



**ANA**  
Agência Nacional  
de Águas



**GEF**  
Fundo para o  
Meio Ambiente Mundial



**PNUMA**  
Programa das Nações Unidas  
para o Meio Ambiente



**OEA**  
Organização dos  
Estados Americanos

**PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS  
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO  
SÃO FRANCISCO  
ANA/GEF/PNUMA/OEA**

**Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia  
Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013)**



**ESTUDO TÉCNICO DE APOIO AO PBHSF – Nº 16  
ALOCAÇÃO DE ÁGUA**

**Brasília – Distrito Federal**

**PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS  
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO  
SÃO FRANCISCO  
ANA/GEF/PNUMA/OEA**

**Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia  
Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF (2004-2013)**

**Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – N° 16**

**ALOCAÇÃO DE ÁGUA**

**Superintendência de Outorga e Cobrança**

Alan Vaz Lopes

André Raymundo Pante

Leonardo Mitre Alvim de Castro

**Superintendência de Usos Múltiplos**

Marcos Airton de Souza Freitas

**Abril de 2004**

# ALOCAÇÃO DE ÁGUA

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. ASPECTOS LEGAIS .....</b>	<b>2</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
3.1. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.2. DIRETRIZES E ASPECTOS GERAIS .....	5
3.3. REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA HÍDRICO .....	8
3.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA .....	10
3.5. DEMANDAS NÃO CONSUNTIVAS .....	11
3.5.1. <i>Manutenção dos ecossistemas</i> .....	11
3.5.2. <i>Navegação</i> .....	12
3.5.3. <i>Geração de energia</i> .....	13
3.5.4. <i>Diluição de efluentes</i> .....	13
3.6. DEMANDAS CONSUNTIVAS.....	14
3.6.1. <i>Cenários de desenvolvimento e consumos de água</i> .....	14
3.6.2. <i>Situações de consumo</i> .....	16
3.7. ALOCAÇÃO DE ÁGUA .....	17
3.8. SIMULAÇÕES DE ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS .....	18
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
4.1. DISPONIBILIDADE HÍDRICA .....	19
4.2. DEMANDAS HÍDRICAS .....	19
4.2.1. <i>Usos não consuntivos</i> .....	19
4.2.2. <i>Usos consuntivos</i> .....	20
4.3. ALOCAÇÃO DE ÁGUA.....	21
4.4. ATENDIMENTO ÀS DEMANDAS .....	27
4.4.1. <i>Simulação 1: pontos de controle</i> .....	28
4.4.2. <i>Simulação 2: geração de energia</i> .....	31
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>37</b>
ANEXO 1: MECANISMOS DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA .....	38
ANEXO 2: MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA.....	41
ANEXO 3: CRITÉRIOS DE VAZÃO DE REFERÊNCIA E VAZÃO DE RESTRIÇÃO PARA OS ESTADOS CONSTITUINTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO.....	44
ANEXO 4: GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS.....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do Sistema de Alocação de Água. ....	7
Figura 2. Vazões características para fins de alocação. ....	8
Figura 3. Representação do sistema hídrico. ....	10
Figura 4. Consumos médios outorgados pelos Estados e pela União. ....	21
Figura 5. Relações entre vazões máximas alocáveis e atendimento aos consumos. ....	23
Figura 6. Vazões características observadas nos principais pontos de controle. ....	24
Figura 7. Atendimento aos cenários de consumo nos principais pontos de controle. ....	25
Figura 8. Vazões características para fins de alocação. ....	25
Figura 9. Proposta de alocação de vazões entre Estados. ....	27
Figura 10. Topologia do sistema hídrico usada nas simulações. ....	28
Figura 11. Comportamento dos reservatórios Três Marias e Sobradinho. ....	29
Figura 12. Comportamento das vazões médias mensais em Manga. ....	29
Figura 13. Curva de permanência das vazões médias mensais em Manga. ....	30
Figura 14. Comportamento das vazões médias mensais em Pilão Arcado. ....	30
Figura 15. Curva de permanência das vazões médias mensais em Pilão Arcado. ....	30
Figura 16. Comportamento das vazões médias mensais em Piranhas. ....	31
Figura 17. Curva de permanência das vazões médias mensais em Piranhas (Xingo). ....	31
Figura 18. Simulação da geração de energia no caso sem consumos na bacia. ....	32
Figura 19. Simulação da geração de energia no caso de efetivação da alocação. ....	32

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição dos elementos da representação do sistema hídrico. ....	9
Quadro 2. Determinação das disponibilidades hídricas .....	11
Quadro 3. Determinação da vazão necessária para manutenção dos ecossistemas.....	12
Quadro 4. Vazões mínimas em cada elemento dos sistema hídrico.....	12
Quadro 5. Taxas de crescimento dos cenários de desenvolvimento e consumo. ....	15
Quadro 6. Critérios de outorga estaduais na bacia do rio São Francisco .....	16
Quadro 7. Fatores típicos usados na estimativa de consumos outorgados.....	17
Quadro 8: Disponibilidade hídrica (m <sup>3</sup> /s) dos elementos do sistema hídrico.....	19
Quadro 9. Vazões de restrição (m <sup>3</sup> /s) dos elementos do sistema hídrico.....	19
Quadro 10. Consumos estimados (m <sup>3</sup> /s) em cada cenário.....	20
Quadro 11. Consumos estimados (m <sup>3</sup> /s) dos elementos do sistema hídrico nas situações atual, horizonte de 2025 e referente às outorgas já emitidas.....	21
Quadro 12. Atendimento aos consumos em cada cenário .....	22
Quadro 13. Alocação de água nas áreas de contribuição e trechos.....	24
Quadro 14. Distribuição de vazões alocadas entre os estados. ....	26
Quadro 15. Alocação de água proposta para a bacia do rio São Francisco.....	26
Quadro 16. Vazões médias mensais observadas nos pontos de controle (m <sup>3</sup> /s).....	29

## **1. INTRODUÇÃO**

Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos, os recursos hídricos são bens de domínio público escassos, cuja gestão deve ser conduzida de forma integrada, participativa e articulada entre os diversos órgãos gestores e setores usuários, para que sejam asseguradas condições quantitativas e qualitativas adequadas de fornecimento de água para as atuais e futuras gerações. Para tanto, são disponibilizados instrumentos de gestão como o plano de recursos hídricos, o enquadramento de corpos d'água, o sistema de informações sobre recursos hídricos, a outorga e a cobrança.

A alocação negociada das águas de uma bacia surge como um mecanismo do plano de recursos hídricos que objetiva a compatibilização entre ofertas hídricas e os múltiplos usos atuais e futuros. Assim, a alocação de água é, na realidade, o grande pacto de repartição de água na bacia hidrográfica que fornece diretrizes para implementação de diversos instrumentos de gestão, em particular, a outorga. Nesse processo, são adotados a abordagem sistêmica e o princípio de gestão participativa e integrada, tendo como unidade de planejamento a bacia hidrográfica.

A bacia do rio São Francisco é caracterizada por grande diversidade em termos de disponibilidade hídrica e pela existência de usos de recursos hídricos bem consolidados em algumas regiões e com grandes potencialidades de crescimento em outras. Os conflitos são observados de modo geral, entre setores relacionados à agricultura irrigada e à geração de energia, e de modo localizado entre diferentes setores usuários em alguns rios. Embora ainda se encontrem em estágio incipiente, parece não haver dúvida de que tendem a se acirrar em função de uma série de fatores, dentre os quais se destacam:

- (1) Crescimento da agricultura irrigada na bacia;
- (2) Necessidade de maior produção de energia elétrica para atender ao crescimento da demanda;
- (3) Eventual concretização de planos de transposição (importação ou exportação) de parte das águas do São Francisco de e para outras bacias;
- (4) Revitalização da navegação fluvial.

Este estudo tem por objetivo a elaboração de uma proposta de alocação de água na bacia do rio São Francisco, como parte integrante do seu plano de bacia. No processo de aprovação do plano de bacia, essa proposta será discutida, avaliada e pactuada pelo Comitê da bacia.

Este documento consolida a metodologia utilizada na elaboração da proposta de alocação de águas na bacia do rio São Francisco, apresenta os resultados de sua aplicação e a proposta de alocação de águas, e ainda enumera conclusões e recomendações para aprimoramentos futuros.

## **2. ASPECTOS LEGAIS**

A Constituição Federal de 1988 tratou e deu destaque aos recursos hídricos e à outorga, onde, em seu Artigo 21, Item XIX, estabelece que compete à União instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso.

Em 8 de janeiro de 1997, regulamentando a Constituição Federal, foi sancionada a Lei nº

9.433 que, entre outras coisas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesta legislação, o plano de recursos hídricos, a outorga de direito de uso de recursos hídricos, bem como o enquadramento, são tratados como instrumentos a serem utilizados na gestão integrada do uso da água.

Dentre os aspectos relevantes da Lei nº 9.433, de interesse para a definição de critérios e balizadores para a alocação de água na bacia, destacam-se:

1) Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Art. 1º):

I - a água é um bem de domínio público;

II - **a água é um recurso natural limitado**, dotado de valor econômico;

III - **em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais**;

IV - **a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas**;

V - **a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

2) Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Art. 5º):

I - **os Planos de Recursos Hídricos**;

II - **o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água**;

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - a compensação a Municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

3) Planos de Recursos Hídricos (Art. 6º e 7º):

São planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos e terão como conteúdo mínimo:

I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;

II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;

III - **balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais**;

IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;

V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;

VIII - **prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos**;

IX - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

X - propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

A outorga de uso da água, instrumento administrativo-legal que garante o direito de uso da água aos usuários da bacia, apesar de ter caráter localizado, não prescinde de uma análise regional, devendo ser orientada por planos de recursos hídricos, ambientais e de uso do solo no âmbito da bacia hidrográfica. Nesse aspecto, é fundamental a existência de um sistema de alocação de água para a bacia como um todo.

A alocação de água na bacia deve subsidiar a aplicação do instrumento de outorga de direito de uso da água na bacia. Nesse sentido, a Lei nº 9.433/97, em seu Art. 13, estabelece que *“toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção das condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso”*. O parágrafo único do referido artigo reza que *“a outorga de uso dos recursos hídricos deverá preservar o uso múltiplo destes”*.

O Decreto nº 3.692/2000, de instalação da ANA, em seu Art. 17, dispõe que *“observado o disposto no Art. 4º da Lei nº 9.433, de 1997, a ANA exercerá ação reguladora em corpos de água de domínio da União, inclusive mediante a definição de requisitos de vazão mínima e de concentração máxima de poluentes na transição de corpos de água de domínio Estadual para os de domínio Federal”*.

A Resolução nº 17 do CNRH, de 29 de maio de 2001, publicada no D.O.U. de 10 de julho de 2001, em seu Art. 5º, estabelece que *“o Plano de Recursos Hídricos de uma sub-bacia somente poderá ser aprovado pelo seu Comitê, se as condições do seu exutório estiverem compatibilizadas com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Principal”*. O Art. 5º § 1º observa que *“na inexistência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Principal, as condições mínimas de exutório serão definidas por seu Comitê em articulação com o Comitê da sub-bacia”*.

O Decreto nº 4.024, de 21 de novembro de 2001, estabelece que as obras de infra-estrutura hídrica para reservação ou adução de água bruta a serem implantadas ou financiadas, no todo ou em parte, com recursos financeiros da União, devem obedecer a critérios de sustentabilidade hídrica. O Decreto atribui à ANA a responsabilidade da emissão do Certificado de Avaliação de Sustentabilidade da Obra Hídrica - CERTOH para aquelas de valores iguais ou superiores a R\$10.000.000,00 (dez milhões de reais). O Certificado visa garantir que essas obras tenham, além da viabilidade técnica e econômica, sustentabilidade hídrica e operacional das infra-estruturas implantadas. A Resolução nº 194 da ANA, de 16 de setembro de 2002, estabelece os procedimentos e critérios para a emissão do CERTOH pela ANA.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Referencial teórico**

DINAR *et al.* (2002) apresenta uma lista de critérios necessários à alocação de um determinado recurso escasso, neste caso a água, de modo a se atingir uma alocação ótima, quais sejam:

⇒ Flexibilidade na alocação dos recursos;

- ⇒ Segurança aos usuários já preestabelecidos;
- ⇒ Custos de oportunidade real para aquisição dos recursos pagos pelo usuário;
- ⇒ Previsibilidade dos resultados do processo de alocação;
- ⇒ Equidade do processo de alocação;
- ⇒ Aceitação política e pública do processo de alocação.

DINAR *et al.* (2002) sugerem, ainda, como mecanismos de alocação de água, a precificação baseada no custo marginal, a alocação por instituição pública, o mercado de água e a alocação baseada nos usuários. Definições desses mecanismos podem ser encontradas no Anexo I.

Cada mecanismo tem suas vantagens e desvantagens, sendo que os considerados eficientes são frequentemente muito difíceis de serem implementados e requerem apoio institucional e de infra-estrutura, além de caros sistemas de monitoramento e de comando e controle. Assim, na prática, muitos países têm adotado uma combinação desses mecanismos de alocação de água (TSUR e DINAR, 1997).

FORD *et al.* (2001) ressaltam que, na grande maioria dos países, o direito ao uso da água é relacionado a uma dada área de terra. A água é alocada em base volumétrica (ou de vazão) de acordo com um requisito de uma gleba de terra. MARINO & KEMPER (1999), analisando o quadro institucional e operacional da alocação de água no Brasil, na Espanha e no Colorado (Estados Unidos), apontam como causas do sucesso dessas experiências a existência de um procedimento de gestão compartilhada, com transparência e credibilidade entre seus membros, além de direitos de uso da água bem definidos e mensuráveis, incluindo as vazões de retorno e um adequado conhecimento da disponibilidade hídrica.

Em alguns países, o direito de uso da água se dá com base na antiguidade do uso, ou seja, quem primeiro teve acesso à água é o primeiro a ter direito de uso. Algum tipo de racionamento pode ser, às vezes, necessário. A alocação de água, normalmente, só é usada onde os recursos hídricos estão sobre-alocados.

No Brasil, foi experimentado, com grande êxito, um processo de Alocação Negociada de Água na sub-bacia do rio Verde Grande, tendo como base o processo de negociação compartilhada com os usuários do montante de água disponível, estocada nos reservatórios, ao final do período de chuvas, seguida de uma fase de regularização dos usos da água, consubstanciada na emissão das outorgas de direito de uso da água (FREITAS, 2003). Processo semelhante vem sendo empregado no Estado do Ceará (FREITAS & VASCONCELOS, 1998; GONÇALVES *et al.*, 2003), já há uma década, e tem como fatos positivos, conforme destacado por SOUZA FILHO & PORTO (2003): i) a forte participação pública no processo; ii) o estabelecimento de um consenso na sociedade sobre a alocação realizada; iii) o estabelecimento de mecanismo de avaliação, acompanhamento e controle por parte dos usuários e sociedade civil da implementação do acordo ou pacto realizado; iv) suporte técnico das informações de monitoramento na decisão inicial e na avaliação e controle; v) a operação do sistema hidráulico ser parte decisiva em todo o processo.

### **3.2. Diretrizes e aspectos gerais**

A alocação das águas de uma bacia é um componente do plano de recursos hídricos que objetiva a garantia de fornecimento de água aos atuais e futuros usuários de recursos hídricos, respeitando-se as necessidades ambientais em termos de vazões mínimas a serem mantidas

nos rios. Como resultados, deve fornecer diretrizes gerais para a outorga e para a definição de regras operativas dos reservatórios e induzir o uso racional dos recursos hídricos, por meio da indicação de vazões máximas de consumo em cada região.

As diretrizes para a alocação de água compreendem aspectos inerentes à disponibilidade hídrica na bacia, às vazões mínimas referentes às necessidades ambientais, às demandas consuntivas atuais e previstas e à forma de distribuição das vazões alocadas em cada região.

Considerando-se sua grande diversidade física, a representação do sistema hídrico da bacia do rio São Francisco deve conter elementos discretos como sub-bacias de rios afluentes e trechos definidos por pontos de controle. As disponibilidades, restrições e demandas hídricas devem ser avaliadas em cada ponto de controle, para fins de alocação de água.

A disponibilidade hídrica, sendo uma variável aleatória comumente caracterizada em termos probabilísticos, deve ser estimada por vazões com alta permanência no tempo, para que sejam também altas as garantias de fornecimento de água. Nos trechos de rios onde existe regularização de vazões, as vazões regularizadas devem ser somadas às vazões incrementais, com alta permanência no tempo.

Em um rio, devem ser determinadas vazões mínimas necessárias para o atendimento a usos não consuntivos, como a manutenção de ecossistemas, a navegação e a geração de energia. Uma vez que essas vazões restringem a alocação de água para usos consuntivos, são aqui denominadas vazões de restrição. Após a alocação de água para usos consuntivos, as vazões remanescentes nos rios devem ser superiores às vazões de restrição. Na determinação dessas vazões devem ser considerados os seguintes aspectos:

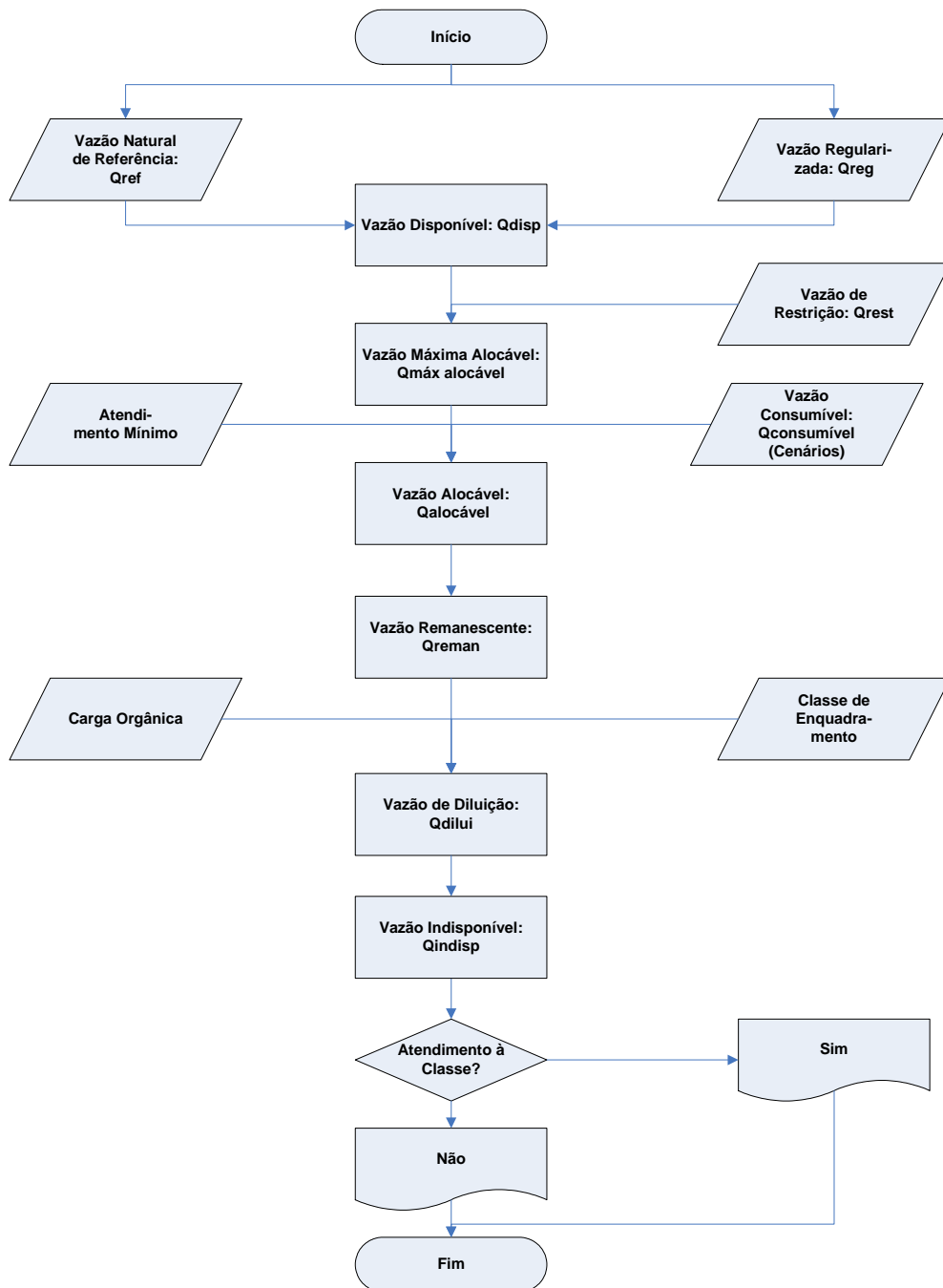
- ⇒ Adequação dos métodos de determinação às características do estudo, particularmente no que se refere à quantidade de dados e ao tempo necessários para aplicação;
- ⇒ Possibilidade de atendimento às demandas não consuntivas por meio da definição de regras adequadas de operação dos reservatórios existentes e gerenciamento adequado das demandas consuntivas.

As vazões alocadas devem atender aos consumos atuais e futuros em cada sub-bacia e trechos dos rios. Para tanto, devem ser definidos cenários futuros de desenvolvimento econômico associados a consumos de água compatíveis com o horizonte do plano. Adicionalmente, para fins de verificação da proposta de alocação, foram estimados consumos em mais três situações: situação atual de consumo de água, situação de consumo projetada para 2025 e os volumes atualmente outorgados pelos Estados e pela União.

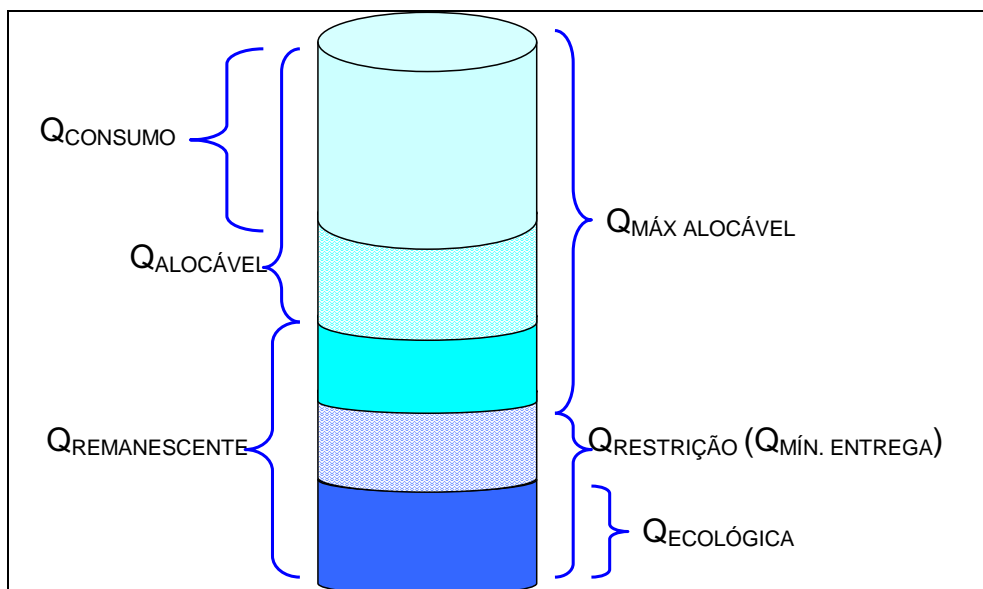
A distribuição das vazões alocadas deve ser efetuada de modo a manter uma uniformidade nos atendimentos aos consumos de água em cada sub-bacia e trechos de rios. Portanto, a relação entre a vazão alocada e o consumo deve se manter constante em toda a bacia.

Na definição da proposta de alocação, adicionalmente ao critério de equidade na distribuição de folgas, deve ser mantida uniforme a relação entre vazões alocadas e disponibilidades hídricas nos rios afluentes. Dessa forma, é permitido um melhor aproveitamento das disponibilidades hídricas, com maiores vazões alocadas mesmo em rios com baixos consumos.

A **Figura 1** mostra o fluxograma descritivo da metodologia adotada, que procura determinar disponibilidades hídricas, vazões mínimas para atendimento a usos não consuntivos, vazões de restrição, vazões remanescentes e vazões alocadas para usos consuntivos em cada região da bacia, como ilustra a **Figura 2**.



**Figura 1. Fluxograma do Sistema de Alocação de Água.**



**Figura 2. Vazões características para fins de alocação.**

### 3.3. Representação do sistema hídrico

A bacia do rio São Francisco possui grande diversidade física, principalmente no que se refere ao clima, ao relevo, à hidrografia e à cobertura do solo. Conseqüentemente, é também vasta a diversidade de condições hidrológicas.

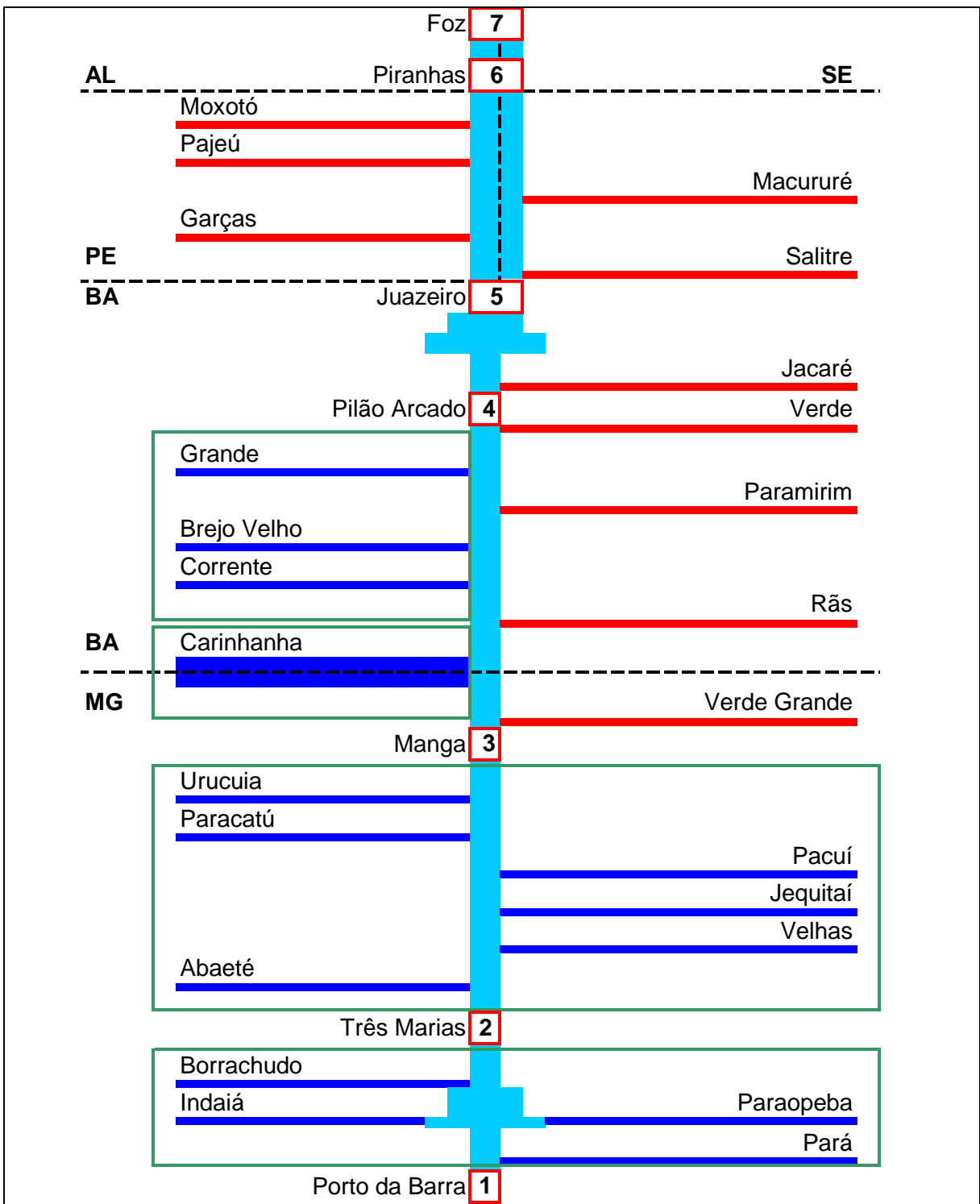
Assim, enquanto os rios da parte alta da bacia possuem como características a grande variabilidade de vazões, os afluentes pela margem esquerda do trecho médio do rio São Francisco possuem pequena variabilidade natural. Nesse trecho, os afluentes pela margem direita do rio São Francisco possuem características hidrológicas que refletem as condições semi-áridas e são intermitentes, em sua maioria. Os trechos do rio São Francisco a jusante do reservatório Três Marias e a jusante do reservatório Sobradinho são fortemente regularizados, o que eleva significativamente suas disponibilidades hídricas.

Considerando-se a diversidade física e hidrológica da bacia, parece conveniente que, para fins de alocação de água, a bacia seja representada em sub-bacias e trechos definidos por pontos de controle onde as ofertas e demandas hídricas possam ser avaliadas adequadamente. Nessa representação, é importante que existam postos fluviométricos nos pontos de controle selecionados, de modo que as disponibilidades hídricas possam ser estimadas de forma mais precisa e as condições de alocação de água pactuadas possam ser monitoradas futuramente.

Desse modo, o rio São Francisco foi dividido em 7 trechos definidos por 7 pontos de controle e seus rios afluentes foram agrupados em 5 áreas de contribuição, como mostra o **Quadro 1**. Como será apresentado no item 3.3, os rios críticos em termos de atendimento às atuais demandas foram tratados de forma especial. A **Figura 3** ilustra a representação adotada para o sistema hídrico.

**Quadro 1. Descrição dos elementos da representação do sistema hídrico.**

<b>Elemento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Características</b>
Área de contribuição 1	Rios afluentes ao rio São Francisco até o ponto de controle Porto da Barra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não regularizados</li><li>• Alta variabilidade de vazões</li></ul>
Área de contribuição 2	Rios afluentes ao reservatório Três Marias	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não regularizados</li><li>• Alta variabilidade de vazões</li></ul>
Área de contribuição 3	Rios afluentes ao rio São Francisco entre os pontos de controle Três Marias e Manga	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não regularizados</li><li>• Alta variabilidade de vazões</li></ul>
Área de contribuição 4	Rios Carinhanha	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não regularizado</li><li>• Média variabilidade de vazões</li></ul>
Área de contribuição 5	Rios afluentes ao rio São Francisco pela margem esquerda entre os pontos de controle Manga e Pilão Arcado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não regularizados</li><li>• Pequena variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 1	Rio São Francisco a montante do ponto de controle Porto da Barra	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não regularizado</li><li>• Média variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 2	Reservatório Três Marias	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regularizado</li><li>• Pequena variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 3	Rio São Francisco entre os pontos de controle Três Marias e Manga	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regularizado</li><li>• Pequena variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 4	Rio São Francisco entre os pontos de controle Manga e Pilão Arcado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regularizado</li><li>• Média variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 5	Reservatório Sobradinho	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regularizado</li><li>• Pequena variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 6	Rio São Francisco entre os pontos de controle Juazeiro e Piranhas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regularizado</li><li>• Pequena variabilidade de vazões</li></ul>
Trecho 7	Rio São Francisco entre os pontos de controle Piranhas e Foz	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regularizado</li><li>• Pequena variabilidade de vazões</li></ul>



**Figura 3. Representação do sistema hídrico.**

### 3.4. Disponibilidade hídrica

Propõe-se que a disponibilidade hídrica (vazão disponível) para fins de alocação de água na bacia do rio São Francisco seja a vazão natural do curso de água em épocas de estiagem, representada pela vazão de permanência de 95% ( $Q_{95}$ ), acrescida da vazão regularizada, nos

trechos em que haja regularização, ou seja, entre o reservatório de Três Marias e o de Sobradinho, e entre o reservatório de Sobradinho e a foz.

Para a simulação da operação dos reservatórios visando determinar as vazões regularizadas pelos reservatórios Três Marias e Sobradinho, utilizou-se o aplicativo AcquaNet, baseado em um modelo de rede de fluxo. Nesse modelo, a topologia do sistema é representada por uma seqüência de elos e nós, em que os primeiros representam estruturas de condução de água e os segundos representam singularidades típicas destes sistemas, tais como reservatórios, confluências, pontos de demanda, bombeamentos, etc (ANA, 2002). O AcquaNet é um modelo de domínio público, desenvolvido no Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica, a partir do modelo ModSim da Colorado State University (LABADIE, 1988; PORTO, 2001).

As disponibilidades hídricas das 5 áreas de contribuição indicadas na **Figura 3** e do trecho 1 do rio São Francisco foram estimadas pela soma das vazões médias mensais com 95% de permanência de seus rios. Nos outros trechos do rio São Francisco, a disponibilidade hídrica foi estimada pela soma das vazões médias mensais incrementais com 95% de permanência no tempo com a vazão regularizada pelos reservatórios Três Marias e Sobradinho, como mostra o **Quadros 2**.

**Quadro 2. Determinação das disponibilidades hídricas**

Elemento	Disponibilidade hídrica
Áreas de contribuição 1 a 5	$Q_{95} (1)$
Trecho 1	$Q_{95} (1)$
Trecho 2	$Q_{reg} \text{ Três Marias}$
Trecho 3	$Q_{reg} \text{ Três Marias} + Q_{95} (3)$
Trecho 4	$Q_{reg} \text{ Três Marias} + Q_{95} (3) + Q_{95} (4) + Q_{95} (5)$
Trechos 5, 6 e 7	$Q_{reg} \text{ Sobradinho}$

$Q_{95} (i)$  = vazão média mensal natural com 95% de permanência no tempo referente à área de contribuição i

$Q_{reg} \text{ Três Marias}$  = vazão regularizada pelo reservatório Três Marias

$Q_{reg} \text{ Sobradinho}$  = vazão regularizada pelo reservatório Sobradinho

No caso dos rios críticos em termos de atendimento às atuais demandas, como os rios intermitentes, o rio Verde Grande e os rios a jusante de Sobradinho, a disponibilidade hídrica foi considerada nula. Conseqüentemente, toda a disponibilidade hídrica superficial desses rios é considerada alocada para usos consuntivos e suas vazões mínimas de entrega são nulas.

### 3.5. Demandas não consuntivas

#### 3.5.1. Manutenção dos ecossistemas

No entender de SANTOS et al. (2003), vazão ecológica é “aquela que atende às exigências da biota enfocada, seja mantendo as condições existentes antes da intervenção antrópica, seja para garantir condições estabelecidas, que busquem mitigar os impactos dessa intervenção”. Nesse sentido, a abordagem do aspecto ambiental na determinação da vazão ecológica visa proteger os aspectos físicos, químicos e biológicos da água. A vazão ecológica é, portanto, a demanda necessária de água a se manter num rio de forma a assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, dos aspectos da paisagem e outros de interesse científico ou cultural. O **Quadro 3** apresenta um resumo dos principais métodos

para determinação da vazão necessária para manutenção dos ecossistemas, cujos detalhes são apresentados no Anexo 2

**Quadro 3. Determinação da vazão necessária para manutenção dos ecossistemas.**

<b>MÉTODO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
IFIM ( <i>Instream Flow Incremental Methodology</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodologia mais completa e que requer mais informações</li> <li>• Considera diversas características físicas e ecológicas locais</li> <li>• Adaptável a qualquer rio</li> </ul>
Método de Tennant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10% da QMLT* → condições mínimas de habitat para peixes</li> <li>• 30% da QMLT → condições boas de habitat para peixes</li> <li>• 60% da QMLT → condições excelentes de habitat para peixes</li> </ul>
Método do Perímetro Molhado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento da relação entre perímetro molhado e vazão</li> <li>• Vazão mínima corresponde à inflexão na curva</li> </ul>
Métodos Estatísticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem base ecológica</li> <li>• 80% da vazão mínima mensal</li> <li>• 30% a 50% da Q95%</li> <li>• <math>Q_{7,10}</math></li> </ul>

QMLT – vazão média de longo termo

A estimativa de necessidades hídricas para manutenção de ecossistemas é objeto de diversas frentes de pesquisa atuais. Estudos recentes indicam que deve existir um método adequado para cada rio, adequado às características físicas, químicas e biológicas locais. Entretanto, os métodos IFIM e de Tennant são os mais utilizados atualmente.

Considerando-se as características deste estudo, foi adotado o método de Tennant para estimativa de vazões mínimas necessárias à manutenção de ecossistemas, adequando-se às condições hidrológicas dos trechos de rio, apresentadas no **Quadro 1**. O **Quadro 4** mostra as vazões mínimas adotadas em cada elemento do sistema hídrico da bacia.

**Quadro 4. Vazões mínimas em cada elemento dos sistema hídrico.**

<b>Elemento</b>	<b>Vazão mínima</b>
Áreas de contribuição	10% da QMLT
Trechos 1	10% da QMLT
Trechos 2, 3 e 4	20% da QMLT
Trechos 5, 6 e 7	30% da QMLT

QMLT – vazão média de longo termo

**3.5.2. Navegação**

Como concluído pelo Estudo Técnico de Apoio ao Plano nº 8 - **Navegação**, há interesse na manutenção de condições adequadas de navegação no rio São Francisco entre as cidades de Pirapora a Juazeiro, onde existe aumento de disponibilidade hídrica natural resultante da regularização de vazões ocasionado pelo reservatório Três Marias. Portanto, nesse trecho, as

condições de navegabilidade podem ser mantidas definindo-se regras adequadas de operação de reservatórios.

Trechos dos rios Velhas, Paracatu, Carinhanha, Corrente e Grande podem ser, também, navegáveis. Nesse caso, como não existe regularização de vazões, devem ser definidas regras adequadas de captação de água de modo a permitir a navegação na maior parte do tempo. Essa definição não deve encontrar dificuldades, uma vez que os períodos de consumo intenso da água (estiagem), em geral, não coincidem com os períodos de escoamento das produções por meio da navegação (cheia).

Portanto, a alocação de águas deve ser tal que permita a definição de regras adequadas de operação de reservatórios e de uso da água, resultando na manutenção de condições de navegação nos períodos necessários.

### **3.5.3. Geração de energia**

Como ressaltado no Estudo Técnico de Apoio ao Plano nº 9 – **Aproveitamento do Potencial Hidráulico para Geração de Energia na Bacia do Rio São Francisco**, as demandas energéticas da região Nordeste devem crescer acima das capacidades atuais e futuras de geração atuais e potenciais da bacia, prevendo-se a diversificação da matriz energética e o aumento da capacidade de importação de energia. Por outro lado, as reduções da geração de energia resultantes do crescimento dos usos consuntivos na bacia já são incorporadas ao planejamento da operação e da expansão do setor elétrico.

Portanto, as necessidades hídricas para geração de energia elétrica na bacia são satisfeitas pelas vazões naturais subtraídas das quantidades de água usadas de modo consuntivo. Conseqüentemente, as vazões alocadas em cada região não devem ser muito superiores aos consumos previstos, para que a compatibilidade com o planejamento do setor elétrico seja garantida.

### **3.5.4. Diluição de efluentes**

A quantidade e a qualidade são características indissociáveis da água, as quais condicionam sua utilização. A qualidade da água é aferida por meio da concentração de oxigênio dissolvido, da demanda bioquímica de oxigênio, metais, temperatura, pH, entre outros parâmetros. Esses valores variam, entre outras causas, em função das condições climáticas, do percurso e dos usos da água até atingir o local de amostragem, da vazão do rio e da atividade biológica.

Por outro lado, os diferentes usos da água requerem distintos níveis de qualidade, sendo a água potável para consumo e a preservação da vida aquática as que exigem maior qualidade. Assim, em função da qualidade, a água poderá ou não ser utilizada para determinado uso.

O enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes, é o instrumento que estabelece metas para garantir à água um nível de qualidade que possa assegurar seus usos.

Como os rios têm a capacidade de diluir poluentes e se autodepurar, é possível utilizar essa capacidade para viabilizar os usos que se possam fazer dessa água, em função dos requisitos de qualidade exigidos. Conhecer essa capacidade de assimilação de poluentes e os processos

físicos e bioquímicos que definem a qualidade da água em diferentes situações é outro ponto básico para se estabelecer critérios de alocação e de outorga de direitos de uso da água. Uma vez que a qualidade tem relação com a vazão, é importante adotar vazões de referência para caracterizar a capacidade de autodepuração e a qualidade da água.

Considerou-se, portanto, para análise qualitativa da água, o valor de oxigênio dissolvido nos pontos de controle, delimitadores dos trechos na calha principal, assim como no exutório de cada sub-bacia.

O lançamento de efluentes, particularmente por indústrias e sistemas de esgotamento sanitário, resulta em demandas de água para fins de diluição. Para quantificação dessas demandas foram estimadas as cargas de esgoto doméstico urbano remanescente após o tratamento.

Para a estimativa das cargas de esgoto doméstico urbano, inicialmente, foram obtidos os volumes de esgoto doméstico tratado pelos municípios brasileiros segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE 2002). Como o referido estudo não apresentava o volume de esgoto doméstico gerado, foi estimado, na Nota Técnica 008 / SPR / 2003 - Memorial Descritivo das Estimativas das Cargas Orgânicas por Regiões Hidrográficas - este valor para cada município, considerando-se a população urbana do Censo 2000 (IBGE 2000) e um valor de 180 litros de esgoto doméstico gerados diariamente por habitante. Subtraindo-se os dois valores, obteve-se uma estimativa do volume de esgoto doméstico não tratado para cada município.

Ainda conforme a Nota Técnica 008 / SPR / 2003, para o esgoto tratado, foi considerada uma remoção de 80% da Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ), considerado um valor médio para o tratamento secundário. O valor remanescente (20% do volume tratado) foi somado ao volume não tratado para se obter o volume total de esgoto doméstico lançado nos rios, em  $m^3/dia$ . Para o cálculo da carga de  $DBO_5$  foi considerada uma concentração de 300 mg/L, que foi multiplicada pelos volumes de esgotos domésticos lançados (volume remanescente do tratamento mais o volume não tratado) e o valor obtido foi transformado em toneladas  $DBO_5/dia$ .

### **3.6. Demandas consuntivas**

#### **3.6.1. Cenários de desenvolvimento e consumos de água**

Para a formulação de cenários de crescimento de consumo de água na bacia foram analisados os seguintes estudos:

- ⇒ Visão Nacional 2020, com suas Declinações Regionais;
- ⇒ Estudo de Atualização do Portfólio dos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento, de 2000-2007 para 2004-2011 (Ministério do Planejamento e Orçamento / Consórcio Monitor, Boucinhas e Campos Consultores);
- ⇒ Estudo das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional (Operador Nacional do Sistema – ONS / Consórcio FAHMA-DREER);
- ⇒ Principais projetos usuários de recursos hídricos na bacia, tais como: Canal do Sertão Pernambucano, Canal Alagoano, Canal Xingó, Canal Dois Irmãos; e

⇒ Projeto de transposição do rio São Francisco – Eixos Norte e Leste, objeto do pedido de outorga formulado pelo Ministério da Integração à Agência Nacional de Águas.

Com base nesses estudos, foram construídos 3 cenários de desenvolvimento tendo como horizonte o ano de 2013. As taxas geométricas anuais de crescimento dos consumos são apresentadas no **Quadro 5**.

**Quadro 5. Taxas de crescimento dos cenários de desenvolvimento e consumo.**

Uso	Cenário 1 - Tendencial	Cenário 2 - Normativo	Cenário 3 - Otimista
Urbano	2,87 %	3,91 %	4,62 %
Rural	0,00 %	0,02 %	0,04 %
Animal	0,53 %	0,80 %	1,07 %
Industrial	0,92 %	1,83 %	2,45 %
Irrigação	2,00 %	5,18 %*	8,51 % *
Total	1,90 %	6,38 %	9,08 %

\* Taxas resultantes da implementação dos projetos de irrigação em cada cenário.

No primeiro cenário, o **Tendencial**, considerou-se que o País continuará enfrentando dificuldades, restringindo o crescimento regional. As bacias de interesse não serão objeto de intervenções diferentes daquelas atualmente em desenvolvimento, sem possibilidades, até o horizonte fixado, de mudanças substanciais nas tendências atuais. Nesse cenário, foram adotados os consumos atuais distribuídos em cada sub-bacia e trecho e as taxas de crescimento usadas pelo ONS (2003) em seu cenário tendencial para o horizonte de 2010, estendidas até 2013. Os consumos localizados no rio principal, foram estimados pela vazão consuntiva incremental entre dois pontos de controle, excluídos os consumos localizados nos tributários.

O segundo cenário, o **Normativo**, visa o cumprimento das metas previstas pelo Ministério da Integração Nacional – MIN, no que diz respeito ao crescimento das áreas irrigadas na bacia até 2013. As áreas totais informadas pelo MIN foram distribuídas pelos projetos de irrigação em fase de operação ou estudos que têm real possibilidade de terem pelo menos 20% de suas áreas implementadas até 2013. Para os demais consumos, foram adotadas as projeções propostas pelo ONS (2003) em seu cenário normativo até 2010, estendidas até 2013.

O terceiro cenário, o **Otimista**, considera que pelo menos 30% das áreas totais dos principais projetos de irrigação serão implementados até 2013. Quanto aos demais consumos, foram adotadas as mesmas projeções propostas pelo ONS (2003) em seu cenário otimista até o ano 2010, estendidas até o ano 2013.

Vale ressaltar que todo projeto enquadrado no Decreto nº 4.024, de 21/11/01, cujos princípios são adotados pelo Plano, deverá ter a sua sustentabilidade analisada e certificada, para que possa garantir não só a sua viabilidade técnica e econômica, mas, também, a sustentabilidade hídrica e operacional das infra-estruturas projetadas. Isto é, dois cenários acima citados incluíram em suas listas de demandas uma série de grandes projetos que ainda não foram analisados quanto à sua viabilidade operacional. Nesse contexto, mesmo que o Brasil vivencie um crescimento econômico do tamanho previsto nos cenários Normativo e Otimista, é bem possível que alguns desses empreendimentos não possam ser executados como foram projetados. Portanto, tais cenários podem ser considerados como conservadores.

### 3.6.2. Situações de consumo

Adicionalmente aos cenários de desenvolvimento econômico, foram construídas 3 situações de consumo para verificação das condições de atendimento aos consumos atuais, aos consumos previstos no horizonte de 2025 e aos consumos atualmente outorgados na bacia.

Os consumos atuais foram estimados projetando-se os consumos estimados pelo ONS (2003) para o ano de 2004, adotando-se as taxas de crescimento do Cenário Tendencial. Devido às características da metodologia usada pelo ONS (2003), baseada em dados secundários associados aos Municípios, a distribuição dos consumos em cada sub-bacia e trecho do rio São Francisco não é precisamente a existente.

A estimativa de consumos para o ano de 2025 considera que pelo menos 50% das áreas previstas em todos os projetos de irrigação catalogados na bacia serão implementados. A estimativa de consumo para outros usos adota as mesmas taxas de crescimento do cenário otimista estendidas até 2025.

O desenvolvimento dos órgãos gestores de recursos hídricos na bacia seguiu processos diferenciados em cada Estado e na esfera federal, em um período que coincide com o próprio amadurecimento e concepção da Política Nacional de Recursos Hídricos. Assim, a atividade de regulação e, particularmente, as emissões de outorgas de direito de recursos seguiram regras estabelecidas de forma desarticulada e desintegrada, não tendo a bacia do rio São Francisco como unidade de planejamento e gerenciamento. Essas regras são apresentadas no **Quadro 6** e maiores detalhes podem ser encontrados no Anexo 3.

#### Quadro 6. Critérios de outorga estaduais na bacia do rio São Francisco

Unidade da Federação	Critério de Outorga
Bahia	80% da $Q_{90\%}$
Minas Gerais	30% da $Q_{7,10}$
Pernambuco	90% $Q_{90\%}$
Paraná	90% $Q_{90\%}$
Sergipe	90% $Q_{90\%}$
Goiás	Não definido
Distrito Federal	80% da $Q_{90\%}$

Uma vez que a emissão de outorgas se dá a partir do estabelecimento de vazões máximas de captação, procedimentos adequados devem ser empregados para a estimativa das captações médias mensais resultantes das captações outorgadas. Por outro lado, tendo em vista que parte da vazão captada é retornada aos rios por meio do lançamento de efluentes, de sistemas de drenagem ou da alimentação de aquíferos, as parcelas de vazão efetivamente consumidas devem ser estimadas para fins de alocação de água.

Neste estudo, foram considerados os efeitos de retorno das vazões captadas e da sazonalidade dos usos na estimativa dos consumos médios outorgados, aplicando-se a **equação 1** a cada outorga. Os fatores típicos utilizados para cada uso constam do **Quadro 7**.

$$Q_{con} = Q_{cap} \times K \times F_{hd} \times F_{dm} \quad (1)$$

Em que:

$Q_{con}$  = consumo médio mensal ( $m^3/s$ )  
 $Q_{cap}$  = vazão máxima de captação ( $m^3/s$ )  
 $K$  = coeficiente de retorno  
 $F_{hd}$  = número médio de horas de uso por dia  
 $F_{dm}$  = número médio de dias de uso por mês

**Quadro 7. Fatores típicos usados na estimativa de consumos outorgados.**

Tipo de uso	K	Fhd	Fdm
Urbano	0,200	1,00	1,00
Industrial	0,200	1,00	1,00
Dessedentação animal	0,500	1,00	1,00
Irrigação	0,899	15,3/24 = 0,64	25,8/31 = 0,83

Os coeficientes de retorno utilizados são os mesmos indicados pelo ONS (2003). No caso das outorgas emitidas pela União, foram utilizados os dados de número de horas de uso e número de dias de uso de cada outorga constantes do cadastro da ANA. No caso das outorgas estaduais foram utilizados os valores médios de 15,3 horas/dia e 25,8 dias/mês, obtidos com base no cadastro da ANA. Usos não consuntivos não foram considerados.

**3.7. Alocação de água**

A metodologia de alocação de água consistiu na determinação das vazões alocadas em cada área de contribuição e em cada trecho do rio São Francisco. Esse processo foi efetuado em 3 fases:

- ⇒ Fase 1: determinação da vazão máxima alocável na bacia;
- ⇒ Fase 2: distribuição da vazão máxima alocável entre as áreas de contribuição e trechos;
- ⇒ Fase 3: distribuição das vazões alocadas entre potenciais consumidores (estados).

A determinação da vazão máxima alocável se dá com base nos consumos estimados em cada cenário. Considerando-se que em cada sub-bacia e em cada trecho a relação entre a vazão alocada e o consumo previsto deve ser a mesma, matematicamente, o processo de alocação pode ser representado pela **equação 2** abaixo e duas variáveis:

$$Q_{Amax} = \sum I_a \times Q_{con_{i,j}} \tag{2}$$

Em que:

- $Q_{Amax}$  = Vazão máxima alocável ( $m^3/s$ );
- $I_a$  = Índice de atendimento aos consumos (igual em todos os elementos);
- $Q_{con_{i,j}}$  = Vazão consumida no elemento i no cenário j.

O índice de atendimento quantifica a folga ou o déficit em relação aos consumos que uma determinada vazão alocada proporciona. Para cada vazão máxima alocável ( $Q_{Amax}$ ) existe um índice de atendimento aos consumos ( $I_a$ ) e vice-versa. Adicionalmente, deve-se calcular o balanço de massa em cada elemento do sistema hídrico, verificando-se se as vazões remanescentes são superiores às vazões de restrição, como mostra a **equação 3**.

$$Q_{disp_i} - Q_{con_{i,j}} < Q_{rest_i} \tag{3}$$

$Q_{disp_i}$  = Vazão disponível no elemento  $i$  ( $m^3/s$ );  
 $Q_{rest_i}$  = Vazão de restrição do elemento  $i$  ( $m^3/s$ );

A vazão máxima alocável é aquela que atende aos consumos em todos os cenários e situações simuladas e que mantém a desigualdade (3) verdadeira, ou seja, as vazões remanescentes em todas as áreas de contribuição e trechos superiores às vazões de restrição.

A distribuição da vazão máxima alocável entre as áreas de contribuição e trechos da bacia deve respeitar a restrição adicional de se manter constante a relação entre vazões alocadas e disponibilidades hídricas nas 5 áreas de contribuição, como mostra a **equação 4**. Assim, mesmo que um rio afluente esteja associado a baixos consumos, é alocada vazão proporcional à sua disponibilidade hídrica. Com isso, possibilitam-se crescimentos futuros de consumo uniformes nas áreas de contribuição.

$$QA_i = \alpha_i Q_{disp_i} \quad (4)$$

$QA_i$  = Vazão alocada no elemento  $i$  ( $m^3/s$ );  
 $\alpha_i$  = Fator de alocação do elemento  $i$  (fração da disponibilidade hídrica) ( $m^3/s$ );

Na equação 4 o fator  $\alpha$  corresponde à fração da disponibilidade hídrica da área de contribuição ou do trecho que é alocada para usos consuntivos. Esse fator deve ser o mesmo para todas as áreas de contribuição e para os trechos 1 a 4 do rio São Francisco (até o ponto de controle Pilão Arcado). Nos outros trechos, onde não há variação quanto à disponibilidade hídrica, o fator  $\alpha$  pode assumir valores diferenciados, conforme os consumos.

A imposição do mesmo fator  $\alpha$  para diferentes elementos resulta em índices de atendimento **Ia** distintos. Assim, para a determinação das vazões alocadas, foi imposto que o pior índice de atendimento fosse igual em toda a bacia.

A distribuição das vazões alocadas em cada trecho e área de contribuição para os estados seguiu a lógica de alocação proporcional aos consumos previstos no pior cenário.

### 3.8. Simulações de atendimento às demandas

Devido às características deste estudo, a metodologia de alocação de água privilegiou a simplicidade no equacionamento do problema e a clareza dos resultados, atingida pela unicidade da solução. Entretanto, alguns aspectos não abordados de forma explícita no procedimento de alocação de água devem ser verificados para maior consistência dos resultados.

Para melhor verificação das condições de atendimento às demandas consuntivas e não consuntivas resultante da proposta de alocação, foram efetuadas 2 simulações do sistema hídrico considerando-se a sazonalidade das ofertas e demandas hídricas. A primeira simulação procurou estimar as garantias no atendimento às vazões de restrição quando a efetividade das vazões alocadas é atingida, caracterizando-se o comportamento do escoamento fluvial em cada ponto de controle. A segunda simulação objetivou estimar o impacto sobre a geração de energia resultante do uso das vazões alocadas.

As simulações foram conduzidas aplicando-se o modelo de rede de fluxo implementado no aplicativo Acquanet. Como dados de entrada, foram utilizadas as séries de vazões médias mensais naturais para o período de 1931-2001 e as evaporações líquidas determinadas pelo ONS (2003). Também foram utilizados dados físicos dos reservatórios como curvas cota-área-volume, disponíveis no Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Disponibilidade hídrica

Empregando-se as séries de vazões naturais afluentes aos reservatórios de Três Marias e Sobradinho para o período de 1931-2001 (ONS, 2003) e outros dados dos reservatórios, encontrou-se, utilizando o modelo AcquaNet, como vazões regularizadas por Três Marias e Sobradinho os valores de 513 m<sup>3</sup>/s e 1.815 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

O **Quadros 8** apresenta as disponibilidades hídricas adotadas em cada elemento do sistema hídrico da bacia, que correspondem às vazões médias mensais com 95% de permanência no tempo acrescidas das vazões regularizadas, quando é o caso.

**Quadro 8: Disponibilidade hídrica (m<sup>3</sup>/s) dos elementos do sistema hídrico.**

<b>Elemento</b>	<b>Vazão natural</b>	<b>Regularização</b>	<b>Disponibilidade hídrica</b>
AC 1	50,86	0,00	50,86
AC 2	105,85	0,00	105,85
AC 3	289,54	0,00	289,54
AC 4	96,06	0,00	96,06
AC 5	276,40	0,00	276,40
Trecho 1	50,86	0,00	50,86
Trecho 2	0,00	513,00	513,00
Trecho 3	289,54	513,00	802,54
Trecho 4	372,46	513,00	1.175,00
Trecho 5	0,00	1.815,00	1.815,00
Trecho 6	0,00	1.815,00	1.815,00
Trecho 7	0,00	1.815,00	1.815,00

### 4.2. Demandas hídricas

#### 4.2.1. Usos não consuntivos

As vazões de restrição ou vazões mínimas a serem mantidas em cada elemento do sistema hídrico para manutenção dos ecossistemas e atendimento a usos não consuntivos constam do **Quadro 9**. Observa-se que, para atendimento à navegação, devem ser mantidas restrições nos trechos do rio São Francisco entre Três Marias e Juazeiro.

**Quadro 9. Vazões de restrição (m<sup>3</sup>/s) dos elementos do sistema hídrico.**

<b>Elemento</b>	<b>Manutenção do ecossistema</b>	<b>Outros usos</b>	<b>Vazão de restrição</b>
AC 1	22,15	0,00	22,15
AC 2	45,93	0,00	45,93
AC 3	134,77	0,00	134,77
AC 4	16,01	0,00	16,01
AC 5	51,14	0,00	51,14
Trecho 1	44,29	0,00	44,29
Trecho 2	136,15	350,00	350,00
Trecho 3	405,70	350,00	405,70
Trecho 4	539,99	350,00	539,99
Trecho 5	812,33	0,00	812,33
Trecho 6	843,78	0,00	843,78
Trecho 7	855,10	0,00	855,10

#### **4.2.2. Usos consuntivos**

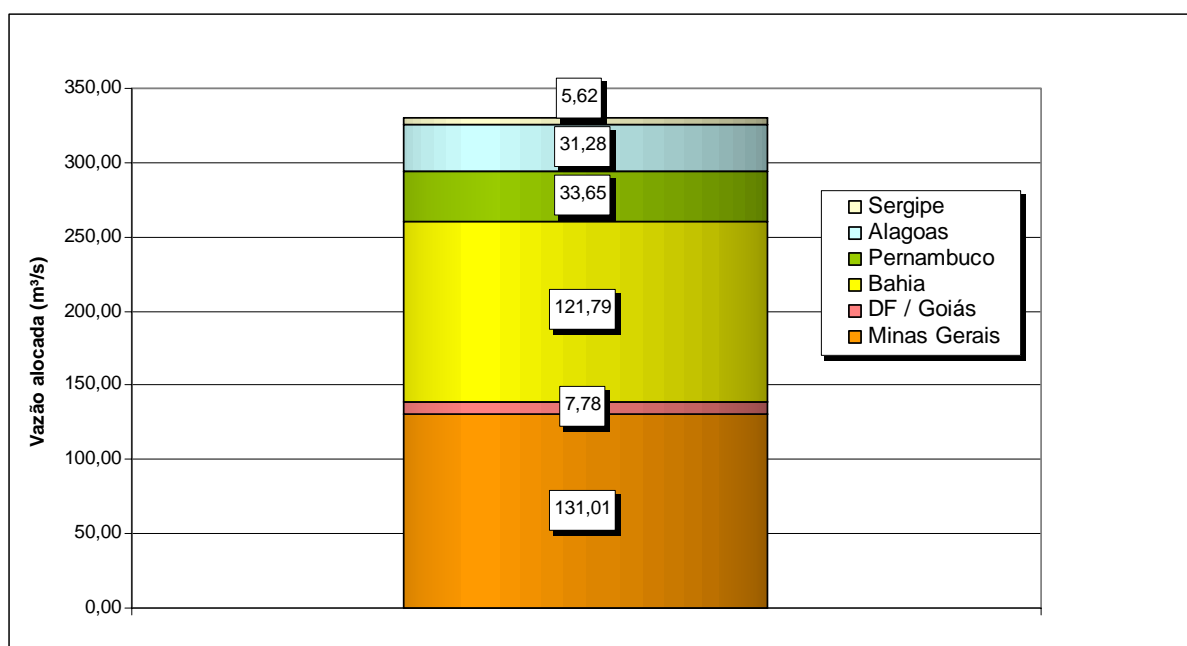
Os consumos previstos em cada cenário de desenvolvimento são apresentados no **Quadro 10**. O **Quadro 11** e a **Figura 4** apresentam os consumos estimados nas situações atual, no horizonte de 2025 e referentes às outorgas já emitidas na bacia.

#### **Quadro 10. Consumos estimados (m<sup>3</sup>/s) em cada cenário.**

<b>Elemento</b>	<b>Cenário 1 - Tendencial</b>	<b>Cenário 2 - Normativo</b>	<b>Cenário 3 - Otimista</b>
AC 1	0,95	1,14	1,52
AC 2	6,24	6,07	7,42
AC 3	22,04	21,37	29,57
AC 4	1,06	0,91	1,33
AC 5	17,05	15,04	19,58
Trecho 1	0,53	0,24	0,24
Trecho 2	0,56	0,53	0,67
Trecho 3	2,53	5,90	5,92
Trecho 4	2,76	17,23	19,16
Trecho 5	4,77	17,72	25,60
Trecho 6	41,41	67,82	77,25
Trecho 7	8,01	6,48	6,84
<b>Total</b>	<b>107,89</b>	<b>160,43</b>	<b>195,11</b>

**Quadro 11. Consumos estimados (m<sup>3</sup>/s) dos elementos do sistema hídrico nas situações atual, horizonte de 2025 e referente às outorgas já emitidas.**

Elemento	Atual	2025	Outorgas
AC 1	0,82	2,23	1,55
AC 2	5,41	10,72	5,41
AC 3	18,54	48,49	47,78
AC 4	0,90	2,02	1,38
AC 5	14,35	31,87	67,49
Trecho 1	0,46	0,31	0,78
Trecho 2	0,49	0,96	2,71
Trecho 3	2,15	9,19	71,78
Trecho 4	2,34	45,15	33,42
Trecho 5	4,04	36,10	6,06
Trecho 6	34,71	132,87	84,46
Trecho 7	6,73	7,24	11,83
<b>Total</b>	<b>90,93</b>	<b>327,15</b>	<b>334,66</b>



**Figura 4. Consumos médios outorgados pelos Estados e pela União.**

### 4.3. Alocação de Água

No sistema hídrico da bacia, o trecho 7, entre Piranhas e Foz, possui características diferenciadas, tendo em vista que sua disponibilidade hídrica é muito superior aos consumos previstos em todos os cenários e situações e que não existem consumidores de água a jusante nem aproveitamentos hidrelétricos. Ao mesmo tempo, mesmo adotando-se vazões de restrição superiores ao valor usado, é possível a alocação de vazões extremamente altas. Como os parâmetros utilizados não são balizadores para alocação de água nesse trecho, partiu-se para a alocação de água nos outros elementos da bacia, em um primeiro momento.

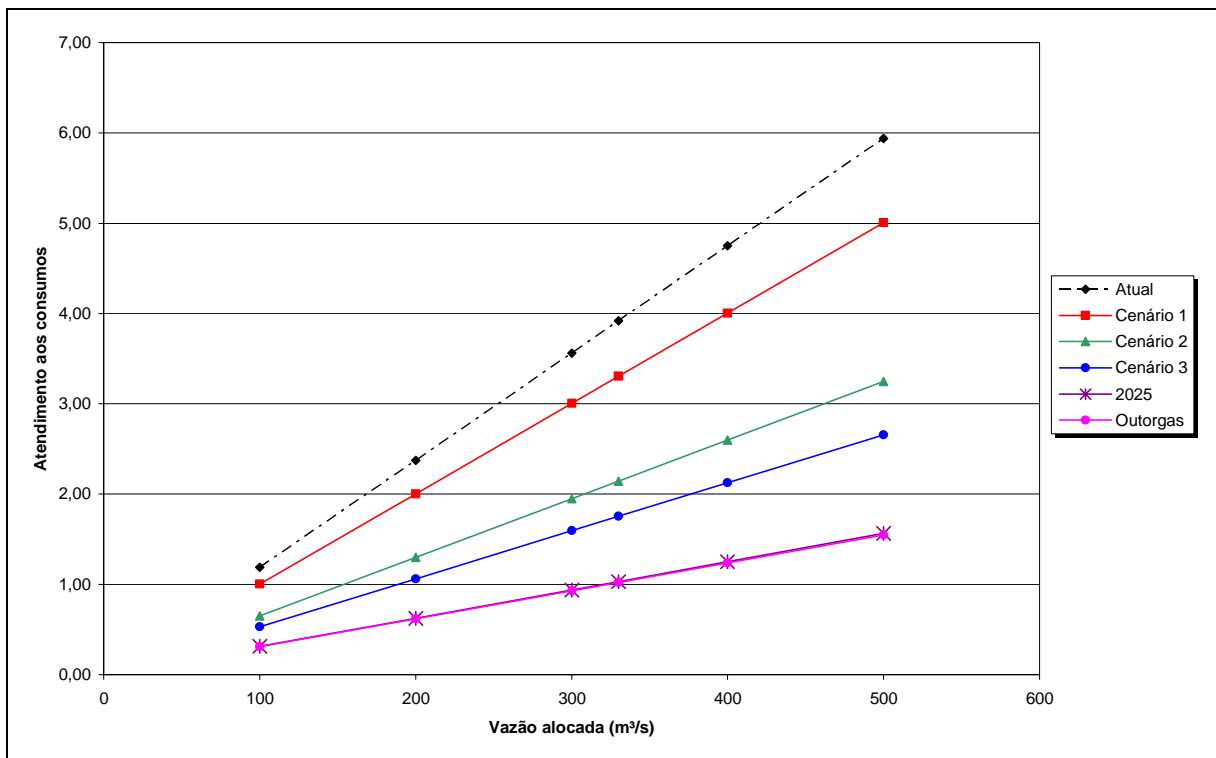
Seguindo-se o procedimento apresentado em 3.6, fase 1, foram realizadas simulações de atendimento aos consumos em todos os cenários e situações de consumo para diversos valores de vazão máxima alocável até o ponto de controle Piranhas, a jusante de Xingó, como mostram o **Quadro 12** e a **Figura 5**. Para cada valor de vazão máxima alocável determinou-se o índice de atendimento em cada cenário, conforme equação 2.

**Quadro 12. Atendimento aos consumos em cada cenário**

Alocação máxima (m <sup>3</sup> /s)	Cenários e situações de consumo (m <sup>3</sup> /s)					
	Atual	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	2025	Outorgas
100	1,19	1,00	0,65	0,53	0,31	0,31
200	2,38	2,00	1,30	1,06	0,63	0,62
300	3,56	3,00	1,95	1,59	0,94	0,93
<b>330</b>	<b>3,92</b>	<b>3,30</b>	<b>2,14</b>	<b>1,75</b>	<b>1,03</b>	<b>1,02</b>
400	4,75	4,00	2,60	2,12	1,25	1,24
500	5,94	5,01	3,25	2,66	1,56	1,55

O **Quadro 12** mostra o atendimento aos consumos (relação entre vazão alocada e consumo) obtido em cada cenário, adotando-se diferentes vazões máximas alocáveis. Percebe-se que o valor de vazão máxima alocável de 330 m<sup>3</sup>/s até o ponto de controle Piranhas é satisfatório, pois permite o atendimento a todos os cenários e situações de consumo. Como revelado no item 3.2 e no item 3.4.3, não é razoável a adoção de vazões máximas de alocação muito superiores aos consumos projetados, visto que os impactos sobre a geração de energia podem ser superiores aos previstos pelo planejamento setorial e que é também objetivo da alocação de água a indução do uso racional dos recursos hídricos, por meio da sinalização de vazões alocadas que não permitem o uso perdulário.

A **Figura 5** ilustra os valores do **Quadro 12** e mostra que, na situação atual, a variação dos valores de vazão máxima alocável implica em grandes variações nos atendimentos aos consumos. Contudo, nos cenários e situações de uso mais intenso da água, grandes variações da vazão máxima alocável levam a pequenas alterações nos atendimentos.



**Figura 5. Relações entre vazões máximas alocáveis e atendimento aos consumos.**

Na fase 2 do procedimento de alocação de água, foram determinadas as vazões alocadas nas áreas de contribuição e trechos da bacia. Em razão das considerações já citadas, no trecho 7, entre Piranhas e Foz, arbitrou-se a vazão alocada de 50 m³/s. Para o restante da bacia, definiu-se os fatores de alocação  $\alpha$  (relação entre vazão alocada e disponibilidade hídrica) para os seguintes elementos:

- ⇒  $\alpha_1$ : Áreas de contribuição ao rio São Francisco;
- ⇒  $\alpha_2$ : Trechos do rio São Francisco até Pilão Arcado;
- ⇒  $\alpha_3$ : Reservatório Sobradinho;
- ⇒  $\alpha_4$ : Trecho do rio São Francisco entre Juazeiro e Piranhas.

Também, foi definido o índice de atendimento  $I_a$  para os elementos:

- ⇒ Trechos do rio São Francisco entre Manga e Pilão Arcado, mais crítico dentre os trechos a montante de Sobradinho;
- ⇒ Área de contribuição 3, mais crítica dentre as áreas de contribuição;
- ⇒ Reservatório Sobradinho;
- ⇒ Trecho do rio São Francisco entre Juazeiro e Piranhas.

Dessa forma, construiu-se o sistema de 16 equações e 16 incógnitas, cuja solução determina as vazões alocadas em cada área de contribuição e em cada trecho e os valores de  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ ,  $\alpha_5$  e  $I_a$ . O **Quadro 13** mostra os resultados da fase 2 da alocação de água e as figuras a seguir ilustram alguns rebatimentos.

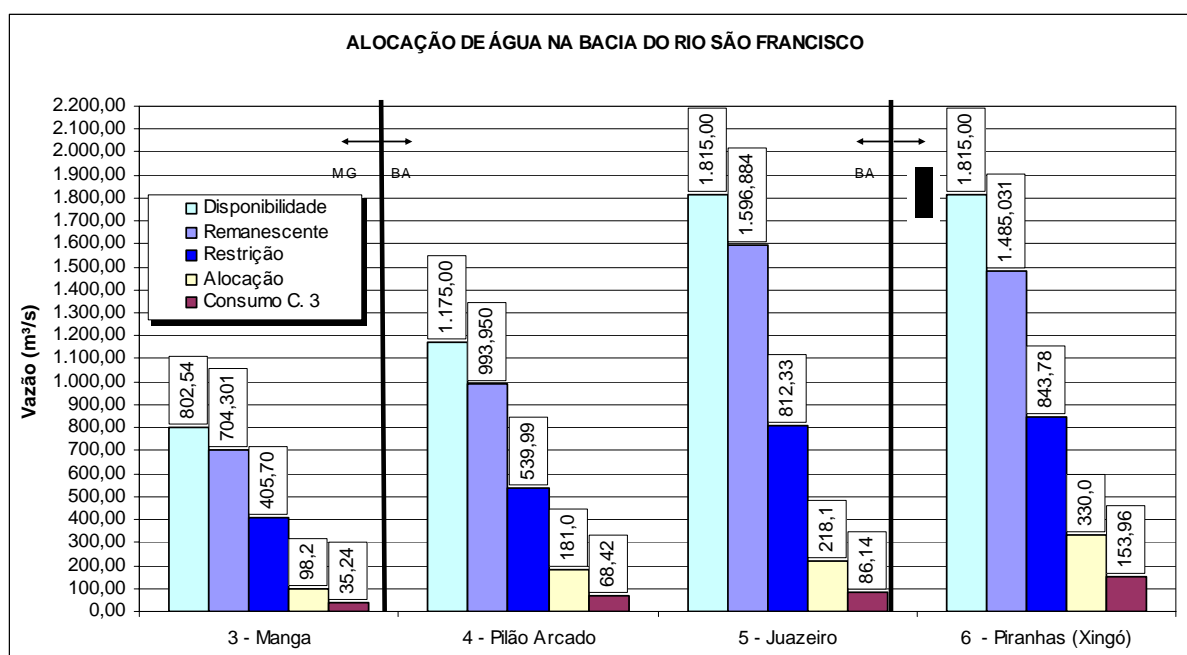
**Quadro 13. Alocação de água nas áreas de contribuição e trechos.**

Elemento	Alocação (m <sup>3</sup> /s)	Remanescente (m <sup>3</sup> /s)	Fator $\alpha$	Atendimento Ia
AC 1	7,52	43,34	0,148	4,94
AC 2	15,65	90,20	0,148	2,11
AC 3	42,81	246,73	0,148	1,45
AC 4	14,20	81,86	0,148	10,69
AC 5	40,87	235,53	0,148	2,09
Trecho 1	1,20	42,14	0,024	4,93
Trecho 2	12,11	476,52	0,024	18,05
Trecho 3	18,95	704,30	0,024	3,20
Trecho 4	27,74	993,95	0,024	1,45
Trecho 5	37,07	1.596,88	0,020	1,45
Trecho 6	111,85	1.485,03	0,062	1,45
Trecho 7	50,00	1.435,03	0,028	7,31
<b>Total</b>	<b>380,0</b>	-	-	-

$\alpha$  = alocação / disponibilidade hídrica

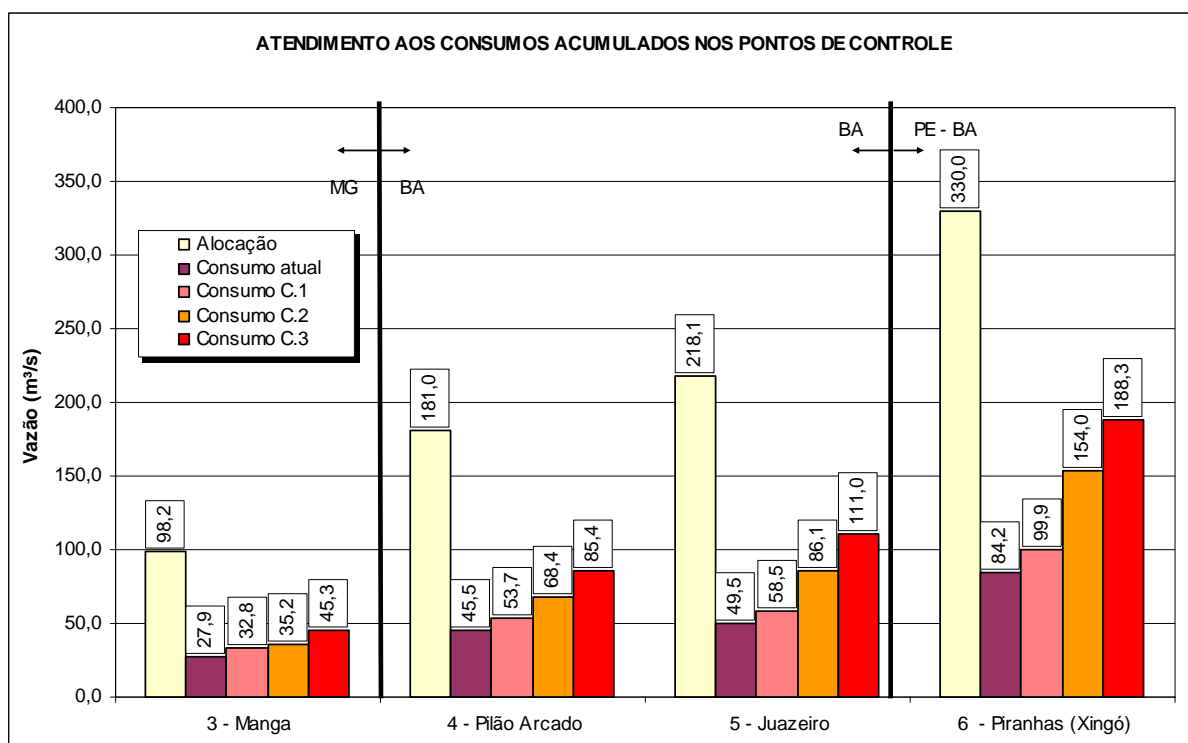
Ia = alocação / consumo no cenário 3

A **Figura 6** apresenta as vazões observadas nos principais pontos de controle quando da alocação das vazões do **Quadro 13**. Verifica-se que a alocação de 380 m<sup>3</sup>/s proporciona folgas significativas em relação às vazões de restrição em cada ponto de controle. Desse modo, futuramente, parcelas maiores das disponibilidades hídricas podem ser alocadas para usos consuntivos sem prejuízo das vazões de restrição.



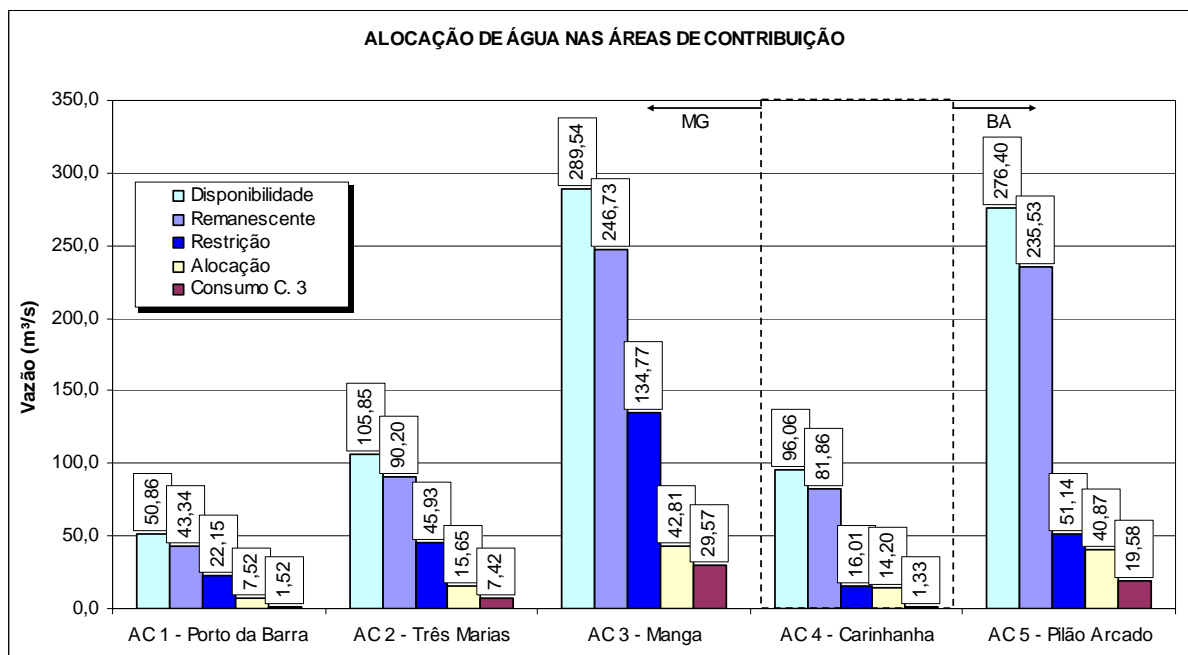
**Figura 6. Vazões características observadas nos principais pontos de controle.**

A **Figura 7** ilustra o atendimento aos consumos nos 3 cenários do plano, nos principais pontos de controle, de forma acumulada. No Cenário Otimista, de uso mais intenso da água, as vazões alocadas superam em 75% os consumos previstos.



**Figura 7. Atendimento aos cenários de consumo nos principais pontos de controle.**

Na **Figura 8** aparecem os rebatimentos da alocação de água sobre as 5 áreas de contribuição. Como no **Quadro 13**, a relação entre vazões alocadas e disponibilidades hídricas são constantes e iguais a 0,148. Novamente, as vazões remanescentes guardam grandes folgas em relação às vazões de restrição, possibilitando a adoção, no futuro, de vazões alocadas maiores. Como as vazões alocadas foram determinadas com base na alocação na área de contribuição 3 (Manga), de maior consumo, nas outras áreas os atendimentos ficaram mais elevados.



**Figura 8. Vazões características para fins de alocação.**

Na fase 3 do procedimento de alocação de água, as vazões alocadas em cada elemento foram distribuídas entre os Estados, que deverão desempenhar o papel de regulação do uso da água na efetivação do pacto de alocação de água. Essa divisão procurou respeitar as necessidades de cada estado no atendimento de seus consumos. O Quadro 14 revela os elementos do sistema hídrico que são compartilhados entre Estados e as proporções das vazões alocadas.

**Quadro 14. Distribuição de vazões alocadas entre os estados.**

Elemento	GO/DF	MG	BA	PE	SE	AL	U.E.
AC 3 - Manga	8%	92%	0	0	0	0	0
AC 4 – Carinhanha	0	50%	50%	0	0	0	0
Trecho 5 – Sobradinho	0	0	30%	70%	0	0	0
Trecho 6 – Piranhas	0	0	35%	15%	13%	13%	23%
Trecho 7 – Foz	0	0	0	0	50%	50%	0

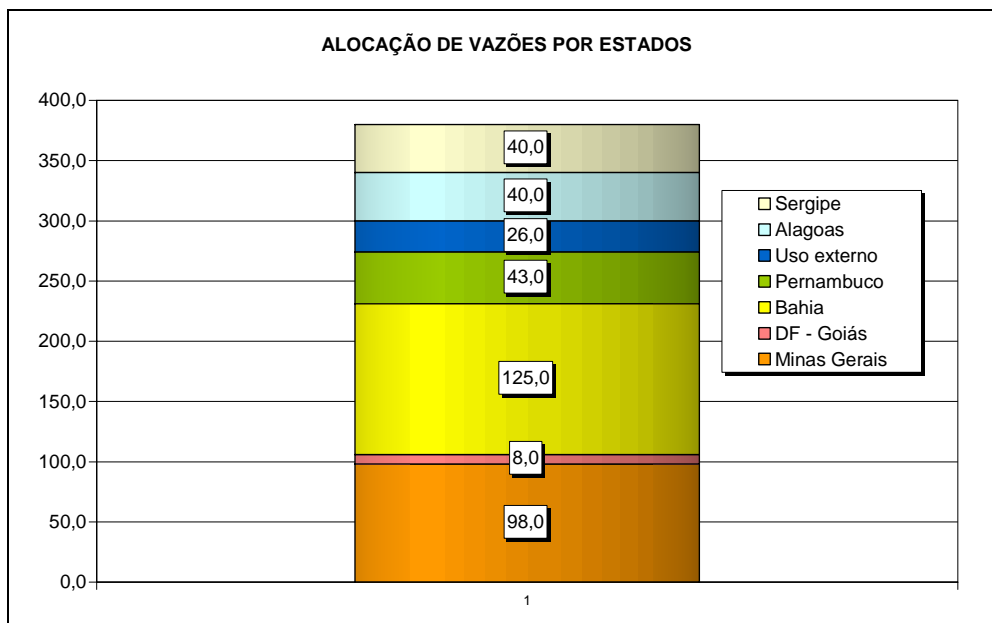
U.E. = Uso externo

Como conseqüência da distribuição do **Quadro 14**, foram determinadas as vazões finais alocadas em cada trecho e estado da bacia, apresentadas no **Quadro 15**. Essas vazões correspondem à proposta de alocação de água a ser encaminhada para discussão e negociação pelo Comitê de Bacia do rio São Francisco.

**Quadro 15. Alocação de água proposta para a bacia do rio São Francisco.**

Estado	Corpo Hídrico	Alocação (m <sup>3</sup> /s)	Total (m <sup>3</sup> /s)
DF – GO	Trecho do rio Preto	8,0	8,0
Minas Gerais	Rio Carinhanha	7,0	98,0
	Sub-bacias e calha principal até Manga	91,0	
Bahia	Rio Carinhanha	7,0	125,0
	Sub-bacias e calha principal até Pilão Arcado	68,0	
	Lago de Sobradinho	11,0	
	Trecho entre Sobradinho e Xingó	39,0	
Pernambuco	Lago de Sobradinho	26,0	43,0
	Trecho entre Sobradinho e Xingó	17,0	
Sergipe	Trecho entre Sobradinho e Xingó	15,0	40,0
	Trecho entre Xingó e Foz	25,0	
Alagoas	Trecho entre Sobradinho e Xingó	15,0	40,0
	Trecho entre Xingó e Foz	25,0	
Uso externo	Trecho entre Sobradinho e Xingó	26,0	26,0
<b>Total</b>		<b>380,0</b>	

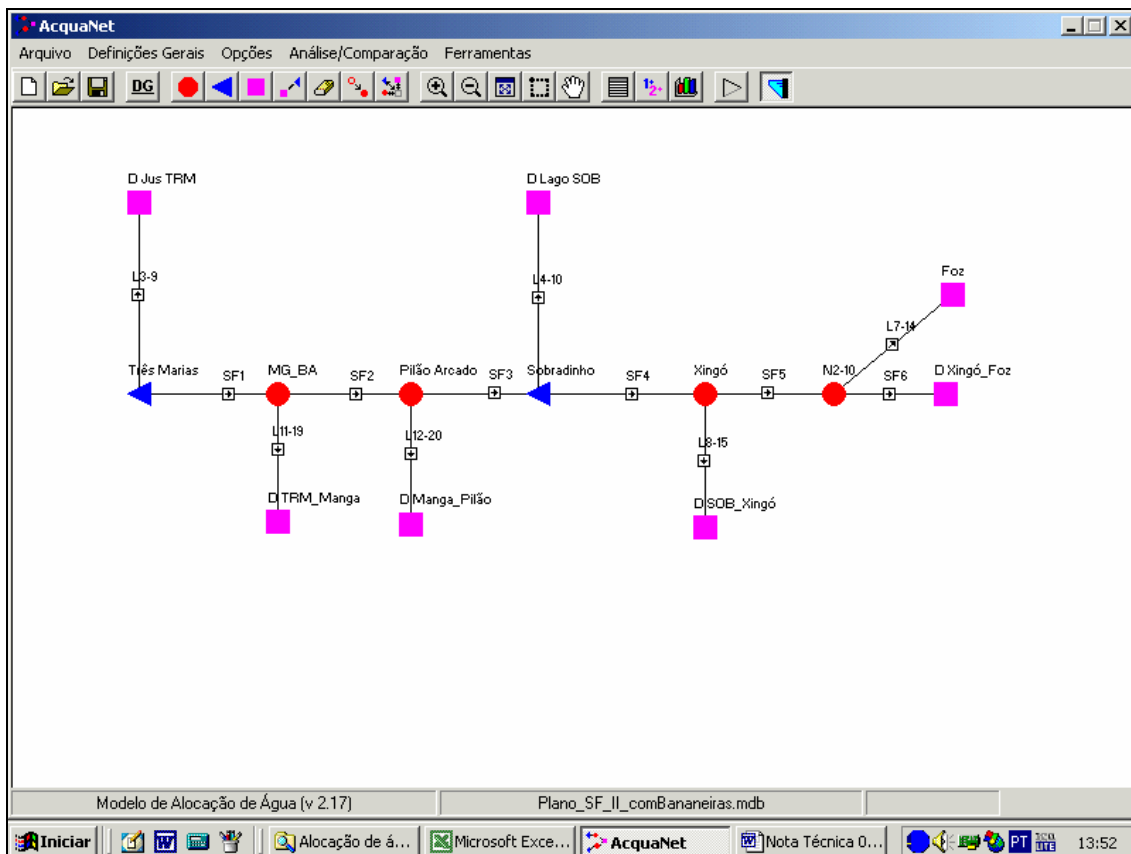
A **Figura 9** ilustra a proporção entre vazões alocadas em cada estado resultante da proposta. Percebe-se que, relativamente, os estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe beneficiam-se em igual proporção da vazão máxima alocável, refletindo a semelhança de condições de uso da água nesses Estados. Proporcionalmente, a Bahia é aquinhoadada com maior parte do total, como conseqüência, principalmente, do potencial de áreas irrigáveis existente. Embora com consumos previstos relativamente inferiores, Minas Gerais é associada a vazões alocadas significativas, tendo em vista a grande contribuição hídrica de suas áreas de contribuição. Ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal foram alocadas as menores vazões, compatíveis com a participação dos correspondentes consumos no total da bacia.



**Figura 9. Proposta de alocação de vazões entre Estados.**

#### **4.4. Atendimento às demandas**

O atendimento às demandas foi simulado de forma mais detalhada empregando-se o aplicativo Acquanet, como descrito no item 3.7. A mesma representação do sistema hídrico ilustrada na **Figura 3** foi adotada como topologia do sistema, agrupando-se as áreas de contribuição aos principais pontos de controle, como na **Figura 10**.



**Figura 10. Topologia do sistema hídrico usada nas simulações.**

#### 4.4.1. Simulação 1: pontos de controle

Na primeira simulação, em que foram estimadas as garantias de atendimento às vazões de restrição quando da efetivação das vazões alocadas, foram obtidos como resultados o comportamento dos volumes dos reservatórios e das vazões remanescentes nos principais pontos de controle.

Com a efetivação das vazões alocadas, o comportamento dos reservatórios Três Marias e Sobradinho (**Figura 11**) se mostrou adequado, não ocorrendo falhas de esvaziamento e mantendo-se parcelas significativas das vazões remanescentes nos pontos de controle.

Como destaque, foram extraídos os resultados referentes ao comportamento das vazões médias mensais nos pontos de controle Manga, Pilão Arcade e Piranhas (**Figuras 12 a 17**). As vazões remanescentes observadas são apresentadas no **Quadro 16**.

A simulação 1 mostra que, na ocorrência da série de vazões naturais verificadas no período de 1931 a 2001, as vazões alocadas em cada região da bacia podem ser atendidas sem falhas. Ao mesmo tempo, as vazões remanescentes nos pontos de controle são mantidas, sempre, acima das vazões de restrição.

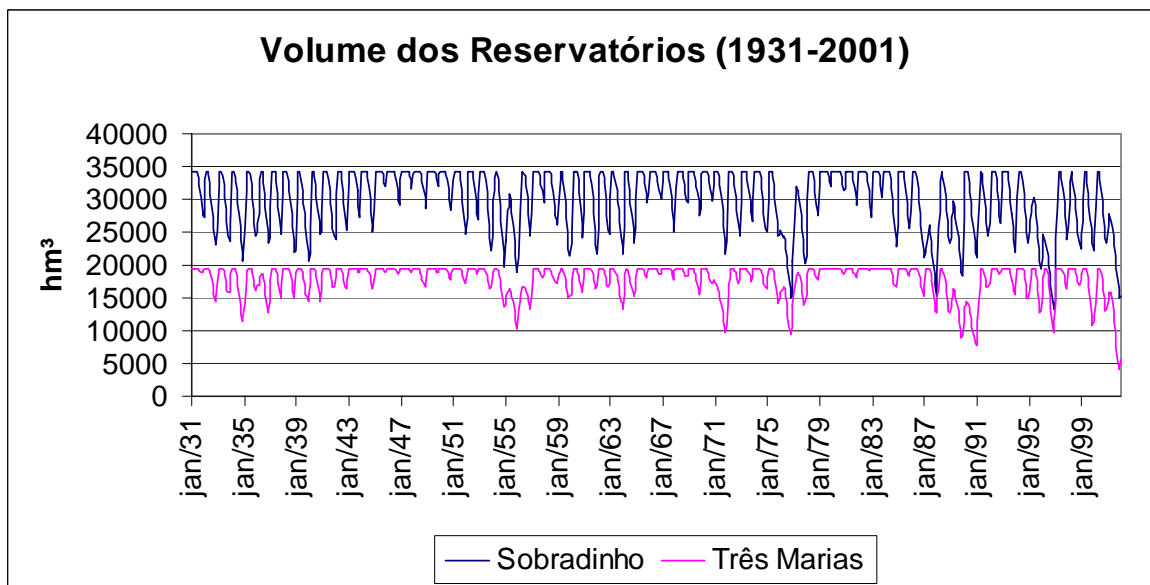


Figura 11. Comportamento dos reservatórios Três Marias e Sobradinho.

Quadro 16. Vazões médias mensais observadas nos pontos de controle (m³/s)

Ponto de controle	Vazão mínima	Vazão média	Vazão máxima
Manga	763,8	2.023,1	13.962,0
Pilão Arcado	981,5	2.584,5	15.198,0
Piranhas	1.587,7	2.354,9	14.980,8

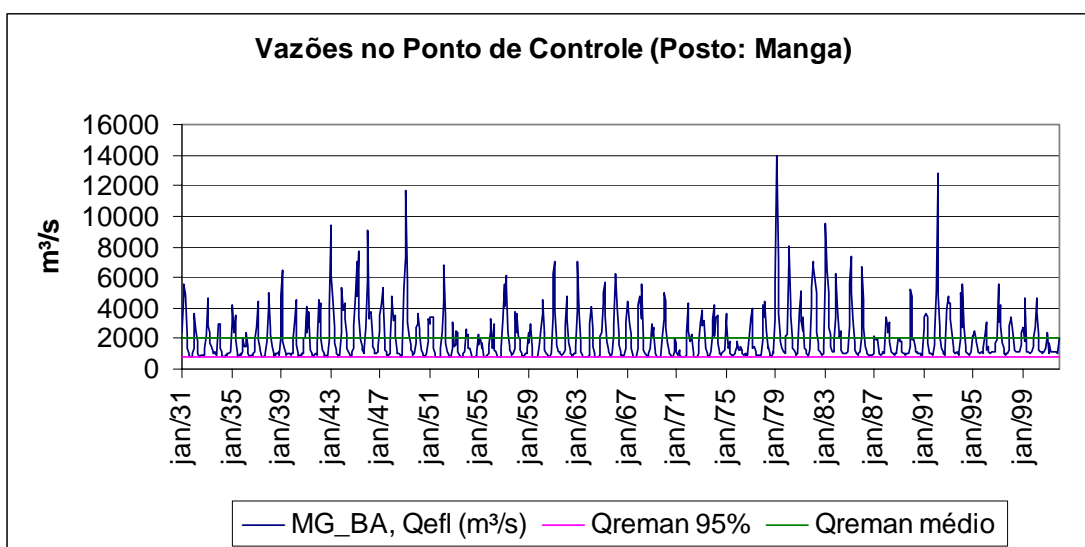
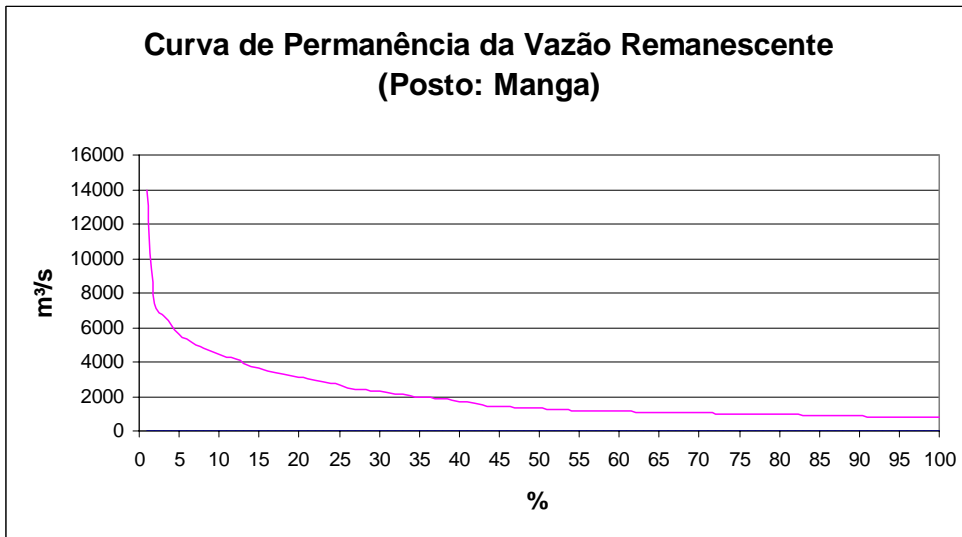
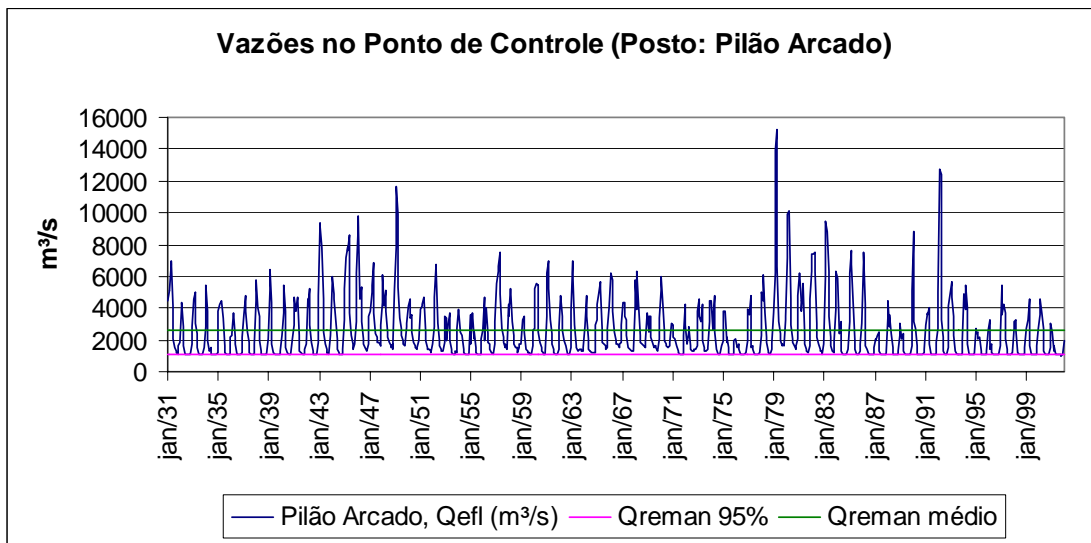


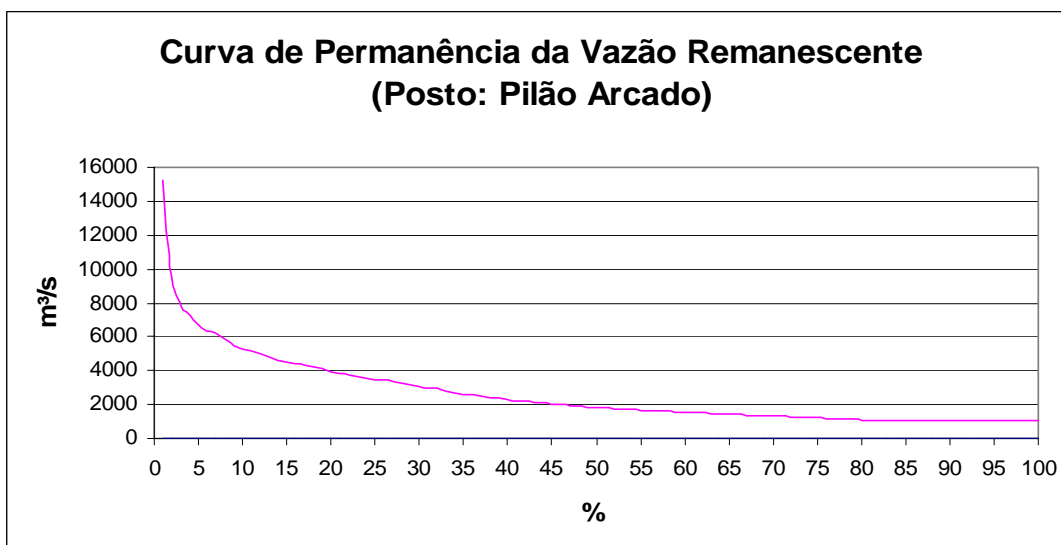
Figura 12. Comportamento das vazões médias mensais em Manga.



**Figura 13. Curva de permanência das vazões médias mensais em Manga.**



**Figura 14. Comportamento das vazões médias mensais em Pilão Arcado.**



**Figura 15. Curva de permanência das vazões médias mensais em Pilão Arcado.**

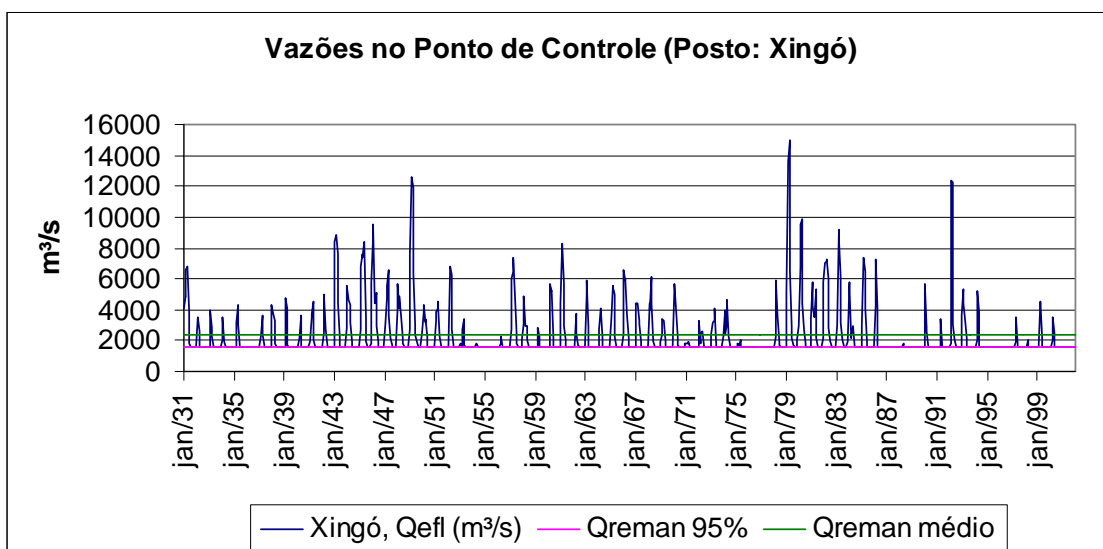


Figura 16. Comportamento das vazões médias mensais em Piranhas.

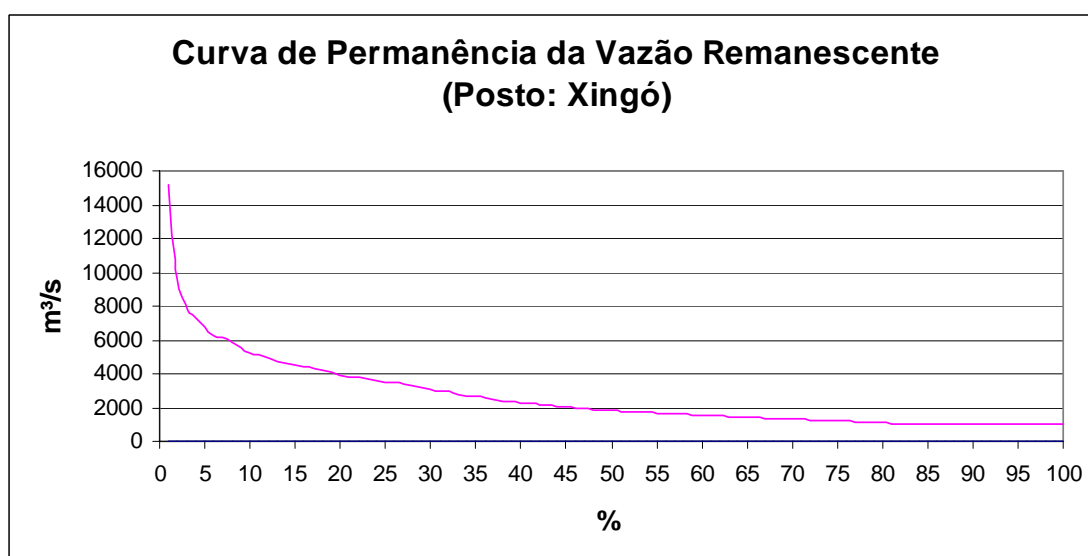


Figura 17. Curva de permanência das vazões médias mensais em Piranhas (Xingó).

#### 4.4.2. Simulação 2: geração de energia

Na segunda simulação, empregando-se o modelo alternativo desenvolvido pela USP, obteve-se como resultados o comportamento hidrológico e energético médio das principais usinas hidrelétricas da bacia, apresentado nas Figuras 18 e 19.

Atualmente, existe uma perda na capacidade de geração das principais usinas hidrelétricas da bacia da ordem de 208,4 MW médios, devido aos atuais consumos de água. Com a efetivação dos consumos permitida pela alocação proposta, prevista para 2013, essa perda deve chegar a 755,7 MW médios. Considerando-se o custo marginal de expansão da geração de US\$ 33,00 (Eletrobrás, 2003), essa perda adicional (547,3 MWmed) deve representar um custo anual da ordem de R\$ 480 x 10<sup>6</sup> em substituição da energia perdida (importação de energia, implantação de termelétricas, implantação de hidrelétricas fora da bacia, etc.)

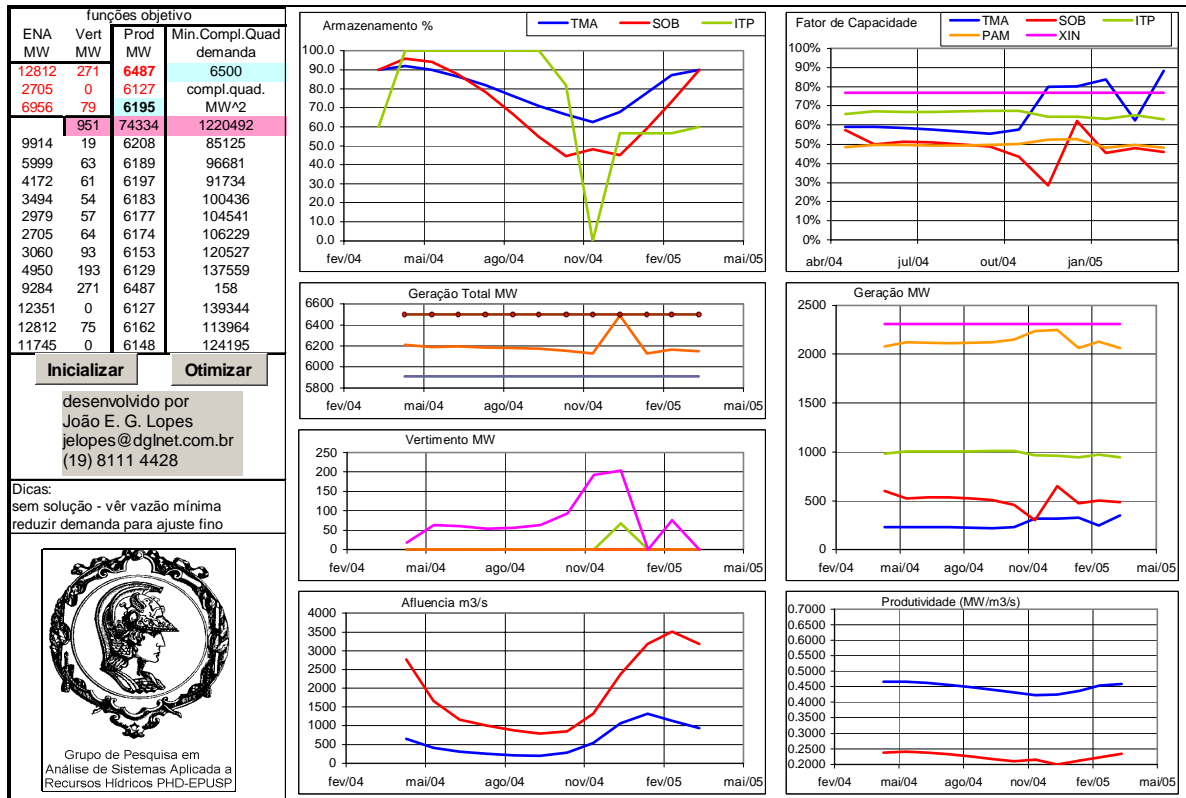


Figura 18. Simulação da geração de energia no caso sem consumos na bacia.

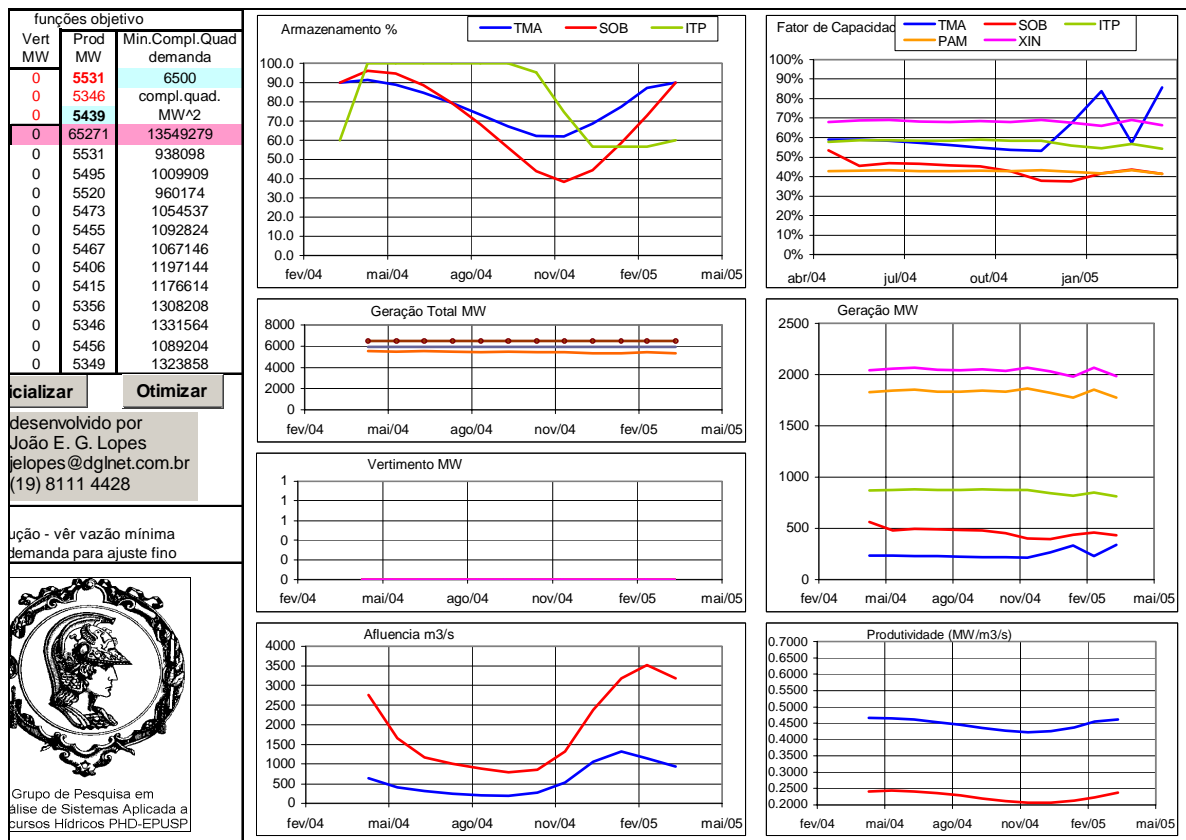


Figura 19. Simulação da geração de energia no caso de efetivação da alocação.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo tem por objetivo fornecer apoio técnico ao plano da bacia do rio São Francisco, particularmente no que se refere à alocação de água. Para tanto, foi elaborada metodologia que aborda aspectos de disponibilidade hídrica, atendimento às demandas consuntivas e não consuntivas, incluindo a manutenção de ecossistemas, procedimentos de alocação de água entre regiões e Estados da bacia e verificações de atendimento às demandas. Como resultados, foram estimadas ofertas e demandas hídricas que possibilitaram a construção de uma proposta de alocação de água a ser discutida pelo Comitê de Bacia, cujo atendimento às demandas foi verificado por meio de simulações do sistema hídrico.

As principais conclusões do estudo podem ser enumeradas da seguinte forma:

1. A metodologia é adequada às características do Plano de Bacia, desenvolvido em curto prazo e balizado por princípios de gestão integrada, articulada e participativa.
2. As estimativas de disponibilidade hídrica conferem garantias satisfatórias de atendimento às demandas, uma vez que estão representadas por vazões com alta permanência no tempo.
3. A maior parte das demandas não consuntivas devem ser atendidas pela definição de regras adequadas de operação dos reservatórios existentes e de captação de água. Essas regras devem ser compatíveis com as vazões alocadas e demais condições inerentes à proposta de alocação aqui proposta, para que as demandas consuntivas sejam, também, atendidas.
4. Diante da necessidade de tempo e investimentos para aplicação de outros métodos, as vazões necessárias para a manutenção dos ecossistemas foram estimadas pelo método de Tennant, por critérios de simplicidade e aplicabilidade. Entretanto, a presente proposta de alocação permite que as vazões remanescentes fiquem muito acima das vazões de restrição, absorvendo eventuais erros na estimativa. Recomenda-se que esforços sejam empreendidos no sentido da aplicação de métodos mais consistentes e adequados a cada rio da bacia do rio São Francisco. Como consequência, as futuras revisões da alocação de água poderão ser realizadas com maior precisão.
5. A vazão máxima alocável de 380 m<sup>3</sup>/s permite que os consumos previstos em todos os cenários e situações sejam atendidos completamente. Contudo, recomenda-se que esse valor seja reavaliado e discutido a cada revisão do plano de bacia, de modo a se adequar à evolução dos consumos.
6. Considerando-se os três cenários de consumo, a vazão máxima de alocação foi distribuída pelas diversas regiões da bacia do rio São Francisco de modo a uniformizar as relações entre vazões alocadas e disponibilidades hídricas nas áreas de contribuição. Também, foram mantidos uniformes os níveis de atendimento aos consumos nas regiões mais críticas.
7. A alocação de vazões nas diversas regiões deve ser objeto de discussão pelo Comitê de Bacia, que deverá ser acompanhada por estudos técnicos adequados, já que, aqui, eventuais alterações podem resultar em diferentes condições a serem observadas nos pontos de controle.
8. As vazões alocadas em cada área de contribuição permitem que cada órgão gestor defina regras de captação de água e outorga distintas para cada rio, mantendo-se condições adequadas nos pontos de controle. Dessa forma, confere-se grande flexibilidade às atividades

de regulação e planejamento do uso da água.

9. As vazões alocadas em corpos hídricos compartilhados por mais de um estado foram distribuídas de acordo com os consumos previstos de cada usuário. Essa distribuição também deve ser objeto de negociação entre os Estados interessados. No entanto, não são necessários estudos técnicos específicos, já que eventuais alterações nessa distribuição não implicam em diferentes condições distintas nos pontos de controle.

10. A efetivação da proposta de alocação implica em crescimento da perda da geração de energia na bacia da ordem de 547 MW médios, o que corresponde a custos anuais da ordem de R\$ 480 milhões em substituição da energia perdida.

11. Considerando-se que as cargas orgânicas potenciais serão reduzidas ao longo dos anos por meio da contínua implantação de estações de tratamento de esgotos, as vazões remanescentes resultantes da alocação de 380 m<sup>3</sup>/s permitem que as metas de enquadramento dos cursos d'água sejam atingidas, desde que seja ampliado o nível de tratamento dos esgotos sanitários na bacia.

12. Para que a proposta de alocação possa efetivamente atingir seus propósitos, deve ser construído um pacto entre os diversos atores da bacia do rio São Francisco. Esse Pacto deve, necessariamente, conter:

- ⇒ Definição negociada das vazões alocadas (quantidade e qualidade);
- ⇒ Requisito de sustentabilidade hídrica e operacional de novos empreendimentos;
- ⇒ Parâmetros de eficiência do uso da água;
- ⇒ Criação de Grupo Técnico de Monitoramento e Fiscalização;
- ⇒ Revisão periódica.

13. Adicionalmente, o Pacto deve ser seguido de:

- ⇒ Regularização de usos na bacia;
- ⇒ Revisão das outorgas vigentes, observada a legislação;
- ⇒ Adequações dos critérios de outorga, se necessário.

Finalmente, conclui-se que os objetivos do estudo foram integralmente atingidos, restando as tarefas futuras de implementação e monitoramento do pacto de alocação de água. Nesse sentido, vale lembrar o que diz GRANZIERA (2001): **“O cumprimento do plano é a garantia de efetividade de toda a política de recursos hídricos. Coloca-se, nesse passo, a questão acerca de como fazer o plano ser cumprido, ou dos mecanismos legais que obrigam o cumprimento do plano.”**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional de Águas – Manual de Outorga.
- ANA - Agência Nacional de Águas - Resolução N° 194, de 16 de setembro de 2002.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Plano Nacional de Recursos Hídricos – Documento Base de Referência. Superintendência de Planejamento. Brasília, DF, 2002.
- ANA (2002). Sistema Generalizado para Simulação do Balanço Hídrico e Alocação das Águas da Bacia do Rio São Francisco, Relatório Final.
- ANA/GEF/PNUMA/OEA (2002), Determinação de Subsídios para Procedimentos Operacionais dos Principais Reservatórios da Bacia do São Francisco. Subprojeto 4.4. Relatório Final. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do Rio São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA).
- ANA/GEF/PNUMA/OEA. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Sub-projeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Alocação de água. Estudo Técnico de Apoio n° 16. Brasília: SUM/ANA, 2004. 24p.
- ANA/GEF/PNUMA/OEA. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Sub-projeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Aproveitamento do potencial hidráulico para geração de energia elétrica na bacia do rio São Francisco. Estudo Técnico de Apoio n° 9. Brasília: SUM/ANA, 2004. 57p.
- CONEJO, J.G.L. (1993), A Outorga de Usos da Água como Instrumentos de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, Rev. Adm. Pub., Rio de Janeiro, 27(2):28-62, abr./jun.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986. Publicada no D.O.U. de 30/7 /86. Brasília, 1986.
- FHAMA-DREER (2003) – Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN, ANA/ONS/ANEEL.
- FREITAS, M.A.S. & LOPES, A.V. (2003), Avaliação da Demanda de Água para Irrigação: Aplicação à Bacia do Rio São Francisco, XIII CONIRD, Juazeiro.
- HIDRO (2003) - Rede Hidrometeorológica Nacional – ANA.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2000: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2000. 1 CD-ROM.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional de saneamento básico, 2000. SEDU/PR, 2002. 1 CD-ROM.
- JORDE, K., M. SCHNEIDER & F. ZOELLNER (2000): Oekologisch begründete Mindestwasserregelungen, Tagungsband: Wasserbewirtschaftung an Bundeswasserstrassen - Probleme, Methoden, Loesungen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Berlin, Veranstaltungen 2/2000, S. 203 - 224.
- TRUFFER, B., C. BRATRICH & K. JORDE (1999): Oekostrom: Neue Perspektiven der Wasserkraftnutzung. Wasserwirtschaft, 89, Heft 10, S. 488-495.
- JORDE, K. (1999): Die Problematik des Restwassers; in: "Lebensraum Fließgewässer - Charakterisierung, Bewertung und Nutzung", Laufener Seminarbeiträge 4/99, Bayerische

Akademie fuer Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen, pp. 129-144.

GIESECKE, J. & K. JORDE (1998): Technisch-oekologische Gesamtkonzepte bei Reaktivierung, Modernisierung und Neukonzessionierung von Wasserkraftanlagen. Tagungsband: Planung und Realisierung im Wasserbau, Garmisch 1998. Technische Universitaet Muenchen, Lehrstuhl fuer Wasserbau, S. 361 - 373.

JORDE, K. (1998): Habitatbezogene Ansaetze zur Festlegung von Mindestwasserregelungen: Wechselwirkungen zwischen Abfluss und Gewaessermorphologie, Tagungsband zur Fachtagung "Wildfluss contra Wasserkraft? Entwicklung von Leitbildern fuer Isar und Inn, 21. Juni 1997, Muenchen, herausgegeben von der Isar-Allianz, Muenchen, S. 13 - 25.

JORDE, K. & SCHNEIDER, M. (1998): Einsatz des Simulationsmodells PHABSIM zur Festlegung von Mindestwasserregelungen, Wasser + Boden 50, Heft 4, S. 45- 49.

LABADIE, J. W. (1988) - Program MODSIM: River Basin Network Flow Model for the Microcomputer, Department of Civil Engineering, Colorado State University.

LOPES, A.V. & FREITAS, M.A.S. (2003), Avaliação das Demandas e Ofertas Hídricas na Bacia do Rio São Francisco usando Modelo de Rede de Fluxo, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos -ABRH, Curitiba.

MORHARDT, J. E. Instream Flow Methodologies. EA Engineering, Science, and Technology, Inc. Califórnia, 1986.

MORTARI, D. Uma abordagem geral sobre a vazão remanescente, em trechos “curto-circuitados”, de usinas hidrelétricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória, ES. Anais... Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. ES, 1997, p. 583-589.

NOTA TÉCNICA 008 / SPR / 2003. MEMORIAL DESCRITIVO DAS ESTIMATIVAS DAS CARGAS ORGÂNICAS POR REGIÕES HIDROGRÁFICAS.

Nota Técnica s/n SUM/2002 – Simulação da Transferência de Águas do Rio São Francisco. ONS (2001). PLANO ANUAL DE PREVENÇÃO DE CHEIAS - CICLO 2000/2001.

ONS RE 3/092/2001 - 2ª revisão de 07 de agosto de 2001. INVENTÁRIO DAS RESTRIÇÕES OPERATIVAS HIDRÁULICAS DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS.

PANTE, A.R., M.G. MARQUES, A.V.B. CANELLAS & A.E. LANNA (2004). Proposta de Metodologia Simplificada para Determinação da Vazão Ecológica em Aproveitamentos Hidrelétricos. Revista ABRH (enviado para publicação).

PELISSARI, V.B. & R. SARMENTO , Vazão Ecológica para o Rio Santa Maria da Vitória – ES, 5º Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente, ABES, II-8, 1-13p.

PORTO, R.L.L (2001) - ModSimP32 – Modelo de Simulação de Bacias Hidrográficas, Manual de Operação.

SANTOS, A.H.M., L.U. RIBEIRO Jr., M.A.R.A. GARCIA & M.A. SEVERI (2003), Vazão Remanescente no Trecho de Vazão Reduzida de Pequenas Centrais Hidrelétricas, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Curitiba, PR.

SARMENTO, R. & V.B. PELISSARI (1999), Determinação da Vazão Residual dos Rios: estado da arte, XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Belo Horizonte, MG.

SARMENTO, R. & V.B.PELISSARI (2000), Sistema Computacional para Determinação da

Vazão Ecológica de Rios, UFES, Vitória.

SILVA, L.M.C., P.R. UNGARETTI & E.A. SILVA (1999), Análise Quantitativa da Relação Oferta x Demanda na Bacia do Rio Paracatu, XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH, Belo Horizonte, MG.

SIPOT - Sistema de Potencial Elétrico Brasileiro, ANEEL, Brasília, DF

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1: MECANISMOS DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA**

## ANEXO 1

### MECANISMOS DE ALOCAÇÃO DE ÁGUA

#### 1. Precificação baseado no custo marginal (Marginal Cost Pricing – MCP)

O preço da água é igual ao custo marginal de suprimento da última unidade de água (incluindo todas as externalidades). Este mecanismo tem a vantagem de se atingir o nível mais elevado de eficiência econômica e evita a tendência de sub-valorização dos recursos e, portanto, evita sobre-exploração no uso da água. As dificuldades advêm da própria definição de precificação dos custos marginais, posto que isto pode ser multi-dimensional, variar com o tempo e com a demanda. A desvantagem maior deste método resulta na dificuldade de sua implementação, além de requerer um monitoramento volumétrico, o qual acarreta um enorme custo ao administrador. Necessita ainda um enorme volume de informação.

#### 2. Alocação de água por uma instituição pública

De um modo geral, é difícil de se tratar água como um bem de mercado, devido historicamente ser o acesso à água percebido como um direito público. Em muitos casos, o desenvolvimento de complexos sistemas de uso de recursos hídricos é bastante caro ao setor privado e, portanto, requer investimento e administração públicos. A alocação feita por agências públicas permite perseguir objetivos equitativos e têm a possibilidade de tratar com os vários aspectos dos recursos hídricos que requerem investimentos de longo prazo. A água é normalmente captada em rios de grandes bacias hidrográficas ou aquíferos, os quais são interdependentes, onde a água é vista como um importante recurso para o desenvolvimento regional. A alocação de água por agência pública tem a desvantagem de tender a substituir o mecanismo de mercado, o que pode levar ao desperdício e à má alocação. Para trabalhar bem, requer coerção e sanções e possui pequeno grau de liberdade, posto que não há incentivo aos que não usam a água eficientemente. Em todo o mundo, a alocação de água por instituição pública raramente cria iniciativas ao uso racional da água.

#### 3. Mercados de água

Os mercados de água podem ser, de modo simples, definidos como instituições que facilitam a transação dos direitos à água. Essa transação pode ocorrer em dois níveis. Direitos ao uso da água de curto termo são tratados em um mercado “spot“, mas lá podem ainda serem transacionados o direito à propriedade da água, nos locais onde esses direitos existam em perpetuidade. Teoricamente, os mercados de água produzem uma alocação de água bastante eficiente, pois os recursos podem se mover aos usos de maior valor e com isso atingirem a mais alta eficiência econômica. Entretanto, os mercados de água algumas vezes requerem um certo grau de intervenção governamental ou controle a fim de se criar condições satisfatórias de mercado. Intervenções podem incluir a definição de valores de alocação, a criação de infra-estruturas institucionais e legais para a transação, e ainda possíveis investimentos em infra-estrutura visando facilitar a captação e distribuição da água. As vantagens dos mercados de água são o encorajamento a um aumento da disponibilidade de água aos usos de maior valor. As desvantagens dos mercados de água incluem as dificuldades em medir e definir propriedades de direitos de água com vazões variáveis e forçar regras aos usuários. Um dos grandes problemas relacionados ao desenvolvimento dos mercados ocorrem durante a

transição dos mecanismos de alocação de água existentes para o ambiente de mercado. A maior parte do valor da água já está capitalizada nos sistemas de produção e os custos embutidos tornam difícil desestimular um uso de água ineficiente a longo prazo.

#### **4. Alocação baseada nos usuários**

A alocação com base nos usuários envolve ação coletiva das instituições com autoridade sobre a alocação e a distribuição de água. Contudo, estabelecer direitos de propriedade (ou de uso) da água é um fator crítico do processo. A alocação baseada nos usuários tem as vantagens de possuir flexibilidade de adaptação aos diversos requisitos de uso da água e ainda ter um elevado grau de aceitabilidade política e administrativa. Suas desvantagens são a necessidade de transparência na informação e a possibilidade de criação de uma deficiente alocação de água intersetorial, caso a instituição não queira ou não possa alocar água fora de seu setor de atuação. No caso brasileiro, em decorrência da Lei N° 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a desvantagem apontada na alocação baseada nos usuários, qual seja, de haver uma reserva ou alocação intersetorial, deixa de existir uma vez que as discussões são realizadas no âmbito do comitê de bacia, com representantes dos diversos setores usuários.

## **ANEXO 2: MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA**

## ANEXO 2

### MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA

#### O Método IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)

De acordo com SARMENTO & PELISSARI (2000), o IFIM é atualmente a metodologia mais moderna utilizada no mundo para quantificar a quantidade de água (vazão ecológica) que deve ficar nos rios para a proteção e conservação dos organismos aquáticos. Ele agrega os principais modelos de simulação hidráulica de habitat de um rio, utilizando como variáveis de entrada diversos parâmetros, tais como: registros históricos de vazão, dados da bacia hidrográfica, dados de qualidade de água, temperatura e principalmente características físicas de microhabitat, tais como, velocidade, profundidade, substrato e cobertura do rio (vegetação aquática ou marginal, árvores submersas, obras hidráulicas).

A variável de decisão gerada pelo IFIM é a área de habitat disponível para as espécies, determinada em função da vazão. A vazão ecológica recomendada corresponde ao valor mais alto de um conjunto de vazões mínimas calculadas para várias espécies e que, por isso, será suficiente para a manutenção das populações existentes.

Conforme SANTOS et al. (2003) o IFIM é o instrumento mais utilizado pelos gestores dos recursos hídricos para a determinação da vazão residual nos rios, objetivando a preservação da população de peixes. A maior crítica a esse modelo, segundo os autores citados, é a falta de evidência de que a existência abundante de habitat adequado para peixe resultará necessariamente numa população abundante de peixes do mesmo rio. Além disso, a grande quantidade de informações requeridas praticamente inviabiliza seu uso extensivamente

#### O Método de Tennant

O Método de Tennant estima que a manutenção da vazão em um valor de 10% da vazão média anual (média de longo termo - MLT) é suficiente para manter um habitat saudável por um curto período de tempo. Se for 30% da vazão média, esta é suficiente para manter em condições saudáveis adequadas de habitat para a maior parte das várias formas de vida aquática. E 60% da vazão média serão adequados para garantir condições excelentes de habitat para as formas de vida aquática e para a maioria dos usos recreativos. Esse método tem a virtude de necessitar somente de dados de vazões médias anuais para a sua aplicação, contudo é sujeito a muita subjetividade (SANTOS et al., 2003).

O Método de Tennant é baseado apenas em simples variáveis hidrológicas. Sendo um dos mais utilizados para determinação da vazão ecológica, nos EUA é o segundo mais usado. O método de Tennant define o ecossistema fluvial como sendo uma função da vazão, expressa em porcentagem, em relação à vazão média anual do rio, calculado para o local do aproveitamento hidráulico.

O Método de Tennant tem sofrido diversas modificações que visam adaptar melhor o regime de vazões ecológicas calculado ao regime natural de vazões nas diversas regiões diferentes daquela para a qual o método foi desenvolvido.

#### O Método do Perímetro Molhado

O Método do Perímetro Molhado (Wetted Perimeter Method) é uma técnica baseada em critérios hidráulicos que se baseia na existência de uma relação direta entre o perímetro molhado e a disponibilidade de habitat para a ictiofauna. Esse método baseia-se na definição das seções transversais em locais onde se julga haver grande variação da superfície do corpo de água com a vazão. A seguir, são realizadas medições de profundidade e vazão. Posteriormente, é construído um gráfico que relaciona as duas grandezas medidas. Identifica-se, então, o principal ponto de inflexão da curva, em que o aumento da vazão recomendada traduz-se em um aumento pouco significativo do perímetro (SANTOS et al., 2003). O Método de Perímetro Molhado baseia-se na existência de uma relação direta entre o perímetro molhado e a disponibilidade de habitat para a ictiofauna. O Método do Perímetro Molhado vem sendo o terceiro método mais utilizado nos EUA para quantificar uma vazão ecológica para os rios.

### Métodos Estatísticos

Os métodos estatísticos recomendam um determinado percentual da vazão natural de referência (80% da vazão mínima mensal ou 30% a 50% da Q95%). São métodos puramente estatísticos sem uma relação direta com os efeitos sobre as condições ambientais reinantes na seção.

O Método da  $Q_{7,10}$  recomenda vazões mínimas baseado em registros históricos de vazão, mais especificamente a vazão mínima que se observa durante sete dias consecutivos, para um período de retorno de dez anos. Esse método havia sido anteriormente utilizado para a construção de estações de tratamento de efluentes, sendo determinada a vazão que permite manter condições adequadas de qualidade da água. Ele tem sido utilizado principalmente no Leste e Sudoeste dos EUA, além de ser o método mais utilizado no Brasil. A utilização deste método para recomendação de uma vazão mínima não tem base ecológica, pois não considera as especificidades dos ecossistemas e ignora a dinâmica natural da ictiofauna e o tempo necessário para a sua recuperação quando sujeitas a um longo período de vazão reduzida. No entanto, ele é bastante utilizado em conjunto com outros métodos, no sentido de avaliar a vazão ecológica determinada por algum método que considera o habitat (Ex. IFIM) com uma vazão mínima, apenas hidrológica.

**ANEXO 3: CRITÉRIOS DE VAZÃO DE REFERÊNCIA E  
VAZÃO DE RESTRIÇÃO PARA OS ESTADOS  
CONSTITUINTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO  
FRANCISCO**

**ANEXO 3**

**CRITÉRIOS DE VAZÃO DE REFERÊNCIA E VAZÃO DE RESTRIÇÃO PARA OS ESTADOS CONSTITUINTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**

<b>Estado / Ato</b>	<b>Critério da Vazão de Referência</b>	<b>Vazão de Restrição</b>
<b>Minas Gerais</b> Portarias Administrativas do IGAM nº 010/98 e nº 007/99	O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a uma percentagem fixa em 30% da $Q_{7,10}$ , o limite máximo de derivação consuntiva a ser outorgada deve ser observada em cada seção considerada na bacia hidrográfica	Ficam garantidas, a jusante de cada derivação, vazões mínimas equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$ .
<b>Bahia</b> Decreto nº 6296 de 21 de março de 1997	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial; 95% das vazões regularizadas com 90% de garantia, dos lagos naturais ou barragens implantadas em mananciais intermitentes e, nos casos de abastecimento humano pode-se atingir 95%.	20% das vazões regularizadas deverão escoar para jusante
<b>Distrito Federal</b> Decreto nº 21.007 de 18 de fevereiro de 2000	O valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de 90%. O somatório dos volumes a serem outorgados corresponde a 80% da vazão de referência do manancial e nos casos de abastecimento humano, pode-se atingir 95%.	20% das vazões regularizadas deverão escoar para jusante
<b>Goiás</b> Portaria Nº 130, de 16 de abril de 1999	Artigo 1º - Ressalvados os casos de competência privativa da União, as águas públicas de domínio do Estado de Goiás somente poderão ser derivadas, após outorga da respectiva concessão, autorização ou permissão, expedida pela Secretaria do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Habitação, na seguinte conformidade:  I. Concessão, sempre que a utilização dos recursos hídricos for de utilidade pública;  II. Autorização, quando a utilização dos recursos hídricos não for de utilidade pública;  III. Permissão, quando a utilização dos recursos hídricos não for de utilidade e demande vazão insignificante.  § 1º Para fins desta Portaria, entende-se	Não possui critério

	<p>como "derivação" qualquer utilização dos recursos hídricos, com ou sem retirada de água, com ou sem bombeamento e com ou sem lançamento de efluentes.</p> <p>§ 2º Nos casos que não existirem informações fluviométricas locais, as vazões insignificantes a partir das vazões mínimas regionalizadas, de tempo de recorrência de 10 anos e com duração de 07 dias.</p>	
<b>Pernambuco</b>	Não possui critério	Não possui critério
<p><b>Alagoas</b> Decreto N.º 6 de 23 de janeiro de 2001. Publicado Nº D.O.E do dia 24 de janeiro de 2001</p>	<p>Art. 12. A soma dos volumes d'água outorgados numa determinada bacia não poderá exceder a nove décimos da vazão regularizada anual, com noventa por cento de garantia.</p> <p>Art. 15. A disponibilidade hídrica será avaliada em função das características hidrológicas ou hidrogeológicas da bacia superficial ou subterrânea onde incida a outorga, observando-se, ainda, o seguinte: I - quando se tratar de água superficial: a) vazão mínima natural será inexistente ou estabelecida em portaria específica do Secretário de Estado de Recursos Hídricos e Irrigação, fundamentada em estudo hidrológico; e b) o valor de referência será a descarga regularizada anual com garantia de noventa por cento da curva de permanência.</p>	Não possui critério
<p><b>Sergipe</b> Decreto N º 18.456, de 03 de dezembro de 1999</p>	<p>Art. 12. O nível de garantia do volume de águas superficiais outorgado para cada usuário deve ser de, no mínimo, 85% (oitenta e cinco por cento), e, no máximo, 95% (noventa e cinco por cento), exceto quando o plano diretor da bacia hidrográfica adotar outros valores para o corpo hídrico, ou quando o poder público outorgante, motivadamente, assim o decidir.</p> <p>§ 1º – O poder público outorgante deve calcular o volume outorgável sazonalmente em cada corpo hídrico em função do nível de garantia.</p>	Não possui critério

## **ANEXO 4: GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS**

## ANEXO 4

### GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

#### Vazão Natural de Referência - $Q_{ref}$

A **vazão natural de referência** ( $Q_{ref}$ ) está associada a uma estimativa de vazão, normalmente baseada em dados históricos, a partir de métodos estatísticos. As principais vazões naturais de referência usualmente empregadas, de acordo com SANTOS et al., (2003), são:

- $Q_{90}$  – indica uma vazão com permanência de 90% do tempo (risco de não atendimento de 10%),
- $Q_{95}$  – indica uma vazão com permanência de 95% do tempo (risco de não atendimento de 5%),
- $Q_{7,10}$  – vazão média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos para um período de recorrência de 10 (dez) anos;
- $Q_{min}$  – vazão mínima do histórico.

#### Vazão Regularizada - $Q_{reg}$

Corresponde à vazão regularizada por um reservatório associada a uma determinada garantia. Para sua avaliação, procede-se à simulação da operação do reservatório utilizando séries de vazões naturais afluentes. A simulação baseia-se na equação do balanço hídrico no reservatório. A vazão regularizada está, desta forma, associada a um determinado nível de garantia avaliado em função do número de falhas no período de tempo simulado, ou seja, é uma medida de confiabilidade. O nível de garantia adotado em estudos hidrológicos para fins hidroagrícolas no Brasil é de 90%. A vazão regularizada com 100% de garantia é também denominada vazão firme.

#### Vazão Disponível com Regularização dos Reservatórios - $Q_{disp}$

Nos trechos onde há regularização por parte de reservatórios, deve-se acrescentar à vazão natural incremental de referência a denominada vazão regularizada ( $Q_{reg}$ ) pelo reservatório. A **vazão disponível** ( $Q_{disp}$ ) para efeito de alocação de água no respectivo trecho do rio é, portanto, função da vazão natural incremental de referência e da vazão regularizada no trecho em questão.

#### Vazão de Restrição - $Q_{rest}$

A **vazão de restrição** é a vazão correspondente às restrições ambientais e hidráulicas operativas, para cada trecho de rio. A vazão de restrição inclui em seu bojo a denominada vazão mínima ecológica. De acordo com o glossário de termos empregados em gestão de recursos hídricos da SEPLANTEC / SRH / SERGIPE, **vazão ecológica** “é a vazão mínima necessária num curso d'água para garantir a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos”. **Vazão ecológica** ou **vazão mínima ecológica** é a vazão que se deve garantir a jusante de uma estrutura de armazenagem (barragem) ou captação (tomada de água), para que se mantenham as condições ecológicas naturais de um rio ([http://www.meioambiente.org.br/beaba/beaba\\_v.asp](http://www.meioambiente.org.br/beaba/beaba_v.asp)).

No entender de SANTOS et al. (2003), vazão ecológica é “aquela que atende às exigências da biota enfocada, seja mantendo as condições existentes antes da intervenção antrópica, seja para garantir condições estabelecidas, que busquem mitigar os impactos dessa intervenção”. Nesse sentido, a abordagem do aspecto ambiental na determinação da vazão ecológica visa proteger os aspectos físicos, químicos e biológicos da água. A vazão ecológica é, portanto, a demanda necessária de água a se manter num rio de forma a assegurar a manutenção e a conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, dos aspectos da paisagem e outros de interesse científico ou cultural. O Quadro 1 apresenta um resumo dos principais métodos para determinação da vazão necessária para manutenção dos ecossistemas. A figura 1 apresenta as características para fins de alocação de água.

#### Vazão Remanescente - $Q_{\text{reman}}$

A **vazão remanescente** ( $Q_{\text{reman}}$ ) é a vazão mantida no rio após o atendimento às vazões consumidas e à alocação de água (vazão alocável). A vazão remanescente, entretanto, deve ser maior ou igual à vazão de restrição para cada trecho.

#### Vazão Máxima Alocável - $Q_{\text{máx alocável}}$

A **vazão máxima alocável** é a vazão máxima possível de ser alocada aos diversos usuários, uma vez atendida a vazão de restrição para cada trecho.

#### Vazão Alocável - $Q_{\text{alocável}}$

A **vazão alocável** é a vazão alocada ou pactuada em cada trecho, e em cada sub-bacia, atendendo aos critérios de vazão mínima de entrega de cada sub-bacia e de vazão de restrição na calha do rio principal (Rio São Francisco).

#### Vazão Consumível - $Q_{\text{consumível}}$

A **vazão consumível** ou vazão de consumo é a vazão consumida em cada sub-bacia e em cada trecho do rio principal (Rio São Francisco), para a situação atual ou para os diversos cenários de planejamento.

#### Vazão Mínima de Entrega - $Q_{\text{mín entrega}}$

A **vazão mínima de entrega** é a vazão mínima que cada sub-bacia deve fornecer em seu exutório ao rio principal. A vazão mínima de entrega deve ser maior ou igual à vazão ecológica na sub-bacia ou no trecho de calha principal.