,53	0,57	0,66

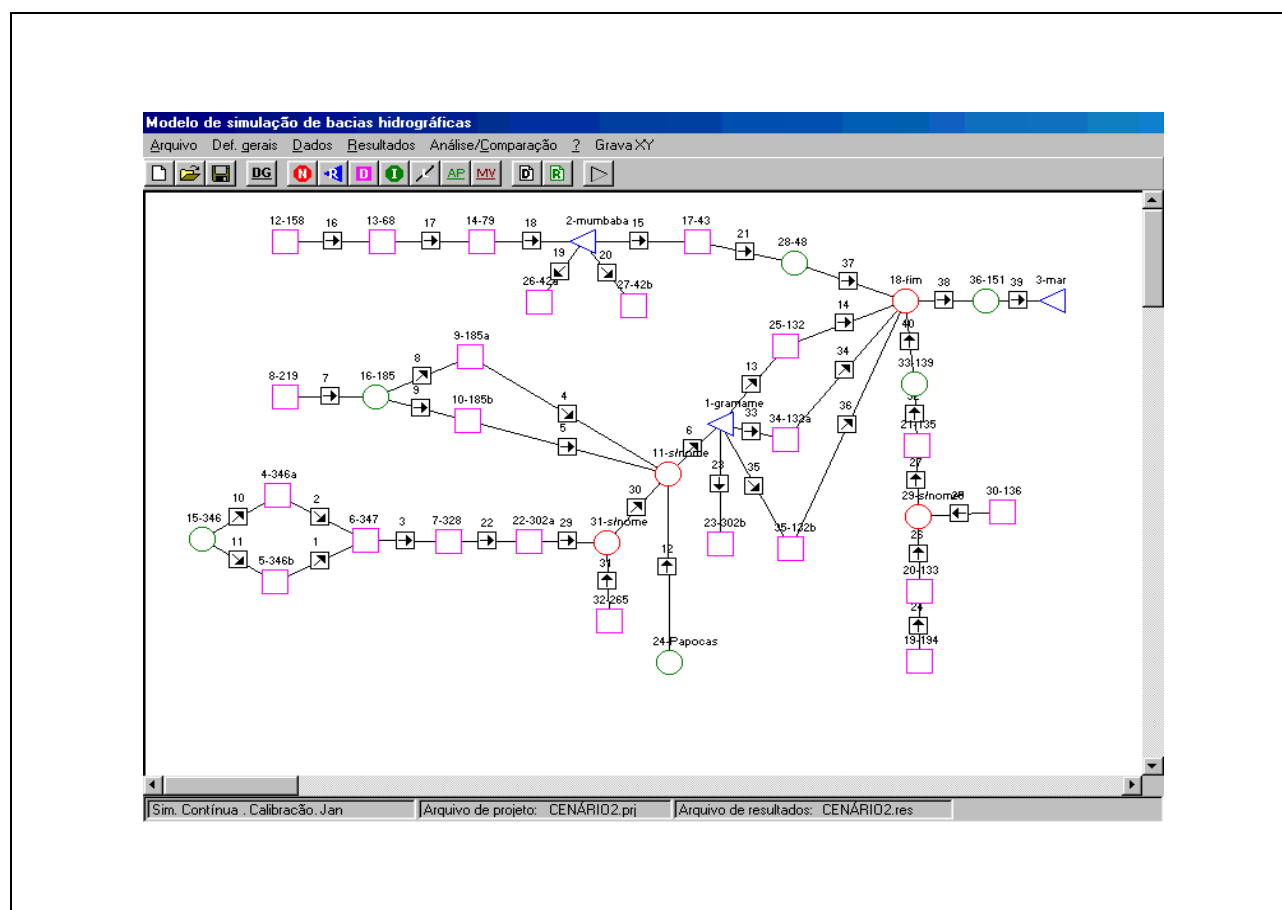


Figura 4. Apresentação de um cenário no MODSIM32.

- O IAP, índice de ativação da potencialidade é ainda relativamente baixo ( $IAP = 0,32 < 0,60$ ). Isto indica haver na bacia hidrográfica possibilidade de aumento do uso em relação à disponibilidade.

No entanto a distribuição espacial das demandas deve ser considerada para planejar este aumento.

A Tabela 12, relativa à sub-bacia do açude Gramame-Mamubá apresenta, uma situação altamente crítica. O valor de IAP é muito próximo de 0,6, o que indica ser difícil aumentar a disponibilidade nessa sub-bacia.

Na Tabela 15, relativa à sub-bacia do rio Mumbaba, observa-se que na situação atual, desconsiderando a irrigação, isto é, proibindo toda retirada de água para irrigação na sub-bacia, se fornecer 600 l/s ao sistema da CAGEPA, a disponibilidade hídrica torna-se insuficiente já em 2005. No caso de um fornecimento de 425 l/s, como ocorria até o ano passado, as demandas para a irrigação na sub-bacia podem ser supridas até 2005 (cenário B). De forma evidente, a situação piora com projeções de aumento das demandas para a irrigação (cenário C). Nesta sub-bacia, o IAP é de 0,43 indicando possibilidade de aumento da disponibilidade.

Tabela 16. Cenário 1.

	Montante Gramame						Jusante Gramame-Mamuaba		Montante Mumbaba				CAGEPA - JP		Água Boa										
	Abast	346a	346b	302a	265	219	185a	185b	Indúst	Irrigação	302b	132a	132b	158	68	79	42a	42b	Abast	Irrigação	132	43	194	133	136
Demanda Média Anual (m³/s)	0,020	0,012	0,008	0,226	0,008	0,008	0,072	0,301	0,110		0,226	0,040	0,037	0,009	0,004	0,020	0,168	0,043	1,740	0,600	1,740	0,600	0,020	0,013	0,023
Falha Percentual	17,17	16,33	27,58	37,92	47,08	4,08	5,00	26,33	21,58		1,33	1,33	1,33	25,75	5,42	1,92	35,67	36,83	1,42	30,33	1,42	30,33	5,00	6,67	13,33
Falha Volumétrica	16,88	27,57	57,10	61,70	93,30	8,40	6,60	32,08	26,00		2,71	2,75	2,71	67,91	15,60	3,29	65,12	74,67	0,91	16,78	0,91	16,78	4,33	10,69	22,75
Duração Média	1,675	1,867	2,627	4,000	4,756	1,140	1,132	2,376	1,947		4,000	4,000	4,000	2,835	1,477	1,045	3,516	3,573	4,250	2,450	4,250	2,450	1,111	1,250	1,684
Duração Máxima	7,000	5,000	6,000	6,000	6,000	3,000	3,000	6,000	7,000		6,000	6,000	6,000	5,000	4,000	2,000	6,000	6,000	7,000	8,000	7,000	8,000	2,000	4,000	5,000
Magnitude Média	0,033	0,037	0,045	1,467	0,078	0,020	0,107	0,871	0,258		1,838	0,330	0,468	0,069	0,018	0,036	1,073	0,307	4,725	0,811	4,725	0,811	0,019	0,027	0,067
Magnitude Máxima	0,140	0,110	0,100	2,540	0,100	0,050	0,300	2,970	1,040		2,710	0,480	0,690	0,110	0,050	0,060	2,010	0,510	8,150	3,760	8,150	3,760	0,040	0,100	0,230
Severidade Média	0,020	0,020	0,017	0,364	0,016	0,017	0,093	0,362	0,126		0,455	0,082	0,116	0,023	0,012	0,035	0,298	0,085	1,114	0,308	1,114	0,308	0,017	0,021	0,039
Severidade Máxima	0,020	0,035	0,020	0,460	0,020	0,020	0,150	0,640	0,250		0,473	0,085	0,120	0,050	0,020	0,040	0,380	0,090	1,170	0,600	1,170	0,600	0,020	0,030	0,050

Tabela 17. Cenário 16.

	Montante Gramame						Jusante Gramame-Mamuaba		Montante Mumbaba			CAGEPA - JP		Água Boa											
	Abast	346a	346b	302a	265	219	185a	185b	Indúst	Irrigação	302b	132a	132b	158	68	79	42a	42b	Abast	Irrigação	132	43	194	133	136
Demanda Média Anual (m3/s)	0,020	0,012	0,008	0,226	0,008	0,008	0,072	0,301	0,110		0,226	0,040	0,057	0,009	0,004	0,020	0,168	0,043	2,510	1,000	2,510	1,000	0,030	0,013	0,023
Falha Percentual	0,17	18,00	36,50	25,00	47,08	5,00	6,50	27,58	13,75		3,75	1,83	4,08	26,17	6,67	6,25	5,33	5,42	0,000	0,000	0,000	0,000	6,92	7,92	14,42
Falha Volumétrica	0,17	31,86	75,70	37,45	93,30	9,80	9,16	34,89	14,15		6,09	3,88	7,74	68,64	19,40	11,96	9,60	10,84	0,000	0,000	0,000	0,000	5,19	12,44	25,46
Duração Média	2,000	1,904	3,752	3,168	4,756	1,196	1,215	2,441	1,824		1,484	1,438	1,429	2,907	1,739	1,923	3,048	3,095	1,221	1,357	1,221	1,357	1,221	1,357	1,747
Duração Máxima	2,000	6,000	6,000	6,000	6,000	3,000	3,000	6,000	8,000		3,000	2,000	3,000	5,000	4,000	6,000	6,000	6,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,000	4,000	5,000
Magnitude Média	0,040	0,039	0,065	1,068	0,078	0,019	0,121	0,926	0,205		0,532	0,116	0,153	0,070	0,021	0,074	0,919	0,263	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,072
Magnitude Máxima	0,040	0,140	0,100	2,700	0,100	0,050	0,300	3,590	1,020		1,240	0,180	0,350	0,110	0,050	0,240	2,010	0,510	0,070	0,110	0,070	0,110	0,070	0,110	0,240
Severidade Média	0,020	0,020	0,017	0,322	0,016	0,016	0,097	0,367	0,104		0,341	0,079	0,103	0,023	0,012	0,037	0,295	0,085	0,022	0,021	0,022	0,021	0,022	0,021	0,040
Severidade Máxima	0,020	0,040	0,020	0,480	0,020	0,020	0,150	0,640	0,250		0,455	0,100	0,117	0,050	0,020	0,040	0,346	0,088	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,050

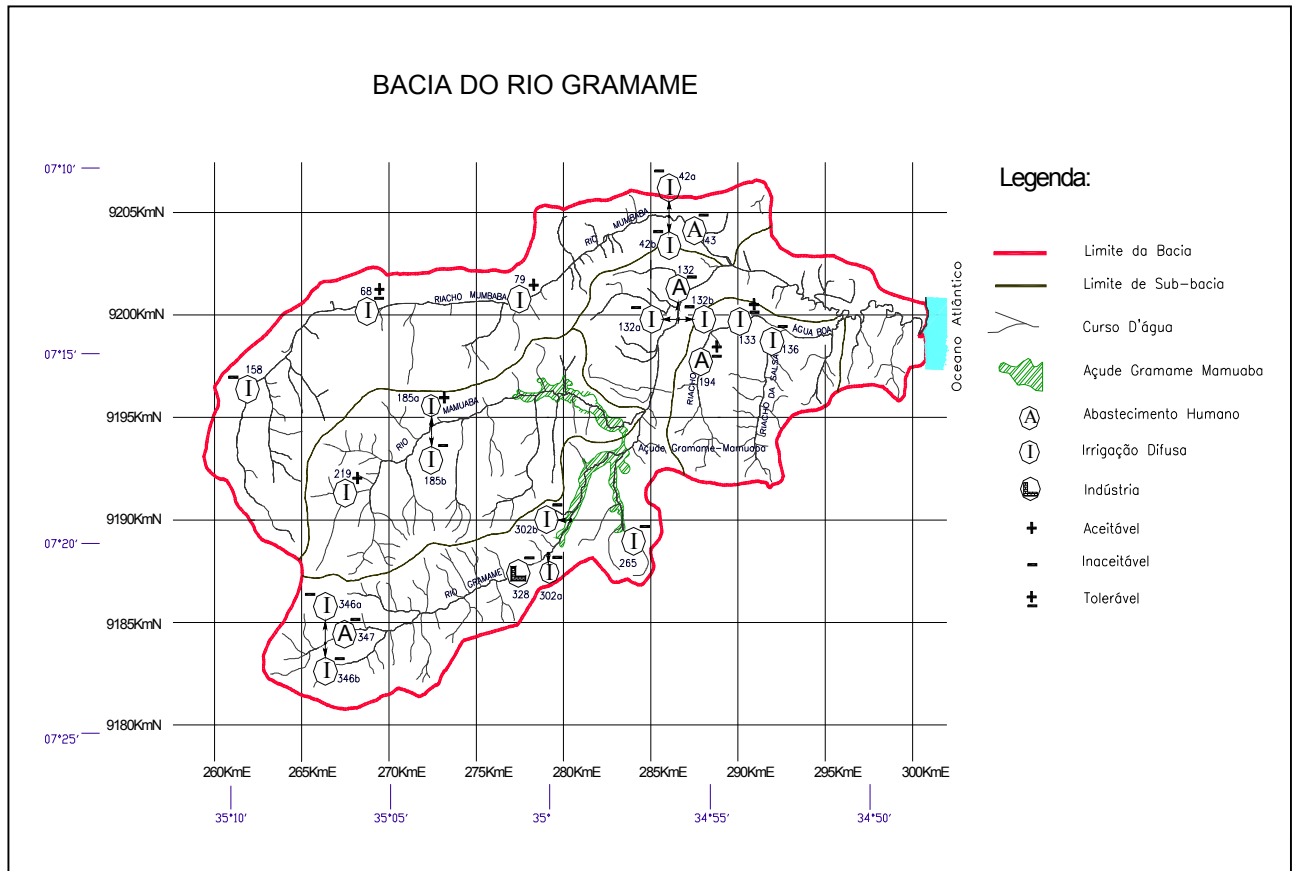


Figura 5. Cenário 1.

Esta possibilidade foi considerada na elaboração de um estudo de implantação de uma barragem na bacia. SEMARH (2000) indica ser possível construir uma barragem na bacia do rio Mumbaba com capacidade para armazenar 41,35 milhões de m<sup>3</sup> e regularizar uma vazão de 1,6 m<sup>3</sup>/s. Nesta condição, os índices de sustentabilidade hídrica da bacia do rio Gramame melhoram substancialmente.

### Resultados das simulações com o MODSIM para os diversos cenários considerados

Os diversos cenários apresentados sob o título “Materiais e Métodos” permitem uma visão espacial da situação dos recursos hídricos na bacia para os diferentes horizontes considerados. Eles foram construídos com o objetivo de responder às seguintes questões:

- Qual o padrão espacial e temporal de falhas na bacia?
- Haverá água para garantir o abastecimento da grande João Pessoa?
- Qual o impacto da exportação de águas para a grande João Pessoa no atendimento às demandas da bacia? Há conflitos entre estes usos?
- Qual o impacto resultante da implantação do reservatório no rio Mumbaba?

- Qual o impacto resultante da implantação do reservatório no alto curso do rio Gramame?
- O que ocorre com o padrão de falhas se houver importação de águas da bacia vizinha Abiaí-Papocas?
- Consegue-se reduzir as falhas para o abastecimento de água da grande João Pessoa a partir de um zoneamento dos reservatórios com vistas à operação dos mesmos?
- O abastecimento das cidades do Conde e Pedras de Fogo é garantido?

Os resultados para os diferentes trechos do rio nos diferentes cenários analisados obtidos das diversas simulações são organizados sob forma de tabelas. Elas apresentam a localização espacial do ponto (Figura 4), assim como o número codificado pelo AÇUMOD e localizado no mapa da Figura 2, e os resultados do sistema sob a ótica dos seguintes parâmetros de avaliação de performance:

- Valor da demanda;
- Falha percentual: é a percentagem do período de simulação (em meses) em que o sistema não garantiu o abastecimento de toda a demanda;
- Falha volumétrica: é o volume percentual da demanda que não pôde ser abastecida durante todo o período de simulação;

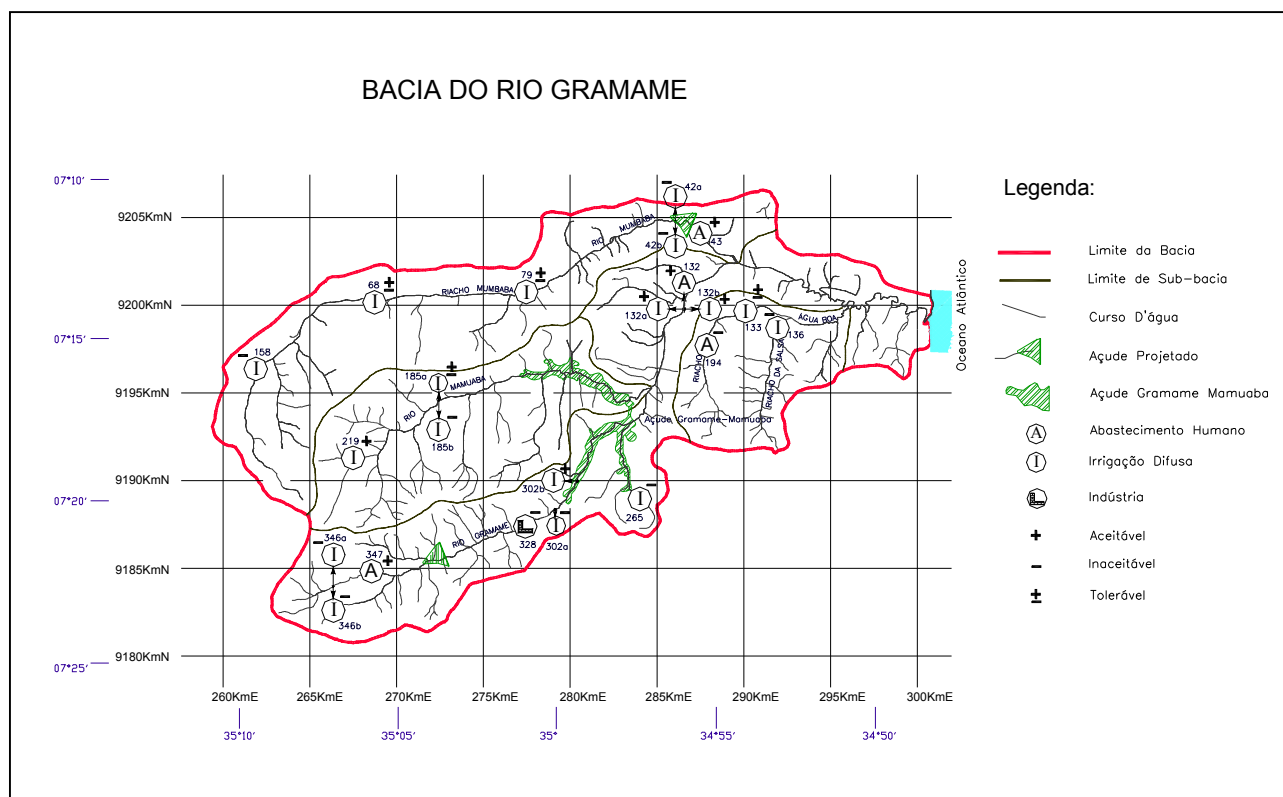


Figura 6. Cenário 16.

- Duração Média da Falha: é o número de meses em média que perdurou as falhas do sistema;
- Duração máxima da Falha: É o número de meses de duração da falha mais longa ocorrida durante a simulação;
- Magnitude da falha: é o volume total do racionamento ocorrido em todos os meses consecutivos de uma falha;
- Severidade da falha: é a razão entre magnitude e duração da falha.

Um critério, para representação gráfica, foi adotado para indicar se a situação em termo do balanço hídrico local é aceitável (letra normal), tolerável (itálica), ou insustentável (sublinhada). As situações também são descritas geograficamente através dos mapas de disponibilidade efetiva com os seguintes critérios: sinal “+”, para situação aceitável; sinal “±”, para a situação tolerável; e sinal “-”, para a situação insustentável.

Duas tabelas, como ilustração, a primeira relativa à situação atual (cenário 1) e a segunda relativa ao cenário 16 (horizonte 2020) são apresentadas neste trabalho (Tabelas 16 e 17), assim como os mapas correspondentes nas Figuras 5 e 6 respectivamente.

Os resultados são analisados com vistas a responder às questões propostas anteriormente.

**Questão I - Qual a estrutura de falhas do sistema?** A análise dos cenários 1 a 4 responde a esta pergunta com relação às falhas obtidas para a infra-estrutura atual.

O cenário 1 (horizonte 2000) apresenta falhas de 30% para o abastecimento da grande João Pessoa e falhas significativas na bacia do rio Mumbaba, com pontos de demanda tendo 75% de falha. Na sub-bacia do rio Gramame a demanda 265 apresenta falha volumétrica de 93%. Nos demais cenários onde a demanda é maior acentuam-se as falhas.

A avaliação destes cenários indica que, com a infraestrutura atual não é possível garantir um abastecimento do sistema para uma exploração socialmente e economicamente sustentável da bacia, sendo necessário para este fim a construção de nova infra-estrutura hídrica. Este cenário sugere a construção de um novo reservatório no rio Mumbaba devido à alta frequência de falhas. Note-se que a avaliação preliminar já indicava a possibilidade de aumento de disponibilidade no rio Mumbaba através de implantação de reservatório.

**Questão II - Avaliação do benefício do reservatório Mumbaba** - Os cenários 9 a 12 permitem a avaliação do impacto da implantação do reservatório Mumbaba. A construção deste reservatório reduz as falhas significativamente na retirada para a grande João Pessoa a jusante do reservatório, mostrando o quão interessante e prioritário é este reservatório para o sistema.

Estes cenários discutem o fato de que se pode inclusive elevar em 70% as retiradas para João Pessoa previstas para este reservatório (1000 l/s) e o mesmo tem condições de atendê-las de maneira firme. Aumentos de até 150% na vazão de retirada de 600 l/s foram realizados (1600 l/s);

nestes cenários ocorreu de 7 a 10% de falhas dependendo da regra de operação do reservatório.

**Questão III - Operação zoneada do reservatório** - Simulou-se a operação dos reservatórios Gramame-Mamuaba e Mumbaba com duas zonas cada. Uma zona superior onde o mesmo liberaria água para todas as demandas que ele suprisse e uma zona inferior que abasteceria exclusivamente a cidade de João Pessoa e imporaria racionamento a montante para prover água para João Pessoa.

Os cenários 11A, B e 12A mostram a importância desta operação na ocorrência das falhas na bacia. A operação diminui efetivamente as falhas em João Pessoa e aumentam as falhas nas demais demandas na bacia. Em pontos de demanda do rio Mumbaba no cenário 11, por exemplo, tem-se um aumento nas falhas de até 60% do seu valor no ponto 42b. Este fato indica que é útil a operação zoneada do reservatório para garantir maior segurança ao abastecimento de João Pessoa e explicita o conflito existente entre a demanda de João Pessoa e os demais usos na bacia.

**Questão IV - A implantação do reservatório de regularização no Alto Gramame** - A comparação dos cenários 12A e 14 sugere que o reservatório Alto Gramame reduz as falhas na parte alta da bacia. Esta redução na falha volumétrica é de 38% para 19% na demanda 328; observa-se também que este reservatório reforça o abastecimento de João Pessoa. Este fato indica que este reservatório não reduz a regularização do Gramame. Ao contrário, amplia-a, assim como são supridas as falhas observadas anteriormente para o abastecimento da cidade de Pedras de Fogo.

**Questão V - Importação de água da bacia Abiaí-Papocas** - Esta análise foi realizada considerando cenários com a importação de água para a bacia hidráulica do açude Gramame-Mamuaba com vistas a mitigar o impacto à exportação para João Pessoa. A importação para a bacia do Gramame seria realizada a partir dos rios Abiaí-Papocas na bacia hidrográfica litorânea vizinha ao sul. O valor estimado para esta importação é de 1 m<sup>3</sup>/s (32 hm<sup>3</sup>/ano).

A comparação dos cenários 14 e 16 indica o impacto desta importação. A importação de água do Abiaí-Papocas reduz significativamente as falhas na região de montante do reservatório Gramame-Mamuaba e introduz níveis de garantia superiores a 95% em todas as demandas à jusante do reservatório, sendo o abastecimento de João Pessoa integralmente garantido durante toda a série simulada.

## CONCLUSÕES

O modelo de rede de fluxo mostrou-se adequado e bastante flexível para uma análise pormenorizada da situação dos recursos hídricos nesta bacia típica do litoral do Nordeste brasileiro, fornecendo os elementos técnicos indispensáveis à implantação do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos da bacia e ao estabelecimento de um plano de ações para a mesma.

A infra-estrutura hídrica atual não satisfaz às demandas atuais do sistema. A avaliação preliminar efetuada baseada em índices de sustentabilidade permitiu mostrar que se torna urgente e imperativa a construção de um reservatório de aproximadamente 41 milhões de m<sup>3</sup> no rio Mumbaba. O mesmo, com nível de alerta em 50% da sua capacidade poderá fornecer para o abastecimento da grande João Pessoa uma vazão firme de 1000 l/s. No alto curso do rio Gramame, no município de Pedras de Fogo, é recomendável estudar a construção de um reservatório de regularização da ordem de oito milhões de m<sup>3</sup>. Este reservatório permitirá mitigar os conflitos inevitáveis entre os irrigantes e o abastecimento de água da grande João Pessoa, assim como suprir, de modo satisfatório, o abastecimento da cidade de Pedras de Fogo. No entanto, é interessante notar que o principal beneficiado por essa construção seria a empresa Agroindustrial GIASA localizada na bacia do rio Gramame. O estudo aponta para um ganho importante com a operação dos reservatórios. Recomenda-se um nível de alerta correspondendo a 50% da capacidade dos reservatórios. Estando o nível acima do nível de alerta, não haverá restrições às demandas. Abaixo deste nível, restrições no suprimento de água para irrigação seriam feitas começando pela irrigação da cana de açúcar. Deve-se avaliar a possibilidade de importação de água para a bacia com vistas a minimizar o impacto da exportação para João Pessoa, possibilitando a disponibilização do insumo água para a implantação de nova infra-estrutura produtiva no setor primário ou secundário. Tal importação poderia ser efetivada a partir de 2010.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (processo nº 91.0037/99-0) e a DLR, agência de desenvolvimento alemã, pelo financiamento parcial desta pesquisa através de convênio de cooperação técnica entre a Universidade Federal da Paraíba e a Universidade de Hannover (Alemanha).

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L. G. T., PORTO, R. L. e ZAHED, K. (1997). Modelos de Simulação e de Rede de Fluxo, Cap. 4 in *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*, ABRH-EUFRGS.
- DNAEE (1983a). *Modelo SIMMEQ – Conceituação*. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, 87p.
- DNAEE (1983b). *Modelo SIMMEQ – Aplicação à Bacia do Rio Paraíba do Sul*. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, 87p.
- GOLDFARB, M. COSTA; CYSNEIROS, D. OLIVEIRA; SILVA, TARCISO CABRAL DA (1999). Caracterização Flúvio-Morfológica da Bacia do Rio Gramame in I



- Workshop sobre Uso e Conservação da Bacia do Rio Gramame. SUDEMA-PB/PRODEMA-UFPB. João Pessoa – PB. 13 a 14 de abril de 1999. *Anais* em CD-ROM.
- LABADIE, J. W. (1988) *MODSIM: Technical Manual, River Basin Network Model for Water Rights Planning*. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- LANNA, A. E. (1999). *Gestão dos Recursos Hídricos*. Apostila da disciplina Gestão dos Recursos Hídricos do curso de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS. p. 1-120. In: <http://atlantico.iph.ufrgs.br/portalph/> (09/12/99).
- PAIVA, A. E. D. B.; ALBUQUERQUE, D. J. S.; PASSERAT DE SILANS, A. M. B.; ALMEIDA, C. N. (1999). Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia do Rio Taperoá – Estado da Paraíba. In: *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte, novembro.
- PORTO, R. L. (1997). *Estudos de Operação do Sistema França – São José do Jacuipé*, Relatório Técnico para a Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia.
- PORTO, R. L. (1999). *Estudos de Operação do Reservatório de Ponto Novo no Rio Itapicuru*, Relatório Técnico para a Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia.
- PORTO R. L., et al. (1997). *Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos*, editor, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- SEMARH (2000). *Plano Diretor da bacia hidrográfica do Rio Gramame*. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba. Convênio SEMARH/SCIENTEC. Volumes 1, 2, 3 e 4.
- SEPLAN (1997). *Plano Diretor dos Recursos Hídricos do Estado da Paraíba – Fase Diagnóstico – Aspectos Técnicos*. Secretaria de Planejamento do Governo do Estado da Paraíba, convênio SEPLAN/SCIENTEC.
- SILANS, A. M. B. PASSERAT DE, ALMEIDA, C. DAS NEVES, ALBUQUERQUE, D. J. S., PAIVA, A. E. D. BARBOSA (2000). Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do Rio do Peixe – Estado da Paraíba. *RBRH*, Vol. 5(3), p.5-20. Jul/Set.
- SILVA Jr. A. NUNES; PAIVA, A. E. D. BARBOSA; SILANS, A. M. B. PASSERAT DE (2000). Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do rio Gramame – Estado da Paraíba. *Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Vol. 2, p. 305 – 315. Novembro de 2000.
- SOUZA FILHO, F. A., PORTO, R. L. (1996). *Operação do Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza por Modelo de Rede de Fluxo*, III Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador, ABRH.
- VIEIRA, LUIZ A. DE ALMEIDA; & VIEIRA, VICENTE P. P. B. (1995). Recursos Hídricos e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Nordestino. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e II Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa*. Vol. 2: Desenvolvimento Sustentável dos Recursos Hídricos. Recife, PE, ABRH, 5 a 9 de novembro de 1995.

## ***Water Resources Planning in Gramame River Basin, a Coastal Basin in the Brazilian Northeast***

### **ABSTRACT**

*In this paper the methodology used to plan water use in Gramame River Basin, Paraíba State, is described. A preliminary assessment of the water resources status is performed for the whole basin and also for the main sub-basins. Based on this and on the analysis of the interrelationships between water resources and social economics patterns, a few questions have been asked and answered, simulating several scenarios with the MODSIM Model. The Gramame basin is representative of the peri-urban basins of the coastal region of Northeastern Brazil.*

*Key Words: peri-urban basin; coastal basin; water resources planning model.*