

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

5.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA DOS ESTUDOS

Conforme descrito, anteriormente, na Seção 4 (Áreas de Estudo), a Área de Influência Indireta-AII é constituída pelas quatro bacias hidrográficas receptoras, as dos rios Jaguaribe, Apodi, Paraíba e Piranhas-Açu, e a bacia do rio São Francisco, doadora e parcialmente receptora.

Considerando a amplitude deste contexto geográfico, foram eleitos para abordagem no presente capítulo temas relacionados com impactos potenciais relevantes em nível de bacia ou grandes sub-regiões, relacionados direta e indiretamente com a retirada e/ou introdução de volumes de água por parte do empreendimento.

Nos aspectos físicos, foram consideradas as diferenças climatológicas entre as regiões de estudo e, associados a elas, os conseqüentes reflexos sobre os recursos hídricos (hidrologia, qualidade das águas e usos da água).

No que se refere ao meio biótico, uma vez que o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional poderá, potencialmente, gerar impactos sobre a composição da biota aquática das bacias receptoras, principalmente por conseqüência da introdução de organismos alóctones, a abordagem do tema envolveu uma análise ampla, comparando a composição das diferentes comunidades planctônicas, bentônicas e nectônicas.

Considerações semelhantes prevaleceram no que se refere aos aspectos socioeconômicos das regiões receptoras, justificando a escolha de temas essencialmente regionais, tais como a dinâmica econômico-demográfica geral e o sistema urbano – este buscando identificar as principais cidades polarizadoras do território caracterizado.

No que se refere à Bacia do São Francisco, optou-se por tratar os aspectos antrópicos de forma integrada com outros temas, no âmbito de enfoques setoriais específicos considerados relevantes para o entendimento panorâmico da bacia.

Diga-se de passagem, e para finalizar, que a organização temática setorializada – e posteriormente integrada mediante análises de relações de conflito e complementaridade – foi a estratégia de caracterização adotada em relação à bacia do Rio São Francisco, cujos estudos foram compartimentados segundo os principais aspectos determinantes do comportamento de um foco temático central: a questão das águas.

5.2 CLIMA

5.2.1 INTRODUÇÃO

O entendimento mais recente do fenômeno das secas no Nordeste Brasileiro tem mostrado a necessidade de se conhecerem as características da atmosfera, não tão somente em nível regional, mas, sobretudo, enfocando uma escala espacial muito mais abrangente, até mesmo em nível global, haja visto já serem consagrados diversos mecanismos de teleconexões inter-hemisféricas ou inter-regionais.

Além disso, com o desenvolvimento tecnológico, novas ferramentas, como o sensoriamento remoto e a informática, têm permitido avaliar outros parâmetros, além daqueles tradicionais indicadores de secas, vindo a criar novos horizontes para o entendimento pleno do problema e a busca de soluções mais apropriadas.

Com base nessa ótica, neste trabalho, propõe-se desenvolver algumas análises climatológicas regionais utilizando diversos parâmetros atmosféricos e de solo, bem como avaliações históricas das mesmas, o que, de certo, trará à tona informações até então pouco enfocadas na literatura sobre o tema. Os fenômenos El Niño e La Niña também mereceram especial atenção, em face dos novos rumos do conhecimento terem dado destaque às estreitas correlações entre suas existências, grau de intensidade e permanência, sobretudo do primeiro, com as severidades das secas no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro.

5.2.2 METODOLOGIA

As análises das secas nordestinas têm merecido especial atenção de inúmeras instituições e pesquisadores brasileiros e estrangeiros, resultando em uma vasta literatura sobre o assunto, cujas bases de informações estão relacionadas às séries históricas das observações meteorológicas na região. Pode-se dizer que os tratamentos dos parâmetros climatológicos tradicionais, como precipitação pluviométrica e temperatura do ar, já foram suficientes para um bom entendimento da questão. Muitas publicações a esse respeito encontram-se disponíveis nas diversas instituições de pesquisa da região.

Com o intuito de trazer novos enfoques acerca das secas nordestinas, buscou-se a utilização de novos recursos, como a base de tratamento climatológico desenvolvida pelo "NCEP – National Center for Environment Prediction" (Centro Nacional de Prognóstico Ambiental) e pelo "CDC – Climate Diagnostics Center" (Centro de Diagnóstico Climático), órgãos vinculados à "NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration" (Administração Nacional dos Oceanos e Atmosfera) dos Estados Unidos. O chamado "Atlas Eletrônico do NCEP" aplica uma análise dos dados históricos assimilados desde 1968 até 1996, usando o estado-da-arte e o estado-dos-modelos matemáticos. As séries de dados do referido "Atlas", apresentadas na "janela" compreendida entre as latitudes de 3 ° S e 20° S

e as longitudes de 50° W e 33°W, que abrangem o Semi-Árido, bem como praticamente toda a bacia do rio São Francisco, desde suas nascentes até a sua foz, são as seguintes:

- Taxa de evaporação potencial;
- Taxa de precipitação;
- Temperatura do ar em nível de superfície;
- Fluxo de calor em nível de superfície;
- Fluxo de calor latente em nível de superfície;
- Vento meridional em nível de superfície;
- Fluxo líquido de radiação de onda-longa em nível de superfície;
- Fluxo líquido de radiação de onda-curta em nível de superfície;
- Pressão atmosférica em nível de superfície;
- Água precipitável em nível de superfície;
- Umidade relativa do ar em nível de superfície;
- Fluxo de calor sensível em nível de superfície;
- Pressão atmosférica no nível do mar;
- Temperatura da película superficial do solo;
- Vetor vento em nível de superfície;
- Vento zonal em nível de superfície;
- Umidade volumétrica do solo na camada 0-10 cm abaixo do nível da superfície;
- Umidade volumétrica do solo na camada 10-200 cm abaixo do nível da superfície;
- Escoamento superficial de água.

A partir de uma retrospectiva histórica mensal, desde 1958, também foi possível avaliar as características da distribuição espacial dos parâmetros relacionados à seca, inclusive associando-a com o surgimento do fenômeno El Niño sobre as águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial.

Não poderiam também deixar de merecer atenção especial as séries convencionais de dados meteorológicos das principais estações do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, as quais serviram de base para as análises de balanços hídricos e determinação de índices de secas.

5.2.3 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE ARIDEZ

O fenômeno da seca nordestina pode ser caracterizado pela ausência parcial ou total de chuvas ou sua distribuição irregular durante um período no qual a precipitação deveria ocorrer.

Existem muitas definições específicas de seca, além daquela estabelecida de modo geral, relacionada à sua gravidade numa escala de tempo e de espaço. Assim, uma seca pode ser considerada segundo sua origem/impactos, como exemplificado a seguir.

Seca meteorológica: associada aos desvios das precipitações em relação aos seus valores normais num determinado período de tempo. O critério pelo qual o déficit de precipitação é estabelecido depende das características climáticas das diversas regiões do mundo, conforme, por exemplo:

- Estados Unidos (1942): menos do que 2,5 mm de precipitação em 48 horas;
- Grã-Bretanha (1938): 15 dias consecutivos com níveis de precipitação diária menor do que 0,25 mm;
- Líbia (1964): precipitação anual menor do que 180 mm;
- Índia (1960): precipitação sazonal deficiente superior a mais de duas vezes o desvio da média;
- Bali (1964): um período de 6 dias sem chuvas.
- Seca agrícola: este é o segundo estágio da seca. A perda de umidade afeta o desenvolvimento e/ou a sobrevivência de culturas de terra, pastagens e vegetação, de um modo geral;
- Seca hidrológica: esta se refere às deficiências de suprimento de água na superfície ou sub-superfícies. É importante enfatizar que existe uma defasagem de tempo entre a redução das águas das chuvas e a diminuição dos níveis de água nos rios, lagos e reservatórios. Sob esse aspecto, este tipo de seca afetaria grandes áreas;
- Seca sócio-econômica: ocorre quando a produção de bens de consumo é afetada, o que leva a grandes prejuízos na economia da região impactada.

Em adição a esses tipos de secas, é comum classificar-se as fases da água como "seca" ou "verde". A primeira corresponde à seca normal de paisagem, enquanto a última ocorre em relação à paisagem verde e à precipitação - não existe suficiente precipitação e a perda agrícola pode atingir níveis de até 50% da produção esperada.

As terras áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas do planeta compreendem cerca de 51.720.000 km², ou seja, quase 33% de toda a superfície terrestre. Deste total, excluem-se as áreas hiper-áridas - os desertos, que somam 9.780.000 km², ou seja, quase 16% da superfície do globo.

A definição de aridez foi estabelecida, ainda em 1977, pelo "Plano de Ação de Combate à Desertificação das Nações Unidas" e posteriormente publicada no trabalho intitulado "Map of the World Distribution of Arid Regions", UNESCO, 1979.

Conforme a definição empregada, o *grau de aridez* de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva (P) e da perda máxima possível de água através da evaporação e transpiração, ou da Evapotranspiração Potencial (ETP).

Vários índices têm sido desenvolvidos, objetivando quantificar os aspectos climatológicos das secas. A maioria desses índices tenta sumarizar informações acerca das condições anormais de baixa pluviosidade e seus efeitos potenciais. Qualquer *índice de seca* deve ser suficientemente geral para que possa ser usado na modelagem de ocorrência de seca em diferentes regiões climáticas. Neste contexto, os índices de seca variam em grau de complexidade, desde uma simples medida de seca meteorológica, tal como os desvios da precipitação em relação a sua média climatológica, até modelos paramétricos de relação água-solo-planta, os quais incorporam as condições de umidade do solo e o manejo do uso da terra para áreas climatologicamente homogêneas.

O monitoramento regional ou estadual do índice de seca pode ser útil a vários propósitos, tais como: fornecer às autoridades de planejamento uma idéia do grau de anormalidade relativa das condições do tempo e do clima na região; definir as melhores épocas de semeadura e avaliar as disponibilidades hídricas do solo; verificar a eficiência do sistema de abastecimento de água para os reservatórios, etc.

À medida que o solo vai secando, a perda de água pelo processo de evapotranspiração irá ocorrer abaixo de sua taxa potencial. Neste caso, o processo é denominado evapotranspiração real (ETR). Há controvérsias quanto ao efeito da tensão de umidade do solo sobre a taxa de evapotranspiração.

Thornthwaite, porém, assumiu que a evapotranspiração permanecia na taxa potencial enquanto havia alguma umidade no solo. Outra suposição que o autor fez referia-se à capacidade de armazenamento d'água no solo, assumindo-a como uma lâmina d'água de altura igual a 100 mm.

Em localidades onde não existem medições rotineiras de ETP, torna-se imperioso estimá-la para fins de realização do balanço hídrico.

Thornthwaite expressou a evapotranspiração potencial como uma função da temperatura média mensal. Segundo o autor, a temperatura do ar varia conjuntamente com outros elementos meteorológicos.

Apesar de alguns argumentos contrários ao método de Thornthwaite (tendo sido revisado algum tempo depois), seu emprego obteve popularidade mundial, em parte porque exige apenas o conhecimento da temperatura e precipitação pluvial, e também porque apresenta-se como base para uma classificação mundial dos climas, levando em consideração o solo, a vegetação e parâmetros atmosféricos.

A confiabilidade do método de Thornthwaite diminui para estimativas de evapotranspiração potencial de curtos períodos; em compensação, aumenta gradualmente com o alargamento do período.

Ao invés de usar a equação de Thornthwaite, pode-se estimar a evapotranspiração potencial mensal, base para cálculo do balanço hídrico, por intermédio do monograma de Thornthwaite e, desta forma, dar prosseguimento ao cálculo do balanço hídrico.

Para a Área de Influência do Semi-Árido nordestino, foram selecionadas, inicialmente, 30 estações bem distribuídas, incluindo algumas delas ao longo da bacia do rio São Francisco, para as quais calculou-se, com base em dados meteorológicos mensais do período 1961-90, o *índice de aridez* segundo a classificação de Thornthwaite. Este índice serve também para classificar climatologicamente a região.

Após uma pré-seleção, foi calculado o balanço hídrico para 15 (quinze) estações – as mais representativas e com séries temporais melhor constituídas. A partir dos dados de temperatura, foi possível obter-se a evapotranspiração potencial mensal (não ajustada) por intermédio do monograma de Thornthwaite, o qual, posteriormente, foi submetido a fatores de correção mensal (função do mês e da latitude do local). A evapotranspiração potencial média, em milímetros por mês, foi calculada e a partir desses dados, deu-se prosseguimento ao cálculo do balanço hídrico.

O *índice de aridez* foi calculado segundo os critérios do *Centro de Estatística e Informações* da Secretaria de Planejamento Tecnológico da Bahia – SEPLANTEC, o qual classifica o índice de risco agrícola de acordo com:

- Seca não significativa - desvios inferiores a 20%;
- Seca moderada - desvios entre 20 e 50%;
- Seca severa - desvios superiores a 50%.

A Figura 5.2.3-1 ilustra a distribuição espacial de déficits e excessos hídricos na área de interesse do projeto. A referida análise teve como base os valores de balanço hídrico médio anual, com base em 30 anos de dados, característicos de cada uma das 15 localidades analisadas. Observa-se a formação de um núcleo de excesso hídrico de +10 mm entre Cajazeiras (extremo oeste da Paraíba) e Juazeiro do Norte (setor centro-leste do Ceará), o que é relativamente consistente com a geografia local. Radialmente, no entorno próximo do referido núcleo, a tendência geral passa a ser de déficit hídrico, exceto nas proximidades litorâneas da Paraíba, cujo déficit decresce para leste. Os valores mais elevados de déficit hídrico foram encontrados próximo ao rio São Francisco, nas imediações de Cabrobó (PE). Áreas significativas de déficits hídricos também podem ser observadas nas imediações de Apodí (RN), Patos (PB) e Nova Petrolândia (PE).

FIGURA 5.2.3-1- BALANÇO HÍDRICO

5.2.4 CARACTERIZAÇÃO DINÂMICA DA ATMOSFERA

Para se poder caracterizar climaticamente o Nordeste Brasileiro, em especial a área de interesse do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, há que se buscarem os fundamentos atmosféricos que condicionam, de uma forma ou de outra, as condições dinâmicas e termodinâmicas da atmosfera da região. Para tal, parte-se de uma escala maior, englobando o continente sul-americano, para se chegar a uma escala regional, onde até os mecanismos de meso-escala merecem ser descritos.

a) Sistemas Atmosféricos de Larga-Escala

O continente sulamericano, face à sua forma, posição e dimensão, é afetado por sistemas atmosféricos tropicais e polares. O comportamento médio desses sistemas determina a sua climatologia sinótica. A partir desse conhecimento, o entendimento dos fenômenos, mesmo em níveis locais, torna-se possível e capaz de justificar os comportamentos de diversos parâmetros meteorológicos e, por conseguinte, os climatológicos.

A configuração do escoamento médio nos níveis mais baixos da troposfera, próximos à superfície terrestre sobre a América do Sul e os oceanos circunvizinhos, reflete o mecanismo da circulação geral da atmosfera pela presença de dois anticiclones quase-estacionários: do Atlântico Sul e do Pacífico Sul. Esses dois anticiclones são responsáveis pelas condições de tempo sobre o continente, pois deles dependem os demais mecanismos de penetração de massas de ar provenientes do Sul, dentre outros fenômenos.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, um sistema estacionário (i.e., sistema existente durante todo o ano, porém sofrendo variações em sua posição e forma) apresenta no mês de janeiro seu centro posicionado próximo a 25°S/20°W, atuando sobre a parte leste do continente sul-americano, mais precisamente sobre Caravelas-BA e penetrando até próximo a 42°W, passando sobre o Rio de Janeiro. Tem, portanto, um limite latitudinal de 14°S a 33°S. Esse sistema é tratado também como Alta de Santa Helena ou de "Ascensión". A circulação desse anticiclone atua durante todo o ano na parte leste do continente sulamericano, ocasionando, à exceção do oeste da Amazônia, ventos de leste a nordeste, inclusive nas porções mais interiores do Nordeste Brasileiro. A temperatura em seu interior é relativamente elevada, principalmente no verão, pela intensa radiação solar incidente sobre o sistema. Outra característica desse sistema de alta pressão é o alto grau de umidade absoluta, devido à intensa evaporação que ocorre sobre a camada superficial da água oceânica. Sendo esse anticiclone quente e úmido, seria de se esperarem extensas e bem desenvolvidas formações

de nuvens. Contudo, tal processo não ocorre devido à subsidência (correntes verticais descendentes), caracterizando a estabilidade em um sistema dessa natureza. A umidade, então evaporada pela superfície líquida, fica limitada à camada mais superficial, originando, por vezes, nuvens baixas do tipo estratiforme. No entanto, essas características, até então típicas sobre o oceano, modificam-se sobre o continente, principalmente no setor ocidental do Brasil. A inversão térmica superior, que limita a concentração da umidade nos níveis próximos à superfície, encontra-se mais elevada nessa região, haja vista a influência da corrente oceânica quente do Brasil ao longo da costa do Nordeste Brasileiro.

Ao estudarem a importância dos processos advectivos na convecção amazônica, pesquisadores constataram a existência de um intenso fluxo de vapor de Leste para oeste na baixa e média troposfera, em Belém e em Manaus, proveniente do Oceano Atlântico. Sobre o Nordeste Brasileiro, ocorre também um transporte do vapor d'água proveniente do oceano que, pela ausência de mecanismos favoráveis, não origina precipitação na região; esse vapor é transportado em direção ao interior do Brasil, pela circulação decorrente do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Na sua borda oriental, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul atinge a costa ocidental da África. A corrente oceânica atuando naquele setor é a corrente fria de Benguela, proveniente das latitudes mais elevadas, o que concorre para uma atenuação do aquecimento solar em suas águas superficiais, daí resultando uma estabilização do ar.

Pelo exposto, conclui-se que a borda leste do sistema em discussão tem características estáveis, enquanto a borda oeste apresenta condições instáveis. Com relação ao seu centro, este, face às correntes descendentes, apresenta domínio da estabilidade, inibindo qualquer formação de nebulosidade tipo cumuliforme e, por conseguinte, qualquer fenômeno meteorológico. Por vezes, somente uma névoa seca é percebida sobre locais afastados dos grandes centros urbanos; na proximidade deles, estando a atmosfera estável, percebe-se uma mistura de poluentes e de névoa seca, tornando o ar bastante contaminado.

O outro sistema de grande-escala vizinho à América do Sul, conforme já mencionado, é o Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul. Esse sistema não atua diretamente sobre o continente nos baixos e médios níveis, devido ao bloqueio físico causado pela Cordilheira dos Andes, fazendo com que se mantenha exclusivamente sobre o Pacífico. A circulação atmosférica na sua borda leste é induzida pela orientação da cordilheira, predominantemente sul-norte, trazendo ar de latitudes mais elevadas para latitudes mais baixas. Essa circulação troposférica fria e seca, associada com a circulação marítima - corrente fria de Humbolt - estabelece um elevado grau de estabilidade, daí a ausência de precipitações na costa oeste do continente. O papel mais importante do Anticiclone Subtropical do

Pacífico Sul (ASPS) parece ser o de atuar na absorção ou no bloqueio e posterior desvio de sistemas polares migratórios com trajetórias pelo Oceano Pacífico.

Esses sistemas subtropicais sofrem ligeiras modificações em suas características, do verão para o inverno, ocorrendo ligeira intensificação e deslocamento para o Norte, devido à variação havida no gradiente térmico do Hemisfério Sul.

No inverno, ainda, o "ASAS" exerce maior penetração continental, atuando na parte leste e central do Brasil equatorial; o continente apresenta-se relativamente mais frio que os oceanos circunvizinhos. Nota-se, portanto, que a movimentação sazonal, bem como as temporárias, no "ASAS", exercem papel fundamental sobre o clima do Brasil; o Sudeste e grande parte do Nordeste ficam sob seu domínio, principalmente no inverno, o que cria condições predominantes de pouca ou nenhuma nebulosidade, além de ausência de precipitação, caracterizando o período seco. O "ASPS", apesar de mais intensificado, não exerce influência direta sobre as condições do tempo no continente pela baixa e média troposfera.

Um outro sistema, de dimensões menores que o "ASAS", presente no verão sobre o continente sul-americano, é o Anticiclone Continental (AC) - um sistema também permanente nessa época do ano. Estende-se de 10°S a 25°S e de 52°W a 72°W, com centro localizado em torno de 17°S a 62°W, aproximadamente.

Um sistema de destaque sobre o continente é a Baixa do Chaco, localizada sobre o Chaco Paraguaio (17°S/65°W, aproximadamente), que é formada devido ao grande aquecimento continental no verão. Essa Baixa, puramente térmica, gera convergência do ar circunvizinho nos baixos níveis, liberando calor latente na alta troposfera pela convecção profunda no interior do continente. Essa situação apresenta uma grande modificação sazonal, não ocorrendo no inverno, devido ao continente estar relativamente mais frio do que os oceanos circunvizinhos.

Interpretando a circulação de superfície, verifica-se uma penetração maior do "ASAS" sobre a parte leste do Brasil, em julho (inverno), trazendo "bom tempo" àquela região. No interior do continente, em janeiro, a presença do sistema de baixa pressão denominado Baixa do Chaco gera uma extensa faixa de convergência com a circulação proveniente do "ASAS", que induz a penetração de umidade nos baixos níveis, transportada pelos Alíseos do Hemisfério Norte ao Oeste da Amazônia e pelos Alíseos do Hemisfério Sul na costa do Nordeste.

A chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul ou Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) tem sido, ultimamente, apontada como um dos principais sistemas formadores de precipitação no verão nas regiões Sudeste e Sul. A ZCAS é uma faixa de nebulosidade e precipitação, com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul. É percebida com nitidez a partir das imagens de satélites meteorológicos.

b) Sistemas Transientes

b.1) Geral

Influenciadas pelos sistemas de grande-escala, as condições de tempo locais no Sul e Sudeste, excepcionalmente no sul do Nordeste Brasileiro, são determinadas por perturbações transientes, que migram e modificam-se enquanto transportadas pela circulação dominante. Esses sistemas apresentam durações variadas, desde horas até dias e atuam em todas as latitudes.

As frentes frias, originadas do deslocamento das massas polares em direção às baixas latitudes, são os sistemas transientes dominantes nas latitudes médias. As frentes quentes e as linhas de instabilidade ocorrem também nas latitudes tropicais, embora essas regiões, por serem condicionalmente instáveis e essencialmente barotrópicas, estejam, principalmente sujeitas aos mecanismos convectivos, tendo nas nuvens cumuliformes, seus agentes mais importantes.

b.2) Anticiclones Polares e Frentes Frias

O anticiclone polar constitui-se numa massa de ar que tem origem na superfície gelada da região no Hemisfério Sul, pelo continente Antártico e pela banquisa fixa. Como anticiclone, esse sistema polar apresenta circulação anti-horária, com ventos divergentes na superfície dirigidos para a zona depressionária subantártica, originando nessa região as massas de ar polar. Essas massas, denominadas Anticiclones Polares Migratórios (APM), invadem periodicamente o continente sulamericano numa trajetória de SW para NE. Desde sua origem, o "APM" apresenta forte inversão de temperatura, com ar frio e seco, sendo, portanto, muito estável. À medida que o sistema se desloca em direção ao Equador, vai absorvendo calor e umidade da superfície do mar, relativamente mais quente, o que vai tornando-o instável ao se aproximar das baixas latitudes. Com essa estrutura, o "APM" invade o continente sul-americano entre os dois anticiclones quase-estacionários, o "ASAS" e o "ASPS", segundo trajetórias distintas: uma a oeste e outra a leste dos Andes.

O "ASPS" e o "ASAS", no entanto, exercem um efeito bloqueador aos "APM", impedindo o seu deslocamento para as latitudes mais baixas e fazendo com que eles derivem para Leste.

A sazonalidade é um fator importante, tanto para as características, como para as trajetórias adquiridas pelos "APM". Durante o inverno, os "APM" que se deslocam em direção às latitudes mais baixas são mais intensos (mais energia) e de maiores dimensões que nas demais épocas do ano. Sua freqüência, normalmente, também é maior. Ao atingirem o continente, essas massas de origem polar

sofrem, nos níveis mais baixos, um efeito maior do atrito, face à rugosidade da superfície, sujeitando-se a bloqueios por parte da fisiografia local, por onde esteja passando. Se a frente fria (superfície de separação entre a massa de ar polar e a massa de ar tropical) é empurrada por uma intensa massa de ar, essa não será tão deformada quando atingir as montanhas (tal como a Serra do Mar) e penetrará mais para o Norte, sem perdas na sua forma original.

No verão, além das incursões de ar de origem polar serem menos freqüentes, os "APM" que avançam em direção ao Norte têm pouca intensidade (pouca energia) e penetrabilidade continental, resultando em condições de tempo menos severas do que no inverno. Em sua marcha periódica para o Equador, o "APM" é forçado a penetrar entre as duas células de alta pressão ("ASPS" e "ASAS"), percorrendo três trajetórias diferentes sobre a América do Sul.

As variações sazonais, em intensidade e tamanho, nas massas polares, no "ASPS" e no "ASAS", além da topografia do continente (Cordilheira dos Andes e Maciço Brasileiro), são fatores condicionantes ao deslocamento e trajetórias preferenciais do "APM".

Uma trajetória preferencial dos "APM" e de suas frentes associadas é pelo Oceano Pacífico, denominada "trajetória do Pacífico". Devido à grande altura da Cordilheira, sobretudo a partir de 30°S, as massas que percorrem tal trajetória apoiam-se na vertente oeste das montanhas, sem ultrapassá-la. No Peru, no entanto, com a mudança de direção da costa, já é possível distinguir frentes nas invasões excepcionalmente fortes do inverno, sem que a massa consiga ultrapassar os Andes. A pequena energia em invasões de verão não permite que o "APM" ultrapasse a zona central do Chile. Sobre a Baixa Continental no interior do continente, a presença da "Alta da Bolívia" induz uma circulação de SW que tende a conduzir o "APM" para o litoral do Atlântico, impedindo as trajetórias pelo continente, onde os ventos em altitude são de NW. Os "APM" que percorrem a trajetória Atlântica, atingindo a zona tropical, chegam bastante transformados, de modo que é pouco sensível o seu efeito sobre a temperatura. Essas massas frias, ao se dirigirem às latitudes mais baixas, tendem a se opor à circulação do N-NE da borda NW do "ASAS", formando frentes bem definidas, Essas frentes se deslocam para NE, com o avanço do "APM", e apresentam ondulações ciclônicas, sobretudo no mar. A partir de 15°S, na região dos Alíseos de SE, o "APM", vai perdendo suas características, uma vez que o caminho é marítimo, sendo incorporado ao anticiclone dinâmico "ASAS". Na terceira trajetória, o ar polar segue pelo interior do continente entre a Cordilheira dos Andes e o Maciço Brasileiro, conduzindo ar frio através de Mato Grosso em direção ao Alto Amazonas e provocando, em casos excepcionais de grande intensidade, a chamada "friagem".

Num caso de forte invasão de inverno, a massa polar pode ocupar as três trajetórias, simultaneamente, e atingir o Alto Amazonas nesse denominado

fenômeno térmico "friagem". No verão, entretanto, devido à presença da baixa continental, com circulação de N a NW no interior, a penetração de "APM" na trajetória continental é dificultada. Portanto, a terceira trajetória é mais freqüentemente percorrida no inverno, sendo que nem sempre se apresenta como "friagem", devido às transformações ocorridas durante seu percurso. Em alguns casos, durante o verão, as frentes frias tornam-se quase estacionárias sobre a costa sudeste do Brasil, próximo a 20°S, devido ao processo de "bloqueio". Uma convecção organizada surge em associação a essa frente, intensificando a atividade frontal sobre a região entre 15°S/20°S e 40°W/50°W, podendo ocasionar precipitações intensas. Dependendo do tempo de atuação desses sistemas sobre a região, poderão surgir índices elevados de precipitação pluviométrica em determinados locais, o suficiente para originar grandes desvios em relação à precipitação normal.

Ainda com relação à quase-estacionaridade da frente polar, destaca-se a condição peculiar pós-frontal, ou seja, na retaguarda frontal a ocorrência de precipitação fraca de caráter contínuo e de origem estratiforme. Essa atuação é chamada operacionalmente de "efeito de circulação marítima" e se deve ao bloqueio da massa polar por parte do "ASAS", mantendo a circulação leste ou sudeste em direção ao litoral. Havendo a continuidade do processo, a umidade advectada do mar pode ser acumulada entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira. No caso de algum aquecimento ocorrer sobre aquela umidade armazenada, poderá haver uma intensificação do tempo próximo à referida área, no final da tarde.

Alguns outros processos são responsáveis também pela fenomenologia do tempo e clima no Brasil e serão descritos a seguir.

c) Sistemas Convectivos de Mesoescala

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são definidos como qualquer agrupamento de nuvens convectivas com forma linear ou circular e que, em algum estágio do ciclo de vida, contém núcleos convectivos e chuvas estratiformes nas regiões adjacentes originárias ou não desses núcleos. No espectro dos SCM, destacam-se as Linhas de Instabilidade e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

c.1) Linhas de Instabilidade Tropicais

As Linhas de Instabilidade Tropicais (LIT) são depressões barométricas, na forma de linhas alongadas, acopladas em pequenas dorsais pelos sistemas de altas pressões originários do interior do continente. São formadas sobre os Estados do Pará e Amazonas, como resultado do ciclo de aquecimento diurno e, enquanto tendem a um estágio de maturidade, deslocam-se para Sudeste. Sua formação se

dá entre 12:00 e 18:00 horas. Essas "LIT", constituindo um sistema dinâmico de convergência, causam ascensão do ar e, dependendo do grau de umidade e da força ascensional, provocam chuvas e trovoadas de curta duração, acompanhadas de ventos com rajadas que atingem de 60 a 90 km/h. Tais fenômenos ocorrem especialmente no verão e são resultantes do decréscimo geral da pressão, motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar, ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações, formam-se, ao norte da frente Polar, uma ou mais linhas de instabilidade tropical sobre o continente, que se deslocam para Sudeste. Observa-se que, quando uma frente fria está atuando na área do Rio de Janeiro, ocorre um atraso no deslocamento da "LIT". Esses sistemas são detectados em cartas sinóticas diárias, podendo permanecer por um período de quatro a seis dias sem apresentar atividade, apenas produzindo altocúmulos que migram arrastados pela circulação dominante sobre a região. Na situação em que essa descontinuidade tropical está distante, a NW de Brasília, pequenas "altas" se localizam entre Brasília e Belo Horizonte, desfazendo os grandes cúmulos e dando origem a estratocúmulos com a mesma base que se deslocam na direção da circulação. Essas linhas, em sua trajetória NW-SE, atingem Minas Gerais, e, por vezes, o Rio de Janeiro e o Espírito Santo, provocando trovoadas e relâmpagos acompanhados, na maioria dos casos, por fortes precipitações no final do dia.

c.2) Complexos Convectivos de Mesoescala

Os Complexos Convectivos de Mesoescala são conjuntos de cumulonimbus cobertos por densa camada de cirrus que podem ser facilmente identificados em imagens de satélite como sendo sistemas de nuvens aproximadamente circulares e com um crescimento explosivo num intervalo de tempo de 6 a 12 horas. Na região Sudeste, durante o inverno, esses sistemas convectivos surgem e se deslocam para Leste, tendo um comportamento zonal. Durante o verão, esse deslocamento torna-se de sudoeste para nordeste, comparativamente percorrendo uma distância maior que no inverno.

Os efeitos da orografia na precipitação podem variar desde a intensificação, dissipação ou formação de bandas de chuva associadas aos ciclones extratropicais, dependendo do relevo, do escoamento do ar e do tipo de banda de chuva. Entretanto, é preciso mencionar que o efeito orográfico é diferente nos trópicos e nos extratropicais. Enquanto nas latitudes médias, quanto mais alto for ele, maior é a quantidade de precipitação, nos trópicos esse efeito é verificado apenas até elevações da ordem de 1000 a 1500 metros. Este fato é porque, nos trópicos, a umidade se concentra nos baixos níveis e a advecção horizontal de vapor d'água é relativamente reduzida, sendo os movimentos verticais predominantes como mecanismos de instabilização da atmosfera.

Os gradientes térmicos associados com a topografia induzem às circulações locais, tais como brisas marítimas e terrestres e circulações de vale e montanha. A topografia local e a distância da fonte de umidade (oceano, lago, etc.) influenciam na distribuição da precipitação, formando regiões de convergência de massa e umidade em superfície, que podem propagar-se continente adentro.

Particularmente para a região Nordeste brasileira, existem alguns outros mecanismos que merecem um detalhamento especial, apresentado a seguir.

d) Sistemas Intertropicais Atmosféricos e Oceânicos

d.1) Zona de Convergência Intertropical

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Ela é parte integrante da circulação geral da atmosfera. Dentro dessa circulação, existem três cinturões de ventos que são observados em cada Hemisfério do planeta. Podem ser observados os ventos alíseos de baixas latitudes, os ventos oeste de médias latitudes e os ventos de leste polares.

Em particular, na faixa equatorial, o aquecimento devido à radiação solar é bastante uniforme e intenso, o que provoca o surgimento de áreas de baixas pressões na superfície. Isso faz com que os ventos alíseos de sudeste, procedentes do Hemisfério Sul (HS), e os ventos alíseos de nordeste, oriundos do Hemisfério Norte (HN), convirjam em baixos níveis. A ascensão desses ventos provoca um resfriamento em níveis mais altos, provocando a perda de umidade por condensação e precipitação, passando, então, a originar (em altitude) um movimento no sentido contrário aos encontrados níveis abaixo – os contra-alíseos, que se deslocam até a zona dos cinturões anticiclônicos, onde subsidem e são aquecidos, para formar novamente os alíseos. A célula formada é então chamada de Hadley-Walker. A circulação é dita de Hadley quando ocorre no sentido norte-sul e de Walker quando se faz no sentido leste-oeste. Essas duas células ocorrem simultaneamente.

Na escala planetária, a ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley, atuando no sentido de transferir calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes. Entretanto, a ZCIT dinamicamente, em geral, é uma região de baixa pressão, tendo convergência de escoamento em baixos níveis e divergência em altos níveis, sendo a fonte principal de precipitação nos trópicos (chuvas fortes), responsável por condições de mau tempo sobre uma extensa área e o desenvolvimento vertical das nuvens que se estende até a alta troposfera das

regiões tropicais, sendo que a base das nuvens, inclusive, pode chegar muito próximo ao nível do solo.

A interação continente-oceano é de grande importância para se entender o posicionamento da ZCIT ao norte e ao sul do Equador. Diversas variáveis físicas são utilizadas para localizar as flutuações no posicionamento médio da ZCIT.

É também importante identificar a permanência temporal em que a ZCIT permanece posicionada mais ao sul de sua posição normal. Segundo diversos autores, o principal sistema gerador de precipitação na região norte do Nordeste é a proximidade da ZCIT. Tal fato é observado quando se considera que o pico de precipitação sobre o norte do Nordeste Brasileiro (em março e abril) ocorre exatamente na época em que a ZCIT atinge sua posição mais ao sul.

A ZCIT está inserida numa região onde ocorre a interação de características marcantes atmosféricas e oceânicas, tais como:

- Zona de Confluência dos Alíseos (ZCA);
- Zona do Cavado Equatorial;
- Zona de Máxima *Temperatura da Superfície do Mar* (TSM);
- Zona de Máxima Convergência de Massa;
- Zona da Banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas.

Todas essas características interagem proximamente à faixa equatorial. Apesar dessa interação, as características não se apresentam, necessariamente, ao mesmo tempo, sobre a mesma latitude. Durante os meses de verão, no Hemisfério Norte, a zona de confluência dos ventos alíseos aparece sobre o cavado equatorial e as regiões de máxima cobertura de nuvens, precipitação e convergência de massa passam a ser quase coincidentes, localizando-se aproximadamente 3° ao sul da ZCA. Em síntese, nos meses de inverno, a ZCA está posicionada, em média, em 17° N; portanto, a ZCIT encontra-se posicionada aproximadamente em 14° N. De modo análogo, nos meses de verão, em que a ZCA situa-se no Hemisfério Sul, a ZCIT apresenta-se acima da ZCA, porém, a uns poucos graus de latitude Sul.

O conjunto de características associadas à ZCIT possui um deslocamento norte – sul ao longo do ano. A marcha anual da ZCIT tem, aproximadamente, o período de um ano, alcançando sua posição mais ao norte (8°-10° N) durante o verão do Hemisfério Norte, e a sua posição mais ao sul (5°S) durante o mês de março-abril. Além dessa oscilação anual, a ZCIT apresenta oscilações com maiores frequências, com o período variando de semanas a dias.

A ZCIT está estreitamente relacionada com a TSM. Ela geralmente está situada sobre ou próxima a elevados núcleos de TSMs. Portanto, seria de se esperar que

existisse uma relação entre a distribuição geral das TSMs no Atlântico Tropical com as precipitações no Nordeste. De fato, essa relação parece ser válida para a maioria dos anos. Águas mais quentes no Atlântico Sul Tropical e mais frias no Atlântico Norte Tropical estão associadas com anos chuvosos no Nordeste Brasileiro.

No campo da ciência meteorológica, contudo, os estudos referentes à localização da ZCIT requerem o uso de diferentes variáveis físicas, a fim de se obterem resultados mais consistentes e satisfatórios. Dentre essas variáveis, destacam-se:

- Cobertura de nuvens;
- Componente meridional do vento;
- Pressão atmosférica ao nível do mar;
- Radiação de onda longa;
- Brilho solar;
- Temperatura da superfície do mar.

Vale destacar que os ventos alíseos de sudeste, soprando ao sul do Equador, são muito mais intensos do que os ventos alíseos de nordeste. Quando esses ventos de sudeste cruzam o Equador, sofrem um desvio para a direita, devido à força de Coriolis, e passam a soprar de sudoeste, o que reduz a intensidade dos alíseos de nordeste provenientes da Alta do Atlântico Norte ou Alta dos Açores. Dessa maneira, com os ventos de nordeste mais fracos, a evaporação também fica reduzida, resultando que a maior parte da radiação que atinge a superfície do mar deve ser utilizada para elevar a sua temperatura e a do ar, provocando um resfriamento evaporativo menor. Contudo, verificam-se temperaturas da superfície do mar (TSMs) mais elevadas. Esse mecanismo de retroalimentação vento – evaporação – TSM, é muito efetivo em ajustar a TSM. Sobre regiões com maiores valores de TSM, a camada atmosférica é mais instável e a ZCIT se estabelece nessa região.

Diversos tipos de pesquisas já foram amplamente feitas e divulgadas por variados autores, que afirmam que a ZCIT é um dos principais sistemas geradores de precipitação nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. As análises que indicam o posicionamento da ZCIT e que definem a qualidade de uma estação chuvosa em uma determinada região são feitas por variáveis físicas, já citadas anteriormente.

A quantidade de precipitação durante o verão do Hemisfério Sul na Região Norte é influenciada por fatores como:

- *Mecanismos de brisa marítima* - que, particularmente, ocorrem durante todo o ano;

- *Penetração de sistemas frontais* - nessa época do ano, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) encontra-se posicionado mais centralmente no Oceano, permitindo, assim, que o fenômeno de bloqueio não ocorra dentro do continente;
- *Surgimento da Baixa do Chaco* - que aumenta a confluência em baixos níveis e, dessa maneira, articula a convecção profunda associada à alta umidade vinda da floresta Amazônica;
- *ZCIT* - que na estação de verão encontra-se posicionada em latitudes que compreendem a parte Norte e Nordeste do Brasil. No inverno, porém, a ZCIT está posicionada em latitudes mais ao norte, exercendo influência apenas no Estado de Roraima.

Em anos de El Niño, o ramo descendente da célula de Walker se desloca para a região sobre a Amazônia, inibindo qualquer convecção mais pronunciada, apesar do aquecimento. Os ventos alísios de nordeste encontram-se bem mais fracos, diminuindo assim o fluxo de umidade proveniente dos oceanos que penetra na Região Amazônica. Contudo, a ZCIT situa-se bem mais ao norte do que em sua posição normal. Assim, em períodos de El Niño, o clima passa a ser extremamente seco, ao invés do que seria a estação chuvosa da Região Norte. A Região Nordeste, em anos secos, fica localizada ao sul da ZCIT, em área de influência do ASAS, ou seja, sob regime de subsidência, o que inibe qualquer tipo de precipitação.

Em anos chuvosos, a ZCIT se desloca até 6°S, atingindo a costa norte do Nordeste, ali permanecendo por períodos mais longos até o mês de maio, aproximadamente. Vale lembrar que o Anticiclone dos Açores e, conseqüentemente, os ventos alísios de nordeste estarão mais intensos em anos chuvosos. Conseqüentemente, a ZCIT se posicionará mais ao sul.

A permanência mais longa ou curta da ZCIT em torno de suas posições mais ao sul é o fator mais importante na determinação da qualidade da estação chuvosa no norte do Nordeste do Brasil, pois tal fato é que determina a duração da estação chuvosa. Em anos secos, a ZCIT permanece em suas posições mais ao sul, de meados de fevereiro até março, enquanto para anos chuvosos fica até maio.

Sabe-se também que durante os meses de fevereiro e março, mais precisamente durante anos secos, a ZCIT apresenta uma interrupção no seu deslocamento para o sul, voltando aproximadamente 1,5° para o norte e retornando em direção ao sul para atingir sua posição mais setentrional. Esse comportamento foi referenciado na literatura como "salto".

Admite-se que a previsão da qualidade da estação chuvosa depende do conhecimento de quando a ZCIT iniciará o seu retorno para o norte, após ter

atingido sua posição mais ao sul. Um deslocamento da ZCIT ao sul de sua posição normal no mês de janeiro pode acarretar um início antecipado da estação chuvosa. Outra constatação é que, se em março as condições do conjunto oceano-atmosfera indicarem um ano chuvoso, essas condições deverão permanecer até maio, gerando uma estação chuvosa de boa qualidade. No entanto, se em março as condições do conjunto oceano-atmosfera indicarem um ano seco, essa situação não mais se modificará, passando-se a ter, provavelmente, uma estação chuvosa de pluviometria deficiente. Em suma, já se conhece que a forma, posicionamento e intensidade da ZCIT podem influenciar as condições de tempo no Brasil, sobretudo na região Nordeste.

d.2) El Niño

O fenômeno El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Oriental. O aquecimento e o subsequente resfriamento num episódio típico de El Niño duram de 12 a 18 meses. A evolução típica do fenômeno mostra uma tendência de iniciar-se no começo do ano, atingindo sua máxima intensidade durante dezembro daquele mesmo ano e janeiro do ano seguinte, vindo a se enfraquecer na metade desse segundo ano.

O aumento dos fluxos de calor sensível e de vapor d'água para a atmosfera, ocasionado pelas elevações das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, provoca mudanças na circulação atmosférica e na precipitação em escala regional e global, que, por sua vez, provocam mudanças nas condições meteorológicas e climáticas em várias partes do mundo.

Estudos recentes indicam que principalmente três regiões no Brasil – o Semi-Árido do Nordeste, as partes Norte e Leste da Amazônia, o Sul do Brasil e suas vizinhanças são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante episódios de El Niño. A Região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação, particularmente durante a primavera no ano de surgimento do evento e, posteriormente, no fim do outono e início do inverno do ano seguinte. O Norte e o Leste da Amazônia e o Nordeste do Brasil são afetados pela diminuição da precipitação, principalmente, no último, entre fevereiro e maio, quando se tem a estação chuvosa do Semi-Árido. O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Já para as demais regiões do país, os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para o outro.

As distribuições mensais de anomalias de precipitação na Região Nordeste do Brasil, durante nove episódios de El Niño ocorridos nos últimos 50 anos, revelaram que elas foram, em geral, negativas nos meses da estação chuvosa do semi-árido (fevereiro a maio) no segundo ano de duração do episódio. Na Região Sul, ao

contrário, as anomalias de precipitação foram predominantemente positivas, principalmente na primavera do primeiro ano e outono do segundo ano de existência do El Niño.

O El Niño é um dos principais fenômenos que afeta a quadra chuvosa no norte do Nordeste Brasileiro. Em anos de sua ocorrência, a circulação geral da atmosfera apresenta um movimento vertical de subsidência sobre o Nordeste brasileiro, que funciona como uma barreira para a formação de nuvens e precipitação. Os vórtices de grande escala atuando sobre a região também podem ser responsabilizados por variações na quantidade de chuva que cai durante a quadra chuvosa.

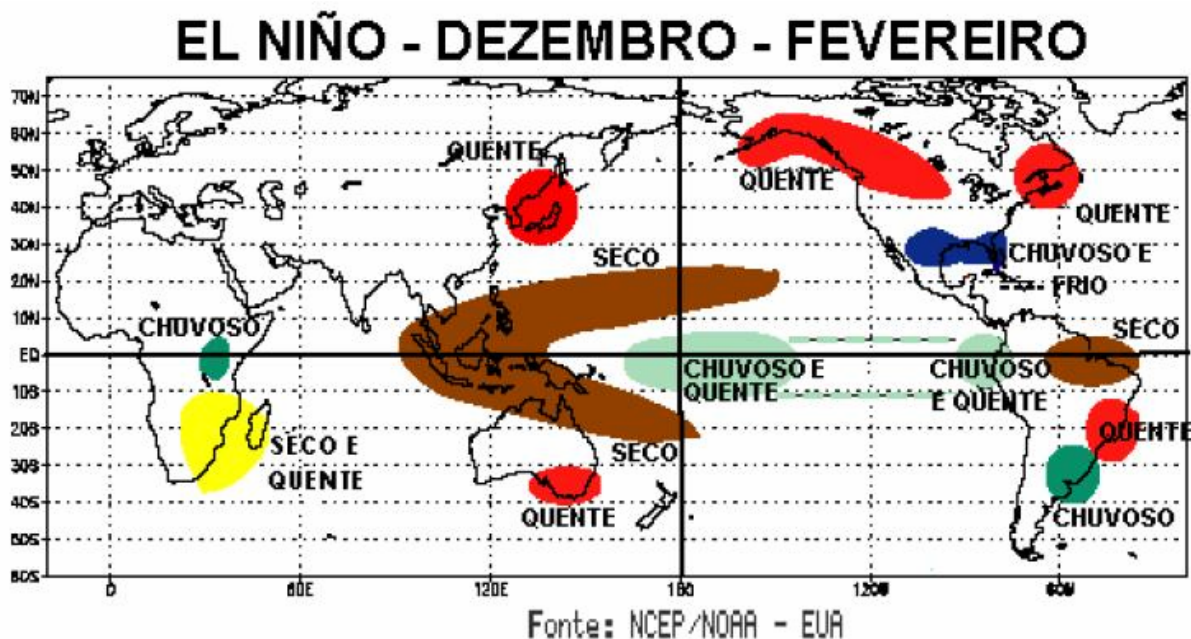
No aspecto atual do conhecimento meteorológico relativo às anomalias pluviométricas que ocorrem no setor norte do Nordeste do Brasil (centro-leste do Estado do Piauí, todo o Estado do Ceará, centro-oeste dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, extremo noroeste de Alagoas e Sergipe e norte do Estado da Bahia), as investigações têm se concentrado, principalmente, associando-as às anomalias termodinâmicas que ocorrem no/sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico tropicais, em particular dando ênfase aos episódios de Oscilação Sul e de aquecimento sobre o Pacífico Equatorial.

De fato, nota-se que as chuvas sobre o setor norte do Nordeste, durante o seu quadrimestre mais chuvoso (fevereiro a maio), são mais intensas que o normal, quando ocorre resfriamento nas águas do Oceano Pacífico Equatorial. Em alguns casos, dependendo da configuração dos vários parâmetros (como ventos e pressão) junto à superfície oceânica e à própria Temperatura da Superfície do Mar (TSM), pode-se chamar esse resfriamento de *La Niña*.

Os episódios de El Niño têm merecido atenção da comunidade científica internacional, haja vista sua reconhecida importância nas alterações meteorológicas em várias partes do mundo. Contudo, o conhecimento mais aprofundado do fenômeno é recente, pois somente a partir de 1985 foi dado início a um monitoramento mais efetivo e com tecnologia moderna (empregando inúmeras bóias ancoradas sobre a bacia do Pacífico Tropical que permitem a realização de medições contínuas de variáveis meteorológicas e oceanográficas, desde a superfície até uma profundidade de 500 metros), a partir da implementação do Projeto denominado: *Tropical Atmosphere-Ocean Array (TAO)* sob os auspícios de um programa internacional denominado "*Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA)*" da NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, dos Estados Unidos da América do Norte, cujo objetivo principal foi implantar um sistema de observação oceânica e atmosférica sobre a bacia do Pacífico Equatorial, a fim de dar suporte aos estudos de interação oceano-atmosfera de grande amplitude nas escalas de tempo sazonal e intra-anual. A necessidade de se implantar o *TOGA-TAO* foi aumentada devido à ocorrência do evento El-Niño de 1982-83, o mais forte registrado neste século, até aquela

época, e que não havia sido previsto, nem tampouco detectado até aproximadamente o seu estágio de maturação, face à falta de dados adequados. Já são conhecidos alguns padrões de impactos do El Niño nos fenômenos globais, conforme mostra a Figura 5.2.4-1.

FIGURA 5.2.4-1



Com base nas séries históricas dos totais mensais de precipitação de 66 estações (período variável de 1950 a 1989) no setor norte do Nordeste Brasileiro, pesquisadores da FUNCEME investigaram as características bimestrais (fevereiro/março e abril/maio) e sazonal (fevereiro a maio) da distribuição pluviométrica nessa região, em anos classificados em função do grau de resfriamento das águas na Bacia do Oceano Pacífico Equatorial, definidas com base nas anomalias médias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). As análises mostraram que a distribuição espacial sazonal/intra-sazonal de precipitação para o período do de fevereiro a maio no setor norte do Nordeste tende a apresentar um índice de chuvas em torno/ou acima da média climatológica em anos com predomínio de anomalias negativas de TSM na bacia do Oceano Pacífico equatorial (La Niña). Ressalta-se que, estatisticamente, o número de anos classificados com resfriamento na bacia do Oceano Pacífico Equatorial no período de estudo (1951-1989) é relativamente pequeno para se extraírem conclusões mais elaboradas.

No episódio mais recente de El Niño (1997-98), considerado pela Organização Meteorológica Mundial, órgão vinculado à ONU – Organização das Nações Unidas, como o mais intenso da história, os mecanismos atmosféricos estabelecidos se mantiveram até abril/maio de 1998 com intenso vigor, impedindo que as massas polares ultrapassassem o Sul do Brasil, o que levou a inundações no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, bem como a alteração dos mecanismos de

precipitação regular sobre o Nordeste Brasileiro, entre fevereiro e maio, levando uma seca extrema a grande parte daquela região.

Numa retrospectiva histórica desde o início do século, os eventos El Niño e La Niña ocorreram nos seguintes períodos:

El Niño	La Niña	El Niño	La Niña	El Niño	La Niña
1900-01		1932-33	1938-39	1969-70	1970-71
1902-03	1903-04	1939-40	1942-43	1972-73	1973-74
1905-06	1906-07	1940-41			1975-76
	1908-09	1941-42		1976-77	
1911-12		1946-47	1949-50	1977-78	
1914-15	1916-17	1951-52		1982-83	
1918-19	1920-21	1953-54	1954-55	1986-87	1988-89
1923-24	1924-25	1957-58		1991-92	
1925-26	1928-29	1963-64	1964-65	1993-94	
1930-31	1931-32	1965-66		1997-98	1998-99

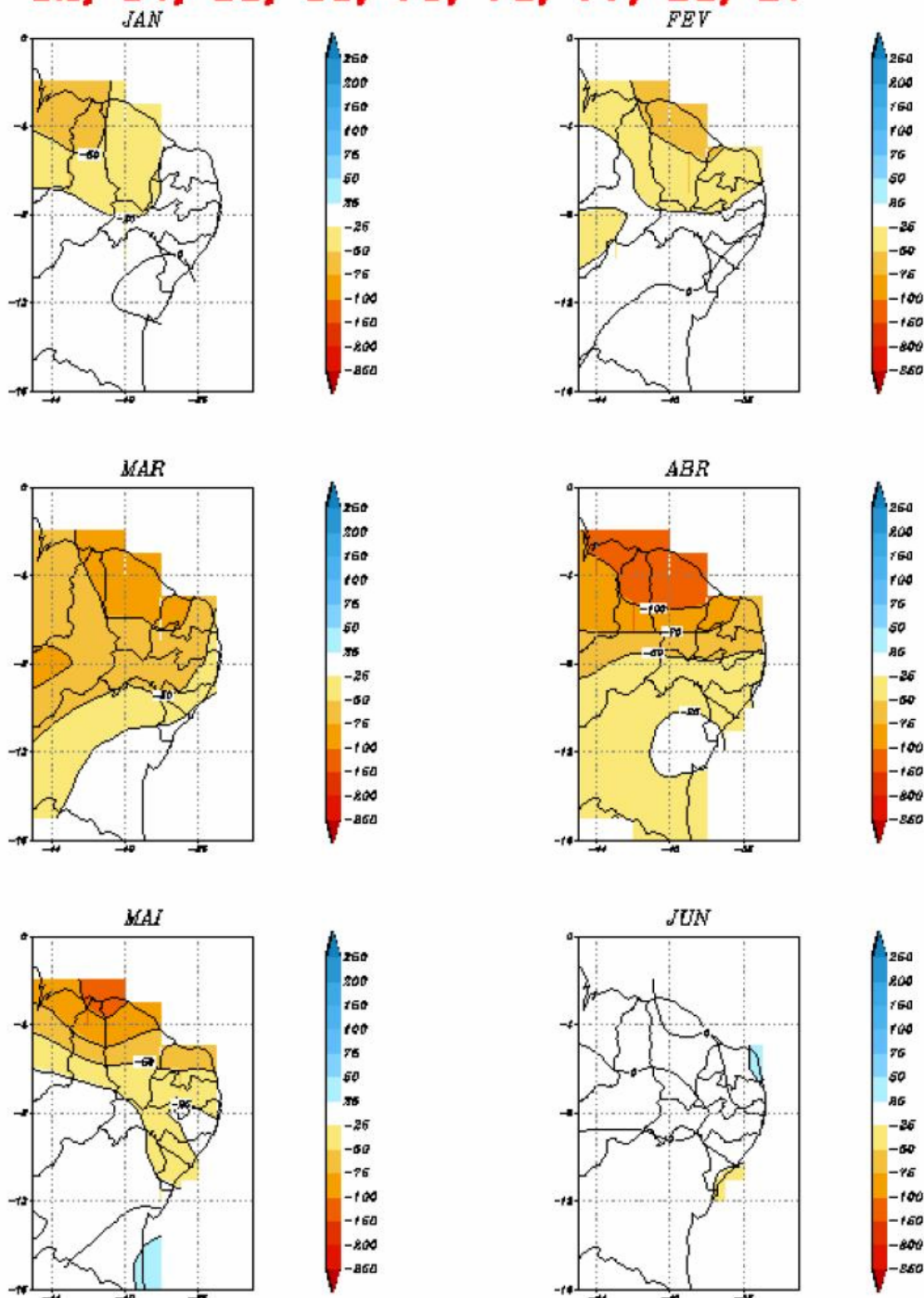
Os eventos de El Niño de 1997-98 e o de 1982-83 foram, respectivamente, os dois mais intensos registrados até então. Para o La Niña, os registros dão conta de que o mais intenso ocorrido tenha sido o ocorrido em 1998-99, que sucedeu ao maior episódio histórico de El Niño (1997-98).

A Figura 5.2.4-2 mostra as anomalias de precipitação (em mm/mês) em alguns anos selecionados de El Niño.

Neste último grande episódio de El Niño, em 1997, os seus efeitos já eram percebidos a partir de agosto, quando as chuvas situaram-se acima da média sobre o Sul do País, com outubro e novembro sendo os meses mais chuvosos naquela região. Em outubro, observaram-se as maiores anomalias positivas de precipitação sobre o Sul, recebendo o noroeste do Rio Grande do Sul chuvas até 300% acima da média climatológica. Houve inundações localizadas nas bacias dos rios Uruguai e Iguaçú. Grandes extensões da Amazônia, notadamente o centro-norte e o leste, receberam chuvas abaixo da média desde setembro. Essa estiagem provocou impactos adversos na geração hidrelétrica e no aumento do número de queimadas, naquela região, durante a estação seca.

FIGURA 5.2.4-2

Anomalias de Precipitação em anos de El Niño(+1)
52, 54, 58, 66, 70, 73, 77, 83, 87



Fonte: Pezzi, 1997

Anomalias de precipitação (em mm/mês) em anos de El Niño (51-52, 53-54, 57-58, 65-66, 69-70, 72-73, 76-77, 82-83, 86-87) para a Região Nordeste do país. No título da figura "+1" significa o segundo ano do episódio El Niño. Os tons azulados e avermelhados se referem as chuvas acima e abaixo da média climatológica, respectivamente.

5.2.5 ELEMENTOS DE CLIMATOLOGIA DO NORDESTE

a) Região Nordeste

O Nordeste do Brasil caracteriza-se por uma heterogeneidade climática que a situa como a de maior complexidade entre as regiões brasileiras. Essa complexidade decorre fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica e, em plano secundário, porém de grande importância, do relevo e ainda da latitude e continentalidade entre os principais fatores.

Informações climatológicas obtidas de modo convencional, ou seja, a partir das observações meteorológicas de superfície, empregando equipamentos manuais ou automáticos, mostram que o *regime térmico* na Região Nordeste se caracteriza por temperaturas médias do ar elevadas, com médias anuais entre 20°C e 28°C, já tendo sido registrados valores máximos em torno de 40°C no sul do Maranhão e Piauí. Nos meses de inverno, principalmente em junho e julho, os valores mínimos de temperatura do ar situam-se normalmente entre 12°C e 16°C no litoral, sendo mais baixos ainda nos planaltos, já tendo ocorrido a temperatura de 1°C na Chapada da Diamantina, após a passagem de uma frente fria. As amplitudes térmicas diárias variam de 1° C a 5° C, enquanto as anuais situam-se em torno de 10° C.

Assim como na Região Norte, grande parte do Nordeste Brasileiro também possui uma grande homogeneidade sazonal e espacial de temperatura. Somente o sul da Bahia apresenta uma variabilidade sazonal maior da temperatura, que se atribui às penetrações de massas relativamente frias nos meses de inverno.

A pluviosidade da região, também levantada por meios convencionais, pode-se dizer complexa e geradora de preocupação, uma vez que seus totais anuais variam de 2.000 mm, em áreas litorâneas na costa leste, até valores inferiores a 500 mm na área do Raso da Catarina, entre Bahia e Pernambuco, e na depressão de Patos da Paraíba. De modo geral, a precipitação média anual na Região Nordeste é inferior a 1.000 mm, sendo que em Cabaceiras, interior da Paraíba, já foi registrada a marca histórica de menor índice pluviométrico anual registrado no Brasil, 278 mm/ano. A parte norte da região recebe entre 1.000 e 1.200 mm/ano. Além disso, no sertão dessa região, o período chuvoso é normalmente de apenas dois meses ao ano, podendo, em alguns anos, até não existir, ocasionando as denominadas secas regionais.

Diferentes regimes de chuvas são identificados no Nordeste Brasileiro. No norte da região, a estação chuvosa principal se manifesta de março a maio, devido ao deslocamento anual da ZCIT para latitudes mais ao sul; no sul e sudeste, as chuvas ocorrem principalmente durante o período de dezembro a fevereiro,

associadas às penetrações de frentes frias vindas do sul, e que alcançam latitudes mais baixas nos meses de novembro a fevereiro; no leste, a estação chuvosa ocorre de maio a julho. A principal estação chuvosa da região, incluindo o norte e o leste dela, com 60% da chuva anual, que se dá de abril a julho, está ligada à maior atividade da circulação de brisa que advecta bandas de nebulosidade média para o continente, e à ação das frentes frias remanescentes que se propagam ao longo da costa. Por outro lado, a estação seca, para a maior parte da região, ocorre de setembro a dezembro. Os distúrbios de leste exercem grande importância na geração de precipitação, durante o outono e o inverno. As variações intraanuais de chuvas ao leste da região podem ser atribuídas às anomalias na posição e intensidade da ZCIT, causadas por anomalias positivas na TSM do Atlântico Sul e/ou pela ocorrência do El Niño no Oceano Pacífico Equatorial.

É de conhecimento também que as linhas de instabilidade contribuem de modo significativo para a precipitação na costa norte/nordeste da América do Sul, tendo maior frequência nos meses de outono/inverno no Hemisfério Sul, enquanto a menor frequência ocorre na primavera/verão. Tais linhas se formam em longitudes sobre o norte do Nordeste Brasileiro no verão e no outono, sendo que no inverno e na primavera estas surgem ao norte de Belém – PA. A presença da ZCIT próxima à região, gerando baixos valores relativos de pressão atmosférica, favorece o desenvolvimento de cumulonimbus na costa, sugerindo esta forma de associação entre os sistemas locais e os de grande escala.

Outro fator que favorece as chuvas na região é a presença do *vórtice ciclônico em altos níveis*, cuja circulação fechada apresenta um centro mais frio que sua periferia. Tais vórtices são observados nos meses de setembro a abril, tendo maior frequência em janeiro. Eles favorecem as chuvas no norte e nordeste da região e promovem céu claro na parte sul e central do Nordeste Brasileiro durante esses meses.

Outro elemento importante na análise climática do Nordeste Brasileiro é a variação sazonal dos ventos na costa, que está relacionada com a posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Tal sistema começa a se intensificar nas estações frias, alcançando o máximo em julho. A observação dos ventos sobre o Atlântico Sul no início do ano indica a ocorrência de uma predominância de leste-nordeste ao longo da costa. Durante o período de abril a julho, a predominância passa a ser de sudeste, o que coincide com a época chuvosa no leste da região. Portanto, durante a estação chuvosa de outono/inverno sobre o leste da região, os ventos sopram perpendicularmente à linha-de-costa, assumindo a direção sudeste. Esses ventos provavelmente favorecem a ocorrência da zona de convergência noturna, associada à brisa terrestre.

b) Semi-Árido Nordestino

O clima da região semi-árida nordestina é caracterizado pela insuficiência de precipitações e pelas altas taxas de evaporação e insolação.

Na área do Semi-Árido nordestino, é importante observar que, em face da grande extensão e da complexidade climática, a ocorrência de anos secos ou úmidos não cobre simultaneamente toda a região. Apesar dessa heterogeneidade espacial, é possível se caracterizarem as áreas menos ou mais susceptíveis à ocorrência de eventos extremos. O extremo leste do Piauí, todo o Estado do Ceará e a metade oeste dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco se encontram na área de maior frequência de incidência de secas, onde as precipitações afastam-se da média em percentagens iguais ou superiores a 50%.

O regime de precipitação no Semi-Árido Nordestino pode ser caracterizado em anos não-anômalos por dois períodos bem definidos: um chuvoso no verão e outro seco no inverno, formando uma oscilação unimodal, sendo os meses mais chuvosos os de novembro, dezembro e janeiro; os mais secos os de junho, julho e agosto, tendo seu período de precipitação iniciado em setembro, atingindo o seu máximo em dezembro e, praticamente, terminando no mês de maio.

Embora o semi-árido brasileiro possa ser delimitado pela isoietas de 800 mm anuais, este valor é pouco relevante. É grande a complexidade quanto à caracterização climática da região, marcada por grandes antecipações ou atrasos do período chuvoso e pela sua concentração em alguns poucos anos. Uma das principais conseqüências é a reduzida disponibilidade de água no solo para as plantas e a fragilidade dos sistemas sociais e econômicos que dependem dessas precipitações.

É importante observar-se na região o fenômeno do "veranico", período entre 10 e 25 dias ou mais, durante a época em que não há chuvas e com a ocorrência de temperaturas elevadas e, conseqüentemente, de alta evapotranspiração.

A insolação é muito forte, da ordem de 2.800 horas por ano em média e a evaporação atinge, nas regiões mais secas, 2.000 mm.

c) Bacia do São Francisco

A bacia hidrográfica do rio São Francisco tem área de drenagem da ordem de 635.000 km², equivalente a aproximadamente 7,5% da superfície do território brasileiro.

Percorrendo 2.700 km desde as nascentes, na Serra da Canastra - em Minas Gerais, atravessa a longa depressão encravada entre o Planalto Atlântico e as

Chapadas do Brasil Central, segue a orientação sul-norte até aproximadamente a cidade de Barra, dirigindo-se então para nordeste até atingir a cidade de Cabrobó, quando inflete para sudeste para desembocar no Oceano Atlântico, na divisa de Alagoas e Sergipe.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região foi definido como *Aw*, correspondente ao clima tropical úmido de Savanas, com inverno seco; considerado como quente, úmido e chuvoso, a sudoeste da região, e moderadamente chuvoso, a nordeste.

O São Francisco já atende atualmente a um amplo espectro de demandas, envolvendo principalmente o aproveitamento do potencial hidro-energético, a irrigação e a navegação.

Essa grande bacia hidrográfica localiza-se, em última análise, entre as seguintes coordenadas geográficas: 8° a 21° de latitude sul, e 34° a 48° de longitude oeste de Greenwich.

A porção mineira da bacia abarca uma área de 234.234 km², ou cerca de 36,9% de seu total, percorrendo 1.135 km ao longo do Estado de Minas Gerais, com uma declividade média de 0,02%.

O rio São Francisco apresenta relevo fortemente ondulado em seu alto curso, com altitudes em torno de 1.400 m, em suas nascentes na Serra da Canastra, até 580 m a montante do reservatório da Usina Hidroelétrica Três Marias.

O estudo das condições climáticas da região da bacia do rio São Francisco tem, como um dos seus principais objetivos, analisar o comportamento de determinadas variáveis do clima, com a finalidade de aplicarem-se os conhecimentos adquiridos nos futuros planejamentos e nas atividades de gerenciamento dos recursos hídricos a serem desenvolvidos na âmbito daquela bacia. São conhecidas as diferenças marcantes ao longo de seu percurso entre as cabeceiras e a foz. Nas partes sul e central da Bacia, predomina o clima tropical úmido, enquanto na parte norte o clima tropical úmido predomina, ambos de natureza continental. Segundo as análises climatológicas convencionais na região, a época quente e chuvosa corresponde ao período de novembro a março, enquanto a fria e seca vai de junho a agosto.

A grande extensão da bacia do São Francisco propicia a ocorrência de três tipos predominantes de clima: *tropical úmido*, nos planaltos inferiores; *tropical semi-árido* nas planícies sertanejas do Médio e Submédio São Francisco e *tropical semi-úmido*, na região costeira.

Das cabeceiras, em direção ao norte, as precipitações e a umidade diminuem, enquanto a temperatura e a evaporação potencial aumentam; na altura do

Submédio São Francisco, há uma inversão desse comportamento em direção à costa, quando o clima volta a se tornar mais ameno.

No que concerne ao clima da bacia do São Francisco, vale a pena ressaltar a complexidade dos fenômenos climáticos que se traduzem não em grandes variações térmicas, mas na extraordinária variedade do ponto de vista pluviométrico, decorrente, fundamentalmente, do posicionamento da região em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica.

A precipitação total anual aumenta da região central da bacia em direção a oeste, sudeste e sul, atingindo valores médios de 1.500 mm anuais. Por outro lado, ocorre uma redução das chuvas em direção ao nordeste da bacia, onde são determinados valores médios de 700 mm anuais. Uma análise das isoietas médias permitiria visualizar a diminuição da precipitação, a partir das cabeceiras, para o trecho médio da bacia.

Na bacia do São Francisco, dentro do Estado de Minas Gerais, destacam-se as seguintes características pluviométricas:

- *Alto São Francisco*: 1.300 mm/ano;
- *Médio São Francisco*: 1.000 mm/ano.

As deficiências pluviométricas da margem direita do rio São Francisco, a partir da cidade de Pirapora, são condicionantes climáticas marcantes, cuja severidade possibilita seu enquadramento dentro da região denominada de *Polígono das Secas*.

Quanto ao regime pluviométrico em algumas cabeceiras, nelas ocorrem precipitações médias anuais que variam de 1.500 mm nas cabeceiras do rio Paracatu e de 1.400 mm na extremidade noroeste junto às cabeceiras do rio Preto, decrescendo com as latitudes e em direção leste, até atingir valores próximos de 1.000 mm nas proximidades da calha do rio São Francisco.

O regime térmico na bacia do São Francisco, excluindo-se os níveis superiores da Borborema e da Chapada Diamantina, apresenta homogeneidade espacial, com pequena variação anual da temperatura, ao contrário do que acontece no regime pluviométrico, onde a existência de seca e a variabilidade de duração dos períodos secos evidenciam a existência de quatro modalidades climáticas distintas no quadro regional. Cumpre ressaltar que o que caracteriza o clima da bacia é a presença da semi-aridez em grande parte da área dela.

O clima da bacia em estudo, onde predomina a ocorrência de temperaturas de medianas a elevadas durante quase todo o ano, apresenta médias anuais que variam entre 22°C e 24°C, com duas estações bem distintas, uma seca e outra chuvosa.

O mês mais quente do ano é o de outubro (exceção observada na estação de Montes Claros, cuja maior média mensal é registrada em março), com temperaturas variando entre 24° e 26° C. As máximas absolutas oscilam entre 38° e 40° C.

Julho é o mês mais frio do ano com as temperaturas médias variando entre 19° e 22° C, com exceção da extensão próxima à Serra do Espinhaço e das nascentes do rio Paracatu. As mínimas absolutas oscilam em torno de 7° C, podendo atingir valores bem inferiores, próximos a 0° C na bacia do Alto Paracatu.

d) Chapada do Apodi

Na Chapada do Apodi, o clima pode ser considerado tropical semi-árido, com média anual de aproximadamente 658 mm, concentrados entre os meses de fevereiro e abril. Entretanto, ocorreram anos, como os de 1899, 1917, 1921, 1961, 1964 e 1974, em que as precipitações atingem valores superiores a 1.200 mm, enquanto que em outros anos se produzem secas acentuadas, com valores de precipitações anuais não chegando a atingir 200 mm, como em 1900, 1919, 1953, 1958 e 1983.

Em toda a área da Chapada do Apodi, o clima é quente, com temperaturas médias do mês mais frio (julho) acima de 26° C. A temperatura média anual situa-se ao redor de 27° C, sendo mínima a amplitude térmica, via de regra com valores inferiores a 2° C. As maiores temperaturas médias são registradas entre setembro e janeiro, que correspondem, também, aos meses de menores precipitações, extremando o déficit hídrico nesse período.

As isotermas relativas à temperatura média anual, se plotadas, indicariam um aumento da temperatura das regiões oeste, centro e sudeste da bacia do São Francisco em direção à Região Nordeste, onde atinge valores máximos de 25°C.

A umidade relativa do ar na bacia do São Francisco apresenta grandes variações durante o ano, com valores mensais relativamente altos no verão, alcançando 70% a nordeste da bacia e 85% a sudeste; no inverno, atinge valores de 45% a nordeste e 60% a sudeste da bacia. Estações situadas em cotas mais altas apresentam valores mais elevados de umidade relativa do ar, pois a temperatura do ar, nessas áreas, é muito baixa.

Em termos de deficiência hídrica, a bacia registra um índice mínimo de 50 a 100 mm anuais nas regiões Sul e Sudeste, e um índice máximo de 900 mm anuais na Nordeste. Com essa deficiência, a diferença entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real, isto é, a quantidade de água que poderia ser evapotranspirada, se a umidade do solo fosse disponível para a planta, é muito elevada, sendo essencial um suprimento de água através da irrigação.

O excedente hídrico anual, diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, quando o solo atinge a sua capacidade máxima de retenção de água, 100 mm no caso, apresenta valores menores que 50 mm a nordeste da bacia, aumentando para valores maiores que 500 mm a oeste e sudeste dela.

A bacia do rio São Francisco está, durante todo o ano, sob o domínio da circulação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e, como consequência, os movimentos verticais de larga-escala são tipicamente descendentes, com predomínio de movimentos divergentes na baixa e média troposfera.

O núcleo desse anticiclone oscila na direção noroeste-sudeste no decorrer do ano, fazendo com que a região se caracterize por ventos predominantes do setor leste, com variações de nordeste no verão a sudeste-nordeste no inverno. A velocidade do vento varia muito pouco no decorrer do ano, atingindo médias mensais entre 0,5 e 4 m/s.

5.2.6 AVALIAÇÃO CLIMATOLÓGICA DAS SECAS

a) Geral

As secas no Nordeste são conhecidas desde os séculos XVI e XVII e a intervenção do Estado também não é recente. A irregularidade hídrica sempre foi uma característica da região, que alterna períodos de longa estiagem e períodos curtos de chuva concentrada. Para que a zona compreendida por este fenômeno climático fosse atendida e definida a área de sua atuação, foi delimitada, por Lei, em 1936, o chamado "*polígono das secas*". Durante todo o tempo, o "*polígono das secas*", em função das longas estiagens que se apresentavam, passou a receber incorporações de novas unidades territoriais em sua superfície, o que resultou na modificação de sua poligonal, deixando uma certa confusão quanto a seus limites. Mais de seis décadas se passaram e o problema do "*polígono das secas*" ou da "*região semi-árida*" continua à espera de soluções, sendo cada vez mais agravado, não só por imposição da Natureza, como também pela necessidade de políticas públicas mais eficientes.

Para se entenderem os mecanismos que causam as secas no Semi-Árido nordestino, foram caracterizados os diversos mecanismos atmosféricos que afetam, de uma forma ou de outra, as condições dinâmicas e termodinâmicas da atmosfera da região, partindo de uma escala maior, englobando o continente sulamericano, até se chegar a uma escala regional.

Da irregularidade anual do regime pluviométrico, função da variabilidade natural da atmosfera sobre o continente sulamericano e oceanos circunvizinhos, resultam

anos de grandes cheias e anos de extrema escassez de águas de chuvas, caracterizando esses últimos as denominadas "secas".

Dentre as secas mais catastróficas na região, desde o Brasil Colônia, destacaram-se, pela sua abrangência e intensidade, as ocorridas em: 1614, 1723-24, 1790-94, 1816-25, 1877-79, 1900, 1903, 1915, 1919-20, 1931-32, 1942, 1951-53, 1958, 1966, 1970, 1972, 1976, 1979-83, 1992 e 1997-98.

É importante observar que, face à grande extensão e à complexidade climática, a ocorrência de anos secos ou úmidos não cobre simultaneamente toda a região. Apesar dessa heterogeneidade espacial, é possível se caracterizarem áreas menos ou mais susceptíveis à ocorrência de eventos extremos. Segundo o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, a avaliação do grau de incidência de secas no Semi-Árido nordestino mostrou que o extremo leste do Estado do Piauí, todo o Estado do Ceará e a metade oeste dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco se encontram na área de maior frequência de incidência de secas.

A maior visualização espacial e temporal da ocorrência das secas históricas no Semi-Árido nordestino pode ser efetivada a partir das reanálises climáticas contidas no *Atlas Eletrônico do NCEP/NCAR*, recém-lançado por essa instituição e que se constitui numa poderosa, eficiente e inédita ferramenta para a análise climatológica, particularmente no que se refere aos registros observacionais de "água precipitável" – quantidade de vapor d'água contido na coluna atmosférica desde o nível da superfície – e "temperatura do ar", incluindo os seus desvios em relação às médias calculadas para longo-período. Este método também começou recentemente a ser usado em complemento ou mesmo substituição ao método convencional de análise das séries temporais das secas, que emprega os registros de inúmeras estações meteorológicas de superfície. O *NCEP/NCAR*, além de utilizar os dados meteorológicos convencionais como "input" para a elaboração do seu *Atlas de Reanálise*, emprega avançadas técnicas de detecção de erros e de suavização de campos de distribuição espacial de parâmetros atmosféricos.

Assim, foram avaliados os campos de precipitação, mediante o parâmetro "água precipitável" no nível da superfície (em kg/m²), de janeiro de 1958 a dezembro de 1996, bem como pela "temperatura do ar" (em °C), de janeiro de 1958 a fevereiro de 1999, na área compreendida entre as latitudes de 20°S e 3°S e as longitudes de 50°W e 33°W. Com esta abrangência espacial, foi possível avaliar o surgimento de configurações abertas e fechadas, atípicas ou não, suas evoluções e extensões, cobrindo toda a área do Semi-Árido até as nascentes do rio São Francisco.

Contudo, cabe ressaltar que, ao serem analisados os campos médios mensais dos parâmetros citados ao longo dos anos, certamente, serão observadas flutuações de seus valores em relação aos valores médios obtidos para o período de 1968-

96(98) – os quais serão considerados como *padrões de referência climatológica*. Essa variação temporal é comum, podendo atingir cerca de 15 a 20% ou mais, positiva ou negativamente, sem que isso seja caracterizado como uma anomalia – tão somente seria uma flutuação temporal da atmosfera.

Do mesmo modo, as configurações das isolinhas de “*temperatura do ar*” e de “*água precipitável*”, bem como outras quaisquer, devem manter um ajuste relativo de posicionamento, quando são comparadas as configurações de um determinado mês-ano com aquelas referentes ao longo-período desse mesmo mês. Tratam-se, portanto, de flutuações de posicionamento, o que também é considerado comum na Natureza.

b) Água Precipitável no Nível da Superfície

A avaliação da série histórica das precipitações pôde ser realizada, de modo consistente e confiável, a partir do emprego das análises climatológicas contidas no *Atlas Eletrônico* elaborado pelo NCEP/NCAR.

Para se ter uma idéia de seu potencial, ante a aplicação pretendida, foram selecionados alguns meses com características distintas de precipitação no cenário do Brasil, onde foram comparadas as análises do NCEP/NCAR com as feitas pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, aprimoradas pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Os resultados foram muito fidedignos entre si, no que se refere às configurações espaciais e aos valores médios apresentados.

Além disso, há que se considerar ainda a maior disponibilidade temporal das informações do Atlas Eletrônico do NCEP/NCAR (desde 1958) perante as informações oriundas do INMET-INPE (desde 1996), o que leva, sem qualquer dúvida, à escolha do primeiro.

As características sazonais mais marcantes de configurações do parâmetro em questão (no cenário compreendido entre as latitudes 20° S-3° S e as longitudes 50° W-33° W) são as seguintes:

- Presença de um cavado de mínimos valores relativos, desde 20°S/45°W (próximo a Divinópolis-MG) até 8°S/36°W (imediações da porção oeste de Pernambuco), passando por 12°S/42°W (proximamente a Vitória da Conquista). Considerando os limites do cavado, como os citados, tem-se o gradiente (isto é, sentido do aumento horizontal do valor do parâmetro) orientado quase que permanentemente de sudoeste para nordeste, porém com as seguintes variações mensais (valores nos pontos a sudoeste e a nordeste, respectivamente): janeiro, 33-36 kg/m²; fevereiro, 32-37 kg/m²; março, 31-39 kg/m²; abril, 28-40 kg/m²; maio, 25-39 kg/m²; junho, 18,5-36 kg/m²; julho, 19,5-31 kg/m²; agosto, 20-29 kg/m²; setembro, 24-30

kg/m²; outubro, 28-32 kg/m²; novembro, 31-34 kg/m²; dezembro, 31-36 kg/m². Portanto, pode-se concluir que a maior diferença entre as duas localidades se dá nos meses de novembro e janeiro (com 3 kg/m² cada). Evidentemente, os valores relativos à precipitação nas nascentes do rio São Francisco são menores do que no ponto do cavado mais a nordeste, haja vista a maior incidência de sistemas atmosféricos dinâmicos e vapor d'água presente na coluna de ar nas proximidades do litoral;

- Outra configuração persistente é a crista que surge no verão (novembro a janeiro) sobre o Oceano, paralelamente ao litoral, com sentido do gradiente voltado para sul, ou seja, os maiores valores encontrando-se próximo a 20°S (dentro do cenário de enquadramento das configurações), o que pode ser justificado pela maior interferência de sistemas transientes (frentes frias) nesse setor;
- Quanto ao surgimento de núcleos fechados, em outubro, percebe-se uma configuração fechada de máximos valores relativos de "água precipitável", entre 4°S-6°S e 44°W-46°W (parte central do Maranhão), que ali permanece, com valores em torno de 46 kg/m², até praticamente o mês de janeiro.

Foram levados em consideração os anos de ocorrência do evento *El Niño*, já que se tem observado, historicamente, uma estreita relação de causa e efeito entre sua presença com intensidade nas águas do Oceano Pacífico Equatorial e o Nordeste Brasileiro; as anomalias de precipitação são, em geral, negativas nos meses da estação chuvosa do Semi-Árido (fevereiro a maio), no segundo ano de duração do episódio. Complementarmente, foram observados os episódios *La Niña* (resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial), uma vez que sua ocorrência em elevada intensidade pode, sob dadas condições, promover um relativo aumento de nebulosidade sobre o Nordeste Brasileiro, podendo levar a pequenas anomalias locais positivas de precipitação.

O Quadro 5.2.6-1 a seguir apresenta os períodos e intensidades dos episódios *El Niño* e *La Niña*. A classificação da intensidade de cada evento se baseia numa região-chave do Pacífico Equatorial – ao longo do Equador até 150°W. O processo de classificação foi primariamente subjetivo, usando as reanálises das temperaturas da superfície do mar produzidas pelo *NCEP – National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center* e pelo *United Kingdom Meteorological Office*. No quadro, os períodos *fracos* são designados como *Q-* ou *F-*, os períodos relativamente *moderados* como *Q* ou *F* e *fortes* períodos como *Q+* ou *F+*, em que *Q* significa *quente* – associado ao fenômeno *El Niño* e *F* significa *frio* – associado ao fenômeno *La Niña*. As ocorrências são referenciadas por trimestre: JFM – janeiro-fevereiro-março; AMJ – abril-maio-junho; JAS – julho-agosto-setembro; OND – outubro-novembro-dezembro.

QUADRO 5.2.6-1 – PERÍODO E INTENSIDADE DOS EPISÓDIOS EL NIÑO E LA NINA

ANO	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO	JFM	AMJ	JAS	OND
1950	F	F	F	F	1975	F-	F-	F	F+
1951	F			Q-	1976	F			Q-
1952					1977				Q-
1953		Q-	Q-		1978	Q-			
1954			F-	F	1979				
1955	F	F-	F-	F+	1980	Q-			
1956	F	F	F	F-	1981				
1957		Q-	Q-	Q	1982		Q-	Q	Q+
1958	Q+	Q	Q-	Q-	1983	Q+	Q		F-
1959	Q-				1984	F-	F-		F-
1960					1985	F-	F-		
1961					1986			Q-	Q+
1962					1987	Q	Q	Q+	Q
1963			Q-	Q	1988	Q-		F-	F+
1964			F-	F+	1989	F+	F-		
1965	F-		Q	Q+	1990			Q-	Q-
1966	Q	Q-	Q-		1991	Q-	Q-	Q	Q
1967					1992	Q+	Q+	Q-	Q-
1968				Q-	1993	Q-	Q	Q	Q-
1969	Q	Q-	Q-	Q-	1994			Q	Q
1970	Q-			F	1995	Q			F-
1971	F	F-	F-	F-	1996	F-			
1972		Q-	Q	Q+	1997		Q	Q+	Q+
1973	Q		F-	F+	1998	Q+	Q		F-
1974	F+	F	F-	F-	1999	F-			

Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – Estados Unidos

Anomalias positivas das águas superficiais no Oceano Atlântico Equatorial, próximo ao litoral do Nordeste brasileiro, foram mais recentemente associadas com ativações de sistemas atmosféricos na região (com intensificação ou mesmo geração de chuvas), sobretudo em posições mais litorâneas, conforme os maiores fluxos de calor latente e sensível dirigidos para a atmosfera local. Contudo, as informações sobre esse fenômeno são ainda limitadas, o que não permite uma análise de correlação climatológica mais consistente, como a que ocorre com o fenômeno El Niño – com largo monitoramento espacial e temporal.

c) Temperatura do Ar no Nível da Superfície

A título de referenciamento climatológico básico, são resumidas a seguir as principais características da distribuição espacial da temperatura do ar no nível da superfície:

- Cavado de mínimos valores de temperatura orientado, em janeiro, de sul para norte, a partir das imediações das nascentes do rio São Francisco (temperatura em torno de 20,5°C), se estendendo até o litoral de Pernambuco (temperaturas em torno de 25,5°C). Nos meses subseqüentes, a porção sul do referido cavado tende a um deslocamento para leste, vindo a se posicionar muito próximo ao litoral no mês de setembro (com sua parte mais ao sul próxima a Vitória da Conquista (BA): 20°C e porção mais ao norte mantida nas imediações do litoral de Pernambuco: 24°C);
- Núcleo de máximo valor relativo de temperatura do ar, que surge em agosto, nas imediações de Teresina (PI), com valor de 27,5°C, e que se desloca para leste, intensificando-se, até atingir, em dezembro, o litoral norte do Rio Grande do Norte, com cerca de 28,7°C. Em janeiro, o referido núcleo já se encontra dissipado.

Pode-se afirmar que, em anos de El Niño de forte atividade, as secas no Nordeste brasileiro passam a ser mais pronunciadas, principalmente no Semi-Árido, onde, em situação sazonal regular, elas já estão presentes. Os fortes episódios de La Niña, porém, ainda merecem mais análises quanto aos seus impactos no Nordeste Brasileiro.

5.2.7 AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE SECAS ABRANGENTES E SEVERAS NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Para avaliar a probabilidade de ocorrência de secas de longa-duração e abrangentes no Semi-Árido setentrional (área 1) e nas nascentes do rio São Francisco (área 2), foram feitas as seguintes considerações iniciais:

- *Seca*: definida a partir de um determinado "índice de seca";
- *Seca longa*: quando ela atinge mais de 5 meses seguidos;
- *Seca abrangente*: considerada se a seca longa ocorreu em todas as estações da área determinada;
- *Seca simultânea*: considerada se todos os itens acima aconteceram ao mesmo tempo nas duas áreas determinadas.

Com os *índices de seca*, já determinados para as estações climatológicas distribuídas nas duas áreas, a partir das séries climatológicas do período 1961-90, normalizadas de acordo com as recomendações da Organização Meteorológica Mundial, foram contabilizados os números de meses com seca para cada ano.

Assim sendo, para cada estação foi avaliada a condição de seca em cada mês, considerando A1, A2, ... e An como as estações da área (1) e B1, B2, ... e Bn como as estações da área (2), resultando numa planilha (mostrada a seguir), onde

podem ser visualizados os períodos de secas de longa-duração, cujos valores apresentados são maiores ou iguais a 5. A comparação dos valores atribuídos às áreas (1) e (2) permite detectar a simultaneidade ou não, bem como a duração do fenômeno meteorológico da seca.

ANO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	B1	B2	B3	B4
40	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	2	0	4
41	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
42	12	10	5	9	9	7	8	9	8	8	1	9	4	5
43	11	10	3	6	7	5	5	5	6	4	7	7	0	5
44	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
45	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
46	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
47	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
48	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
49	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	2	0	4
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
51	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
52	1	8	1	3	4	5	3	3	4	1	4	4	0	5
53	1	8	1	3	4	5	3	3	3	1	5	5	0	5
54	0	3	0	2	2	2	2	2	2	0	1	2	0	0
55	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
56	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	1	0	0	2
57	12	10	5	9	9		8	9	8	7	1	9	4	5
58	10	10	3	6	7	5	5	5	6	4	6	7	0	5
59	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
60	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
61	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	3
62	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
63	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
65	1	8	1	3	5	5	3	3	3	2	4	5	0	5
66	0	3	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0	4
67	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	3
68	0	0	0	1	1	1	2	2	1	0	1	1	0	4
69	12	10	5	9	9	7	8	9	8	8	1	9	3	5
70	10	10	3	6	7	5	5	5	6	4	6	7	0	5

Observa-se que, na maioria dos casos, como era de se esperar, o número de meses consecutivos de secas no Semi-Árido setentrional é muito superior ao ocorrido nas nascentes. De fato, em toda a análise histórica das secas pode-se comprovar que praticamente os desvios de água precipitável (estendendo-se para precipitação) foram muito pequenos. Somente em anos de longos e fortes episódios de El Niño, como em 1982-83 e 1997-98, a região das nascentes sofreu desvios negativos mais acentuados.

Tendo em vista as considerações anteriores, empregando-se as técnicas convencionais, foi determinado que a probabilidade de haver secas simultâneas do tipo moderada, ao mesmo tempo abrangentes e longas, no Semi-Árido e nas nascentes do rio São Francisco, situa-se abaixo de 15%, aproximadamente.

5.2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Climatologicamente, as principais características na área de interesse e de entorno do Projeto de Integração, por parâmetro, são apresentadas a seguir.

a) Taxa de Evaporação Potencial

Os máximos valores no Semi-Árido ocorrem de outubro a dezembro ($> 400 \text{ W/m}^2$).

Nas nascentes do rio São Francisco, os maiores valores ocorrem no inverno.

b) Taxa de Precipitação

Apresenta um gradiente predominantemente dirigido de sudoeste para nordeste, tendo os maiores valores próximos ao litoral.

c) Temperatura do Ar

Apresenta um gradiente geral de sudoeste para nordeste (litoral).

Em outubro e novembro, o gradiente sofre uma reorientação natural do Semi-Árido para noroeste.

As mais elevadas temperaturas no mês de dezembro ocorrem próximo a Limoeiro do Norte-CE.

Nas nascentes do rio São Francisco, o gradiente de sudoeste para nordeste varia de 22°C - 27°C no verão a 20°C - 24°C no inverno.

d) Fluxo de Calor no Nível da Superfície do Solo

A sazonalidade é relativamente marcante.

Nos meses de janeiro a março, o fluxo é predominantemente positivo (no sentido atmosfera-superfície).

De abril a agosto, surge um núcleo de valores positivos sobre a Paraíba, que se estende até Paulo Afonso (BA). A partir de setembro, passa a ocorrer a tendência gradual de restauração dos padrões de verão.

As variações sazonais do *Fluxo de Calor no Nível da Superfície*, nas nascentes do rio São Francisco, são as seguintes: janeiro, entre -5 W/m^2 e -6 W/m^2 ; abril, em torno de -2 W/m^2 , com um núcleo fechado próximo a $17^{\circ}\text{S}/47^{\circ}\text{W}$; julho, entre $-0,3 \text{ W/m}^2$ e $-0,4 \text{ W/m}^2$; outubro, entre $-1,5 \text{ W/m}^2$ e $-2,0 \text{ W/m}^2$.

e) Fluxo de Calor Latente no Nível da Superfície do Solo

Em julho, surge um mínimo relativo de 20 W/m² na área compreendida aproximadamente entre o Alto e o Médio São Francisco. Uma célula de mínimo valor relativo se configura nas imediações de Salgueiro (PE).

Na Serra da Canastra, os valores típicos dos meses de verão, final de primavera e início de outono são relativamente mais elevados.

f) Vento Vento no Nível da Superfície

De modo geral, os ventos se deslocam na sua totalidade com uma componente leste acentuada, com pequenas oscilações ao longo do ano, notadamente no inverno, quando os ventos assumem uma direção predominante de sudeste.

Na faixa latitudinal de 5°S a 10°S, por exemplo, os ventos médios ao longo do litoral e no Semi-Árido nordestino sofrem as seguintes variações sazonais:

Mês	Semi-Árido	Litoral
Janeiro	2,0 a 3,0 m/s	> 5,0 m/s
Abril	2,5 a 3,3 m/s	3,0 a 4,0 m/s
Julho	5,0 a 6,5 m/s	6,0 a 7,5 m/s
Outubro	4,5 a 5,5 m/s	6,0 a 7,0 m/s

Na área do Alto São Francisco, os valores médios mensais de ventos são: janeiro, 0,5 a 1,5 m/s; abril, 1,5 a 2,0 m/s; julho, 1,0 a 2,5 m/s; e outubro, 0,5 a 1,5 m/s.

g) Vento Zonal no Nível da Superfície

Os ventos zonais são predominantes do setor leste, o que significa uma componente meridional negativa em todo o cenário do projeto, cujos valores diminuem à medida que se adentra no continente.

Os valores médios do *vento zonal* na área do Alto São Francisco são: janeiro, -0,5 m/s; abril, -1,0 m/s; julho, -2,0 m/s; e outubro, -0,5 m/s.

h) Vento Meridional no Nível da Superfície

As componentes meridionais assumem valores positivos em toda a área do projeto.

Os valores de velocidade da componente meridional decrescem à medida que os ventos adentram ao continente.

Sazonalmente, os ventos meridionais se intensificam nos meses de inverno, atingindo a média de velocidade de cerca de 5,0 m/s. Nas porções ocidentais do Semi-Árido, contudo, as componentes meridionais variam de 0,5 m/s nos meses de verão até cerca de 3,0 m/s nos meses de inverno.

No Alto São Francisco, os valores sazonais de velocidades do vento são: janeiro, em torno de 0,5 m/s, dirigido para sul; abril, em torno de 0,1 m/s, dirigido para norte; julho, entre 0 e 0,5 m/s, dirigido para norte; outubro, aproximadamente 0 m/s.

i) Fluxo Líquido de Radiação de Onda-Longa no Nível de Superfície

No mês de janeiro, surge um núcleo de mínimos valores relativos de *fluxo líquido de radiação de onda longa* próximo ao setor oeste do Maranhão, com pequenas variações ao longo dos meses para noroeste-sudeste.

Em abril, passa a ocorrer uma crista de máximos valores relativos ao longo das coordenadas 18°S/42°W (leste de Minas Gerais) – 15°S/43°W (norte de Minas Gerais) – 12°S/42°W (centro da Bahia).

Em dezembro, o núcleo de máximos valores relativos passa a se posicionar no nordeste da Bahia e nas porções do oeste de Sergipe e Alagoas.

j) Fluxo Líquido de Radiação de Onda-Curta no Nível da Superfície

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro – tipicamente chuvosos no Nordeste brasileiro - apresentam um núcleo de mínimos relativos sobre a porção oeste do Piauí e o sul do Maranhão.

Nos meses de junho, julho e agosto, as configurações acusam uma ampla área interiorana de máximos valores relativos, centrada nas proximidades das coordenadas 12°S/48°W, em Tocantins. Na área do Projeto de Integração do Rio São Francisco, passa a ocorrer um gradiente de sentido inverso ao dos meses de verão, ou seja, de sudeste para noroeste, significando que o aumento de nebulosidade se dá gradualmente na direção do litoral.

k) Pressão Atmosférica no Nível da Superfície

As configurações dos campos de pressão à superfície pouco variam ao longo do ano. Percebe-se um ajuste geral do campo de pressão à superfície com as topografias da Serra dos Irmãos, Serra Grande, Chapada do Araripe, Serra dos Cariris, Planalto da Borborema e Serra dos Cariris Novos.

I) Água Precipitável em Nível de Superfície

Observa-se um relativo ajuste do cavado de mínimos valores ao longo da bacia do rio São Francisco (desde o Alto São Francisco até o Submédio São Francisco, de Remanso até Paulo Afonso), porém, com valores crescentes na direção nordeste.

Os maiores valores apresentados no setor nordeste do cavado se contrapõem às características reais de precipitação naquele ramo, que se dão em maior quantidade nas proximidades do Alto São Francisco, desde suas nascentes até a Cidade de Pirapora.

As variações sazonais do parâmetro na área das nascentes do rio São Francisco são: janeiro, em torno de 35 kg/m²; abril, em torno de 32 kg/m²; julho, em torno de 20 kg/m²; e outubro, 30 kg/m².

m) Umidade Relativa do Ar no Nível da Superfície

De janeiro a março, surge um mínimo relativo que se desloca para leste, na direção do oceano. Em janeiro, esse núcleo apresenta uma posição próxima a Flores (PE), com valor de 78%.

De abril a agosto, o sinal se inverte, passando a se configurar um núcleo de máximo relativo (em torno de 80%), que se desloca gradualmente para leste, paralelamente à linha-de-costa do oceano.

Em setembro, a configuração do campo de isolinhas sobre o Semi-Árido nordestino passa a ser não fechada, com um gradiente no sentido do litoral.

Em outubro, volta a surgir um núcleo de mínimo relativo próximo a Ouricuri (PE), o qual sofre variações de valor, chegando a 65% em dezembro e persistindo desse modo até março.

Na área que compreende as nascentes do rio São Francisco, a variação sazonal também é nítida, apresentando as seguintes características: janeiro, superior a 90%; abril, em torno de 82%; julho, em torno de 55%; e outubro, em torno de 75%.

n) Fluxo de Calor Sensível no Nível da Superfície

No mês de janeiro, o máximo valor relativo de cerca de 65 W/m² situa-se nas imediações de 09°S/38°W. Um segundo máximo associado encontra-se mais ao sul, em torno de 14°S/40°W. Essa configuração sofre um decaimento de intensidade e um deslocamento para leste em abril, passando a apresentar um

núcleo negativo de -5 W/m^2 . Esse núcleo mantém-se negativo, da ordem de -10 W/m^2 , até o mês de junho.

A partir do mês de julho, há uma significativa mudança do sentido do gradiente, do parâmetro em questão, passando a dirigir-se de este para oeste e dando lugar a um núcleo negativo no litoral.

Em novembro, o referido núcleo novamente decai de intensidade, vindo a assumir um valor próximo a 100 W/m^2 em dezembro, porém, nas proximidades de Águas Belas (PE).

A variação sazonal do fluxo de calor sensível no nível da superfície, na área das nascentes do São Francisco, revela os seguintes valores médios mensais: janeiro, 8 W/m^2 ; abril, entre 2 W/m^2 e 3 W/m^2 ; julho, 78 W/m^2 ; e outubro, 30 W/m^2 .

o) Pressão Atmosférica no Nível do Mar

O campo de pressão atmosférica na porção tropical do Brasil é muito regular, apresentando poucas variações ao longo do ano. Um nítido gradiente de pressão se mostra persistente ao longo do ano, na direção noroeste-sudeste.

De janeiro a abril, o gradiente horizontal de pressão na área de interesse do projeto se dirige de noroeste para sudeste, com uma variação de 1010 hPa a 1012 hPa .

A partir de maio, passa a ocorrer um aumento geral dos valores de pressão atmosférica no nível da superfície, embora seja praticamente mantido o sentido do gradiente.

No mês de agosto, observa-se uma variação de cerca de 1013 hPa , na parte mais a noroeste, a 1017 hPa , na parte mais a sudeste da área de enfoque.

Em setembro, os valores começam novamente a decair.

Em outubro, o gradiente noroeste-sudeste retoma o valor 1010 hPa - 1012 hPa .

Nas nascentes do rio São Francisco, os valores médios mensais característicos são: janeiro, 1011 hPa ; abril, 1013 hPa ; julho, 1017 hPa ; e outubro, 1013 hPa .

p) Temperatura da Película Superficial do Solo

Os valores do referido parâmetro nas proximidades do Alto São Francisco são menores do que nas demais áreas do cenário apresentado, entre 20°S e 3°S e 50°W e 33°W .

De novembro a maio, surge um cavado relativo de menores valores de *temperatura da película superficial* que se estende para norte-nordeste em um grande acoplamento à bacia do São Francisco. O sentido do gradiente também é de norte-nordeste.

Os valores médios mensais do parâmetro em discussão, representativos das diversas estações do ano, no Alto São Francisco, são: janeiro, em torno de 21°C; abril, em torno de 19°C; julho, em torno de 18°C; e outubro, em torno de 21°C.

q) Umidade Volumétrica do Solo na Camada 0-10 cm Abaixo do Nível da Superfície

A configuração se mantém em níveis elevados ao longo de todo o litoral do cenário de estudo.

Na região do Semi-Árido, os valores são relativamente mais baixos no decorrer de todos os meses, com maior decaimento no inverno.

r) Umidade Volumétrica do Solo na Camada 10-200 cm Abaixo do Nível da Superfície

As configurações médias mensais são muito semelhantes em forma àquelas mostradas para a camada 0-10cm. Contudo, os valores numéricos são sempre inferiores, o que significa dizer que, embora em menores quantidades, existe água disponível nessa camada mais profunda.

Observa-se uma nítida correlação entre os núcleos de maiores valores de umidade volumétrica do solo com as épocas e áreas de núcleos de precipitação.

s) Escoamento Superficial de Água (Runnof)

As áreas de localização de núcleos positivos de "runnof" são coincidentes com aquelas onde ocorrem maiores quantidades de precipitação.

Um destaque pode ser dado para o surgimento, no mês de março, de um núcleo relativo de máximo *runnof* nas imediações da localidade de Campina Grande (PB), que se intensifica até julho, devido às precipitações na área. Em agosto, esse núcleo desaparece.

As análises históricas mensais dos parâmetros água precipitável e temperatura do ar, desde janeiro de 1958 até recentemente, possibilitaram sumarizar as seguintes constatações:

- Os períodos de secas são climatologicamente regulares no Nordeste brasileiro. Assim, qualquer anomalia significativa pode levar ao agravamento do cenário das secas no Semi-Árido, principalmente quando o elemento precursor diz respeito à combinação precipitação-temperatura, ou seja, redução de precipitações e aumento de temperaturas;
- Observou-se nitidamente que, em anos de El Niño de forte atividade, as secas no Nordeste brasileiro passam a ser mais pronunciadas – abrangentes e de longa-duração, principalmente no Semi-Árido. Isto aconteceu, por exemplo, nos episódios de El Niño 1997-98 (o mais forte da história do fenômeno) e de 1982-83 (o segundo mais forte da história). Nessas ocasiões, inclusive, a região das nascentes do rio São Francisco sofre uma significativa redução de precipitações;
- Em anos de El Niño menos intensos e com ciclo de ocorrência descontínuo, as perturbações climáticas sobre o Nordeste brasileiro acontecem em menor escala, embora levando a anomalias negativas de precipitação mais localizadas e de menor duração;
- Os fortes episódios de La Niña, normalmente em seqüência a intensos episódios de El Niño, dão evidências também de impactos sobre o clima do Nordeste brasileiro, porém, no sentido de promover anomalias positivas de pequena ordem na precipitação;

Há que se observar, contudo, as anomalias de temperaturas da superfície do mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico Equatorial. Somente em anos recentes, as relações de tais TSM têm sido estudadas com mais detalhes. E resultados já mostram evidências de alta correlação entre TSM e anomalias climáticas no Nordeste brasileiro.

5.3 BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

5.3.1 VISÃO PANORÂMICA DA BACIA

5.3.1.1 INTRODUÇÃO

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional relaciona-se com a bacia do rio São Francisco na condição de participante do universo de usuários da mesma. Assim, diferentemente do que se dá em relação às regiões receptoras do Nordeste Setentrional, nas quais os efeitos possíveis do empreendimento resultam de sua integração construtiva e operacional no ambiente ao qual as obras e afluições hídricas serão superpostas, na bacia do São Francisco a esfera de interesse essencial é a da gestão dos recursos hídricos, assunto que vem sendo assunto de grande relevância na

atualidade, depois da criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Um documento de fundamental interesse ao presente diagnóstico é o primeiro Plano Decenal da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, elaborado pela ANA – Agência Nacional de Águas, no âmbito do Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco – Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA). Este documento, que encontra-se em fase de análise por parte do Comitê da Bacia, foi amplamente empregado, juntamente com seus anexos técnicos, na complementação e atualização das informações disponíveis para elaboração do presente diagnóstico.

O diagnóstico que ora se apresenta centra-se na questão da disponibilidade hídrica e dos usos múltiplos da água da bacia, que poderá contar com uma nova e importante demanda de água, relativa ao empreendimento, com o objetivo principal de permitir uma avaliação dos conflitos atuais e potenciais decorrentes dos diferentes interesses econômicos, sociais e políticos que permeiam a ação dos atores sociais presentes na bacia.

Concretamente, procura-se fornecer elementos para a posterior identificação de possíveis impactos ambientais do Projeto de Integração sobre os diversos usos da água na bacia, viabilizando, para os impactos identificados, o delineamento de medidas mitigadoras e de programas ambientais correspondentes.

Antes de se abordar os aspectos fundamentais diretamente ligados à disponibilidade hídrica e aos diversos usos da água, apresenta-se a seguir uma visão panorâmica da bacia, procurando caracterizá-la sob os aspectos da fisiografia, clima, regime fluvial, cobertura vegetal e uso do solo.

A questão dos Recursos Hídricos é abordada no item 5.3.2, onde se procura quantificar as vazões disponíveis em cada sub-região da bacia, caracterizando sua distribuição espacial e temporal, para confrontá-las com as demandas provenientes dos vários usos da água identificados.

É feita, também, uma caracterização cuidadosa dos efeitos da operação dos reservatórios de regularização do rio São Francisco sobre o regime fluvial, matéria de fundamental importância à gestão dos recursos hídricos da bacia. São tratados ainda os aspectos de qualidade das águas na bacia, com ênfase nos trechos do Sub-médio e Baixo São Francisco, por serem mais diretamente associados à área do empreendimento.

Em seguida é feita uma caracterização dos usos essenciais das águas da bacia, buscando verificar em que medida já estabelecem uma situação conflitante, ou podem vir a estabelecê-la a curto e médio prazo: o abastecimento público, a geração de energia, a irrigação e a navegação. A quantificação da demanda hídrica

atual da bacia é realizada cronologicamente, de modo a definir uma base para a construção de cenários futuros, necessários às análises de impacto.

No item 5.3.3 é feita a caracterização biológica da bacia, concentrando-se na Limnologia e na Ictiofauna do Sub-médio São Francisco. Esta caracterização foi feita a partir de dados de campo e de literatura, tendo em vista os possíveis impactos gerados pelo contato entre a biota do São Francisco e a biota das bacias receptoras, decorrente da integração das bacias.

Finalmente, os aspectos socioeconômicos mais relevantes da bacia do rio São Francisco, destacando-se entre eles o processo de ocupação territorial da bacia e as políticas públicas voltadas para a região, são abordados no item 5.3.4.

5.3.1.2 DESCRIÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

O rio São Francisco drena, ao longo de seus 2.700 km de extensão, uma bacia com área de 634.781 km², que abrange sete unidades da federação (MG, GO, DF, BA, PE, AL e SE) conforme mostra a Figura 1-1 apresentada anteriormente, no item 1.

Nascendo no sudeste de Minas Gerais, na serra da Canastra, com altitude de 1.600 m, o rio São Francisco se dirige para o norte, percorrendo o noroeste de Minas Gerais e o Estado da Bahia, onde se aproxima da divisa Bahia-Piauí. Já próximo a Pernambuco, inflete para o nordeste e a seguir para leste. Serve de divisa do Estado da Bahia com Pernambuco e Alagoas e, mais a jusante, entre Alagoas e Sergipe. Ao desaguar no Oceano Atlântico, sua direção geral é francamente sudeste.

O Quadro 5.3.1.2-1 a seguir resume a participação de cada Estado na área de drenagem do rio São Francisco.

QUADRO 5.3.1.2-1 – PARTICIPAÇÃO DAS UNIDADES DA FEDERAÇÃO NA ÁREA DE DRENAGEM DO RIO SÃO FRANCISCO

Unidade	Área (km ²)	Participação
Minas Gerais	234.234	36,9%
Goiás	3.174	0,5%
Distrito Federal	1.270	0,2%
Bahia	305.330	48,1%
Pernambuco	69.191	10,9%
Alagoas	14.600	2,3%
Sergipe	6.983	1,1%
TOTAL	634.781	100%

5.3.1.3 SUB-REGIÕES FISIAGRÁFICAS DA BACIA

Devido à sua grande extensão e à multiplicidade de ambientes envolvidos, a bacia do São Francisco, como um todo, foi dividida em 4 (quatro) sub-regiões fisiográficas, associadas aos trechos principais de seu curso: Alto, Médio, Sub-médio e Baixo São Francisco. A primeira delimitação destas sub-regiões foi apresentada em 1967, pelo Bureau of Reclamation, tendo sido recentemente sugerida uma revisão, em 2002, pela Comissão do Senado Federal de Acompanhamento do Projeto de Revitalização do São Francisco.

O QUADRO 5.3.1.3-1 A SEGUIR APRESENTA AS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO CORRESPONDENTES ÀS SUB-REGIÕES FISIAGRÁFICAS DA BACIA, CUJA DELIMITAÇÃO ATUAL É APRESENTADA NA

Figura 5.3.1.3-1.

QUADRO 5.3.1.3-1 – ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DAS SUB-REGIÕES FISIAGRÁFICAS

Sub-Região	Área (km ²)	Participação
Alto São Francisco	100.060	16%
Médio São Francisco	298.716	63%
Sub-médio São Francisco	110.481	17%
Baixo São Francisco	25.524	4%
TOTAL	634.781	100%

A seguir são descritas, de forma sucinta, cada uma das sub-regiões fisiográficas da bacia do São Francisco.

- Alto São Francisco - estende-se desde as cabeceiras, na Serra da Canastra, até sua confluência com o rio Jequitaiá, inteiramente em território mineiro, apresentando relevo mais acidentado, com altitudes de até 1.600 m. A vegetação predominante é formada por Floresta Estacional Semidecidual (cabeceiras dos rios das Velhas e Paraopeba) e Cerrado lato sensu. O clima é caracterizado como tropical-úmido, com precipitação média anual de 1372 mm, chuvas bem distribuídas e temperatura média de 23° C. Esta sub-região tem participação expressiva na produção hídrica superficial da bacia, nela se situando o reservatório de regularização da Usina Hidrelétrica de Três Marias. Nessa área, verifica-se a maior densidade populacional da bacia, uma vez que engloba a Região Metropolitana de Belo Horizonte e cidades próximas, como Sete Lagoas e Divinópolis. É a região da bacia que apresenta maior diversidade econômica e melhor disponibilidade de infraestrutura.

FIGURA 5.3.1.3-1 - BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO – DIVISÃO FISIAGRÁFICA

- Médio São Francisco - compreende o trecho desde a foz do rio Jequiá, em Minas Gerais, até a barragem de Sobradinho, na Bahia, englobando áreas dos dois estados. O clima, à medida que se caminha para o norte, começa a adquirir características do tropical semi-árido, com precipitação média anual de 1052 mm. O relevo varia de planaltos, com até 1.000 m, a planícies, com 500 m de altitude, nas proximidades do rio São Francisco, com fortes variações topográficas, apresentando potencial para aproveitamento hidrelétrico, inclusive em afluentes. Nessa região, devem ser destacadas as diferenças entre as margens direita e esquerda do rio, que têm reflexos em seu aproveitamento econômico. A margem esquerda é mais úmida, com vegetação de Savana (Cerrado) perenifólia, rios perenes, aquíferos sedimentares, com extensos chapadões (Noroeste de Minas e Oeste da Bahia) e intensa atividade agropecuária. A margem direita é de domínio típico do semi-árido, com baixas precipitações, rios intermitentes e vegetação de Savana Estépica (Caatinga), com diversos trechos de Tensão Ecológica e Florestas Deciduais, apresentando limitações severas às atividades agropecuárias convencionais. O médio São Francisco, a partir de Pirapora, corresponde ao trecho navegável do rio, que se estende para jusante até as cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA.
- Sub-médio São Francisco - compreende o trecho entre a barragem de Sobradinho e Belo Monte, em Alagoas, considerando o atual critério de divisão fisiográfica. É uma área de topografia ondulada e clima tipicamente de semi-árido, com precipitações escassas (total médio anual de 693 mm) e distribuídas irregularmente. A Savana Estépica (Caatinga) é a vegetação predominante na região, que inclui o vale do Rio Moxotó. Nesse trecho o rio concentra sua capacidade de geração de energia hidrelétrica, estando nele localizados os maiores projetos públicos de irrigação em operação no Vale do São Francisco, além dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Itaparica, Moxotó e Paulo Afonso.
- Baixo São Francisco: compreende as áreas situadas a partir de Belo Monte até a foz do rio, em Sergipe e Alagoas. O clima enquadra-se na classificação de tropical semi-úmido, com total anual médio de precipitação alcançando 957 mm, mas com distribuição espacial irregular, com as chuvas se concentrando na faixa litorânea. A vegetação no trecho mais alto é de Savana Estépica (Caatinga) e, na região costeira, predomina a Floresta Semidecidual de domínio atlântico e formações pioneiras (mangues) de influência flúvio-marinha.

5.3.1.4 COBERTURA VEGETAL

Em termos gerais, a bacia do rio São Francisco enquadra-se em duas grandes formações: o complexo do Brasil Central e o complexo da Caatinga (RIZZINI, 1963). Posteriormente, o Projeto RADAM desenvolveu uma nova classificação fitogeográfica, onde a vegetação ocorrente na área da bacia se enquadra nas regiões ecológicas da Savana (Cerrados e Campos) e da Estepe (Caatinga), sendo observadas ainda formações que se enquadram na região da Floresta Estacional Decidual (Floresta Caducifólia), áreas com Formações Pioneiras (influência fluvial) e áreas de Tensão Ecológica, (VELOSO e GOES-FILHO, 1982). Esta classificação fitogeográfica foi aperfeiçoada e detalhada pelo IBGE (1991), e aqui adotada para descrever a cobertura vegetal da bacia do São Francisco.

Para as quatro regiões fisiográficas da bacia do rio São Francisco, a cobertura vegetal é a seguinte:

- Alto São Francisco - Savana Gramíneo-Lenhosa e Savana Arborizada (Cerrado), predominantes na sua maior extensão; região bastante antropizada, especialmente por pastagens e, em menor escala, por atividades agrícolas. Áreas de Tensão Ecológica (Savana-Floresta Estacional), em especial ao longo do vale do rio Indaiá, também bastante antropizadas. Floresta Estacional Semidecidual, em especial no alto curso dos rios Paraopeba (MG) e das Velhas (MG), em sua maioria sob forte ação antrópica ou recobertas de vegetação secundária em função do extrativismo vegetal (lenha e carvão vegetal). No alto curso do rio Jequitai (MG – Serra do Cabral), observam-se ainda áreas de Refúgio Montano.
- Médio São Francisco - na porção superior dessa região, em especial ao longo dos vales dos grandes afluentes da margem esquerda do São Francisco (Paracatu – MG, Urucuia – MG, Carinhanha – BA e MG, Corrente – BA e Grande – BA e MG), predominam as formações de Savana Arborizada e Gramíneo-Lenhosa, em intenso processo de antropização ao longo dos rios Paracatu (MG), Preto (MG) e Grande (BA e MG), e, em menor escala, nos vales do Urucuia (MG), Pardo (MG) e Formoso (BA). Nessa região, observam-se também manchas de Tensão Ecológica (Savana-Floresta Estacional). A Floresta Estacional Decidual Montana (mata seca) ocorre em porção significativa da área, em especial ao longo do vale do rio Verde Grande, na área conhecida como Jaíba (MG), margem direita, e entre a cidade de Januária (MG) e o rio Carinhanha (BA e MG).

Na parte inferior dessa região, o mosaico da vegetação é mais heterogêneo, ainda predominando a Savana Arborizada e Gramíneo-Lenhosa na área oeste (margem esquerda). As áreas de Tensão Ecológica (Savana Estépica-Floresta Estacional) são mais freqüentes, assim como as formações de

Florestas Estacionais Deciduais, em grande parte antropizadas ou com ocorrência de formações secundárias em função do extrativismo.

A partir de Bom Jesus da Lapa (BA), as formações de Savana Estépica (Caatinga) tornam-se mais freqüentes, predominando em praticamente todo o entorno da barragem de Sobradinho. Nessas áreas, a Savana Estépica Florestada, Arborizada e Parque se alternam, condicionadas pelas características dos solos. O nível de antropização é bastante alto, levando à descaracterização das áreas.

- Sub-médio São Francisco - também nessa região predomina a Savana Estépica (Caatinga) nas suas diversas gradações (Florestada, Arborizada, Parque), com pequenos trechos de Tensão Ecológica (Savana, Savana Estépica e Floresta Estacional). O uso antrópico é intenso, em especial ao longo do vale do rio Moxotó (AL).
- Baixo São Francisco - a partir de Paulo Afonso (BA), embora ainda predomine a formação de Savana Estépica até a foz do rio Ipanema (AL), as áreas de Tensão Ecológica (Savana Estépica – Floresta Estacional), com manchas de Floresta Estacional Semidecidual a partir de Propriá (SE), são mais freqüentes e, à medida que o São Francisco aproxima-se de sua foz, ocorrem as Formações Pioneiras de influência flúvio-marinha, que formam os manguezais. As atividades antrópicas são bastante intensas, até como consequência histórica da ocupação territorial da faixa litorânea.

A partir desta descrição, pode-se dizer que a bacia do rio São Francisco é dominada lato sensu por dois grandes biomas: o Cerrado e a Caatinga, com suas diversas gradações relativas à densidade da cobertura vegetal. As exceções ocorrem nos altos cursos de suas cabeceiras, basicamente as nascentes dos rios Paraopeba e das Velhas, em Minas Gerais, onde predomina a Floresta Estacional Semidecidual, e a região de sua foz, na divisa dos Estados de Sergipe e Alagoas, onde ocorrem as Formações Pioneiras (Manguezais), de influência flúvio-marinha e, ao longo da faixa litorânea, as formações de Floresta Estacional Semidecidual, pertencentes ao domínio Atlântico.

As ocorrências interioranas de Floresta Estacional Decidual (Mata Seca) e as áreas de Tensão Ecológica, entre essas formações e as Savanas dominantes, estão mais relacionadas às variações pedológicas, em especial a solos litólicos e câmbicos, afloramentos de calcário e a áreas também de terrenos calcários onde ocorrem disjunções florestais, como na região do Jaíba, no Norte de Minas Gerais, com composições florísticas complexas, com ecótipos savanícolas e florestais deciduais.

5.3.2 RECURSOS HÍDRICOS

5.3.2.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

a) Introdução

A avaliação da disponibilidade hídrica da bacia do Rio São Francisco foi feita a partir de estudos recentemente (2003-2004) realizados pelo ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, com acompanhamento e supervisão da ANA – Agência Nacional de Águas, da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e do MME – Ministério de Minas e Energia, cujo objetivo foi a determinação das séries de vazões naturais afluentes aos aproveitamentos hidrelétricos da bacia, tanto os já existentes quanto aqueles programados para entrada em operação até 2007. Os resultados desses estudos foram incorporados ao “Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco”, documento elaborado em versão preliminar pela ANA, atualmente em fase de análise pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco.

A metodologia empregada nos estudos elaborados pelo ONS encontra-se consolidada em “ONS – THEMAG/AQUAVIA – Metodologia e Critérios de Reconstituição das Séries de Vazões Naturais da Bacia do rio São Francisco, janeiro de 2004”, tendo sido os resultados dos estudos cedidos ao Ministério de Integração pelo ONS, exclusivamente para emprego no presente EIA. Os estudos realizados pelo ONS foram acompanhados e supervisionados pela ANA, ANEEL e Ministério de Minas e Energia.

Entende-se por série de vazões naturais a série fluviométrica que seria observada em um determinado local do rio São Francisco caso a bacia hidrográfica não estivesse sujeita à ação antrópica, ou seja, caso a bacia se encontrasse em suas condições originais.

Para a determinação das séries naturais foi necessário identificar e quantificar os diversos usos consuntivos da água ao longo do registro histórico de dados, de forma a permitir a re-incorporação das vazões retiradas à série observada. Foram considerados nos estudos realizados os usos consuntivos mais significativos, a saber:

- Consumo humano;
- Consumo animal;
- Consumo industrial; e
- Irrigação.

Além disso, foi necessário eliminar das séries observadas os desvios causados pela operação dos grandes reservatórios existentes na bacia, desfazendo os efeitos da regularização de vazões, do amortecimento de cheias e também da perda de água no espelho d'água devido à evaporação líquida. Entende-se por evaporação líquida a diferença entre o volume de água que evapora da superfície do reservatório e o volume que seria perdido na mesma superfície devido à evapotranspiração. Trata-se, portanto, da perda adicional de água para a atmosfera causada pela presença do reservatório.

A vantagem de se trabalhar com séries naturais no lugar de séries observadas é que fica mais fácil a construção de cenários futuros de desenvolvimento, seja pelos acréscimos de demandas hídricas projetadas, seja pela introdução de novos empreendimentos, como reservatórios de regularização.

Outra vantagem do emprego de séries naturais é que a comparação entre os deflúvios de diferentes períodos passa a ser direta, pois os efeitos das retiradas de água para fins diversos ou das perdas provocadas pelas ações antrópicas são eliminados. Por exemplo, quando se comparam os deflúvios observados a jusante de Sobradinho no início da década de 1950, que foi um período de vazões muito baixas, com os deflúvios observados nos últimos anos (também muito baixos) pode-se ter uma impressão distorcida da importância dessas estiagens recentes no contexto histórico conhecido, pois as demandas hídricas para irrigação e abastecimento e as perdas por evaporação nos reservatórios afetaram significativamente as vazões dos últimos anos. O emprego das séries naturais, todavia, elimina esta distorção.

O principal produto dos estudos realizados pelo ONS foi um conjunto de séries fluviométricas naturais diárias e mensais, para todos os locais associados aos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio São Francisco, já que o trabalho se destinava exclusivamente a atualizar e aperfeiçoar a base de dados empregada nos estudos de Planejamento da Expansão e Programação da Operação do Sistema Interligado Nacional – SIN.

Ainda neste ano de 2004, no âmbito do Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, desenvolvido por ANA/GEF/PNUMA/OEA, como parte do trabalho relacionado ao subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013), foi elaborada pela ANA a Nota Técnica “Disponibilidade Hídrica Quantitativa e Usos Consuntivos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco”, fornecida pela ANA ao Ministério da Integração Nacional, juntamente com a documentação do Plano, para utilização na elaboração do presente EIA.

O trabalho de referência para o desenvolvimento da referida Nota Técnica pela ANA foi o mesmo estudo elaborado pelo ONS, já referenciado. No entanto, tendo

em vista a maior abrangência dos objetivos perseguidos pela ANA em seu trabalho, foi dedicado maior esforço na caracterização da distribuição espacial dos recursos hídricos na bacia. Além disso, foi feita também uma caracterização das reservas de água subterrânea da bacia, permitindo uma análise mais completa das disponibilidades hídricas. Portanto, esse trabalho foi tomado como base para a presente análise.

b) Unidades Hidrográficas da Bacia do São Francisco

As quatro sub-regiões fisiográficas da bacia do rio São Francisco, já apresentadas anteriormente, foram divididas, para fins de planejamento, em trinta e quatro unidades hidrográficas, como mostra o Quadro 5.3.2.1-1, a seguir.

QUADRO 5.3.2.1-1 – UNIDADES HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

UNIDADES HIDROGRÁFICAS	Área	% da área
	(km ²)	da região
Afluentes mineiros do Alto São Francisco	14.205	14
Rio Pará	12.262	12
Rio Paraopeba	12.090	12
Entorno da represa de Três Marias	18.707	19
Rio das Velhas	28.084	28
Rio de Janeiro e Rio Formoso	6.041	6
Rio Jequitaiá	8.671	9
Alto São Francisco	100.060	16*
Total a montante	100.060	16*
Alto Rio Preto	3.513	1
Rio Paracatu	41.528	10
Rio Pacuí	10.417	3
Rio Urucuia	26.047	7
Rio Verde Grande	27.034	7
Rios Pandeiros, Pardo e Manga	24.480	6
Rio Carinhanha	16.856	4
Rio Corrente	47.307	12
Alto Rio Grande	33.456	8
Médio e Baixo Rio Grande	50.084	13
Rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	48.454	12
Rios Verde e Jacaré	36.095	9
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	33.445	8
Médio São Francisco	398.716	63*
Total a montante	498.775	79*
Rio Salitre	15.091	14
Rio Pontal	7.795	7
Rio Garças	6.486	6
Rio Curaçá	12.588	11
Rio Brígida	13.668	12

UNIDADES HIDROGRÁFICAS	Área	% da área
	(km ²)	da região
LOCAL DA CAPTAÇÃO DO EIXO NORTE	528.147	87*
Rio Terra Nova	7.299	7
Rio Macururé	13.778	12
Rio Pajeú	19.500	18
LOCAL DA CAPTAÇÃO DO EIXO LESTE	594.980	94*
Rio Moxotó	9.815	9
Rio Curitiba	3.200	3
Talhada	1.260	1
Submédio São Francisco	110.481	17*
Total a montante	609.256	96*
Alto Rio Ipanema	6.844	27
Baixo Ipanema e Baixo São Francisco	11.909	47
Baixo São Francisco em Sergipe	6.771	26
Baixo São Francisco	25.524	4*
São Francisco	634.781	100*

* as parcelas das áreas drenadas pelo próprio rio São Francisco são referidas à área total da bacia hidrográfica.

Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco

Percebe-se, analisando este Quadro, que as duas captações do Projeto de Integração situam-se no trecho do Sub-médio São Francisco, em locais que drenam a maior parte da bacia hidrográfica: 83% no caso do Eixo Norte e 94% no caso do Eixo Leste.

Os dois maiores reservatórios de regularização existentes na bacia encontram-se também a montante das captações. O reservatório de Três Marias regulariza o regime fluvial de uma área de 50.732 km², cerca de 8% da área total da bacia, enquanto que o reservatório de Sobradinho regulariza o regime de uma área de 498.774 km², nela incluída a área de Três Marias, cobrindo 79% da área total da bacia.

A Figura 5.3.2.1-1 ilustra a localização destas unidades hidrográficas. Toda a disponibilidade hídrica da bacia, apresentada a seguir, baseada nos estudos realizados pela ANA para o Plano Decenal da Bacia, é referida a estas unidades.

FIGURA 5.3.2.1-1 – UNIDADES HIDROGRÁFICAS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

c) Disponibilidade Hídrica Superficial

c.1) Vazões Naturais

O projeto "Revisão das Séries de Vazões Naturais da Bacia do Rio São Francisco", desenvolvido pelo ONS, estabeleceu as séries de vazões naturais nos locais dos aproveitamentos hidrelétricos de maior interesse ao setor elétrico, quais sejam, Três Marias, Queimado, Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso e Xingó, para o período compreendido entre 1931 e 2001.

Os dados básicos empregados na definição dessas séries, listados no Quadro 5.3.2.1-2, a seguir, foram as séries fluviométricas disponíveis na bacia e os dados diários operativos das usinas hidrelétricas (vazões turbinadas e vertidas e níveis d'água dos reservatórios).

QUADRO 5.3.2.1-2 – DADOS BÁSICOS EMPREGADOS NA RECONSTITUIÇÃO DAS SÉRIES NATURAIS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Postos e Usinas	Rio	Área de Drenagem (km ²)	Período de Dados
Porto Pará	Pará	11.280	A partir de maio de 1939 com falhas; a partir de out. 1952 com falhas somente em 1964.
Porto Mesquita	Paraopeba	10.216	A partir de 1/1/1957. Sem falhas a partir de 1/8/1977.
Porto das Andorinhas	São Francisco	13.828	A partir de junho 1955.
Barra do Paraopeba	São Francisco	42.897	De 1/6/1939 a 30/9/1958.
Porto Indaiá	Indaiá	2.234	A partir de abril de 1977.
Pontal do Borrachudo	São Francisco	50.781	Entre 1952 e 1956.
UHE Três Marias	São Francisco	50.732	-Níveis d'água do reservatório a partir de 1/1/1963. Vazões defluentes a partir de 1/1/1976.
Três Marias	São Francisco	50.781	A partir de janeiro de 1957.
Pirapora	São Francisco	62.012	A partir de janeiro de 1924.
UHE Queimado	Preto	3.760	Operação iniciada em 2003.
Fazenda Limeira	Preto	3.925	A partir de Abril de 1974.
Santo Antonio do Boqueirão	Preto	5.939	A partir de agosto 1965.
Morpará	São Francisco	344.805	A partir de novembro de 1945.
Boqueirão	Grande	69.150	A partir de setembro de 1933.
UHE Sobradinho	São Francisco	499.084	Níveis d'água do reservatório e vazões defluentes a partir de 1/1/1977.
Juazeiro	São Francisco	515.613	A partir de dezembro de 1914.
Ibó	São Francisco	561.213	A partir de janeiro de 1977.
Petrolândia	São Francisco	593.384	A partir de janeiro de 1937.
UHE Itaparica	São Francisco	593.121	Níveis d'água do reservatório e vazões defluentes a partir de 1/1/87

Postos e Usinas	Rio	Área de Drenagem (km ²)	Período de Dados
UHE Moxotó	São Francisco	606.27	Dados incompletos, não utilizados para reconstituição das vazões.
UHE Paulo Afonso IV	São Francisco	606.27	Dados incompletos, não utilizados para reconstituição das vazões.
UHEs Paulo Afonso I, II E III	São Francisco	606.294	Dados incompletos, não utilizados para reconstituição das vazões.
UHE Xingó	São Francisco	610.544	Dados não utilizados para reconstituição de vazões.
Piranhas	São Francisco	610.968	A partir de novembro de 1926.
Pão de Açúcar	São Francisco	615.932	A partir de janeiro de 1931.

Fonte: ONS - Revisão das Séries de Vazões Naturais da Bacia do Rio São Francisco

Como as séries naturais estabelecidas não contemplavam individualmente as 34 unidades hidrográficas definidas no âmbito do Plano Decenal da Bacia, para fins de planejamento dos recursos hídricos, a ANA lançou mão de outros estudos disponíveis, tais como planos diretores de algumas sub-bacias e estudos de regionalização existentes, para estimar a contribuição de cada uma daquelas unidades.

Os valores adotados de disponibilidade hídrica no Plano Decenal da Bacia do Rio São Francisco foram os seguintes:

- A vazão natural com permanência de 95%, para rios sem regularização, que representa a vazão excedida ou igualada em 95% do tempo;
- A vazão regularizada mais o incremento de vazão natural com permanência de 95%, para rios com regularização.

Apenas as duas maiores regularizações existentes na bacia (Três Marias e Sobradinho) foram consideradas nos estudos realizados pela ANA, uma vez que os demais reservatórios não apresentam expressiva capacidade de armazenamento para períodos mais longos (armazenamento interanual).

O Quadro 5.3.2.1-3, a seguir, apresenta os resultados de disponibilidade hídrica, representada pela vazão média e pela vazão **Q 95%** (vazão existente nos rios em pelo menos 95% do tempo), obtidos nos estudos realizados pela ANA para o Plano Decenal da Bacia do rio São Francisco, para todas as unidades hidrográficas da bacia e considerando as vazões naturais sem regularização.

QUADRO 5.3.2.1-3 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Unidades Hidrográficas	Área (km ²)	Precipitação (mm)	Vazão Média (m ³ /s)	Q _{95%} (m ³ /s)	Vazão Específica (l/s/km ²)	
					Média	Q _{95%}
Afluentes mineiros do Alto São Francisco	14.205	1430	222.2	51.1	15.64	3.60
Rio Pará	12.262	1398	168.8	38.8	13.77	3.16
Rio Paraopeba	12.090	1404	171.7	39.5	14.20	3.27
Entorno da represa de Três Marias	18.707	1371	187.8	43.2	10.04	2.31
Rio das Velhas	28.084	1379	365.1	103.7	13.00	3.69
Rio de Janeiro e Rio Formoso	6.041	1170	30.2	5.1	5.00	0.84
Rio Jequitáí	8.671	1213	43.4	7.3	5.01	0.84
Alto São Francisco	100.060	1372	1189.2	288.7	11.88	2.89
Total a montante	100.060	1372	1189.2	288.7	11.88	2.89
Alto Rio Preto	3.513	1463	39.3	11.8	11.19	3.36
Rio Paracatu	41.528	1410	394.5	90.7	9.50	2.18
Rio Pacuí	10.417	1174	52.1	8.8	5.00	0.84
Rio Urucuia	26.047	1362	247.4	30.4	9.50	1.17
Rio Verde Grande	27.034	904	39.7	1.6	1.47	0.06
Rios Pandeiros, Pardo e Manga	24.480	1068	122.4	18.4	5.00	0.75
Rio Carinhanha	16.856	1149	160.1	96.1	9.50	5.70
Rio Corrente	47.307	1089	189.2	113.5	4.00	2.40
Alto Rio Grande	33.456	1284	115.4	69.3	3.45	2.07
Médio e Baixo Rio Grande	50.084	1051	149.3	89.6	2.98	1.79
Rios Paramirim, Sto Onofre, Carnaíba	48.454	845	0.4	0	0.01	0.00
Rios Verde e Jacaré	36.095	720	2.3	0.1	0.06	0.00
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	33.445	744	6.7	0.3	0.20	0.01
Médio São Francisco	398.716	1052	1518.8	530.6	3.81	1.33
Total a montante (SOBRADINHO)	498.775	1116	2708	819.3	5.43	1.64
Rio Salitre	15.091	732	3.1	0.7	0.21	0.05
Rio Pontal	7.795	568	2.2	0.5	0.28	0.06
Rio Garças	6.486	550	3.8	0.8	0.59	0.12
Rio Curaçá	12.588	615	2.8	0.6	0.22	0.05
Rio Brígida	13.668	651	14.1	3.1	1.03	0.23
LOCAL DA CAPTAÇÃO DO EIXO NORTE						
Rio Terra Nova	7.299	665	7.8	1.7	1.07	0.23
Rio Macururé	13.778	551	3.1	0.7	0.22	0.05
Rio Pajeú	19.500	922	44	9.7	2.26	0.50
LOCAL DA CAPTAÇÃO DO EIXO LESTE						
Rio Moxotó	9.815	777	11.3	2.5	1.15	0.25
Rio Curitiba	3.200	658	10.6	2.3	3.31	0.72
Talhada	1.260	655	1.4	0.3	1.11	0.24
Submédio São Francisco	110.481	693	104.2	22.9	0.94	0.21
Total a montante	609.256	1039	2812.2	842.2	4.62	1.38
Alto Rio Ipanema	6.844	757	10.3	3.1	1.50	0.45
Baixo Ipanema e Baixo São Francisco	11.909	1003	17.9	5.4	1.50	0.45
Baixo São Francisco em Sergipe	6.771	1082	10.2	3	1.51	0.44
Baixo São Francisco	25.524	957	38.4	11.5	1.50	0.45
São Francisco	634.781	1036	2850.6	853.7	4.49	1.34

Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco

Analisando-se este Quadro percebe-se que a distribuição de deflúvios na bacia do São Francisco mostra um acentuado decréscimo de contribuição específica de montante para jusante, consoante com a distribuição das chuvas sobre a bacia.

Os deflúvios médios e as vazões específicas para o período de 1931 a 2001 (sem considerar as ações antrópicas) indicam que os deflúvios mais elevados ocorrem no estado de Minas Gerais, que abrange Alto São Francisco e parte do Médio Curso. A vazão média do Alto São Francisco, imediatamente a jusante de sua confluência com o Jequitaiá, é de 1189,2 m³/s, correspondendo a um deflúvio específico médio de 11,88 l/s/km². A vazão natural média do Alto São Francisco, produto de cerca de 16% de toda a área da bacia, corresponde a cerca de 42% da vazão natural média na foz.

A partir deste ponto, as contribuições incrementais apresentam valores cada vez menores, de tal forma que a vazão natural média em Sobradinho alcança 2.708 m³/s. Assim, no Médio São Francisco, para um acréscimo de 400.000 km² de área de drenagem houve um ganho de vazão média de apenas 530,6 m³/s, correspondendo a uma descarga específica de 3,81 l/s/km². Neste trecho, os afluentes a jusante dos rios Grande e Corrente são intermitentes.

É importante registrar que a vazão natural média em Sobradinho corresponde a 95% da vazão natural média na foz do rio São Francisco. Pode-se afirmar, portanto, que a produção hídrica da bacia do rio São Francisco se concentra, em quase sua totalidade, a montante de Sobradinho. Essa produção não deve, entretanto, ser confundida com a disponibilidade hídrica, que depende também da regularização de vazões no rio.

A partir de Sobradinho, o regime do rio São Francisco é caracterizado pela baixa alimentação no Baixo e Submédio curso, onde a maioria dos afluentes é intermitente.

Além da clara influência climática na distribuição de deflúvios no rio São Francisco, que pode ser percebida no Quadro 5.3.2.1-3 através da coluna de precipitação média sobre as unidades hidrográficas, diversos estudos apontam também a importância dos escoamentos subterrâneos no regime do rio. Embora existam referências ao papel dos reservatórios subterrâneos na alimentação do rio, não há um conhecimento mais detalhado das condições de funcionamento do sistema subterrâneo. Estudos realizados sobre a região Noroeste de Minas Gerais e levantamentos sobre a situação ambiental, dessa região, confirmam as idéias anteriores sobre a importância dos mananciais subterrâneos na alimentação do rio e destacam a necessidade de desenvolvimento de outros estudos, visando a conservação dos recursos hídricos subterrâneos (CRUZ, 1978). A disponibilidade hídrica subterrânea será abordada no subitem d).

Com base na distribuição de deflúvios apresentada, devem ser enfatizadas as seguintes características:

- as maiores contribuições ao São Francisco provêm do trecho a montante de Carinhanha (BA) – Alto e Médio curso – em Minas Gerais;
- as vazões específicas mostram um contínuo decréscimo para jusante;
- a partir da foz do rio Jequitáí (MG) e, de modo mais acentuado, a partir da foz do rio Corrente (BA), os deflúvios médios apresentam um incremento muito reduzido;
- as contribuições intermediárias atingem valores mínimos no trecho Submédio, sofrendo redução acentuada a partir da região do reservatório de Sobradinho - Barra (BA); e
- a produção hídrica superficial da bacia encontra-se concentrada a montante de Sobradinho.

c.2) Vazões Regularizadas

A disponibilidade hídrica superficial apresentada no subitem precedente foi estabelecida a partir de condições “ideais” da bacia hidrográfica, abstraindo as modificações de disponibilidade e de regime fluvial provocadas pela ação antrópica, concentrada, principalmente, nas retiradas de água para consumo e nas grandes obras de regularização de vazões.

Atualmente, existem na bacia do rio São Francisco quatro reservatórios de regularização de vazões de grande porte, associados aos aproveitamentos de Queimado, no rio Preto, e Três Marias, Sobradinho e Itaparica, no rio São Francisco.

O reservatório de Queimado permite um excelente grau de regularização do regime do rio Preto, mas este efeito, no contexto da bacia do São Francisco, é muito pequeno, podendo ser desconsiderado.

O reservatório de Itaparica também dispõe de um grande volume para regularização, mas sua localização, já no trecho baixo da bacia e a jusante de Sobradinho, faz com que sua interferência no regime intra-anual seja minimizada.

Deste modo, os grandes reservatórios da bacia são Três Marias e Sobradinho, que propiciam grande regularização do regime do rio São Francisco.

Nos estudos elaborados para subsidiar o Plano Decenal da Bacia do São Francisco, a ANA determinou as disponibilidades hídricas das 34 sub-regiões hidrográficas da bacia, considerando os efeitos de regularização dos reservatórios de Três Marias e Sobradinho, admitindo o seguinte critério:

- Para os cursos d'água sem regularização, a disponibilidade hídrica é dada pela vazão natural com permanência de 95%;
- Para cursos d'água que dispõem de regularização a montante, a disponibilidade hídrica é dada pela vazão regularizada somada à vazão incremental com permanência de 95%.

O Quadro 5.3.2.1-4 apresenta os resultados de disponibilidade hídrica obtidos pela ANA, discretizados pelas 34 sub-regiões hidrográficas da bacia do São Francisco.

Neste Quadro foram destacados os locais de maior interesse ao Projeto de Integração, fundamentalmente os pontos de captação dos Eixos Norte e Leste.

As disponibilidades marcadas em negrito correspondem a pontos situados na própria calha do rio São Francisco. Todos estes pontos, a jusante de Três Marias, dispõem de regularização, como pode ser visualizado no Quadro a seguir.

QUADRO 5.3.2.1-4 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Unidades Hidrográficas	Área (km ²)	Precipitação (mm)	Vazão Média (m ³ /s)	Q_95% (m ³ /s)	Dispon. Hídrica (m ³ /s)
Afluentes mineiros do Alto São Francisco	14.205	1430	222.2	51.1	51.1
Rio Pará	12.262	1398	168.8	38.8	38.8
Rio Paraopeba	12.090	1404	171.7	39.5	39.5
Entorno da represa de Três Marias	18.707	1371	187.8	43.2	513
Rio das Velhas	28.084	1379	365.1	103.7	103.7
Rio de Janeiro e Rio Formoso	6.041	1170	30.2	5.1	621.8
Rio Jequitaí	8.671	1213	43.4	7.3	7.3
Alto São Francisco	100.060	1372	1189.2	288.7	629.1
Total a montante	100.060	1372	1189.2	288.7	629.1
Alto Rio Preto	3.513	1463	39.3	11.8	11.8
Rio Paracatu	41.528	1410	394.5	90.7	102.5
Rio Pacuí	10.417	1174	52.1	8.8	740.4
Rio Uruçuia	26.047	1362	247.4	30.4	30.4
Rio Verde Grande	27.034	904	39.7	1.6	1.6
Rios Pandeiros, Pardo e Manga	24.480	1068	122.4	18.4	790.8
Rio Carinhanha	16.856	1149	160.1	96.1	96.1
Rio Corrente	47.307	1089	189.2	113.5	113.5
Alto Rio Grande	33.456	1284	115.4	69.3	69.3
Médio e Baixo Rio Grande	50.084	1051	149.3	89.6	89.6
Rios Paramirim, Sto Onofre, Carnaíba de Dentro	48.454	845	0.4	0	0
Rios Verde e Jacaré	36.095	720	2.3	0.1	0.1
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	33.445	744	6.7	0.3	0.3
Médio São Francisco	398.716	1052	1518.8	530.6	1159.7
Total a montante	498.775	1116	2708	819.3	1159.6

Unidades Hidrográficas	Área (km ²)	Precipitação (mm)	Vazão Média (m ³ /s)	Q _{95%} (m ³ /s)	Dispon. Hídrica (m ³ /s)
JUSANTE DE SOBRADINHO					1815
Rio Salitre	15.091	732	3.1	0.7	1815.7
Rio Pontal	7.795	568	2.2	0.5	1816.2
Rio Garças	6.486	550	3.8	0.8	1817
Rio Curaçá	12.588	615	2.8	0.6	1817.6
Rio Brígida	13.668	651	14.1	3.1	1820.7
LOCAL DA CAPTAÇÃO DO EIXO NORTE					1820.7
Rio Terra Nova	7.299	665	7.8	1.7	1822.5
Rio Macururé	13.778	551	3.1	0.7	1823.1
Rio Pajeú	19.500	922	44	9.7	1832.8
LOCAL DA CAPTAÇÃO DO EIXO LESTE					1832.8
Rio Moxotó	9.815	777	11.3	2.5	1835.3
Rio Curitiba	3.200	658	10.6	2.3	1837.6
Talhada	1.260	655	1.4	0.3	1837.9
Submédio São Francisco	110.481	693	104.2	22.9	1837.9
Total a montante	609.256	1039	2812.2	842.2	1837.9
Alto Rio Ipanema	6.844	757	10.3	3.1	1841
Baixo Ipanema e Baixo São Francisco	11.909	1003	17.9	5.4	1846.4
Baixo São Francisco em Sergipe	6.771	1082	10.2	3	1849.4
Baixo São Francisco	25.524	957	38.4	11.5	1849.4
São Francisco	634.781	1036	2850.6	853.7	1849.4

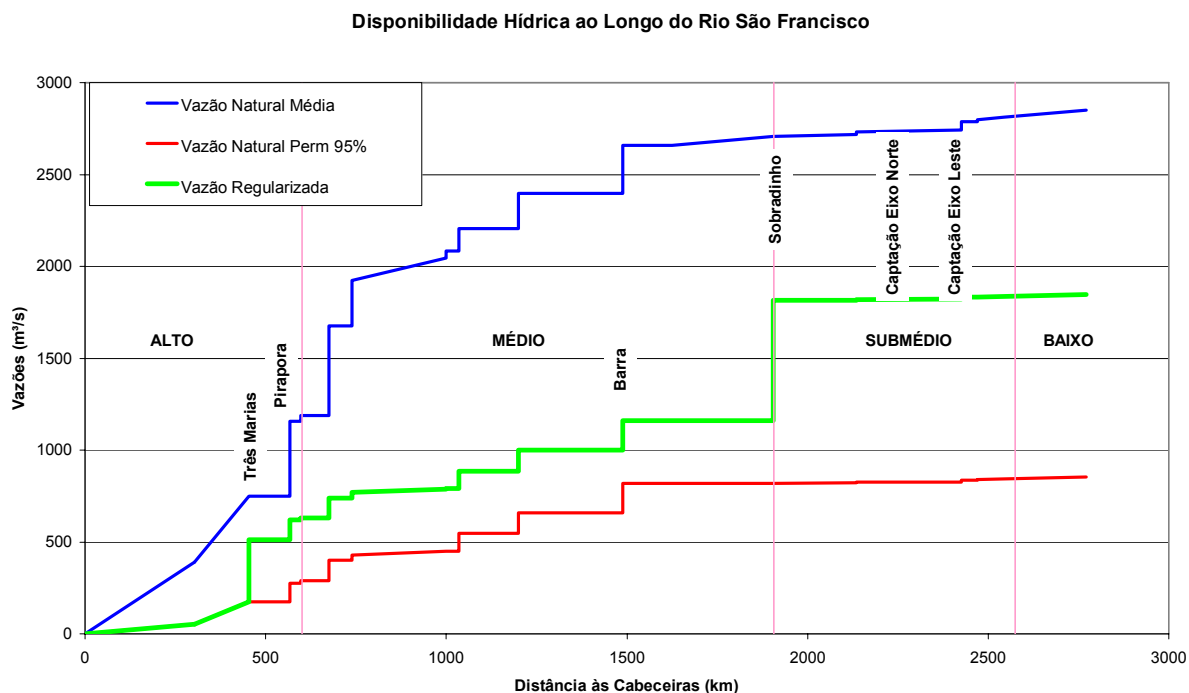
Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco.

Os resultados do Quadro anterior podem ser mais bem visualizados através de um gráfico que mostra a evolução da vazão regularizada ao longo do curso principal do rio São Francisco. A Figura 5.3.2.1-2, a seguir, apresenta este gráfico, que mostra também a evolução das vazões médias e das vazões com permanência de 95%.

Pode-se notar que as contribuições incrementais a jusante da barragem de Sobradinho são muito pequenas, de modo que, para o trecho de interesse ao presente estudo de impacto ambiental, pode-se imaginar que as defluências de Sobradinho representam a totalidade dos recursos hídricos superficiais disponíveis.

É importante observar que no gráfico da Figura 5.3.2.1-2 estão considerados os efeitos das obras de regularização existentes, juntamente com as perdas por evaporação concentradas nas superfícies de cada reservatório, mas não são considerados os efeitos das retiradas de água para usos consuntivos, assunto que será tratado em maior detalhe no item 5.3.2.3 deste EIA. Verifica-se ainda nessa figura que a vazão regularizada a partir da barragem de Sobradinho é cerca de 85% maior do que em Barra/BA, antes do reservatório de Sobradinho.

FIGURA 5.3.2.1-2



Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco.

d) Disponibilidade Hídrica Subterrânea

A caracterização da disponibilidade hídrica subterrânea da bacia do rio São Francisco foi feita com base no estudo realizado pela ANA para subsidiar a elaboração do Plano Decenal de Recursos Hídricos da bacia, material consolidado no relatório "Disponibilidade Hídrica Quantitativa e Usos Consuntivos, Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – ET-01".

As unidades geológicas que compõem a Bacia do São Francisco foram divididas em três domínios aquíferos, em função da forma como as rochas armazenam e transmitem a água. Estes domínios são:

- Fraturado: água está associada à presença de discontinuidades na rocha, responsáveis por uma porosidade secundária associada a falhas, fraturas e diáclases. É representado pelas rochas ígneas e metamórficas;
- Fraturado-Cárstico: água está relacionada à presença de discontinuidades na rocha, como falhas, fraturas e diáclases, associadas a feições de dissolução. Corresponde à região de ocorrência de rochas sedimentares ou metassedimentares associadas a rochas calcárias. A estas últimas estão relacionadas as feições de dissolução;

- Poroso: água está contida entre os grãos que compõem a rocha (porosidade primária). É representado pelas rochas sedimentares.

Em cada domínio aquífero, foram definidos sistemas aquíferos, que correspondem a unidades geológicas com comportamento hidrogeológico semelhante. Para a definição dos sistemas aquíferos, foi utilizado como base, o mapa geológico do Brasil, em escala 1:2.500.000, produzido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM 2001).

A produtividade dos sistemas aquíferos foi baseada, principalmente, nas informações disponíveis no banco de dados de poços da CPRM, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).

A partir das informações dos poços do SIAGAS, os seguintes dados foram organizados por sistema aquífero:

- Tipo de aquífero: poroso ou fraturado, livre ou confinado;
- Caracterização geológica dos sistemas aquíferos: idade das formações geológicas,
- Principais tipos de rochas associadas e espessura;
- Profundidade dos poços;
- Vazão dos poços;
- Capacidade específica dos sistemas aquíferos.
- Para caracterização dos parâmetros profundidade e vazão dos poços, e capacidade específica dos sistemas aquíferos, foram calculados valores médios e percentis de 25 e 75%. Os percentis foram adotados para fornecer intervalos de valores mais significativos para os parâmetros analisados.

Para os sistemas aquíferos em que não havia poços no SIAGAS, foram utilizadas as informações disponíveis nos principais estudos já realizados na bacia.

Foi realizada uma estimativa das reservas exploráveis ou disponibilidades hídricas dos principais sistemas aquíferos da bacia. Para tal, foi inicialmente calculada a área de recarga dos aquíferos e a precipitação média sobre estas áreas.

As reservas hídricas dos aquíferos são divididas em reservas renováveis e permanentes. As reservas reguladoras ou renováveis correspondem ao volume de água armazenada no aquífero acima do nível freático mínimo. Elas correspondem, de forma geral, ao escoamento de base dos rios, ou seja, à contribuição do aquífero para os rios ao longo de um ano hidrológico. As reservas permanentes ou seculares são aquelas que se situam abaixo da variação anual do nível freático.

De forma geral, considera-se que as reservas explotáveis de um aquífero são constituídas por uma parte das reservas reguladoras mais uma pequena fração das reservas permanentes. A definição da porcentagem a ser adotada das reservas reguladoras e permanentes para cálculo da reserva explotável dos aquíferos é matéria de discussão, principalmente diante da dinâmica de fluxo e resposta de cada aquífero à exploração.

No trabalho realizado pela ANA, admitiu-se que as reservas explotáveis corresponderiam a 20% das reservas reguladoras, desconsiderando-se o uso das reservas permanentes. Esta postura conservadora pode ser considerada adequada para uma estimativa regional de aquíferos, permitindo uma certa margem de confiança ao não considerar a depleção do volume de água permanente do aquífero. Este valor também é considerado satisfatório sob o aspecto de manutenção da vazão dos rios, porque considera que apenas 20% do escoamento de base poderiam ser afetados pela captação de água subterrânea.

A partir da definição de domínios aquíferos e dos sistemas aquíferos, que representam unidades geológicas com comportamento hidrogeológico similar, foi elaborado um mapa hidrogeológico da bacia, a partir do qual as reservas explotáveis da bacia foram estimadas em 318,4 m³/s (aproximadamente 0,5 l/s/km²), estando distribuídas de acordo com o apresentado no Quadro 5.3.2.1-5.

QUADRO 5.3.2.1-5 – ÁREA DE RECARGA E RESERVA EXPLOTÁVEL DOS DOMÍNIOS AQUIFEROS

Domínio Aquífero	Área (km ²)	Reserva Explotável (m ³ /s)
Fraturado	215.043	12,7
Fraturado Cárstico	145.145	26,6
Poroso	274.593	279,1
TOTAL	634.781	318,4

Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco

Foi avaliada a distribuição dos sistemas aquíferos nas 34 unidades hidrográficas da bacia, de modo a estimar os valores de reservas hídricas subterrâneas explotáveis em cada unidade. O Quadro 5.3.2.1-6, a seguir, apresenta os resultados obtidos.

QUADRO 5.3.2.1-6 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA – RESERVA EXPLOTÁVEL

Unidades hidrográficas	Área (km ²)	Disponibilidade hídrica subterrânea (m ³ /s)
Afluentes mineiros do Alto São Francisco	14.205	4,2
Rio Pará	12.262	3,1
Rio Paraopeba	12.09	2,3
Entorno da represa de Três Marias	18.707	7,1
Rio das Velhas	28.084	5,6
Rio de Janeiro e Rio Formoso	6.041	4,1
Rio Jequitaiá	8.671	2,6

Unidades hidrográficas	Área (km ²)	Disponibilidade hídrica subterrânea (m ³ /s)
Alto São Francisco	100.06	29
Alto Rio Preto	3.513	1,3
Rio Paracatu	41.528	22,6
Rio Pacuí	10.417	6,7
Rio Urucuia	26.047	15,2
Rio Verde Grande	27.034	11,7
Rios Pandeiros. Pardo e Manga	24.48	19,7
Rio Carinhanha	16.856	17,6
Rio Corrente	47.307	44
Alto Rio Grande	33.456	41,2
Médio e Baixo Rio Grande	50.084	40
Rios Paramirim. Sto Onofre e Carnaíba de Dentro	48.454	17
Rios Verde e Jacaré	36.095	12,1
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	33.445	15,8
Médio São Francisco	398.716	264,9
Rio Salitre	15.091	4,3
Rio Pontal	7.795	1,3
Rio Garças	6.486	0,9
Rio Curaçá	12.588	1,7
Rio Brígida	13.668	1,3
Rio Terra Nova	7.299	0,8
Rio Macururé	13.778	2,1
Rio Pajeú	19.5	3,1
Rio Moxotó	9.815	2,4
Rio Curituba	3.2	0,7
Talhada	1.26	0,1
Submédio São Francisco	110.481	18,7
Alto Rio Ipanema	6.844	0,5
Baixo Ipanema e Baixo São Francisco	11.909	3,2
Baixo São Francisco em Sergipe	6.771	2,1
Baixo São Francisco	25.524	5,8
São Francisco	634.781	318,4

Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco.

5.3.2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação da qualidade de água da Bacia do Rio São Francisco foi realizada tendo em vista os seguintes objetivos:

- possibilitar a realização de prognósticos da qualidade de água nos locais que podem ser afetados pela implantação do Projeto de Integração;

- possibilitar a obtenção de uma base comparativa para avaliação futura de eventuais efeitos do projeto proposto;
- fornecer subsídios para a escolha de alternativas para os diversos usos da água, sobretudo nas bacias dos rios Brígida e Moxotó.

Este trabalho baseou-se na análise das informações disponíveis nos Estudos de Inserção Regional do empreendimento e nos resultados da campanha de coleta de amostras realizada nos rios São Francisco e Brígida, na barragem de Sobradinho e no açude Poço da Cruz, durante o mês de novembro de 1998, envolvendo, basicamente, aspectos referentes ao uso e à qualidade da água.

O diagnóstico foi complementado, ainda, com informações disponíveis no Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), obtidas nos seguintes relatórios: Sub-projeto 1.1B – Determinação da Carga de Nutrientes do São Francisco na Região da Foz; e Sub-projeto 1.4 – Desenvolvimento de um Sistema de Monitoria da Qualidade da Água no Submédio São Francisco. Foram considerados também as informações constantes no Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013), cuja versão preliminar foi recentemente concluída, onde são disponibilizados dados das redes de monitoramento da ANA e dos Estados da Bahia (Centro de Recursos Ambientais - CRA, 2001), Minas Gerais (Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM, 2002a-e) e Pernambuco (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH, 2002).

a) Aspectos Metodológicos

Visando estabelecer os aspectos metodológicos para a caracterização da qualidade de corpos d'água da bacia do rio São Francisco, definiram-se:

- critérios de avaliação com base na legislação e em estudo realizado na região, para a escolha de padrões de qualidade de água;
- parâmetros representativos que permitissem a obtenção, de forma objetiva, de informações e uma avaliação eficiente do estado atual da qualidade física e química das águas analisadas;
- critérios para realização de amostragem dos corpos d'água estudados.

Durante as análises, foram consultados os trabalhos e estudos recentes disponíveis, visando realizar comparações e complementação de dados.

a.1) Padrões de Qualidade da Água

A qualidade da água está diretamente relacionada às necessidades específicas do usuário. Uma água considerada de boa qualidade para irrigação pode ser inaceitável para consumo humano, devido à sua elevada carga de sedimentos. Da

mesma forma, as águas de degelo, de excelente potabilidade, podem ser muito corrosivas para determinado uso industrial. Apesar de se observar que usos específicos requerem diferentes critérios de qualidade, define-se, de forma geral, que uma determinada água é considerada de boa qualidade quando produz bons resultados e causa menos problemas. Nesse sentido, para se avaliar a qualidade da água, há que se analisar uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas associadas ao uso definido.

Por outro lado, a avaliação da qualidade de um corpo d'água é feita usualmente graças à aplicação de "critérios". Esses critérios, estabelecidos cientificamente, associam determinados parâmetros, de regulamentação e controle, aos impactos sobre a saúde e o bem-estar dos seres humanos, em termos de comprometimento do consumo, das características estéticas e das atividades recreativas e de lazer, e sobre os ecossistemas aquáticos, em termos de comprometimento de sua flora e fauna.

Para o trabalho em questão, buscou-se definir critérios numéricos e qualitativos, visando à preservação dos corpos d'água estudados, principalmente, o uso de suas águas para o consumo e para a irrigação.

Dessa forma, considerou-se neste estudo a legislação brasileira que define, quantifica e explica o sistema de classificação das águas no país, no caso a Resolução CONAMA 20/86, e os critérios para a agricultura irrigada, definidos no trabalho "Qualidade da Água na Agricultura" (AYERS, 1987 - Universidade Federal da Paraíba/FAO).

A Resolução CONAMA 20/86 define que as águas doces brasileiras devem ser classificadas de acordo com o uso a que estão destinadas. Para o caso em questão, pode-se dizer que os açudes e rios da bacia do rio São Francisco estudados são classificados em relação aos seus usos potenciais, sendo suas águas apropriadas para:

- abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- proteção das comunidades aquáticas;
- recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Assim, os corpos d'água estudados se enquadram no padrão Classe 2, conforme abordado no sub-item **f)** adiante, sendo utilizados os parâmetros dessa Classe para avaliar a qualidade de suas águas. No Quadro 5.3.2.2-1, a seguir, são

apresentados os parâmetros de avaliação da qualidade da água, de acordo com as diferentes classes descritas para água "doce".

QUADRO 5.3.2.2-1 – RESOLUÇÃO CONAMA 20/86 – PADRÕES DE QUALIDADE PARA CORPOS D'ÁGUA DOCE

PARÂMETRO	UNIDADE	CLASSE			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Turbidez	UNT	40	100	100	
Oxigênio Dissolvido	mg/l	6	5	4	2
Fosfato Total	mg/l PO ₄	0,025	0,025	0,025	-
Nitrito	mg/l NO ₂	1,0	1,0	1,0	-
Nitrato	mg/l NO ₃	10	10	10	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/l N/NH ₃	-	-	1,0	-
Ferro	mg/l Fe	0,3	0,3	5,0	-
Chumbo	mg/l Pb	0,03	0,03	0,05	-
Níquel	mg/l Ni	0,025	0,025	0,025	-
Zinco	mg/l Zn	0,18	0,18	5,0	-
Cloreto	mg/l Cl	250	250	250	-
Sulfato	mg/l SO ₄	250	250	250	-
Sólidos Totais em Suspensão	mg/l	500	500	500	-
Coliformes	NMP / 100 ml	1000	5000	20.000	-

Já a avaliação da qualidade da água para uso na irrigação está baseada na experiência nacional e mundial atual, havendo uma preocupação constante com relação aos problemas que ocorrem após esse uso, sendo esses aspectos determinantes para a adaptabilidade da água à irrigação.

Esses problemas variam em tipo e intensidade, bem como dependem do solo, do clima e do manejo utilizado. De fato, a determinação da qualidade de água para a irrigação está relacionada às condições de acumulação dos sais e seus efeitos nos rendimentos das culturas, além dos problemas nos solos, normalmente relacionados à salinidade, velocidade de infiltração da água e toxicidade, dentre outros.

Adotaram-se, como referência, os padrões de classificação da qualidade da água para irrigação, definidos por AYERS (1987). Esses padrões são aplicados na avaliação da salinidade, relação de adsorção de sódio (RAS) e nitratos que, por sua vez, são considerados essenciais para o desenvolvimento da agricultura irrigada. O objetivo principal das análises foi a avaliação dos constituintes da água superficial, água subterrânea, água de drenagem, esgotos e outras águas residuais. É importante ressaltar que os padrões adotados são conservativos e se referem aos efeitos ao longo prazo da qualidade da água sobre as culturas, considerando, principalmente, as condições do tipo de solo e o manejo agrícola. Esses padrões encontram-se relacionados no Quadro 5.3.2.2-2, a seguir.

QUADRO 5.3.2.2-2 – VALORES NORMAIS DOS ELEMENTOS NA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Valores normais em água de irrigação
Salinidade			
Condutividade	CE	µmhos/cm	0 - 3000
Cátions e Ânions			
Cálcio	Ca ⁺⁺	meq/l	0 - 20
Magnésio	Mg ⁺⁺	meq/l	0 - 5
Sódio	Na ⁺	meq/l	0 - 40
Cloreto	Cl ⁻	meq/l	0 - 30
Sulfatos	(SO ₄) ⁻⁻	meq/l	0 - 20
Nutrientes			
Nitrato – Nitrogênio	(NO ₃) ⁻ - N	mg/l	0 - 10
Amônia – Nitrogênio	(NH ₄) ⁺ - N	mg/l	0 - 5
Fosfato – Fósforo	(PO ₄) ⁻³ - P	mg/l	0 - 2
Potássio	K ⁺	mg/l	0 - 2
Relação de Adsorção de Sódio	RAS	(mmol/l) ^{1/2}	0 - 15

Fonte: Ayers(1987)

Para a elaboração do Quadro 5.3.2.2-2, que apresenta os valores considerados normais para os elementos presentes na água de irrigação, as faixas relativas às restrições para o uso foram determinadas a partir de suposições básicas considerando o rendimento potencial máximo de cada cultura, as condições do lugar em termos de qualidade dos solos e as restrições de uso, para nenhuma, ligeira a moderada e severa restrição.

Como restrição ao uso das diretrizes apresentadas, pode-se dizer que as mesmas não contemplam a avaliação de substâncias especiais ou pouco comuns, como pesticidas e elementos orgânicos que, em certos casos, estão contidos em algumas águas residuais. Os valores indicados podem ser aplicados em condições normais de campo, na maior parte das áreas irrigadas nas regiões áridas e semi-áridas.

Um outro aspecto avaliado foi a dureza da água. Para esse aspecto, não há evidências de que possa causar problemas sanitários. Sua concentração normalmente é resultado da dissolução de alcalinos terrosos do solo e das rochas ou provêm da poluição direta. A dureza, em altos índices, produz incrustação, sabor desagradável e efeitos laxativos. A água destinada especificamente ao abastecimento público pode ter a seguinte classificação quanto à dureza, segundo SPERLING (1996):

Intervalo (mg/l CaCO ₃)	Classificação da Água
< 15	mole
15 a 150	moderadamente dura
150 a 300	dura
>300	muito dura

a.2) Seleção de Parâmetros

Com base nas considerações anteriores, foram adotados, para análise, os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos que pudessem demonstrar evidências de contaminação por efluentes domésticos e uso de defensivos agrícolas, sendo, por isso, determinantes para avaliação da qualidade de água dos açudes e rios da bacia do São Francisco estudados.

Os parâmetros foram escolhidos com base na Resolução CONAMA 20/86 e nas Diretrizes para a Caracterização das Águas para Irrigação. Foram adotados, também, outros parâmetros complementares, como a temperatura da água, demanda química de oxigênio (DQO), dureza, sólidos dissolvidos totais (SDT), sílica (SiO₂), por serem considerados importantes na caracterização do nível de poluição e dos fenômenos associados à perda de qualidade da água. Os parâmetros escolhidos foram:

- temperatura da água;
- pH;
- condutividade elétrica;
- oxigênio dissolvido (OD);
- turbidez;
- demanda química de oxigênio (DQO);
- amônia, nitrito e nitrato;
- fosfato;
- dureza;
- sólidos totais em suspensão;
- sólidos dissolvidos totais (SDT)
- sulfato;
- alcalinidade;
- sílica;
- ferro;
- chumbo;
- níquel;
- zinco;
- sódio;
- potássio;
- cálcio;

- magnésio;
- cloreto;
- coliformes.

a.3) Amostragem

A realização de amostragem para avaliar a qualidade da água dos rios e reservatórios na bacia do São Francisco estudados considerou:

- proximidade a centros urbanos, em função do uso do solo e da água;
- características hidráulicas do trecho;
- existência de estações fluviométricas;
- facilidade de acesso e de coleta de amostras.

Os locais de amostragem foram escolhidos visando caracterizar o trecho do rio a jusante, de forma a subsidiar os estudos de variação da qualidade de suas águas, e, no açude Poço da Cruz, no local onde a água é retirada para o consumo.

Para a barragem de Sobradinho a amostragem foi feita em dois pontos: o primeiro próximo ao ponto de captação de água para abastecimento da cidade de Casa Nova, e o segundo no meio do reservatório, entre as cidades de Sobradinho e Casa Nova.

No que se refere à coleta das amostras propriamente dita, foram adotados os seguintes procedimentos:

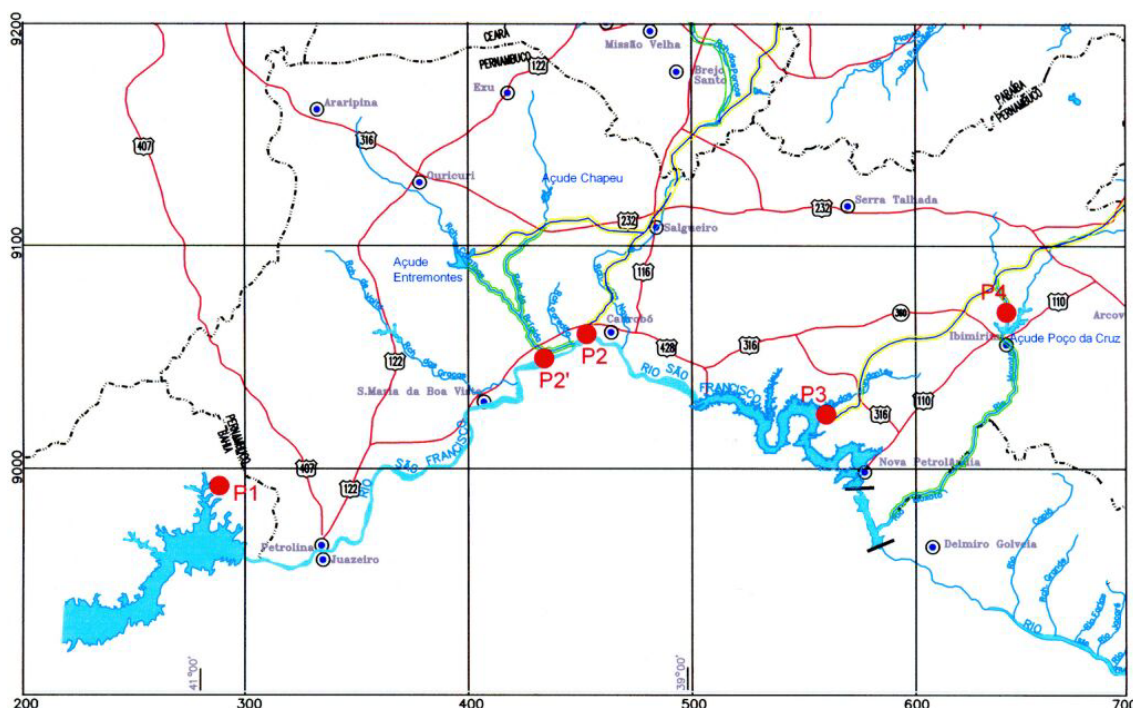
- foi feita apenas uma campanha de coleta de amostras;
- foram escolhidos 6 (seis) pontos para coleta de amostras, nos rios São Francisco e Brígida, no açude Poço da Cruz e na barragem de Sobradinho (Quadro 5.3.2.2-2);
- todas as coletas foram realizadas a 30 cm da superfície;
- no período de coleta, nos rios que estavam praticamente secos, por vezes, as amostras foram coletadas nos lagos formados com as águas desses rios;
- pH, temperatura e condutividade foram analisados "in loco";
- as amostras coletadas foram enviadas ao Laboratório do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal da Paraíba - UFPB para a análise dos demais parâmetros pertinentes;
- as análises foram realizadas de acordo com o "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", da APHA, 1995.

QUADRO 5.3.2.2-3 – PONTOS DE AMOSTRAGEM

Bacia	Corpo d'água	Local	Estado	Ponto
SÃO FRANCISCO	Barragem de Sobradinho	Próximo ao ponto de captação de água para o abastecimento da cidade de Casa Nova.	BA	P1
		No meio do reservatório, entre as cidades de Sobradinho e Casa Nova.		P1'
	Rio São Francisco	Aproximadamente 15 km a jusante da cidade de Orocó.	PE	P2
	Rio Brígida	6 km a montante da cidade de Orocó.		P2'
	Rio São Francisco	Aproximadamente 33 km a jusante da cidade de Floresta, na Barragem de Itaparica.		P3
	Açude Poço da Cruz	Primeiro acesso ao açude a partir da cidade de Ibimirim.		P4

A Figura 5.3.2.2-1, a seguir, apresenta a localização dos pontos de coleta. Nota-se que os pontos de amostragem P2 e P3 são representativos dos locais de captação do Eixo Norte e do Eixo Leste, respectivamente, do Projeto de Integração.

FIGURA 5.3.2.2-1 – PONTOS DE AMOSTRAGEM NA BACIA DO SÃO FRANCISCO



b) Qualidade de Água na Região Estudada

Conforme ressaltado, na introdução desse item, a bacia do rio São Francisco participa do Projeto de Integração na qualidade de bacia doadora, ao fornecer recursos hídricos do rio São Francisco para incrementar a gestão das águas no Nordeste Setentrional, mas também como bacia receptora de parte desses

recursos, que são incorporados aos açudes existentes nas sub-bacias dos rios Brígida e Moxotó. O rio São Francisco tem fluxo perene e apresenta, no trecho onde se situam as captações do Projeto de Integração, um alto grau de regularização de vazões, em decorrência dos reservatórios de regularização construídos, principalmente Três Marias e Sobradinho, situados a montante. As sub-bacias dos rios Brígida e Moxotó, por sua vez, situam-se na parte semi-árida da bacia do São Francisco, apresentando regime fluvial semelhante ao das bacias receptoras no Nordeste Setentrional.

Dentre os diversos fatores que influenciam a qualidade das águas na bacia do São Francisco, foi identificado que, predominantemente, os corpos d'água dessa região são utilizados como receptores finais dos esgotos, sem tratamento prévio, e dos pesticidas utilizados nos campos agrícolas, normalmente carregados pela lixiviação.

Para as sub-bacias do Brígida e Moxotó, especificamente, associados a esses efeitos negativos sobre a qualidade das águas, gerados pelas atividades antrópicas, interferem também as condicionantes físicas e climatológicas reinantes, representadas tanto pelos aspectos geomorfológicos, geológicos e de formação de solos, como pela escassez e a má distribuição da pluviosidade, que acarretam a intermitência da maioria dos cursos d'água.

Os estudos realizados, apresentados a seguir, procuraram caracterizar a qualidade da água dos corpos hídricos da bacia do São Francisco, considerando as especificidades mencionadas acima.

b.1) Estudos Existentes

O fluxo de água apresenta características dinâmicas no tempo e no espaço. As campanhas de amostragens para verificação de sua qualidade na época chuvosa, ou de estiagem, podem apresentar resultados diferenciados, dificultando com isso os processos de análises. Associados aos regimes pluviométricos, muitos outros fatores atuam sobre a qualidade da água, modificando seus elementos constituintes através de ações físicas, químicas e biológicas. Dessa forma, os estudos sobre a qualidade das águas, realizados em um espaço temporal remoto, não possuem a consistência necessária para se analisar a condição atual da qualidade da água de um determinado corpo d'água.

O trabalho realizado no âmbito dos Estudos de Inserção Regional do Projeto de Integração do São Francisco com o Nordeste Setentrional, em 1988-1999, que analisou a qualidade do rio São Francisco, nas proximidades da cidade de Orocó (PE), juntamente com outros rios e açudes da bacia, foi adotado como primeira referência na análise da qualidade das águas do São Francisco.

Nesse trabalho, no período de novembro de 1998 a fevereiro de 1999, foi realizada uma campanha para coleta de amostras de água visando à realização de análises físicas, químicas e bacteriológicas das águas dos açudes que receberão as águas transpostas. Foram realizadas análises enfocadas na utilização da água para irrigação, potabilidade, uso industrial e dessedentação de animais.

A localização dos pontos amostrados foi determinada em função das características dos reservatórios, buscando-se sempre pontos nas proximidades da tomada d'água, parede ou barramento propriamente dito, vertedouro e contribuintes (alimentadores) principais.

Alguns dos resultados obtidos no trabalho citado serão apresentados e discutidos posteriormente.

b.2) Estudos Realizados nos Rios e Açudes do Projeto de Integração

Em novembro de 1998, foi realizada uma campanha de coleta de amostras nos principais rios e açudes do Projeto de Integração, visando analisar a qualidade da água desses corpos hídricos.

Para atender às necessidades da caracterização e acompanhamento da qualidade das águas, foram escolhidos 6 (seis) pontos de amostragem, em rios e açudes localizados na bacia do rio São Francisco, incluídas as sub-bacias dos rios Brígida e Moxotó.

Nos rios São Francisco e Brígida, os pontos de coleta foram definidos, basicamente, a jusante das cidades de maior porte da região, para avaliar a sua influência na qualidade da água nesses rios. O ponto de coleta no açude Poço da Cruz foi escolhido considerando-se o local de captação das águas para abastecimento público da cidade de Ibimirim, o mesmo ocorrendo na barragem de Sobradinho, que teve um dos pontos de coleta definido em função do local de captação para abastecimento da cidade de Casa Nova. O segundo ponto de coleta de Sobradinho foi definido no meio do reservatório, entre as cidades de Sobradinho e Casa Nova.

Os resultados das análises das amostras coletadas na campanha de novembro de 1998 foram comparados aos padrões de qualidade dos corpos d'água de Classe 2, definidos pela Resolução CONAMA 20/86, e aos padrões determinados pelas Diretrizes para se avaliar a qualidade das águas para irrigação (AYERS, 1987). Na seqüência são apresentados os Quadros 5.3.2.2-4 a 5.3.2.2-8, referentes aos resultados das amostragens feitas nos rios e açudes da bacia do São Francisco.

QUADRO 5.3.2.2-4 – RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NOS RIOS DA BACIA DO SÃO FRANCISCO

PARÂMETRO ANALISADO	Resolução CONAMA 20/86	P2 Rio São Francisco (Orocó)		P2' Rio Brígida (Orocó)		P3 Rio São Francisco (Floresta)	
		Amostra	Situação	Amostra	Situação	Amostra	Situação
Ph	6,0 – 9,0	7,1	DP	5,9	FP	7,3	DP
OD (mg/l)	>5,0	6,1	DP	1,2	FP	5,0	DP
NH ₃ (mg/l)	1,0	0,029	DP	0,052	DP	0,034	DP
NO ₂ (mg/l)	1,0	0,006	DP	0,005	DP	0,002	DP
NO ₃ (mg/l)	10	0,039	DP	0,039	DP	0,036	DP
PO ₄ (mg/l)	0,025	0,029	FP	0,129	FP	0,060	FP
CI (mg/l)	250	17,7	DP	21,3	DP	17,7	DP
SO ₄ (mg/l)	250	9,14	DP	1,58	DP	1,37	DP
Fe (mg/l)	0,3	0,014	DP	0,043	DP	0,046	DP
Pb (mg/l)	0,03	0,00	DP	0,00	DP	0,00	DP
Ni (mg/l)	0,025	0,004	DP	0,014	DP	0,003	DP
Zn (mg/l)	0,18	0,024	DP	0,017	DP	0,014	DP

DP – Dentro do Padrão da Resolução CONAMA 20/86, Classe 2

FP – Fora do Padrão da Resolução CONAMA 20/86, Classe 2

QUADRO 5.3.2.2-5 – RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NOS AÇUDES DA BACIA DO SÃO FRANCISCO COMPARAÇÃO COM OS PARÂMETROS DA RESOLUÇÃO CONAMA 20/86 PARA CLASSE 2

PARÂMETRO ANALISADO	RESOLUÇÃO CONAMA 20/86	P1 Reservatório de Sobradinho (Casa Nova)		P1' Reservatório de Sobradinho (Casa Nova)		P4 Açude Poço da Cruz (Ibimirim)		Entremontes (*)	
		Amostra	Situação	Amostra	Situação	Amostra	Situação	Amostra	Situação
pH	6,0 – 9,0	8,1	DP	-	-	8,6	DP	7,44	DP
OD (mg/l)	>5,0	8,5	DP	-	-	-	-	-	-
NH ₃ (mg/l)	1,0	0,034	DP	0,075	DP	0,081	DP	-	-
NO ₂ (mg/l)	1,0	0,001	DP	0,002	DP	0,002	DP	-	-
NO ₃ (mg/l)	10	0,00	DP	0,040	DP	0,083	DP	0,13	DP
PO ₄ (mg/l)	0,025	0,054	FP	0,030	FP	0,068	FP	-	-
CI (mg/l)	250	21,3	DP	19,5	DP	482,1	FP	812	FP
SO ₄ (mg/l)	250	34,99	DP	2,86	DP	29,4	DP	-	-
Fe (mg/l)	0,3	0,074	DP	0,021	DP	0,009	DP	-	-
Pb (mg/l)	0,03	0,05	FP	0,00	DP	0,00	DP	-	-
Ni (mg/l)	0,025	0,01	DP	0,005	DP	0,000	DP	-	-
Zn (mg/l)	0,18	0,015	DP	0,009	DP	0,003	DP	-	-

DP – Dentro do Padrão da Resolução CONAMA 20/86, Classe 2

FP – Fora do Padrão da Resolução CONAMA 20/86, Classe 2

(*) Dados do trabalho realizado nos Estudos de Inserção Regional (1998)

QUADRO 5.3.2.2-6 – RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NOS RIOS DA BACIA DO SÃO FRANCISCO
COMPARAÇÃO COM AS DIRETRIZES PARA A QUALIDADE DE ÁGUA NA AGRICULTURA (AYERS, 1987)

PARÂMETRO ANALISADO	Diretrizes para a Qualidade de Água na Agricultura	P2 Rio São Francisco (Orocó)		P2' Rio Brígida (Orocó)		P3 Rio São Francisco (Floresta)	
		Amostra	Situação	Amostra	Situação	Amostra	Situação
CE (µmhos/cm)	0 - 3000	40	DP	80	DP	90	DP
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0 - 20	0,01	DP	0,03	DP	0,08	DP
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0 - 5	0,93	DP	1,36	DP	1,30	DP
Na ⁺ (meq/l)	0 - 40	0,03	DP	0,13	DP	0,05	DP
Cl ⁻ (meq/l)	0 - 30	0,50	DP	0,60	DP	0,50	DP
(SO ₄) ⁻² (meq/l)	0 - 20	0,19	DP	0,03	DP	0,03	DP
(NO ₃) ⁻ - N (mg/l)	0 - 10	0,039	DP	0,039	DP	0,036	DP
(NH ₄) ⁺ - N (mg/l)	0 - 5	0,029	DP	0,052	DP	0,034	DP
(PO ₄) ⁻³ - P (mg/l)	0 - 2	0,029	DP	0,129	DP	0,060	DP
K ⁺ (mg/l)	0 - 2	1,34	DP	1,21	DP	1,9	DP
RAS (mmol/l)½	0 - 15	0,041	DP	0,16	DP	0,06	DP
Alcalinidade (mg/l de CaCO ₃)	-	17		22		23	

DP – Dentro do Padrão

FP – Fora do Padrão

QUADRO 5.3.2.2-7 – RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NOS AÇUDES DA BACIA DO SÃO FRANCISCO
COMPARAÇÃO COM AS DIRETRIZES PARA A QUALIDADE DE ÁGUA NA AGRICULTURA (AYERS, 1987)

PARÂMETRO ANALISADO	Diretrizes para a Qualidade de Água na Agricultura	P1 Reservatório de Sobradinho (Casa Nova)		P1' Reservatório de Sobradinho (Casa Nova)		P4 Açude Poço da Cruz (Ibimirim)		Entremontes (*)	
		Amostra	Situação	Amostra	Situação	Amostra	Situação	Amostra	Situação
CE (µmhos/cm)	0 - 3000	90	DP	90	DP	1600	DP	3090	FP
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0 - 20	0,03	DP	0,04	DP	0,88	DP	-	-
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0 - 5	1,97	DP	0,84	DP	13,36	FP	-	-
Na ⁺ (meq/l)	0 - 40	0,16	DP	0,12	DP	5,12	DP	17,08	DP
Cl ⁻ (meq/l)	0 - 30	0,60	DP	0,55	DP	13,58	DP	22,88	DP
(SO ₄) ⁻² (meq/l)	0 - 20	0,73	DP	0,06	DP	0,61	DP	-	-
(NO ₃) ⁻ - N (mg/l)	0 - 10	0,000	DP	0,040	DP	0,083	DP	0,13	DP
(NH ₄) ⁺ - N (mg/l)	0 - 5	0,034	DP	0,075	DP	0,081	DP	-	-
(PO ₄) ⁻³ - P (mg/l)	0 - 2	0,054	DP	0,030	DP	0,068	DP	-	-
K ⁺ (mg/l)	0 - 2	3,08	FP	3,12	FP	21,91	FP	69,50	FP
RAS (mmol/l)½	0 - 15	0,16	DP	0,17	DP	1,92	DP	-	-
Alcalinidade (mg/l de CaCO ₃)	-	22		35		63		-	

DP – Dentro do Padrão

FP – Fora do Padrão

(*) Dados dos Estudos de Inserção Regional (1998).

QUADRO 5.3.2.2-8 – RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS REALIZADAS NOS RIOS E AÇUDES DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO
PARÂMETROS COMPLEMENTARES

Ponto	Análises	Temperatura °C	DQO mg/l	SDT mg/l	Dureza mg/l	SiO ₂ mg/l
Rios						
P2	Rio São Francisco (Orocó)	28	56	0,05	23	14,16
P2'	Rio Brígida (Orocó)	28	113	0,07	34	14,86
P3	Rio São Francisco (Floresta)	31	16	0,09	35	4,93
Açudes						
P1	Barragem de Sobradinho (Casa Nova)	29	40	0,04	49	13,43
P1'	Barragem de Sobradinho (Casa Nova)	-	83	0,04	22	12,89
P4	Açude Poço da Cruz (Ibimirim)	29	194	0,13	360	5,75
-	Entremontes (*)	-	-	-	552	-

(*) Dados dos Estudos de Inserção Regional (1998)

b.3) Análises dos Resultados

Para efeito de análise da qualidade de água, avaliaram-se os resultados considerando o enquadramento na Resolução CONAMA 20/86, Classe 2, e as condições de qualidade de água para irrigação. Cada parâmetro definido foi analisado individualmente, considerando, primeiramente, os resultados da campanha de amostragem e, posteriormente, uma comparação com os resultados do trabalho dos Estudos de Inserção Regional.

- Potencial Hidrogeniônico (pH)

Com base nos resultados de pH encontrados nas amostras pode-se comentar o seguinte:

- o rio Brígida (ponto P2') apresentou resultados fora dos padrões para a Classe 2, caracterizando-se por uma condição levemente ácida, 1,1 pontos abaixo da condição de neutralidade. Essa condição deve-se, possivelmente, a uma acidez carbônica, provavelmente causada pela decomposição de matéria orgânica, haja vista a baixíssima concentração de OD verificada no local;
- os demais resultados encontrados, todos atendendo aos padrões da Classe 2, estão muito próximos à neutralidade, com exceção da barragem de Sobradinho (P1) e o açude Poço da Cruz (P4), 1,4 pontos, em média, acima da neutralidade, demonstrando uma tendência à condição de alcalinidade.

De uma forma geral, os resultados dos Estudos de Inserção Regional estão muito próximos, havendo, no entanto, uma pequena diferença no rio São Francisco, em Orocó, onde os índices de pH demonstraram uma leve tendência à condição

alcalina (7,75 e 7,62), enquanto que na amostragem do EIA foram encontrados valores neutros.

- **Oxigênio Dissolvido (OD)**

Com base nos resultados de oxigênio dissolvido (OD) encontrados nas amostras, pode-se comentar que a exceção ficou por conta do rio Brígida (P2'), que apresentou um baixo valor de OD, com 1,2 mg/l, demonstrando pouca oxigenação das águas, chegando a uma condição muito próxima à anaerobiose. Essa condição certamente prejudica a existência e o desenvolvimento, principalmente, da ictiofauna. É importante ressaltar que a coleta foi feita num lago formado com águas remanescentes do rio, configurando uma condição muito desfavorável, com ausência de movimentação das águas.

- **Nitrogênio Amoniacal (NH₃), Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃) e Fosfatos (PO₄)⁻³**

Com base nos resultados encontrados nas amostras pode-se comentar o seguinte:

- a concentração de amônia (NH₃) foi avaliada considerando o padrão para os corpos d'água Classe 3, tendo em vista que, para a qualidade das águas dos corpos d'água Classe 1 e 2, não há índice fixando um padrão limite. Dessa forma, considerando então a Classe 3 para a amônia e a Classe 1 para os nitritos e nitratos, pode-se dizer que os resultados em todos os pontos amostrados atendem ao padrão da Resolução CONAMA 20/86, e que estão muito abaixo do limite estabelecido;
- a concentração de fosfato (PO₄)⁻³ excedeu aos padrões em todos os pontos amostrados. Identificou-se, por sua vez, que o rio São Francisco (P2) e a barragem de Sobradinho (P1') encontram-se num estágio intermediário de eutrofização. Os demais corpos d'água analisados apresentam-se eutrofizados, com destaque para o rio Brígida (P2'), que apresentou o maior índice de fosfato. Considerando as características da região, pode-se dizer que a presença do fosfato na água, nesses níveis, se deve, provavelmente, à contribuição de defensivos agrícolas ou de detergentes fosforados e, principalmente, à decomposição de grande quantidade de substâncias orgânicas, resultado da ausência de sistemas de tratamento de efluentes nas cidades locais;
- os resultados apresentados nos Estudos de Inserção Regional (1998), para nitrito, nitrato e amônia, apresentam diferenças significativas em relação aos da campanha, conforme observado nas Figuras 5.3.2.2-2 e 5.3.2.2-3. Tais diferenças podem ser conseqüências dos diferentes períodos hidrológicos de amostragem.

FIGURA 5.3.2.2-2 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE NITROGÊNIO AMONIAICAL E NITRITO – EIA/INSERÇÃO (VBA)

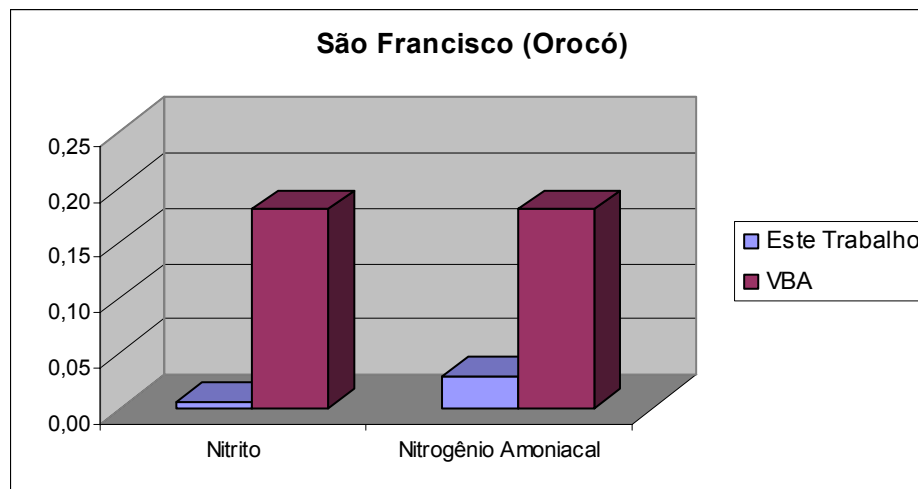
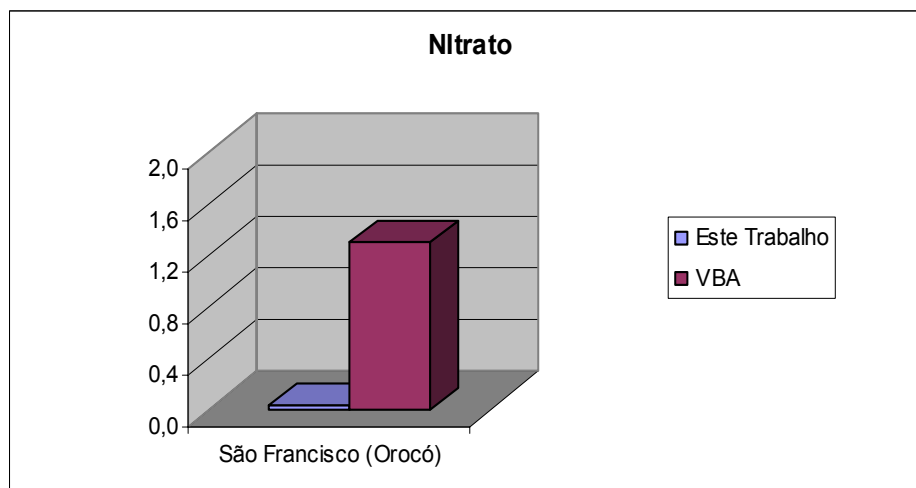


FIGURA 5.3.2.2-3 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE NITRATO – EIA/INSERÇÃO (VBA)



- Cloretos

Os resultados para esse parâmetro, encontrados durante os estudos e analisados com base na Resolução CONAMA 20/86, mostraram que:

- no açude Poço da Cruz (P4) a concentração de cloretos ultrapassou o limite da Resolução CONAMA 20/86 e, conseqüentemente, a salinidade desse corpo d'água encontrava-se em níveis elevados;
- os rios e o reservatório de Sobradinho apresentaram níveis baixos de cloretos.

Chama a atenção os altos níveis de cloreto registrados no açude Poço da Cruz, confirmado pelos resultados dos Estudos de Inserção Regional. Vale ressaltar que, para o açude Entremontes, localizado no rio Brígida, em Pernambuco, esse estudo registrou também elevadas concentrações de cloreto, da ordem de 812 mg/L, acima, portanto, dos índices para Classe 2.

- Sulfatos (SO_4)⁻²

Na campanha realizada, identificou-se que a concentração de sulfato (SO_4)⁻², em todos os corpos d'água estudados, encontrava-se dentro dos padrões da Resolução CONAMA 20/86, apresentando índices bastante baixos.

Nos Estudos de Inserção Regional os valores obtidos para o rio São Francisco foram ainda menores (1,55 mg/L) que os obtidos na campanha, enquadrando-se, também, na Classe 2 da Resolução CONAMA 20/86.

- Metais

Os metais analisados foram o Ferro (Fe), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). Com relação à campanha realizada pode-se afirmar que:

- os resultados encontrados indicaram baixas concentrações para os metais analisados, com todos os resultados praticamente enquadrados na Classe 2 da Resolução CONAMA 20/86, com exceção da barragem de Sobradinho (P1), que apresentou índices de chumbo acima do limite estabelecido, o que pode significar uma concentração pontual ou decorrente de alguma atividade que esteja sendo executada continuamente próxima ao local de coleta. Nesse sentido, é importante ressaltar que foram feitas duas coletas na barragem de Sobradinho, nos pontos P1' e P1. No primeiro ponto, a coleta foi realizada próximo a uma vila de pescadores, enquanto que no outro a coleta foi realizada no meio do reservatório, não apresentando qualquer indício de chumbo.

Na campanha dos Estudos de Inserção Regional, realizada em fevereiro de 1999 foi registrada a presença excessiva de ferro no rio São Francisco próximo a Orocó (com concentração superior a 1,2 mg/L), superando o limite da Classe 2 da Resolução CONAMA 20/86, diferentemente dos resultados, apresentados neste trabalho. Essa diferença pode ser função da localização do ponto de amostragem, onde, no ponto estudado no âmbito dos trabalhos de Inserção Regional, pode estar ocorrendo a decomposição de solo ou alguma atividade que produza efluentes com alta concentração desse metal.

- Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A análise da DQO, embora não seja um parâmetro considerado na Resolução CONAMA 20/86, permite constatar a presença de compostos orgânicos nos corpos d'água. A DQO fornece a quantidade de oxigênio necessária (fornecida por algum produto químico - oxidante) para oxidar os poluentes até suas formas mais simples. Valores altos de DQO estão ligados à descarga industrial ou mesmo a esgotos sanitários. Assim, quanto maior a DQO, maior será a poluição.

Dessa forma, pode-se observar que todos os corpos d'água analisados na bacia do São Francisco apresentam elevada concentração de compostos orgânicos, com exceção do próprio rio São Francisco e do reservatório de Sobradinho. Isto se deve principalmente à descarga de esgotos domésticos sem nenhum tratamento nos corpos d'água da região.

- **Coliformes**

Estudos realizados durante a etapa de Inserção Regional sobre colimetria demonstraram a presença de coliformes em alguns dos corpos d'água, sem haver, contudo, presença significativa de coliformes fecais. A partir desse trabalho, pode-se inferir que os rios e açudes analisados encontram-se dentro dos padrões de qualidade de água para corpos d'água Classe 2 da Resolução CONAMA 20/86, com exceção do rio Brígida e do açude Poço da Cruz.

- **Condutividade Elétrica**

De uma forma geral, os corpos d'água analisados apresentaram índices de condutividade elétrica pouco significativos, com exceção do açude Poço da Cruz (P4), que apresentou valores elevados de condutividade. No entanto, mesmo próximos ao limite, esses valores são aceitáveis para a irrigação, conforme pode ser observado nos Quadros 5.3.2.2-6 e 5.3.2.2-7.

Na campanha realizada durante os Estudos Inserção Regional, a água do açude Entremontes, no rio Brígida, apresentou índice de condutividade elétrica um pouco acima do padrão (ver Quadro 5.3.2.2-2).

- **Sódio, Magnésio e Cálcio**

Esses elementos são necessários para o cálculo da Razão de Adsorção do Sódio (RAS). Além disso, o sódio é particularmente importante para a qualidade das águas de irrigação, visto que a maioria das culturas lenhosas e arbóreas é sensível a ele.

A concentração de sódio está dentro da faixa considerada normal para todos os rios e açudes. Em relação ao cálcio, os corpos d'água também apresentaram índices baixos, não comprometendo o uso da água para a irrigação.

Baseado nos valores de magnésio, considerados como aceitáveis para água de irrigação, segundo AYERS e WESTCOT (1987), Quadro 5.3.2.2-2, pode-se dizer que, para a maioria dos rios e açudes, a qualidade das águas está dentro da faixa considerada normal em relação à concentração desse elemento. Apenas o açude Poço da Cruz (P4) apresentou situação crítica em relação a este elemento.

O estudo realizado pela durante a etapa de Inserção Regional confirma os dados obtidos na amostragem do ponto acima.

- **Relação de Adsorção do Sódio (RAS)**

O sódio presente na água de irrigação pode ser adsorvido pelas argilas levando ao seu endurecimento e impermeabilização. A quantidade de sódio prejudicial é estabelecida em função dos teores conjuntos de cálcio e magnésio, uma vez que estes elementos agem no sentido de deslocar o sódio contido no solo (processo de troca catiônica). A Relação de Adsorção do Sódio (RAS) determina o grau de adsorção de sódio pelo solo.

O resultado da RAS para a maioria dos corpos d'água analisados, a partir da amostragem feita apresentou-se dentro dos padrões estabelecidos no Quadro 5.3.2.2-2.

- **Cloreto**

Em relação à concentração de cloreto, todos os rios e açudes encontram-se com valores normais para irrigação. No entanto, segundo a Resolução CONAMA 20/86, apenas o açude Poço da Cruz (P4), analisado neste trabalho, e Entremontes, analisado no âmbito dos Estudos de Inserção Regional encontram-se fora do padrão para os corpos d'água Classe 2.

- **Dureza**

Alguns corpos hídricos analisados tiveram as suas águas classificadas como mole, no caso os rios São Francisco (P2 e P3), Brígida (P2') e a Barragem de Sobradinho (P1 e P1'). Para o açude Poço da Cruz (P4), identificou-se que suas águas são muito duras.

Os dados obtidos na amostragem confirmaram os obtidos na campanha realizada na etapa de Inserção Regional do projeto, notadamente nos reservatórios. A campanha realizada durante os Estudos de Inserção Regional enquadra o açude Entremontes, no rio Brígida, como de água muito dura.

c) Considerações Gerais

Este estudo procurou mostrar, de forma objetiva e direta, a situação ambiental dos rios, açudes e reservatórios da bacia do rio São Francisco associados ao Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Dentre os fatores que atualmente afetam a qualidade das águas na bacia, o descarte de esgotos sanitários sem tratamento prévio e o carreamento de substâncias utilizadas na agricultura pela água de irrigação são os mais significativos.

Baseado nestes fatores estabeleceu-se um conjunto de parâmetros físico-químicos para avaliar a qualidade das águas, segundo critérios pré-estabelecidos, que tiveram como base a Resolução CONAMA 20/86, para usos definidos na Classe 2, e os limites definidos no trabalho "Qualidade da Água na Agricultura" (AYERS, 1987 - Universidade Federal da Paraíba/FAO), para avaliação da qualidade da água para a irrigação.

Buscou-se ainda correlacionar os parâmetros analisados com os possíveis impactos associados a eles e, dessa forma, possibilitar o desenvolvimento de um plano de monitoramento adequado à Integração do Rio São Francisco às bacias do Nordeste Setentrional.

É fundamental salientar que os dados foram obtidos em condições bastante conservadoras, no que se refere à época, que era de estiagem e aos locais de coleta que eram a jusante das principais cidades contribuintes de cada rio, ou nas margens dos açudes, próximo aos locais de captação de água. Com essas condições, buscou-se determinar as piores condições em relação à carga poluidora de quase todos os parâmetros, ou seja:

- baixa quantidade de água nos rios e açudes, levando a concentrar os poluentes;
- baixa movimentação das águas, reduzindo a oxigenação das mesmas;
- locais de coleta com intensa ação antrópica.

Os estudos aqui realizados foram ainda confrontados com os resultados do trabalho realizado na etapa dos Estudos de Inserção Regional, confirmando sua consistência para análise da qualidade das águas.

d) Informações Complementares Obtidas no Projeto GEF São Francisco

O Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco – Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), em seu Componente I – Análise Ambiental da Bacia e de sua Zona Costeira, possui dois subprojetos no âmbito dos quais foram feitas avaliações da qualidade das águas na bacia do São Francisco.

O primeiro subprojeto, denominado "Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Qualidade de Água na Região do Sub-médio São Francisco", concluído em Dezembro de 2002, teve como objetivo estabelecer uma metodologia visando a construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) para a região do Sub-médio São Francisco, englobando, de forma integrada, os perfis social, econômico e ecológico na avaliação dos corpos d'água. O segundo, denominado "Determinação da Carga de Nutrientes do São

Francisco na Região da Foz”, concluído em Abril de 2003, teve como objetivo geral a caracterização da carga de nutrientes do rio São Francisco, bem como sua variação sazonal.

Em ambos os subprojetos foram definidos pontos de amostragem para o monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água, que permitissem caracterizar a qualidade das águas da bacia em trechos distintos.

Na seqüência são transcritos alguns resultados dos parâmetros monitorados e as principais conclusões obtidas no desenvolvimento dos estudos contidos nos dois subprojetos.

d.1) Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Qualidade de Água na Região do Sub-médio São Francisco

O sistema de monitoramento desenvolvido nesse subprojeto foi inicialmente voltado para região do Sub-médio São Francisco, que se estende desde a cidade de Remanso até a barragem de Paulo Afonso, no estado da Bahia.

O objetivo, conforme já mencionado, foi estabelecer uma metodologia visando à construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA). O estudo englobou, de forma integrada, os perfis social, econômico e ecológico na avaliação dos corpos d'água, minimizando o exame isolado de cada um deles. Cada perfil foi caracterizado por grandes temas, construídos com as informações provenientes de dados obtidos em campo, durante quatro anos, e de dados secundários.

O perfil ecológico foi construído por meio da análise integrada de 16 (dezesseis) indicadores, entre eles a qualidade físico-química e a qualidade microbiológica das águas superficiais, caracterizadas a partir de dados primários levantados em campo por meio de análises físico-químicas e bacteriológicas.

As análises “in situ” foram feitas utilizando-se uma sonda multiparâmetros com sensores específicos para os seguintes parâmetros: temperatura, condutividade específica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, íon amônio, amônia, nitrato, cloreto, turbidez e clorofila a. Nos casos em que as análises feitas com a sonda e as observações do entorno indicaram provável presença de carga orgânica e/ou industrial, foram monitorados também dados bacteriológicos e metais pesados.

Os pontos selecionados para análise nos mananciais superficiais do sub-médio São Francisco foram divididas em dois grupos: o primeiro, formado por 50 amostras localizadas na própria calha do rio São Francisco; e o segundo, nos demais tributários e açudes, com mais 103 pontos.

A partir dos resultados obtidos pôde-se observar que:

- a degradação da qualidade das águas, de maneira geral, esteve associada às atividades antrópicas, tais como o lançamento de cargas poluidoras originárias de esgotos urbanos e industriais e drenagem de áreas irrigadas com práticas de manejo inadequadas;
- os teores de sais dissolvidos (STD) se apresentaram mais elevados fora da calha do rio, característica típica de corpos d'água da região semi-árida, sendo os valores mais elevados junto às áreas de drenagem dos perímetros irrigados localizados próximos ao rio São Francisco;
- na região do Alto Salitre, no período de chuvas, a quantidade de sais dissolvidos (STD) variou de 0,23g/L, em um poço jorrante, a 1,87g/L, na água coletada em um lago próximo à área utilizada para irrigação;
- na calha do rio São Francisco ocorrem variações significativas na quantidade de sais dissolvidos, com valores médio de 0,042g/L, sendo os valores mínimos distribuídos pela maioria dos pontos na calha do rio e os mais significativos em suas margens;
- próximo ao município de Pilão Arcado os sais foram detectados em concentrações de 0,70g/L e a jusante das cidades de Petrolina e Juazeiro os valores foram, respectivamente, 0,20 e 0,12g/L;
- a partir de Petrolândia (margens da barragem de Itaparica) até Paulo Afonso, os valores mativeram-se num patamar acima da média, sendo o maior valor encontrado a jusante de Itaparica (0,173g/L STD);
- em alguns pontos onde os valores de sais na água foram mais elevados correspondiam menores valores de oxigênio dissolvido (OD), indicando também aporte de material orgânico a jusante das principais cidades, enquanto em outros o nível de OD permanecia alto apesar de apresentarem teores elevados de STD;
- dos 125 pontos com determinação qualitativa de coliformes totais e fecais, a maior parte concentrada na região central do sub-médio São Francisco, 33,6% indicaram a presença de coliformes totais e 20,8% de coliformes fecais;
- na calha do rio, os valores de pH ficaram entre 6,95 e 8,90, com média de 7,95, não apresentando variações significativas;
- na região do sub-médio São Francisco, a partir da barragem de Sobradinho até a cidade de Petrolina, foram encontrados valores diferenciados de pH entre as margens direita e esquerda do rio, sendo que na margem esquerda os valores estiveram sempre acima de 8,5, enquanto na margem direita variaram entre 7,7 e 8,0;

- dos 73 municípios localizados no sub-médio São Francisco, cerca de 56% estão dentro da faixa de qualidade boa de água, 29% na faixa regular e 15% estão em áreas mais críticas.

d.2) Determinação da Carga de Nutrientes do Rio São Francisco na Região da Foz

Os estudos desse subprojeto se concentraram na região do rio São Francisco entre as cidades de Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL), onde se localiza a ponte rodo-ferroviária até a sua foz no oceano Atlântico.

Foram medidas as concentrações de nutrientes e outros parâmetros físico-químicos da água junto à ponte, além de medições na região estuarina e costeira adjacente do rio São Francisco, visando determinar a carga de nutrientes do rio São Francisco, bem como sua variação sazonal.

As medições dos parâmetros e as coletas de amostras de água foram feitas mensalmente na seção transversal localizada sob a ponte rodo-ferroviária, no período de novembro de 2000 a março de 2002. Na região estuarina e oceânica adjacente à foz do rio São Francisco as medições e coletas foram feitas durante as estações de inverno (junho-setembro) e verão (dezembro-março), com realização de duas coletas adicionais.

Os parâmetros temperatura, salinidade, condutividade elétrica, pH e transparência das águas foram medidos "in situ", enquanto em laboratório foram medidos os seguintes parâmetros: amônia, nitrito, nitrato, fosfato, fósforo total, silicato, clorofila a, material em suspensão e oxigênio dissolvido.

Os principais resultados obtidos na seção sob a ponte rodo-ferroviária são resumidos abaixo:

- a concentração de amônia variou em torno de 1mmol/l até próximo a 4mmol/l, não apresentando um padrão claro de variação;
- a variação da concentração de nitrito ficou na faixa de 0,03mmol/l até próximo de 0,9mmol/l;
- a concentração de material em suspensão variou de 3mg/l a 14 mg/l;
- o parâmetro clorofila a apresentou variação de 0,6mg/l a 3,5mg/l, com uma tendência clara de aumento de concentração;
- a temperatura da água seguiu a marcha anual da temperatura do ar, variando entre 26 e 29°C;
- o pH variou desde valores próximos a 7 até 8, também não apresentando uma tendência clara de variação;

- a concentração de oxigênio dissolvido variou de 6mg/l (80% da saturação) a 7,5mg/l (94% da saturação), observando-se uma tendência de declínio nos meses finais do ano de 2001;
- a condutividade elétrica variou em torno de 70mS/cm até 120mS/cm.

Para o período de estudo do projeto, as variações das descargas tiveram comportamentos distintos em função do regime de chuvas atuante durante o período. No ano de 1999 a descarga média esteve em torno de 1.780m³/s, apresentando uma descarga abaixo do normal, que é em torno de 2.200m³/s. Ao final daquele ano a vazão sofreu um aumento que se manteve no ano seguinte, atingindo valores acima de 2.200m³/s no final de 2000. A partir de maio de 2001, quando os reservatórios começaram a apresentar níveis críticos, estabeleceu-se a crise de energia elétrica, criando um novo estágio de baixas vazões até dezembro de 2001. O período de janeiro a março de 2002, pós crise de energia elétrica, caracteriza um período de recuperação dos reservatórios e conseqüente aumento das vazões. Com isso, o período de monitoramento do estudo representou situação atípica, em função da interferência do impacto da crise de energia elétrica, que alterou de forma significativa o comportamento da vazão e a descarga de matéria em suspensão e nutrientes.

Para a estação fixa de monitoramento (P1), localizada na parte interna da desembocadura do rio, os teores de matéria em suspensão oscilaram entre 5mg/l e 10 mg/l, de clorofila a entre 0,5mg/l a 25mg/l, e dos nutrientes orgânicos dissolvidos nitrogênio (NID) e fósforo entre 2 a 10mmol/m³ e 0,05 e 0,5 mmol/m³, respectivamente.

Apesar dos dados do estudo não abrangerem um ano completo com uma vazão média anual "normal" dos anos após a operação da UHE Xingó, em função da crise energética, seus resultados permitiram constatar que:

- é notável o impacto do manejo da vazão, resultante da crise de energia elétrica, nas características químicas da água do rio São Francisco;
- para a magnitude de sua bacia de drenagem, o rio São Francisco apresentou cargas baixas de material em suspensão e nutrientes;
- o rio São Francisco experimentou uma sensível redução ao longo do tempo em sua concentração e carga de material em suspensão e nutrientes inorgânicos dissolvidos;
- o material em suspensão apresentou um incremento ao longo da zona de mistura estuarina, determinado pelos processos de resuspensão e erosão intensa de material do fundo da região costeira, geradas pela alta energia de ondas e a maré.

e) Informações Complementares Obtidas no Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica São Francisco

Recentemente (Abril/2004), também no âmbito do Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco – Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), como parte do trabalho relacionado ao subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013), foram elaborados pela ANA dois estudos técnicos de apoio ao PBHSF voltados para os temas Qualidade das Águas e Enquadramento dos Corpos d'Água, a saber:

- Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF Nº 17 – Qualidade das Águas; e
- Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF Nº 05 – Enquadramento dos Corpos d'Água da Bacia do Rio São Francisco.

Em ambos os estudos a análise da condição atual da qualidade dos corpos hídricos foi feita através das informações das redes de monitoramento da ANA e dos Estados da Bahia (Centro de Recursos Ambientais - CRA, 2001), Minas Gerais (Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM, 2002a-e) e Pernambuco (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - CPRH, 2002).

Entre as redes estaduais e federal foram selecionadas as estações mais representativas para subsidiar o diagnóstico da qualidade das águas, incluindo também algumas estações em afluentes que contribuem com uma carga significativa de poluição.

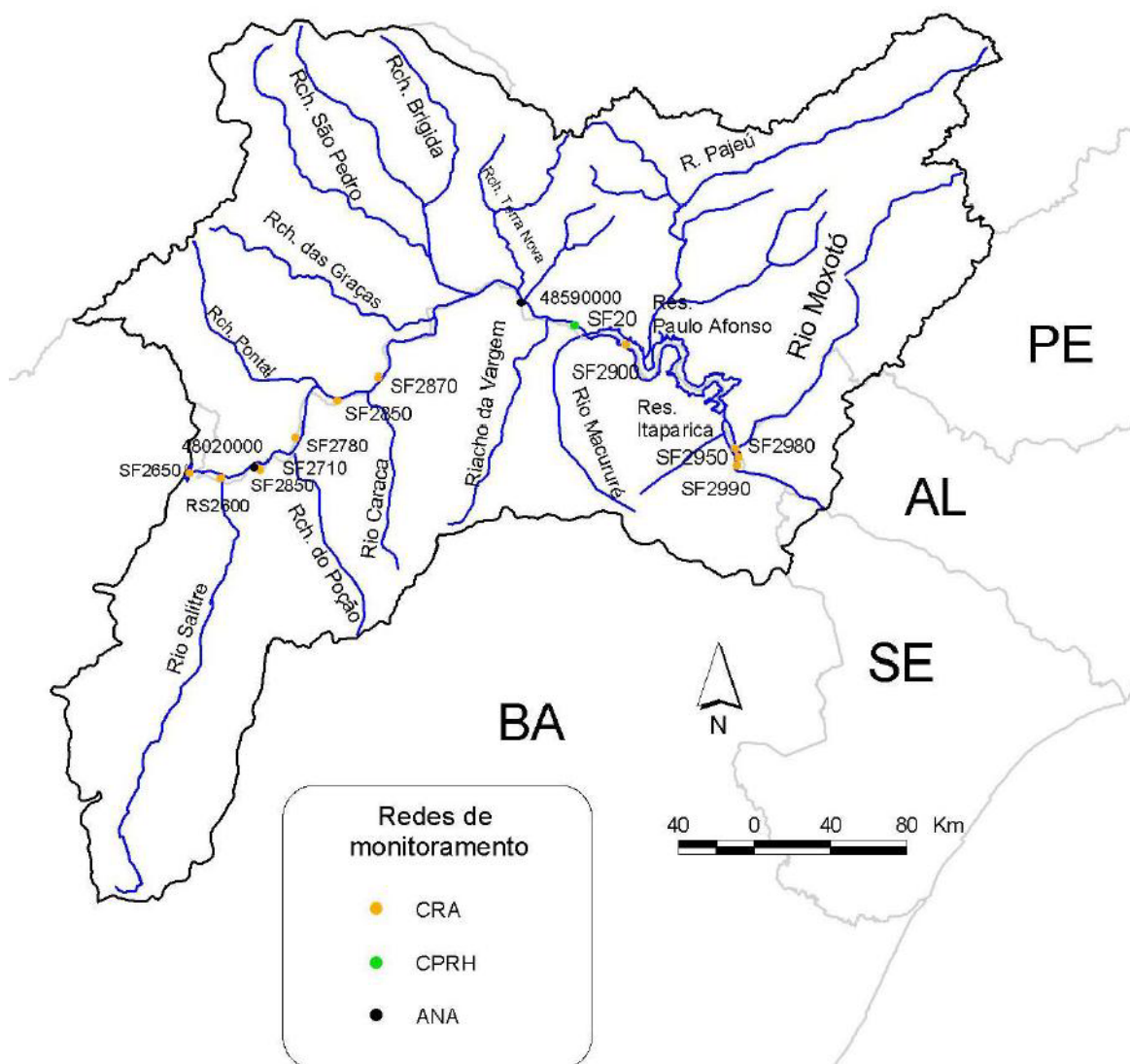
Nos Estados de Alagoas e Sergipe não são realizadas campanhas de monitoramento da qualidade da água na bacia do rio São Francisco. Também não existem estações de monitoramento nos tributários do rio São Francisco nos Estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe, que ocupam a maior parte do território do sub-médio e do baixo São Francisco. Portanto, para avaliação das condições dos corpos de água nessas regiões foram feitas algumas considerações utilizando inventários de qualidade da água apresentados em Planos Diretores de Recursos Hídricos e no Estudo para Enquadramento dos Corpos d'Água do Estado de Sergipe (2003).

Os dados das redes de monitoramento da Bahia e Minas Gerais foram obtidos em 2001. Neste mesmo ano a ANA realizou duas ou três campanhas de amostragem, dependendo da estação de amostragem, nas quais foram analisados apenas três parâmetros (OD, pH e condutividade elétrica). Para o Estado de Pernambuco foram analisados os dados da CPRH para os meses de maio e novembro de 2002 na estação localizada no rio São Francisco, município de Ibó.

É importante ressaltar que o ano de 2001 foi particularmente crítico em termos de disponibilidade de água na bacia do rio São Francisco, o que influi diretamente na diluição de efluentes pontuais e no aporte de materiais por fontes difusas.

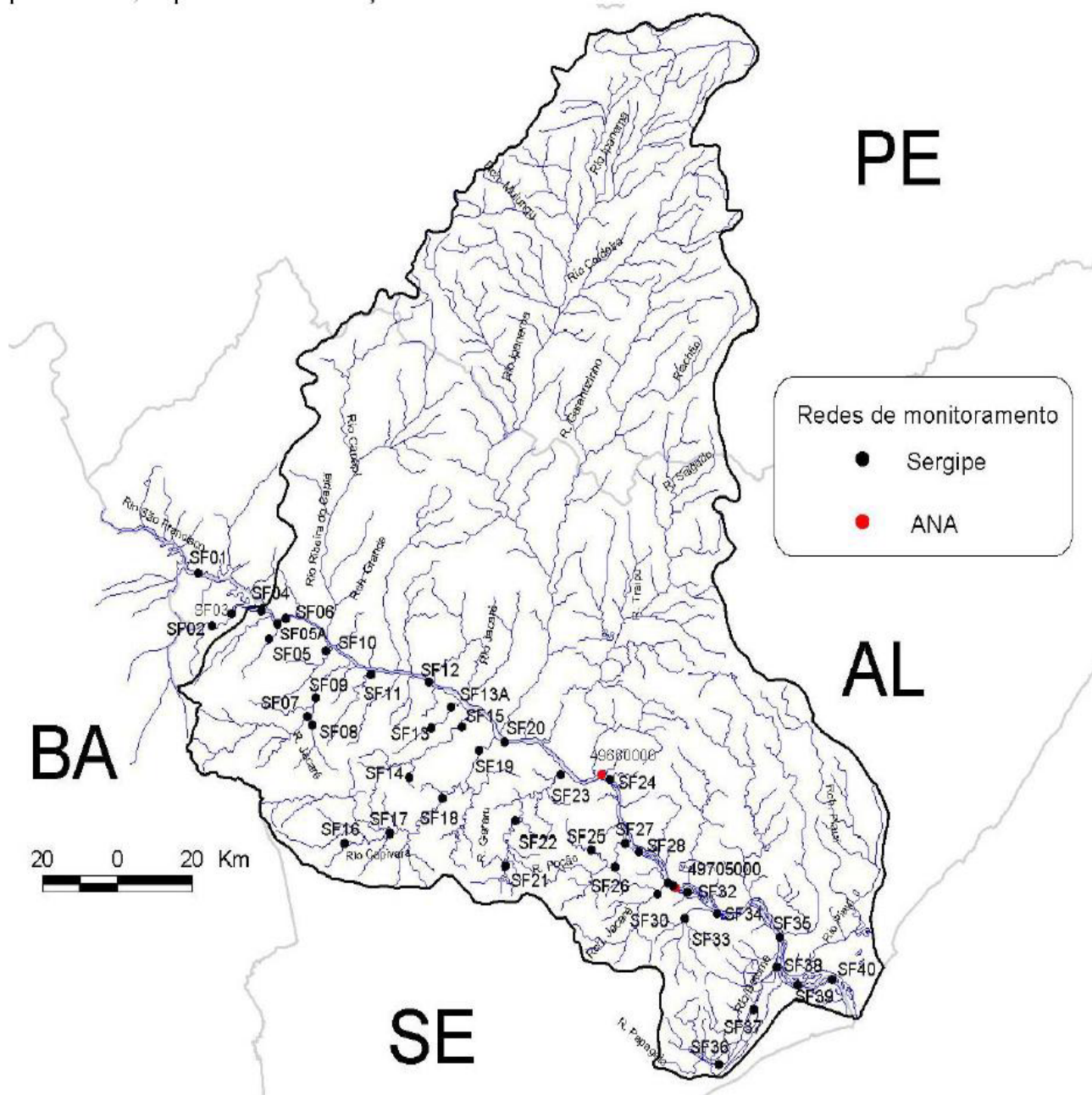
Na seqüência são transcritos os principais resultados e conclusões dos estudos supracitados para os trechos sub-médio e baixo do São Francisco, que são diretamente afetados pelo Projeto de Integração. Nas Figuras 5.3.2.2-4 e 5.3.2.2-5, são localizadas as estações pertencentes às redes de monitoramento utilizadas no sub-médio e baixo São Francisco.

FIGURA 5.3.2.2-4 – REDES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO SUB-MÉDIO SÃO FRANCISCO



Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco

FIGURA 5.3.2-5 – REDES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DO BAIXO SÃO FRANCISCO



Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco

e.1) Rio São Francisco – Trecho entre a Divisa Estadual entre Minas Gerais e Bahia e a Divisa Estadual da Bahia com Sergipe

Os dados obtidos revelaram a presença de coliformes fecais acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986 em alguns pontos do trecho principal do rio São Francisco.

Foram registrados também valores elevados de alumínio em alguns pontos desse trecho do rio São Francisco. Esta situação pode estar relacionada, além de rejeitos de beneficiamento mineral, com contribuições de litologias ricas neste elemento, resultante da erosão que ocorre nas bacias hídricas do rio São Francisco e seus afluentes.

Também foram registradas concentrações elevadas de cádmio em quatro estações, as quais podem estar relacionadas com atividades antrópicas.

Na amostragem de agosto de 2001 não foram registradas violações quanto às concentrações de pesticidas organofosforados e organoclorados. Contudo, isto não quer dizer que a área se encontra livre deste tipo de contaminação, já que a bacia do rio São Francisco contém diversos projetos de irrigação, onde são manuseados estes pesticidas.

Dos pontos monitorados, tanto no trecho principal do rio São Francisco como nos seus afluentes, somente o ponto SF 2470 (localizado na captação de água do município de Xique-Xique) apresentou uma concentração de fosfato total acima do limite da Resolução CONAMA 20/86 para os corpos d'água de Classe 2. Nos demais pontos de amostragem este parâmetro não foi detectado ou foi inferior ao limite estabelecido pela Resolução.

Com relação ao nitrogênio total, no trecho principal do rio São Francisco o valor registrado na estação SF 2650 na campanha realizada em agosto de 2001 foi de 14 mg/l de N. Nos pontos localizados nos afluentes do rio São Francisco, os teores de nitrogênio total foram da ordem de 1 mg/l. Vale mencionar que, dos 36 pontos monitorados na bacia do rio São Francisco e afluentes, em 11 (30,5%) pontos os resultados de nitrogênio total foram inferiores aos limites de detecção do método. Contudo, as concentrações elevadas de nitrogênio total registradas em alguns pontos de amostragem podem ser um indicativo de contaminação orgânica por esgotos domésticos.

Quanto às concentrações de oxigênio dissolvido, dos 36 pontos de amostragem monitorados na bacia do rio São Francisco na campanha realizada em agosto de 2001 variaram entre 0,20 e 16,92 mg/l.

Os pontos SF 2710 (no município de Juazeiro), SF 2870 (captação de água do município de Curaçá), SF 2780 (localizado na estação da CODEVASF, Juazeiro), SF 2850 (Vila de Itamotinga, Juazeiro) apresentaram valores de DBO acima de 5 mg/l, que é o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para a Classe 2. Os demais pontos de amostragem apresentaram valores de DBO abaixo do limite de detecção do método empregado. As amostras que forneceram esses valores foram coletadas nas proximidades da margem. Esse fato pode indicar que os valores encontrados representam a concentração de DBO na zona de mistura dos esgotos que se processa nas margens do rio próximo aos pontos de lançamento das cidades de Juazeiro, Petrolina e Curaçá.

Em todos os pontos de amostragem foi detectada a presença de coliformes fecais. Na campanha realizada em agosto de 2001, dos 36 pontos monitorados, 27 (78%) apresentaram concentrações inferiores ao valor de referência para fins de balneabilidade estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para a Classe 2 (1000 col. 100ml-1).

O pH comportou-se dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA 20/86 para a Classe 2, que é de 6 a 9, na maioria dos pontos monitorados na bacia do rio São Francisco e seus afluentes. As únicas exceções foram os pontos SF 2900 (Barragem de Itaparica, município de Rodelas) e SF 2950 (Barragem de Itaparica, município de Nova Glória) com pH de 9,56 e 9,58, respectivamente. A elevação nos valores de pH é esperada em áreas de balanço hídrico negativo, onde a taxa de evaporação supera a taxa de precipitação, como no semi-árido nordestino, onde se situa a barragem de Itaparica.

Os pontos monitorados apresentaram valores de sólidos totais variando de 16 a 572 mg/l.

Os metais avaliados nesse trecho da bacia hidrográfica do rio São Francisco foram: ferro, cobre, chumbo, cádmio, zinco, alumínio, arsênio e cromo hexavalente. Os parâmetros cobre, chumbo, zinco, arsênio e cromo hexavalente apresentaram concentrações dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 para os rios Classe 2, sendo que na maioria dos pontos monitorados estes parâmetros estiveram abaixo do limite de detecção do método.

As concentrações de alumínio nos pontos em que este parâmetro foi monitorado apresentaram valores superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, que é de 0,1 mg L⁻¹, para as águas da Classe 2. O ponto SF 2470 (localizado na captação de água do município de Xique-Xique) apresentou o teor mais elevado para este parâmetro: 7,1 mg L⁻¹. Também foram registrados teores de cádmio superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para a Classe 2 (0,002 mg L⁻¹) nos pontos SF 2730 e SF 2650.

Nesse trecho do rio São Francisco existe uma estação de monitoramento de qualidade de água - Estação Ibó SF - 020 (Belém do São Francisco) - mantida pela Companhia Pernambucana de Meio Ambiente. A ANA opera nesse trecho do São Francisco duas estações: Juazeiro - 48020000 e Ibó - 48590000. Durante as amostragens realizadas em 2001 nessas estações não foram registrados parâmetros em desconformidade com a Classe 2 da Resolução nº 20/86 do CONAMA.

e.2) Rio São Francisco - Trecho entre a Divisa Estadual da Bahia com Sergipe e a Foz no Oceano Atlântico

Para este trecho foram utilizados os dados obtidos na avaliação da condição atual dos corpos hídricos no Estado de Sergipe, realizada para subsidiar o enquadramento dos cursos d'água, durante os anos de 2002 e 2003. Foram realizadas duas campanhas de amostragem de qualidade de água (período seco e chuvoso), em 13 pontos no rio São Francisco.

Durante o trabalho foram determinados: salinidade, oxigênio dissolvido, cor, turbidez, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, alumínio, ferro, manganês, zinco, sódio, potássio, tensoativos, nitrogênio total, fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Nas análises realizadas, somente na estação SF-06 não foram detectadas concentrações de alumínio e ferro fora dos padrões estabelecidos pela legislação, porém essas alterações não são atribuídas a questões antrópicas e sim a composição química do solo da bacia de drenagem.

Os padrões de coliformes não foram obedecidos nas estações SF-12, SF-31, SF-32 e SF-35 fato atribuído à contaminação por esgotos domésticos, em especial nas estações SF-31, SF-32 e SF-35 que se localizam em um trecho do rio influenciado pelas cidades de Telha, Cedro de São João, Santana do São Francisco, Neópolis e Propriá. O ponto SF-31 apresentou, ainda, desconformidades para DBO, oxigênio dissolvido e cor. A presença de óleos e graxas foi constatada nas estações SF-06, SF-12, SF-29 e SF-40, provavelmente associada à presença de ancoradouros de barcos.

Independente dos padrões estabelecidos pela legislação, o estudo em questão observou que a presença de nutrientes e coliformes termotolerantes em todas os pontos amostrados no rio São Francisco comprovou a contaminação por efluentes de origem doméstica. A presença de nitrogênio e fósforo também pode estar associada à utilização de fertilizantes.

Nesse trecho do rio São Francisco a ANA opera duas estações: Traipú - 49660000 e Propriá - 49705000. Durante as amostragens realizadas em 2001 nessas

estações não foram registrados parâmetros em desconformidade com a Classe 2 da Resolução nº 20/86 do CONAMA.

e.3) Rio Salitre (afluente pela margem direita do rio São Francisco)

O diagnóstico apresentado a seguir para a bacia do rio Salitre foi obtido no Projeto Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Semi-Árido do Estado da Bahia (UFBA, 2004).

Nesse projeto, a avaliação da qualidade da água foi feita através da realização de duas campanhas de campo para amostragem de água e sedimento na bacia. Foram apenas considerados, por questões metodológicas, os pontos de monitoramento localizados no curso principal do rio Salitre, em seus trechos perenes.

Essa avaliação da condição atual dos corpos d'água da bacia indicou inicialmente que existem parâmetros de qualidade da água encontrados fora dos limites aceitáveis pela legislação vigente, às vezes devido às condições naturais, como indica ser o caso dos parâmetros pH e Cor da água da nascente no período úmido, como também devido às interferências antrópicas na bacia.

Considerando-se toda a bacia hidrográfica, na primeira campanha (período úmido) foi observado que 45% dos pontos amostrados teve suas águas caracterizadas como doce (salinidade < 0,5‰), embora a salinidade foi considerada baixa (entre 0,5 e 5‰) para os pontos nos quais as águas foram consideradas salobras. Na segunda campanha (período seco) foi observado que 42% dos pontos apresentou águas caracterizadas como doce e o restante caracterizado como salobra. A salinidade das águas em diversos trechos do rio Salitre pode ser atribuída às características geológicas da bacia de drenagem e às condições climáticas da região.

A Resolução CONAMA 20/86 limita o parâmetro Cor verdadeira em 75 mg Pt CO L-1 para águas de Classe 2. Este limite foi ultrapassado em 02 pontos amostrados no rio Salitre: o ponto 01, localizado na nascente do rio (caso fosse considerado classe 2), e o ponto 02, localizado na Barragem Tamboril. A nascente do rio Salitre foi o ponto que apresentou maior valor, com uma água muito escura, resultante da decomposição de galhos e restos de plantas e conseqüente formação de ácidos húmicos e fúlvicos.

O limite estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de Classe 2 de Turbidez foi ultrapassado apenas no ponto 21, dentre aqueles monitorados no rio Salitre, com o valor de 140 UNT.

No rio Salitre os parâmetros DBO e OD ultrapassaram seus respectivos limites em ambos os períodos de amostragem (úmido e seco), sendo que a DBO teve seu limite ultrapassado em 05 pontos, enquanto que o OD ultrapassou o limite da respectiva classe em 02 pontos.

Na nascente do rio Salitre (ponto 01), no período úmido, a água apresentou uma acidez natural, com pH de 3,5, devido, provavelmente, à formação de ácidos húmicos e fúlvicos, em função da biodegradação da matéria orgânica (galhos, restos de plantas) presente no corpo d'água. Além desse ponto, apenas a Barragem Casa Nova (ponto 05), no município de Ourolândia, apresentou um valor de pH fora da faixa permitida.

Quanto aos sais dissolvidos (não nitrogenados) o cloreto foi a espécie de maior concentração na água, ultrapassando o padrão para águas de Classe 2 (250 mg/l) no ponto 20. Em relação ao sulfato, vale destacar o valor encontrado no ponto 05, Barragem Casa Nova, no município de Ourolândia, com concentração de 1.627 mg/l. Quanto ao fosfato, foi detectado que o mesmo ultrapassou o padrão CONAMA em seis pontos monitorados no rio Salitre, tanto em águas doces quanto em águas salobras.

A análise de metais revelou a presença de alumínio, cobre, ferro, níquel e manganês em alguns pontos monitorados no rio Salitre.

Os pesticidas organoclorados foram investigados em todos os pontos de amostragem da bacia do rio Salitre, tanto na matriz água quanto na matriz sedimento, não sendo detectado em nenhum desses pontos.

Quanto ao aspecto microbiológico, quase todos os pontos monitorados no rio Salitre acusaram altos valores de coliformes fecais e totais, indicando a existência de contaminação do manancial por esgotos domésticos lançados indevidamente.

e.4) Afluentes Pernambucanos e Alagoanos da Margem Esquerda do rio São Francisco

Nos afluentes Pernambucanos e Alagoanos não existem estações de monitoramento de qualidade da água. As informações sobre a qualidade da água são encontradas, somente, nos Planos Diretores de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Ipanema, Traipú e Piauí, constituindo-se de amostragens isoladas.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema apresenta resultados da avaliação da qualidade das águas superficiais, a partir de uma amostragem no período de seca (26/10/1997) em dois pontos no rio Ipanema (rio Ipanema 1- Ponte sobre o rio Ipanema nas proximidades de

Sant'Ana do Ipanema e rio Ipanema 2 – Ponte sobre o rio Ipanema na BR 423). De acordo com esse Plano Diretor o rio Ipanema apresentou desconformidades, com referência aos padrões estabelecidos para rios de Classe 2 na Resolução CONAMA nº 20/86 para fósforo total, sólidos dissolvidos e coliformes fecais no ponto 1 e pH no ponto 2.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Traipú, assim como o do rio Ipanema, realizou amostragens de água, em 27/10/1997, para a determinação de parâmetros físicos, químicos e biológicos em dois pontos um no rio Traipú – sob a ponte da BR 316 no município de Palmeira dos Índios, e outro em um afluente – rio Sertãozinho na estrada que liga o município de Major Isidoro a Jaramataia. As concentrações de fósforo total e de sólidos totais dissolvidos nos dois pontos de amostragem, coliformes fecais no rio Traipú, e pH no rio Sertãozinho estavam em desacordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº20/86. No rio Sertãozinho a água apresentava coloração esverdeada como um indicativo da presença de algas, e elevada concentração de oxigênio dissolvido (supersaturação).

Para o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piauí, foram selecionados três pontos de amostragem, caracterizando as regiões do alto, baixo e médio curso do rio: BP-001 (rodovia BR-101 próximo à cidade de Junqueiro); BP-002 (estrada que leva a Vila de Camaçari, a montante de uma destilaria de álcool); e BP-003 (rio Piauí a jusante da destilaria de Pindorama). As campanhas de amostragem foram realizadas em outubro de 1997 (período de estiagem).

A principal desconformidade detectada nas amostragens realizadas no rio Piauí é relativa às concentrações de coliformes fecais, as estações apresentaram-se dentro dos limites tolerados: BP-011 pela Classe 2, BP-002 pela Classe 3 e, BP-003 pela Classe 4.

Nas amostragens realizadas no rio Traipú e no rio Ipanema foram observados elevados valores de condutividade 2070/2620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 4370/1964 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Esse fato foi atribuído à redução do volume de água causado pelo processo de evaporação que prevalece sobre a precipitação no período de estiagem (época da amostragem), associado à natureza geoquímica das bacias hidrográficas.

De maneira geral, o aumento da quantidade de sais nos corpos de água ocorre devido à alta intensidade da evaporação de água que favorece a concentração nos períodos em que a precipitação é pequena ou nula. Situação, especialmente importante, em açudes e nas depressões existentes nos canais dos rios que se constituem nas reservas de água superficiais nos períodos de estiagem.

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Pontal, Garças, Brígida, Terra Nova e Pajeú mencionam a possibilidade de salinização das águas nessas bacias.

O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó coloca que a intensa evaporação e a falta de renovação da água nos açudes faz com que o conteúdo salino aumente a cada ano, limitando a utilização da água.

No Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Capiá utilizou os dados de uma campanha amostral realizada pela COTEC Consultoria Técnica Ltda, entre março e agosto de 1984, que tinha como objetivos classificar as águas do rio Capiá e do riacho Canapi quanto aos percentuais iônicos, potabilidade, uso para irrigação e para consumo animal. De acordo com os resultados obtidos por essas análises 72,4% (n=21) das águas analisadas apresentaram resíduo seco superior a 2000 mg/l, o que as classifica como inaceitável para a dessedentação permanente do homem. De acordo as conclusões desse documento, as águas da bacia hidrográfica do rio Capiá são impróprias para o consumo humano e para irrigação.

De acordo com as considerações do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piauí, os teores de sais dissolvidos nesse rio podem ser considerados de intermediários a baixos, fato que o distingue dos demais corpos de água da região.

e.5) Afluentes Sergipanos da Margem Direita do rio São Francisco

Nos anos de 2002 e 2003, foram realizadas duas campanhas de amostragem de qualidade de água (período seco e chuvoso) nos afluentes do rio São Francisco no Estado de Sergipe, visando obter subsídios para o enquadramento dos corpos de água dessa bacia localizados em seu território. Durante o trabalho foram determinados: salinidade, oxigênio dissolvido, cor, turbidez, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, alumínio, ferro, manganês, zinco, sódio, potássio, tensoativos, nitrogênio total, fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Entre os afluentes do rio São Francisco no Estado de Sergipe somente os rios Jacaré, dos Pilões e Betume tiveram as suas águas classificadas como doces. Nos demais rios amostrados as águas foram classificadas como salobras.

As desconformidades encontradas nos afluentes do rio São Francisco referem-se principalmente a parâmetros associados ao lançamento de esgotos domésticos (DBO, oxigênio dissolvido e coliformes termotolerantes). Entre todos os afluentes e açudes estudados, somente no rio dos Pilões é feita referência a elevadas concentrações de nutrientes e coliformes.

f) Enquadramento dos Rios na Bacia do São Francisco

O enquadramento de corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, previsto na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e instituído de acordo com a revisão da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, é o instrumento que estabelece metas para garantir à água nível de qualidade que possa assegurar seus usos preponderantes.

Parte dos corpos de água da bacia hidrográfica do rio São Francisco foi enquadrada pela Portaria do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente-IBAMA nº 715, de 20 de setembro de 1989, com base em estudos realizados pelo Comitê Executivo de Estudos Integrados da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CEEIVASF) e considerando a Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Essa portaria do IBAMA apresenta o enquadramento dos cursos d'água federais e recomenda aos estados uma proposta de enquadramento dos seguintes cursos d'água estaduais: rio Paraopeba (MG), rio das Velhas (MG), rio Corrente (BA) e rio Grande (BA).

Os cursos d'água federais da bacia hidrográfica do rio São Francisco foram enquadrados pela Portaria do IBAMA nº 715/89, quando ainda não existia o comitê desta bacia, que foi instituído pelo Decreto de 5 de junho de 2001, como órgão colegiado, com atribuições normativas, deliberativas e consultivas, no âmbito da respectiva bacia hidrográfica, e vinculado ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, nos termos da Resolução do CNRH nº 5, de 10 de abril de 2000.

Em relação aos cursos d'água de domínio estadual, posteriormente ao enquadramento realizado pelo IBAMA, o estado de Minas Gerais enquadraram os rios Paraopeba, das Velhas e Pará; e o estado de Sergipe apresentou uma proposta de enquadramento de seus corpos d'água, que encontra-se atualmente em análise pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Antes mesmo do enquadramento realizado pelo IBAMA, o estado de Pernambuco estabeleceu através do Decreto nº 11.760 de 27 de agosto de 1986 o enquadramento dos cursos d'água estaduais. No entanto, esse decreto foi revogado por basear-se nas Leis Estaduais nº 8.361 e 7.541, que não tratavam do enquadramento.

Adicionalmente, alguns Planos de Bacia apresentam propostas de enquadramentos, entre eles o Plano Diretor da Bacia do Rio Corrente, na Bahia; o Plano Diretor da Bacia do Rio Verde Grande, em Minas Gerais; e o Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Médio e Baixo Rio Grande e Tributários da Margem Esquerda do Lago do Sobradinho, na Bahia.

Além destes estudos, o Projeto de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Semi-Árido do Estado da Bahia, desenvolvido no âmbito do GEF, apresenta uma proposta de enquadramento para a bacia do rio Salitre realizada pela Universidade Federal da Bahia (UFBA, 2004).

A grande quantidade de propostas de enquadramento elaboradas em épocas distintas, por diferentes órgãos, indica a necessidade de uma proposta de enquadramento única para toda a bacia que avalie as propostas anteriores, considere os usos atuais e futuros dos recursos hídricos, os benefícios sócio-econômicos e ambientais e os custos, intervenções e prazos necessários para a efetivação dos enquadramentos propostos.

Recentemente, o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (PBHSF – 2004-2013) apresentou uma Proposta de Enquadramento dos Cursos d'Água da Bacia (Abril/2004), agregando as informações disponíveis nos estudos desenvolvidos na bacia. Este Plano encontra-se em fase de avaliação pelo Comitê de Bacia e pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Na seqüência apresenta-se o enquadramento dos rios estabelecido pela Portaria Nº 715/89 do IBAMA, atualmente em vigor, e as principais recomendações constantes na proposta de enquadramento constato no Plano da Bacia, com destaque para os cursos d'água associados ao Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.

f.1) Portaria IBAMA Nº 715/89

O enquadramento dos cursos d'água federais da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco estabelecido pela portaria IBAMA Nº 715/89 está representado na Figura 5.3.2.2-6.

Segundo esta portaria, o rio São Francisco na maior parte do seu estirão, incluindo o trecho associado ao Projeto de Integração, está enquadrado na Classe 2.

O rio Moxotó, cuja bacia é atendida diretamente pelo Projeto de Integração, desde a sua nascente até a sua foz no rio São Francisco está enquadrado na Classe 1.

f.2) Proposta de Enquadramento do Plano da Bacia

A proposta de enquadramento feita no âmbito do Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (PBHSF – 2004-2013) considera que o enquadramento apresentado pela Portaria IBAMA nº 715, de 20 de setembro de 1989, para a calha principal do rio São Francisco deverá ser mantido, ou seja, deve apresentar águas com qualidade em concordância com os seguintes padrões:

- Classe Especial, no trecho entre a nascente até a confluência com o Ribeirão Alto da Cruz, nas proximidades do limite do Parque Nacional da Serra da Canastra;
- Classe 1: da confluência com o Ribeirão Alto da Cruz até a confluência com o rio Mombaça;
- Classe 2: da confluência com o rio Mombaça até a sua foz no Oceano Atlântico.

Os principais usos preponderantes ao longo da sua extensão, tais como abastecimento com tratamento convencional e dessedentação animal, fazem com que a Classe 2 seja a mais adequada.

Portanto, mesmo considerando a proposta do Plano, o trecho associado ao Projeto de Integração, manter-se-á enquadrado na Classe 2.

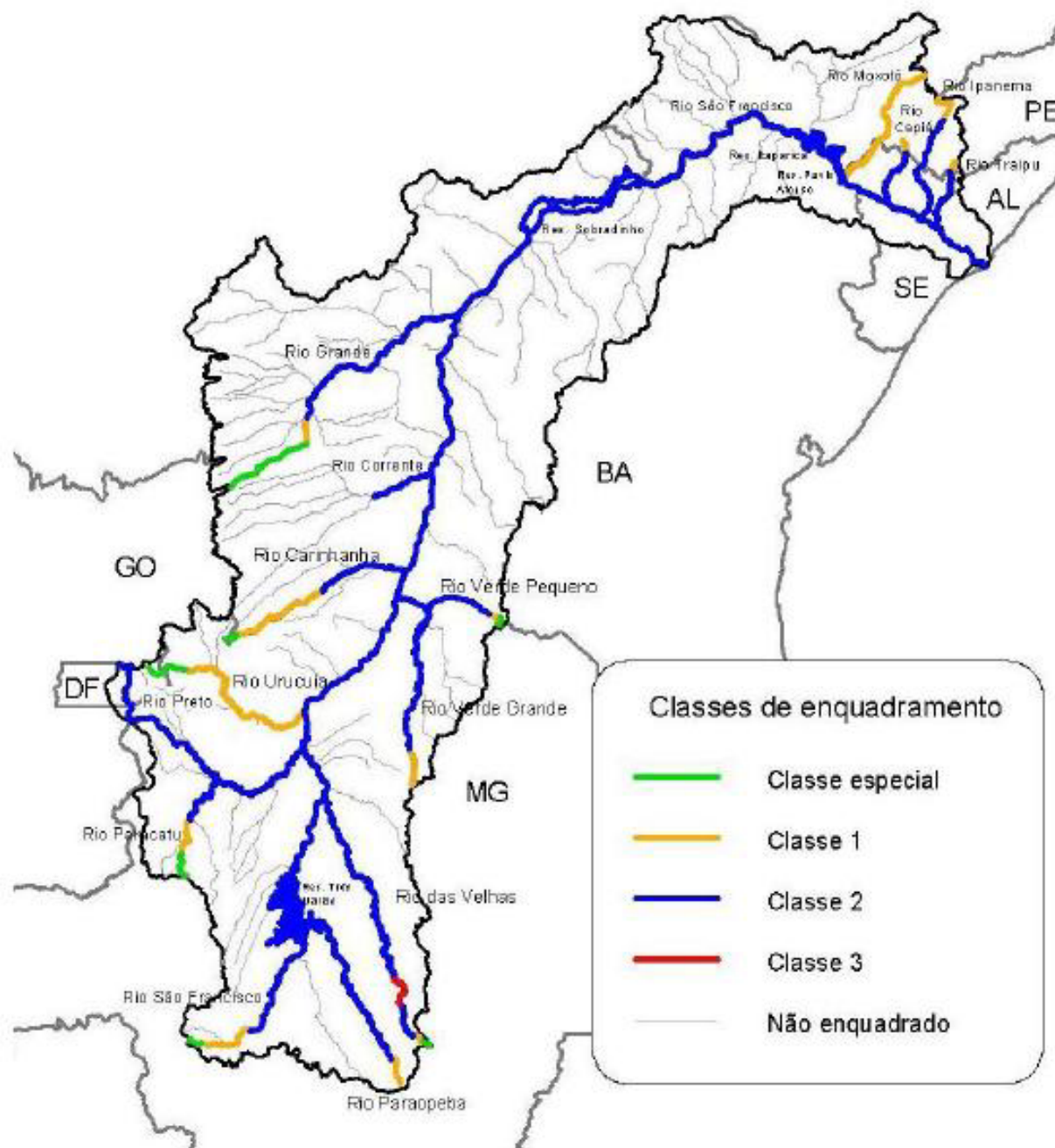
Em relação ao rio Moxotó, enquadrado pela Portaria IBAMA nº 715/89 na Classe 1, o Plano da Bacia aponta para a necessidade de um levantamento quantitativo e qualitativo das águas de sua bacia, que tenha como objetivos principais identificar os trechos intermitentes e perenes do rio, e verificar a possibilidade das águas apresentarem teores de sais que as classifiquem como salobras nos rios e açudes.

O regime hídrico do semi-árido, que reflete na intermitência dos corpos de água, condiciona que a água seja, prioritariamente, destinada ao abastecimento humano e a dessedentação de animais. Entretanto, na região, a demanda de água para irrigação é expressiva. Ressalta-se, ainda, a precariedade na coleta e tratamento de efluentes sanitários e industriais, cenário que pode levar a contaminação e/ou eutrofização dos corpos de água.

A partir das considerações acima, e da localização das sedes municipais e açudes na região, o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco sugere a seguinte alternativa de enquadramento para o rio Moxotó:

- Classe 1: da nascente até a Barragem Engenheiro Francisco Sabóia;
- Classe 2: da Barragem Engenheiro Francisco Sabóia até a foz no São Francisco.

**FIGURA 5.3.2.2-6 - ENQUADRAMENTO DA BACIA DO SÃO FRANCISCO SEGUNDO PORTARIA
MINTER/IBAMA Nº 715/89**



Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco.

5.3.2.3 USOS DA ÁGUA E DEMANDAS HÍDRICAS

a) Introdução

A abordagem dos usos da água e demandas hídricas da bacia do rio São Francisco é feita com o objetivo específico de caracterizar o quadro atual da bacia, quantificando o montante dos recursos hídricos já comprometido com os usos atuais, seja devido às retiradas e consumos, seja devido à necessidade de manutenção de condições ambientais ou operacionais relacionadas a outros usos não consuntivos. Neste sentido, além da simples quantificação das demandas resultantes dos diversos usos, torna-se necessária uma caracterização mínima do contexto em que estas demandas se apresentam, no presente, e dos processos históricos que conduziram ao quadro atual, de forma a subsidiar na elaboração de cenários futuros, nos quais o Projeto de Integração irá se enquadrar.

A principal referência para a determinação das vazões de demanda empregadas no presente trabalho é o estudo "Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional", realizado pelo Consórcio Fahma-Dreher para o ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico em 2003, trabalho que contou com a supervisão técnica da ANA – Agência Nacional de Águas. Este trabalho constatou que as retiradas de água para irrigação constituem cerca de 69% das retiradas totais de água da bacia do São Francisco, seguidas das retiradas para consumo urbano (16%), industrial (9%), animal (4%) e rural (2%). Se for considerada a água que retorna aos cursos d'água após o uso, a participação da irrigação sobre o total passa para 86%, já que os demais usos (humano e industrial) possuem taxas de retorno superiores à irrigação.

Diante deste quadro, foi dado maior ênfase, no presente estudo, à caracterização das práticas de irrigação na bacia, responsável pela maior parte dos usos consuntivos atuais, procurando registrar sua evolução cronológica e analisando as expectativas de crescimento feitas no passado, em confronto com o crescimento efetivamente realizado. Esta caracterização é feita no subitem 5.3.2.3.b. O crescimento das demandas associadas à evolução da irrigação é abordado, neste momento, de forma superficial, apenas para fixar a relação existente entre área cultivada e demanda hídrica. A quantificação sistemática das demandas é feita ao final do item, em conjunto com os demais usos consuntivos.

Quanto aos usos não consuntivos, procurou-se enfatizar a geração de energia e a navegação interior porque, além de sua grande importância para o desenvolvimento da bacia, representam setores mais diretamente afetados pela evolução dos usos consuntivos, devido às perdas de geração, no primeiro caso, ou

às dificuldades de manutenção das vias navegáveis, no segundo caso. Nesse sentido, alguns conflitos já se encontram estabelecidos, e são analisados neste documento. A geração de energia elétrica é tratada no item 5.3.2.3.c e a navegação no item 5.3.2.3.d.

Finalmente, o item 5.3.2.3.e apresenta uma consolidação das demandas de água existentes na bacia, baseada nos estudos realizados pelo ONS, com apoio da ANEEL, ANA e do Ministério de Minas e Energia, acima referenciados. É realizado, também, um balanço entre essas demandas e as disponibilidades hídricas atuais, conforme quantificadas no item 5.3.2.1. Este balanço é feito sob um enfoque espacial, ao longo de toda a bacia, e sob um enfoque cronológico, considerando os cenários futuros de demanda apresentados no documento do ONS e, posteriormente, adotados pela ANA na elaboração da minuta do Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, neste caso considerando de forma mais pormenorizada os trechos Sub-médio e Baixo, onde o Projeto de Integração se insere e poderá, eventualmente, competir com outros usuários da água.

b) Irrigação

b.1) Aspectos Institucionais

As iniciativas institucionais de estímulo à irrigação no Brasil podem ser divididas, de acordo com o documento "**A Importância do Agronegócio da Irrigação para o Desenvolvimento do Nordeste**", do Banco do Nordeste, em quatro fases:

Uma primeira fase, compreendida desde o final do século XIX e meados da década de 60 do século XX, caracterizada por ações isoladas e desprovidas de uma visão mais abrangente, do ponto de vista nacional.

Uma segunda fase teve início com a criação do GEIDA (Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola), em 1969, estendendo-se até meados dos anos 80. Nessa fase, à medida em que era aprofundado o conhecimento global sobre os recursos naturais disponíveis, iniciava-se a concepção e implementação de programas nacionais, como o Programa Plurianual de Irrigação (PPI). Nesse período foram criadas oportunidades para atração da iniciativa privada para a atividade de irrigação, por intermédio da concepção de lotes empresariais nos projetos públicos de irrigação. Este modelo foi consolidado no Projeto do I Plano Nacional de Irrigação, quando as ações foram comandadas pelo setor público, porém, buscando claramente o estímulo à iniciativa privada.

A terceira fase iniciou-se em 1986 com a criação do Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE) e do Programa Nacional de Irrigação (PRONI). Nessa fase foi estabelecida uma divisão mais clara entre os papéis do setor público e da iniciativa privada no desenvolvimento de projetos de irrigação. As ações do governo foram restringidas à execução de obras coletivas de grande porte tais como, o suporte hidráulico e, elétrico e a macrodrenagem, enquanto que à iniciativa privada coube as demais providências para a consecução dos projetos. As decisões foram tomadas em função de prioridades estabelecidas pelo governo federal em articulação com o setor privado.

A quarta fase está caracterizada por um redirecionamento das várias iniciativas em irrigação postas em prática ao longo dos últimos 50 anos. Trata-se de uma nova orientação consubstanciada na Política Nacional de Irrigação e Drenagem, denominada, na fase executiva, "Projeto Novo Modelo de Irrigação". Nele, é prevista uma maior participação do setor privado através das parcerias público-privadas – PPP, em fase atual de definição legislativa.

A irrigação na região Nordeste foi introduzida pelo Governo Federal e aparece normalmente vinculada ao abastecimento d'água no Semi-Árido e a planos de desenvolvimento do vale do São Francisco. A evolução da agricultura irrigada no Nordeste e, conseqüentemente na bacia do São Francisco, pode ser diretamente associada aos seguintes marcos institucionais:

- Criação da Inspectoria de Obras Contra Seca (IOCS), em 1909;
- Criação do Instituto Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), em 1919;
- Criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), em 1945, em substituição ao IFOCS;
- Criação da Comissão do Vale do São Francisco (CVSF), em 1948;
- Transformação da CVSF em Superintendência do Vale do São Francisco – SUVALE, em 1967; e
- Finalmente, criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, em 1974, em substituição à SUVALE .

A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), cuja principal missão é o aproveitamento, para fins agrícolas, agropecuários e agroindustriais, dos recursos de água e solo de sua área de influência, vem promovendo o desenvolvimento do Vale através do aproveitamento de tais recursos.

Algumas ações voltadas para o apoio ao desenvolvimento rural integrado, nos setores de energia, transporte, comunicação, habitação e cooperativismo, vêm sendo também implementadas pela CODEVASF, além de outras ações na área

social, como a construção de prédios escolares e unidades básicas de saúde nas áreas dos perímetros irrigados públicos.

Em meados da década de 60, a administração estadual de Minas Gerais concluiu pela necessidade de dar um aproveitamento social e econômico às vastas extensões de terra da região noroeste mineira, abrangendo as sub-bacias dos rios Paracatu e Urucuia, afluentes do São Francisco, procurando incentivar a ocupação mais intensa da região e elevar o padrão de vida das comunidades rurais e urbanas que ali viviam. Assim, através do Decreto-Lei nº 4.278, de 21 de novembro de 1966, criou a RURALMINAS, com o objetivo de promover a colonização e o desenvolvimento agrário do Estado de Minas Gerais, nos termos do Estatuto da Terra.

Tendo iniciado a sua atuação na região do Noroeste Mineiro, a RURALMINAS, em 1973, teve a sua área de abrangência estendida para todo o Estado de Minas Gerais, tornando-se o órgão responsável pela implementação do Programa PROVÁRZEAS no Estado.

A RURALMINAS e a CODEVASF assinaram, em 1977, o Convênio nº 03/77, cujo objetivo era o desenvolvimento de um Programa de Ações Integradas no campo da saúde e educação sanitária, em áreas de atuação da CODEVASF, tendo por objetivo principal o combate aos transmissores da doença de Chagas na área do Projeto Jaíba. Posteriormente, outros convênios foram assinados entre as duas empresas, para que a RURALMINAS desse apoio à CODEVASF na seleção e assentamento de colonos nas áreas da 1ª etapa do Projeto Jaíba e, mais recentemente, na implantação das obras relativas à 2ª etapa daquele Projeto.

No Estado da Bahia, a CAR – Companhia de Ação Regional - desenvolveu estudos, implantou alguns perímetros de irrigação e vem dando apoio à instalação de irrigantes privados nas sub-bacias dos rios Corrente e Grande, através do programa PRODECER.

Algumas outras iniciativas vêm sendo tomadas por parte dos Governos dos estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe, no sentido de implantar áreas irrigadas para atender a pequenos proprietários, como são os casos do Projeto Asa Branca (PE), Projeto Canal de Moxotó (AL) e Projeto Califórnia (SE), dentre outros.

A CHESF – Companhia Hidrelétrica do São Francisco, por sua vez, face à necessidade de reassentar as populações atingidas pelos reservatórios de Itaparica e Xingó, vem promovendo o desenvolvimento de algumas áreas irrigadas no Vale do Submédio São Francisco, integrando-se às instituições envolvidas no desenvolvimento da irrigação no Vale, seja pela implantação de perímetros irrigados, seja pelo desenvolvimento de estudos, em conjunto com a CODEVASF.

b.2) Evolução da Irrigação no Vale do São Francisco

Há muito o Governo Brasileiro está ciente da enorme possibilidade de desenvolvimento dos recursos hídricos e de solos do Vale do São Francisco, tanto que a Constituição de 1946 previa, em seu artigo 29 : “Fica o Governo Federal obrigado, dentro do prazo de 20 anos a contar da data da promulgação desta Constituição, a traçar e executar um plano de aproveitamento total das possibilidades econômicas do Rio São Francisco e seus afluentes, no qual aplicará anualmente quantia não inferior a 1% da renda tributária.”

A partir de então e até 1964, foram estudados pela CVSF alguns projetos isolados para o aproveitamento dos recursos de solo e água da região. Procurando implementar a investigação e ordenar o desenvolvimento dos recursos hidráulicos e de solos do Vale, o Governo, em 1964, entrou em acordo com a Agência para o Desenvolvimento Internacional, do Departamento de Estado dos Estados Unidos (USAID), para que concedesse ajuda técnica para realizar a investigação do potencial do Vale e planejar o seu aproveitamento. Assim, foi contratado o Bureau of Reclamation (BUREC) para que desenvolvesse um estudo de reconhecimento dos recursos hidráulicos e de solos da bacia do rio São Francisco.

O levantamento de solos realizado pelo BUREC revelou a existência de 3 milhões de hectares de terras potencialmente aráveis e recomendou a realização de estudos posteriores e mais detalhados sobre essas áreas, indicando 300.000 ha para estudos em nível de viabilidade.

Dos muitos projetos indicados que tiveram a irrigação como seu objetivo principal, três foram considerados prioritários e investigados em nível de reconhecimento: o Projeto Jequitaí, na região do Alto São Francisco, que deveria irrigar 56.250 ha de terras nas bacias dos afluentes Jequitaí e das Velhas, mediante a utilização dos recursos hídricos do rio Jequitaí; o Projeto Corrente-Formoso, na região do Médio São Francisco baiano, que irrigaria 216.000 ha de terras no vale do rio Corrente e em terraços no vale do São Francisco, mediante a utilização das águas dos três principais tributários do rio Corrente (Meio, Arrojado e Formoso); e o Projeto Rio Grande, também no Médio São Francisco baiano, que irrigaria 87.000 ha de terras no vale desse afluente do São Francisco, utilizando os recursos hídricos do próprio rio Grande.

Posteriormente, estudos realizados pela CODEVASF, para fins de planejamento, reduziram o potencial de terras aptas à irrigação para 2.300.000ha, distribuídos nas 17 áreas listadas no Quadro 5.3.2.3-1, a seguir apresentado.

QUADRO 5.3.2.3-1 – CODEVASF: INVENTÁRIO INICIAL DE ÁREAS POTENCIALMENTE IRRIGÁVEIS

Localização	Área (1000 ha)
Reservatório de Três Marias	14
Pirapora – Bica Grande	26
Rio das Velhas	28
Rio Jequitáí	30
Rio Paracatu	135
Bica Grande/São Francisco	109
Rio Urucuia	18
Januária – Manga	43
Jaíba – Gorutuba	419
Rio Carinhanha	17
Manga – Lapa	202
Rio Corrente	360
Lapa – Ibotirama	317
Ibotirama – Barra	18
Rio Grande	156
Rio Preto	100
Petrolina – Juazeiro	320
Total	2.312

O primeiro programa consistente, objetivando o desenvolvimento da irrigação no País, foi o Programa Plurianual de Irrigação (PPI), elaborado em 1969 pelo GEIDA (Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola), que previa a implantação, no Vale do São Francisco, de 25.000 ha por ano em 5 áreas-piloto de 5.000 ha cada uma, no período 1970-75, e de mais 50.000 ha por ano, no período seguinte 1975-80, até atingir 450.000 ha implantados ao final do período 1980-90.

Segundo estudos do PLANVASF – “Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco – Brasília, 1989”, a superfície irrigada no Vale do São Francisco era de 60.172 ha, em 1970, crescendo, sem uma intervenção maior do setor público, para 87.905 ha em 1975, quando foi realizado o primeiro grande esforço no sentido de aporte financeiro público ao programa de irrigação no Vale, pelo II PND (1975-79).

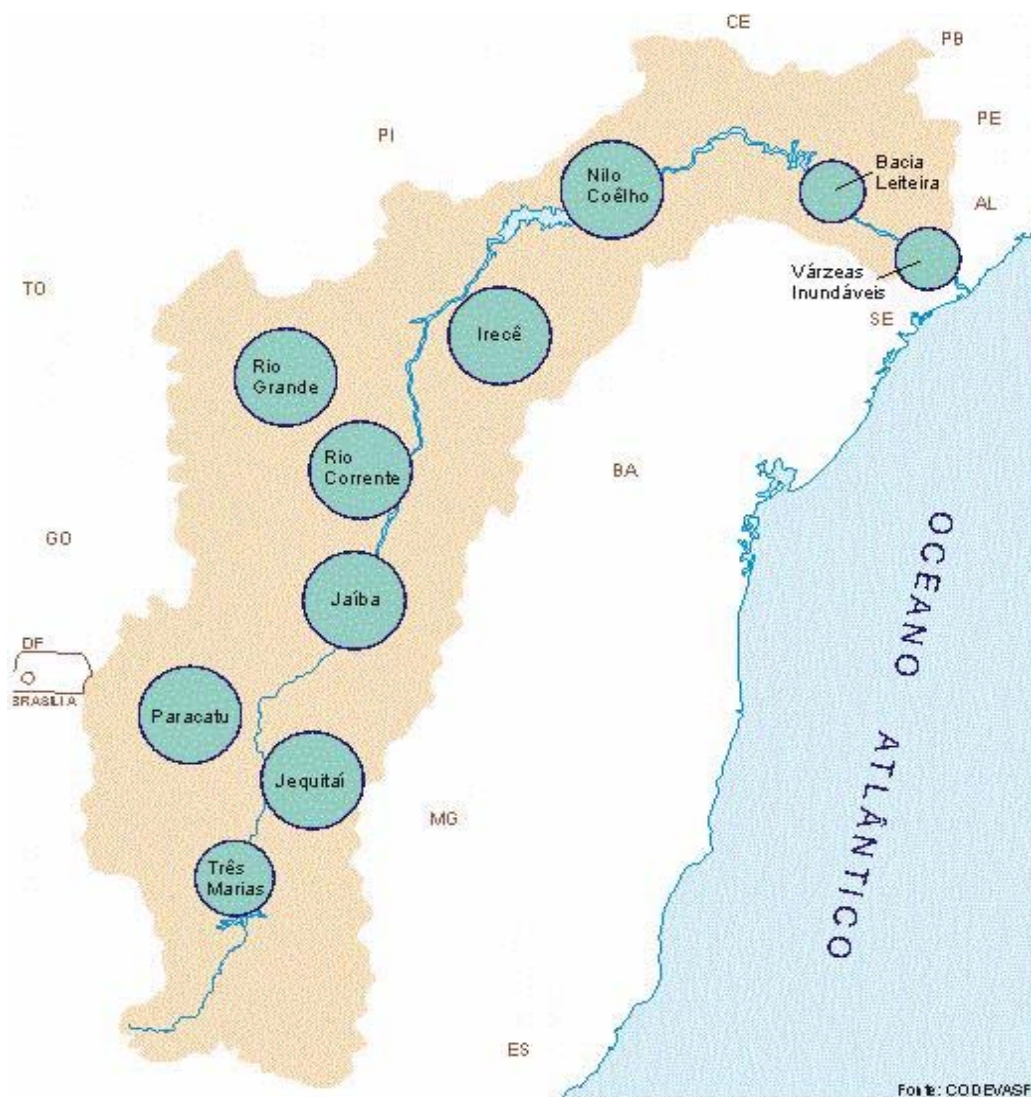
No período 1970-80, a SUVALE elaborou uma série de Planos Diretores para o desenvolvimento integrado de algumas regiões indicadas pelo BUREC como potencialmente favoráveis ao desenvolvimento da irrigação (Jaíba, Corrente/Divisão Formoso, Rio Grande, Platô de Irecê, Juazeiro/Petrolina, Submédio e Baixo São Francisco) e concluiu pela implantação dos perímetros de Bebedouro e Mandacaru, iniciados pela SUDENE em 1968 e 1964, respectivamente. Foi também iniciada nesse período a construção dos perímetros de Propriá, Itiúba, Maniçoba, Curaçá e Pirapora.

Segundo o PLANVASF, no período 1975-80 a CODEVASF implantou cerca de 12.153 ha irrigados e o DNOCS 1.616 ha, enquanto a iniciativa privada implantou mais 41.813 ha, perfazendo um total de área irrigada no Vale, em 1980, de 144.487 ha. O incremento anual médio de área irrigada no Vale foi, portanto, da ordem de 8.430 ha/ano, na década de 70.

Assim, em fins de 1980, o total de áreas irrigadas implantadas no Vale, pelos setores público e privado, indicou que as metas do Programa Plurianual de Irrigação (PPI) foram superestimadas, sendo então reprogramadas pela CODEVASF em seu Plano de Ações para o período 1981-83.

Em 1982, a CODEVASF elaborou um Inventário dos Projetos de Irrigação no Vale, onde foram descritos 59 empreendimentos, distribuídos em 10 áreas prioritárias de atuação: Várzeas Inundáveis, Bacia Leiteira, Petrolina/Juazeiro (Nilo Coelho), Irecê, Rio Grande, Rio Corrente, Jequitai, Paracatu, Três Marias e Jaíba (cuja localização é mostrada na Figura 5.3.2.3-1), perfazendo um total de 942.926 ha.

FIGURA 5.3.2.3-1



Ainda de acordo com o PLANVASF, no período 1980-88 foram implantados, pelo setor público, no Vale do São Francisco, 65.091 ha irrigados, sendo 54.172 ha pela CODEVASF e 10.919 ha através do PROVÁRZEAS, perfazendo assim um total de 209.578 ha ao final do período. Sem considerar, portanto, o desenvolvimento de outras áreas privadas nesse período, ocorreu um ritmo anual médio de crescimento de 8,1 mil ha/ano.

Em 1989, o elenco de projetos apresentados no Inventário de 1982 foi revisto e atualizado, reduzindo-se o seu número total de 59 para 38 projetos e ampliando-se sua área total para 2.694.435 ha. Deste total, 62.745 ha correspondiam a projetos que já se encontravam em operação e 27.947 ha em implantação. Já estavam com projeto básico ou executivo concluídos cerca de 40.172 ha, que poderiam, portanto, ser implementados a curto prazo. A relação dos 38 projetos então inventariados e sua situação em 31 de dezembro de 1989 é apresentada no Quadro 5.3.2.3-2.

QUADRO 5.3.2.3-2 – CODEVASF: INVENTÁRIO REVISADO DE PROJETOS DE IRRIGAÇÃO - 1989

Projeto	Área (ha)	Estágio	Projeto	Área (ha)	Estágio
Rio das Velhas	25.000	Estudo	Platô de Irece	1.500.000	Estudo
Pirapora	1.457	Operação	Mirorós	3.376	Estudo
Jequitaí	35.000	Estudo	Baixio Irecê	105.000	Estudo
Gorutuba	11.155	Est/Imp/Oper	Salitre	56000	Estudo
Jaíba	100.000	Est/Imp/Oper	Tourão	10.548	Operação
Estreito	10.631	Est/Imp/Oper	Cruz das Almas	72.000	Estudo
Iuiu	272.500	Estudo	Sen. Nilo Coelho	20.310	Est/Oper.
Ceraíma	755	Imp/Ope	Mandacaru	376	Operação
Piloto Formoso	404	Operação	Pontal	49.711	Estudo
Jaborandi	23.000	Estudo	Maniçoba	4.197	Operação
S. do Ramalho	145.000	Estudo	Bebedouro	1.862	Operação
Formoso H	4.875	Estudo	Curaçá	4.195	Operação
Formoso A	8661	Imp/Oper.	Propriá	1.126	Operação
Correntina	141.000	Estudo	Contiguiba/Pindoba	2.208	Operação
S.Desidério/B.Sul	2.277	Operação	Platô Neópolis	9.000	Estudo
Barreiras Norte	3.330	Estudo	Betume	2.861	Operação
Angical	54.000	Estudo	Itiúba	895	Operação
Riacho Grande	1.975	Estudo	Boacica	2.987	Operação
Nupeba	3.420	Estudo	Marituba	3.342	Operação
SUBTOTAL (ha)	844.440	-	SUBTOTAL (ha)	1.849.994	-
TOTAL GERAL (ha)				2.649.434	

Deve ser destacado nesta relação que o Projeto Platô de Irecê, de 1.500.000 ha, tem como fonte hídrica o aquífero subterrâneo existente na região de Irecê, e que os Projetos Baixio de Irecê, Iuiu e Jaíba tiveram suas áreas irrigadas reduzidas para

59.631 ha, 30.506 ha e 80.000 ha, respectivamente, desde o inventário até os estudos posteriores, mais detalhados.

Segundo o Censo Agropecuário de 1995/96 da Fundação IBGE, existia na bacia, nessa ocasião, entre áreas públicas e privadas, um total de 358.300 ha irrigados, assim distribuídos:

- Alto São Francisco – 43.815 ha;
- Médio São Francisco – 185.789 ha;
- Submédio São Francisco – 90.470 ha;
- Baixo São Francisco – 38.226 ha.

Nestes valores, entretanto, o conceito de irrigação era bastante abrangente, variando desde o que normalmente se denomina “molhação”, nas margens de rios e reservatórios (a chamada agricultura de vazante) até o uso de técnicas mais sofisticadas. Outras estatísticas levantadas mais recentemente, considerando um conceito mais restrito de irrigação, têm levado a resultados mais modestos.

Em 1997, a CODEVASF divulgou a idéia de um grande plano preliminar de aproveitamento dos recursos de água e solo do Nordeste, a partir dos recursos hídricos do rio São Francisco, denominado Projeto Semi-Árido. Esse plano, que consta de uma série de canais e de algumas obras de transposição de bacias, previa novos projetos de irrigação, especialmente em Pernambuco, tais como o Canal do Sertão de Pernambuco (180.000 ha), o Canal Terra Nova (75.000 ha), o Canal Arco Íris (12.000 ha) e o canal Sertão Alagoano (94.000 ha). Estes projetos encontram-se atualmente em fase de estudos, tendo já sido iniciada a obra do Canal Sertão Alagoano.

De forma mais concreta, tem-se que, com a conclusão de algumas obras da CODEVASF, entraram em operação mais alguns perímetros aumentando a área pública irrigada, em 1998, para cerca de 91.000 ha, sendo que permaneciam ainda em construção mais 15.000 ha. Por outro lado, em 1999, foram licitadas as obras para a implantação de uma área de 5.941 ha no Projeto Salitre e de mais 5.278 ha correspondentes à primeira etapa do Projeto Baixio de Irecê, projetos que, quando concluídos, têm previsão de captação máxima de 43 m³/s e 56 m³/s no rio São Francisco, respectivamente. Esses projetos, juntamente com o projeto Jaíba, com captação máxima de 80 m³/s, em Minas Gerais, são os maiores empreendimentos de irrigação na bacia, com investimentos ainda a realizar superiores a R\$ 2 bilhões e vazão captada máxima de 177 m³/s, sendo 136 m³/s no Médio São Francisco.

Além disso, a CHESF, diante da necessidade de reassentar as populações atingidas pelos reservatórios de Itaparica e Xingó, deu início ao desenvolvimento de algumas áreas irrigadas no Vale do Submédio São Francisco, ocupando cerca de

18.316 ha, dos quais 7.446 ha se encontram em operação, 9.036 ha em implantação e 1.834 ha em estudo.

Simultaneamente com o incremento das áreas públicas, houve um grande crescimento das áreas de irrigação privada, fruto de investimentos particulares na região, estimulados pelo sucesso nos perímetros públicos. Este foi o caso, por exemplo, da região de Petrolina/Juazeiro onde a superfície irrigada atingiu aproximadamente 50.000 ha logo nos primeiros anos da década de 90. Também na sub-bacia do rio Paracatu, situada no Médio São Francisco, a irrigação privada ocupava um total de 37.084 ha em 1998. Com a conclusão das obras da 2ª etapa do Projeto Entre Ribeiros, a área irrigada nessa sub-bacia foi aumentada em 5.500 ha, passando para um total de 42.584 ha, existindo estudos da RURALMINAS que programam a implantação de mais 42.000 ha nos próximos 20 anos.

O quadro atual da irrigação na bacia e as tendências de evolução da mesma são abordados na próxima seção.

b.3) Situação Atual da Irrigação na Bacia

Existem diversas estimativas paralelas de áreas irrigadas na bacia do São Francisco, efetivadas por diferentes metodologias e, por consequência, apresentando resultados por vezes conflitantes.

Na descrição do quadro atual da bacia realizada a seguir, levou-se em consideração dados obtidos diretamente da CODEVASF, responsável por cerca de um terço dos projetos implantados na bacia, por estimativas feitas pela ANA, no Documento Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos publicado em 2003 e no Plano Decenal da Bacia Hidrográfica do São Francisco – emissão preliminar de maio de 2004.

O Quadro 5.3.2.3-3, apresentado a seguir, mostra o conjunto de projetos irrigados sob responsabilidade da CODEVASF, indicando o estágio atual de desenvolvimento de cada um e as vazões máximas a serem captadas.

QUADRO 5.3.2.3-3 – PROJETOS DE IRRIGAÇÃO DA CODEVASF – FEVEREIRO DE 2004

Nº.	UF	PERÍMETRO	ÁREA		FASE			Vazão de Projeto (m³/s)
			Total	Irrigável	Estudos	Implant.	Operação	
1	PE	APOLÔNIO SALES	808	808	-	-	808	1.08
2	BA	BARREIRAS NORTE	3330	3330	-	-	3330	3.98
3	BA	BARREIRAS(1)	330	330	-	-	330	0.63
4	PE	BEBEDOURO	2418	2418	-	-	2418	3.70
5	SE	BETUME	2865	2865	-	-	2865	8.40
6	AL	BOACICA	3334	3334	-	-	3334	6.67
7	PE	BRÍGIDA	1435	1435	-	-	1435	2.34
8	PE	CARAIBAS(1)	5223	5223	-	-	5223	6.09

Nº	UF	PERÍMETRO	ÁREA		FASE			Vazão de Projeto (m³/s)
			Total	Irrigável	Estudos	Implant.	Operação	
9	BA	CERAIMA	430	430	-	-	430	0.43
10	SE	COTINGUIBA/PINDOBA	2237	2237	-	-	2237	6.11
11	BA	CURAÇÁ	4350	4350	-	-	4350	7.19
12	BA	ESTREITO I, II, III (3)	2099	2099	-	-	2099	3.04
13	BA	ESTREITO IV	5884	5884	-	-	5884	4.10
14	BA	FORMOSO "A" (3)	9348	9348	-	-	9348	9.50
15	BA	FORMOSO "H" (3)	4429	4429	-	-	4429	4.71
16	BA	GLÓRIA	384	384	-	-	384	0.67
17	MG	GORUTUBA	5286	5286	-	-	5286	6.08
18	PE	ICÓ-MANDANTES	2280	2280	-	-	2280	3.85
19	AL	ITIUBA	894	894	-	-	894	3.62
20	MG	JAÍBA	80000	70000	-	-	21833	80.00
21	MG	LAGOA GRANDE (3)	1863	1863	-	-	1863	2.43
22	BA	MANDACARU	419	419	-	-	419	1.44
23	PE	MANGA DE BAIXO(1)	93	93	-	-	93	0.14
24	BA	MANIÇOBA	4293	4293	-	-	4293	6.43
25	BA	MIRORÓS	2166	2166	-	-	2166	2.25
26	BA	NUPEBA (3)	3420	3420	-	-	3420	3.93
27	BA	PEDRA BRANCA(1)	2442	2442	-	-	2442	3.06
28	BA	PILOTO FORMOSO	405	405	-	-	405	0.45
29	MG	PIRAPORA	1261	1261	-	-	1261	1.04
30	SE	PROPRIÁ	1177	1177	-	-	1177	7.28
31	BA	RIACHO GRANDE	1975	1975	-	-	1975	2.23
32	BA	RODELAS(1)	1664	1664	-	-	1664	1.94
33	BA	S. DESIDÉRIO/B. SUL	2238	2238	-	-	2238	2.57
34	PE	SENADOR NILO COELHO(2)	20053	20053	-	-	20053	23.20
35	BA	TOURÃO*	10688	10688	-	-	10688	19.89
36	BA	BAIXIO DE IRECÊ	58559	59659		X		63.00
37	BA	SALITRE	31305	31305		X		42.00
38	BA	IUIÚ	29025	29025	X			29.70
39	MG	BRASILÂNDIA	888	888	X			0.80
40	PE	PONTAL SOBRADINHO (4)	27930	27930	X			
41	PE	PONTAL SUL E NORTE	7885	7885		X		7.80
42	PE	CRUZ DAS ALMAS (4)	28000	28000	X			
43	PE	ARCO-IRIS	12000	12000	X			15.00
44	PE	TERRA NOVA	30000	30000	X			30.00
45	PE	SERTÃO PERNAMBUCANO (4)	140000	140000				140.00
46	SE	XINGÓ	15000	15000	X			15.00
47	SE	DOIS IRMÃOS	55000	55000	X			40.00
48	MG	JEQUITAI	18593	18593	X			19.70
49	AL	MARITUBA	3571	3571		X		4.90
TOTAL			649277	640377	-	-	133354	648

(1) captação no Lago de Itaparica (CHESF); (2) Captação no Lago de Sobradinho; (3) Captação em tributários do Rio São Francisco (4) Vazões dos Projetos Cruz das Almas e Pontal de Sobradinho estão inseridas na vazão do Projeto Sertão Pernambucano.

Fonte: Ministério da Integração Nacional / Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba-CODEVASF.

A CODEVASF estima que a área privada em operação no início de 2004 seja de 167.790 ha, perfazendo uma área total irrigada na bacia de 301.144 ha, enquanto

outras estimativas avaliadas nos estudos do Plano Decenal pela ANA indicam uma área irrigada de 343.000 ha..

Quando da elaboração do Documento Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos, em 2003, a ANA/SRH-MMA estimava a área total irrigada da bacia em 343.000 ha, valor superior à estimativa atual da CODEVASF.

Com base nestas informações mais recentes e nos dados históricos disponíveis, pode-se compor um quadro da evolução das áreas irrigadas na bacia do São Francisco. O Quadro 5.3.2.3-4, a seguir, resume o histórico compilado.

QUADRO 5.3.2.3-4 – EVOLUÇÃO DAS ÁREAS IRRIGADAS NO VALE DO SÃO FRANCISCO (MIL HECTARES)

Período	CODEVASF	Outras Áreas	TOTAL
Até 1950	0,1	0,0	0,1
Até 1960	1,1	9,7	10,8
Até 1970	2,3	57,9	60,2
Até 1975	12,1	75,9	88,0
Até 1980	27,0	117,5	144,5
Até 1985	47,9	158,0	205,9
Até 1990	67,0	165,6	232,6
Até 1994	71,8	178,2	250,0
Até 1995	72,8	227,2	300,0
Até 1996	79,7	278,6 (1)	358,3
Até 1997	91,2	-	-
Até 1998	105,9	-	-
Até 1999	122,0	211,0	333,0
Até 2003 (2)	154,4	188,6	343,0
Início de 2004	133,3	167,8	301,1

Fontes: SRH, FIBGE, SUDENE, SENIR, PLANVASF e CODEVASF.

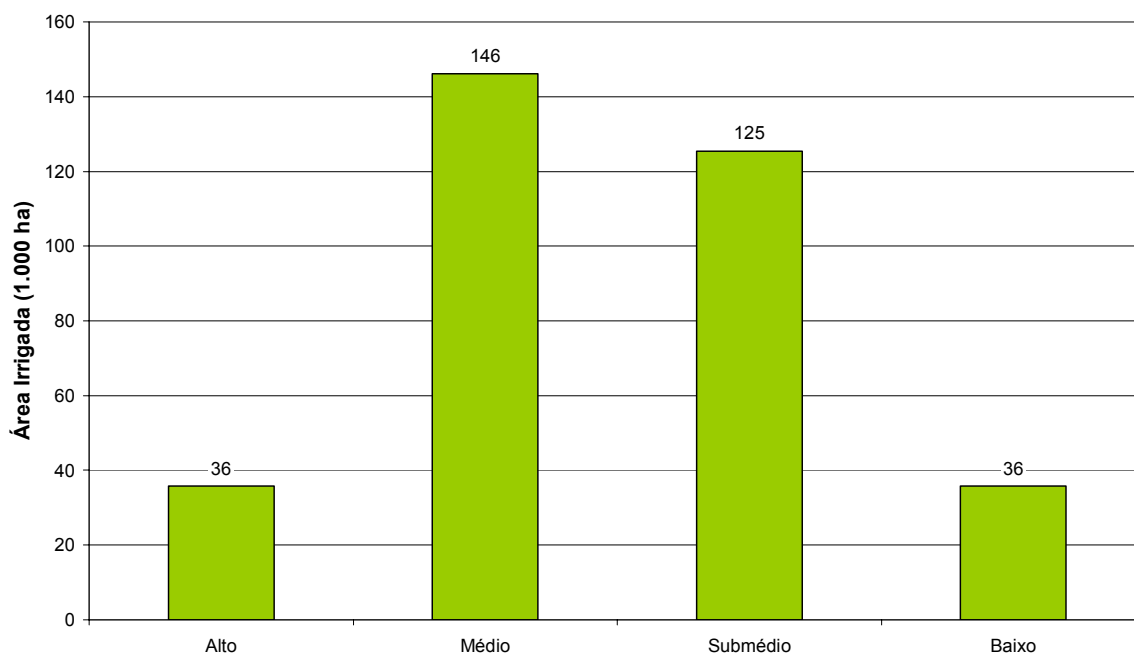
(1) valor superestimado pelo Censo 1996, porque incluía áreas ribeirinhas onde se pratica a "molhação" como áreas irrigadas.

(2) valor total estimado pela ANA (PNRH-2003)

(3) valores estimados pela CODEVASF

A Figura 5.3.2.3-2, a seguir, mostra a atual distribuição das áreas irrigadas da bacia pelas sub-regiões fisiográficas, de acordo com o apresentado pela ANA no Documento Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

FIGURA 5.3.2.3-2 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS IRRIGADAS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO



Comparando-se a evolução das áreas irrigadas na bacia com o potencial de áreas irrigáveis existente, o que se observa é que, não obstante as extensas áreas inventariadas, o desenvolvimento hidroagrícola até aqui alcançado no Vale do São Francisco tem seguido um ritmo que parece ditado menos pelas potencialidades naturais do que pelas restrições institucionais, financeiras e econômicas que afetam o setor, condicionando o progresso efetivamente alcançado ao que se observa no Quadro 5.3.2.3-4, já apresentado.

Cabe destacar, entretanto, que a sucessão de planos não concretizados não diminui a realidade do resultado da intervenção hidroagrícola governamental na bacia, que deve ser avaliado não somente pela implantação concreta de perímetros públicos: deve incorporar com igual importância o estímulo – via efeito demonstrativo e criação/transferência de tecnologia – dado ao desenvolvimento da irrigação privada, que atualmente opera mais de 70% das áreas irrigadas da região.

Em resumo, a média de crescimento da área irrigável, de 1980 a 2004, foi de aproximadamente 8.292 ha/ano. Nos últimos 10 anos essa média foi inferior a 5.000 ha/ano. A vazão correspondente efetivamente captada na bacia do São Francisco é, atualmente, de cerca de 114,5 m³/s, sendo 90,3 m³/s efetivamente consumidos e 24,2 m³/s retornando ao sistema fluvial (ANA, Relatório do Plano Decenal de Recursos Hídricos, 2004). Verifica-se, portanto, que o consumo efetivo específico da irrigação, é de 0,26 l/s/ha a 0,30 l/s/ha, dependendo da área irrigável considerada no Quadro 5.3.2.3-4, no ano 2004. Tal consumo parece

retratar a realidade, em termos médios anuais, uma vez que nem toda área irrigável é sempre irrigada, pois a economia do setor agrícola depende de outras condicionantes que não apenas a disponibilidade hídrica e de terra.

b.4) Tendências de Expansão Futura da Irrigação

Conforme descrito anteriormente, coexistem diversas modalidades de iniciativas hidroagrícolas no Vale do São Francisco. Entretanto, visando descortinar – para além destas iniciativas específicas - a tendência geral de expansão da irrigação na região, é necessário considerar de forma abrangente os fatores determinantes desse processo, principalmente os relativos às potencialidades de água e solo, aos incentivos governamentais, à disputa entre usuários e aos aspectos econômico-financeiros (disponibilidade de recursos para investimentos, custos marginais de longo prazo e restrições mercadológicas).

Do total de terras aptas para a irrigação, na bacia do São Francisco, cerca de 343.000 hectares são irrigados atualmente, sendo 133.000 hectares correspondentes a projetos públicos (CODEVASF, 2004). Esta área representa, por um lado, apenas 10% do potencial de áreas aptas para a irrigação (ver Quadro 5.3.2.3-2), mas por outro lado, já atinge 40% do valor máximo admitido pela CODEVASF antes de se estabelecerem conflitos de uso.. Nos últimos trinta anos, as áreas irrigadas do semi-árido foram palco de significativas transformações, principalmente no que diz respeito às culturas ali produzidas atualmente como a soja, uva, café entre outras.

O PLANVASF (1989) representou um grande esforço de planejamento integrado feito na bacia, envolvendo o inventário de oportunidades hidroagrícolas e seu ordenamento/consolidação com base em prioridades – sociais e econômicas - e restrições, principalmente decorrentes das potencialidades de água/solo e de compatibilização com os demais usos da água na bacia. Nesse Plano, foram identificados novos projetos e idéias de projetos de irrigação que, à época, atingiam 1,34 milhões de hectares, dentre os quais selecionaram-se 170 novas áreas de irrigação para implementação no Vale no período 1989/2000, correspondentes a mais 593,8 mil hectares e perfazendo um total planejado de área irrigada, para o ano 2000, de cerca de 803,4 mil hectares. No Quadro 5.3.2.3-5, podem ser visualizados os montantes de áreas envolvidos nos levantamentos e previsões do PLANVASF.

QUADRO 5.3.2.3-5 – PLANVASF: ÁREAS IRRIGADAS EXISTENTES, IDENTIFICADAS E PROGRAMADAS EXISTENTES/ADICIONAIS

Regiões da Bacia	Áreas Existentes até 1988		Áreas Adicionais Programadas e Identificadas				Totais das Áreas de 1988 mais Áreas Adicionais			
	Mil Ha	%	Programadas		Identificadas		Programadas		Identificadas	
			Mil ha	%	Mil ha	%	Mil ha	%	Mil ha	%
Alto (*)	20,3	9,7	10,7	1,8	10,2	0,8	31,0	3,9	30,5	2,0
Médio (*)	80,7	38,5	436,1	73,4	1.091,4	81,7	516,9	64,3	1.172,1	75,9
Submédio	83,1	39,6	117,3	19,8	185,4	13,9	200,4	24,9	268,5	17,4
Montante Sobradinho	1,9	0,9	5,1	0,9	9,8	0,7	7,0	0,9	11,7	0,8
Jusante Sobradinho	81,2	38,7	112,2	18,9	175,6	13,2	193,4	24,0	256,8	16,6
Baixo	25,5	12,2	29,7	5,0	48,6	3,6	55,1	6,9	74,1	4,8
Total Montante Sobradinho	102,9	49,1	451,9	76,1	1.111,4	83,2	554,9	69,1	1.214,3	78,6
Total Jusante Sobradinho	106,7	50,9	141,9	23,9	224,2	16,8	248,5	30,9	330,9	21,4
TOTAL GERAL	209,6	100	593,8	100	1.335,6	100	803,4	100	1.545,2	100

Fontes: PLANVASF e estimativas JPE-TAHAL.

(*) Tabela elaborada segundo a antiga divisão fisiográfica da bacia. Atualmente, o Alto São Francisco inclui a bacia do Jequitá e o o médio São Francisco inclui Sobradinho. Valem, portanto, as considerações Montante e Jusante de Sobradinho.

Observa-se, já que as estimativas atuais não alcançam os 350.000 mil hectares irrigados no Vale do São Francisco, que o alcance das metas do PLANVASF está distante. Entretanto, importantes indicações prospectivas são disponibilizadas através da análise detalhada dos elementos daquele estudo, dentre as quais podem ser destacados o inventário regionalizado de potencialidades prioritárias de desenvolvimento hidroagrícola e o nível-limite de uso da água para irrigação a montante de Sobradinho (554,9 mil hectares, conforme consta no Quadro 5.3.2.3-5), compatível com a manutenção – mediante pequenas obras de melhoria – da navegabilidade da hidrovía naquele trecho e com perdas hidroenergéticas pouco significativas.

Cabe ainda sublinhar a confirmação, pelo PLANVASF, da conhecida concentração de áreas potenciais no Médio São Francisco, aspecto que determina a presença de 83% das superfícies a desenvolver na bacia a montante da barragem de Sobradinho (1,1 milhão de hectares). Fica evidente que esta característica física da bacia pressiona intensamente – embora por enquanto apenas de forma potencial - a compatibilização da irrigação no Médio curso do São Francisco com as demais demandas, principalmente as da navegação e as do uso para geração hidroelétrica e regularização (para posterior geração a jusante) no reservatório daquela UHE. Nesse contexto, sobressai o conflito potencial com a navegação, já

que há necessidade (ou mesmo prioridade) de se manter a via navegável entre Pirapora e Petrolina, onde o Governo Federal e do Estado da Bahia têm investido recursos para viabilizar a hidrovia.

Embora sujeita a incertezas ligadas às evoluções futuras da economia e do meio ambiente ¹, a extrapolação estatística das tendências históricas de desenvolvimento hidroagrícola no vale desde 1950 oferece uma base objetiva para formulação de um cenário que permita examinar a compatibilidade do Projeto de Integração com os demais usos potencialmente conflitantes na bacia.

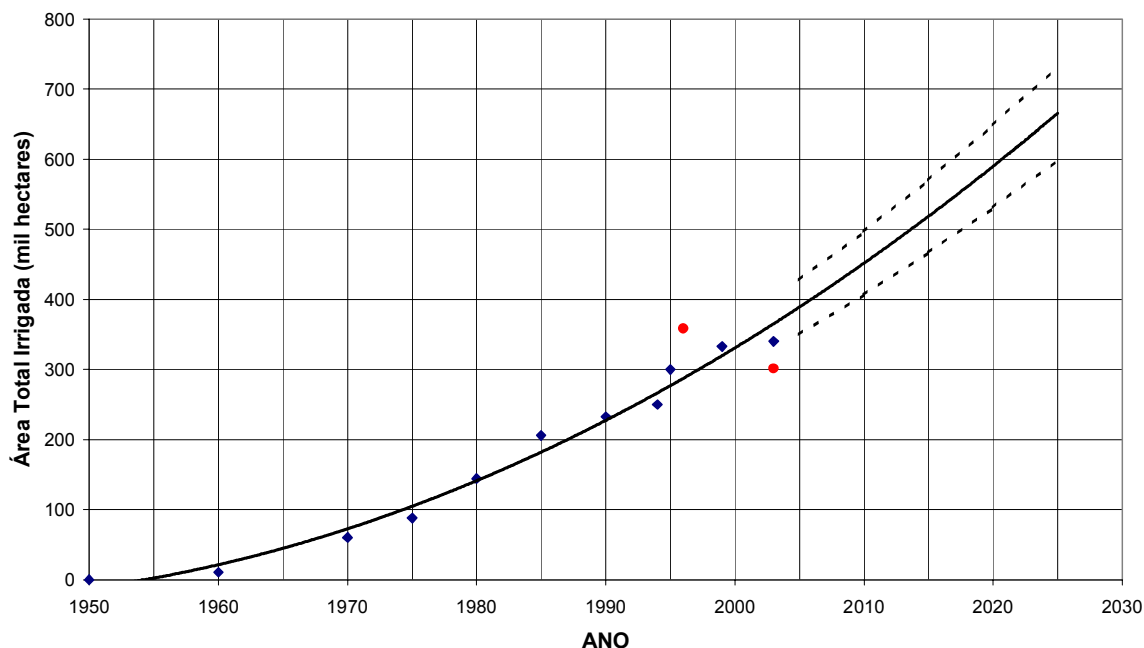
Na Figura 5.3.2.3-3, é apresentado um exercício prospectivo desta natureza, compreendendo o ajuste de uma curva de tendência polinomial aos dados históricos (ver Quadro 5.3.2.3-4) e a plotagem de uma faixa de variação, para a área irrigável, após o ano 2003, equivalente aos limites superior e inferior do intervalo de confiança relativo ao nível de significância de 0,1% (ou seja, a faixa que abrange 99,9% dos prováveis valores dispersos em torno da linha de tendência futura). Admitiu-se, neste ajuste, a estimativa feita pela ANA para o ano 2003, por ser superior à estimativa da CODEVASF. O valor fornecido pelo Censo Agropecuário de 1996 foi retirado da amostra, devido aos desvios já comentados. Esses dois valores são apresentados em vermelho no gráfico.

Com base neste exercício, antecipa-se a presença no Vale do São Francisco de áreas irrigadas entre 400 e 500 mil hectares – valor mais provável de 450 mil ha – no ano 2010. Em 2025, segundo patamar de análise prospectiva do Projeto de Integração, a faixa de quantitativos altamente prováveis está entre 600 e 740 mil hectares, com um valor central de 666 mil ha. A área de 803 mil ha, prevista no PLANVASF, só seria atingida por volta do ano 2035.

A prevalecer esta tendência, as áreas irrigadas evoluirão, até 2025, a um ritmo médio de quase 15 mil hectares anuais, montante que contrasta acentuadamente com o crescimento médio de cerca de 8,2 mil ha/ano verificado nos últimos 25 anos e com o crescimento inferior a 5 mil ha/ano verificado nos últimos 10 anos,, porém é equiparável à média, da ordem de 14 mil ha/ano, observada entre 1985 e 1996.

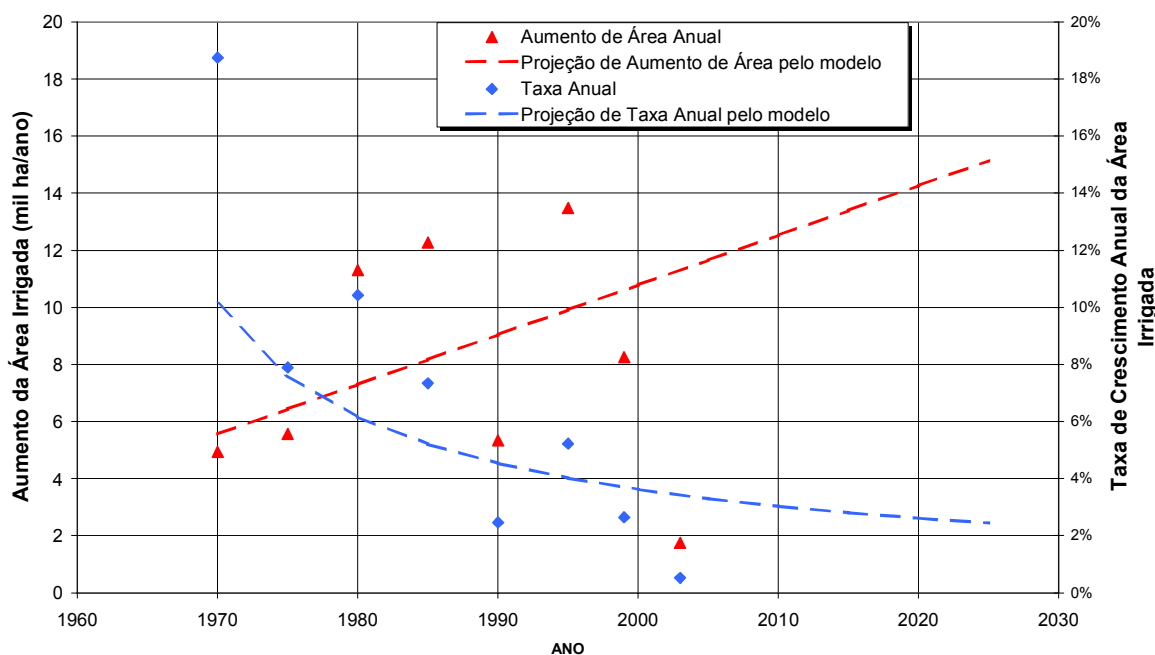
1 Não leva em conta, por exemplo, restrições intrínsecas ao setor, tais como os custos marginais crescentes à medida em que as melhores potencialidades de água e solo vão sendo exploradas, e as receitas marginais decrescentes quando os preços se ajustam para baixo, de modo a permitir a incorporação de proporções maiores do contingente de consumidores potenciais – atingindo camadas de renda progressivamente inferior. Também não considera mudanças – para melhor ou pior – de elementos exógenos, como os quadros econômico, financeiro e institucional (regime cambial, renda e salários, políticas agrícolas, etc.).

FIGURA 5.3.2.3-3 – EVOLUÇÃO E TENDÊNCIA DAS ÁREAS IRRIGADAS NO VALE DO SÃO FRANCISCO



A Figura 5.3.2.3-4 apresenta uma análise gráfica da evolução do ritmo de aumento anual das áreas irrigáveis e também das taxas anuais de crescimento, tomando dados a partir da década de 60. No gráfico são ainda lançados os ritmos e taxas de crescimento embutidos no modelo polinomial ajustado.

FIGURA 5.3.2.3-4 – RITMOS E TAXAS DE CRESCIMENTO DAS ÁREAS IRRIGADAS NO VALE DO SÃO FRANCISCO



Percebe-se uma nítida tendência de queda nas taxas anuais de crescimento, indicando, o que é fato, que não há uma evolução contínua no processo de desenvolvimento da região. Por outro lado, os ganhos anuais de área irrigada apresentam variações grandes, mas ainda podem ser consideradas erráticas em torno de sua média (8.000 ha/ano).

Não obstante as ressalvas conceituais cabíveis, uma previsão baseada na tendência polinomial ajustada parece ter, além de um adequado ajustamento – estatístico e visual – aos dados históricos, o mérito de respeitar a tendência real de aceleração do ritmo de crescimento da irrigação no Vale, ao mesmo tempo em que procura escapar da armadilha do otimismo excessivo que marcou muitos (e frustrados) prognósticos realizados no passado, conforme anteriormente mencionado. Assim é que, segundo a previsão da Figura 5.3.2.3-3, a área implantada nos primeiros 50 anos de desenvolvimento da irrigação no Vale do São Francisco será praticamente duplicada nos 25 anos subseqüentes, sendo que as projeções originais do PLANVASF para o ano 2000 ainda não terão sido alcançadas ao final deste período.

Partindo-se então destas perspectivas de longo prazo e levando-se em consideração, adicionalmente, tanto a distribuição espacial atual das áreas irrigadas no Vale quanto as indicações sobre potencialidades e compatibilidade entre usos do PLANVASF (contando-se apenas com os recursos hídricos da própria bacia)², chega-se ao cenário de desenvolvimento hidroagrícola apresentado no Quadro 5.3.2.3-6.

QUADRO 5.3.2.3-6 – CENÁRIO DE DESENVOLVIMENTO HIDROAGRÍCOLA NO VALE DO SÃO FRANCISCO PARA O PROJETO DE INTEGRAÇÃO

Regiões da Bacia	2003	Acréscimo 2003-2010	2010	Acréscimo 2003-2025	2025
Alto	48	0	48	0	48
Médio	173	78	251	246	419
Submédio	87	19	106	61	148
Baixo	35	5	40	16	51
Total Montante Sobradinho	221	78	299	246	467
Total Jusante Sobradinho	122	24	146	77	199
Total	343	102	445	323	666

Unidade: 1.000 ha

Na formulação deste cenário, adotaram-se os seguintes critérios específicos:

- estabilização das áreas do Alto São Francisco no patamar de 48 mil hectares observado em 2003, que já é superior ao potencial identificado no PLANVASF (Quadro 5.3.2.3-5);

² Sem o concurso de possíveis ofertas adicionais, obtidas mediante transposições de outras bacias para o São Francisco, conforme freqüentemente cogitado.

- distribuição dos acréscimos necessários para alcançar 666 mil hectares, em 2025, proporcionalmente às áreas potenciais programadas pelo PLANVASF, deduzidas do realizado até 2003, a montante de Sobradinho, no Submédio e no Baixo São Francisco; e
- obtenção das áreas por sub-região, relativas a 2010, mediante interpolações dos valores de 1996 e 2025, baseadas no ritmo médio de expansão das superfícies totais (linear).

É importante ressaltar que o Ministério da Integração Nacional encaminhou à ANA em 2004 uma previsão de evolução das áreas irrigadas da bacia do rio São Francisco, até o ano 2013, realizada pela CODEVASF com vistas a subsidiar os estudos do Plano Decenal da Bacia, ora em elaboração. De acordo com aquela previsão, a área esperada para 2013 é de 467.564 ha. Este valor é ligeiramente inferior ao calculado a partir do modelo polinomial ora proposto, mas está contido dentro da faixa de confiança estabelecida na Figura 5.3.2.3-3, sendo ainda superior ao valor proposto no cenário do Quadro 5.3.2.3-6 para o ano 2010, indicando que os dois cenários são concordantes.

Por outro lado, a proposta de alocação de água da proposta do Plano Decenal da ANA prevê para 2013 uma demanda total de água na bacia de 380 m³/s para todos os usos, o que significa cerca de 250 m³/s para irrigação, mantidos os percentuais atuais entre os diversos usos consuntivos. Para um consumo de 0,58 l/s/ha, que admite maior área efetivamente irrigada em relação a área irrigável do que a situação atual, a área irrigada passaria para 431 mil ha, que está próxima da previsão de 467 mil ha da CODEVASF, porém inferior aos 500 mil ha estimados na Figura 5.3.2.3-3.

Os cenários alternativos de desenvolvimento da bacia serão analisados em maior profundidade na análise dos impactos, adotando-se uma abordagem voltada principalmente para evidenciar os conflitos futuros de demandas hídricas e disponibilidade.

b.5) Impactos ambientais

Como visto anteriormente, o uso da irrigação no Vale do rio São Francisco se deu a partir da segunda metade do presente século e teve o seu ritmo aumentado a partir da década de 70 sob a coordenação da CODEVASF. A implantação dos perímetros públicos de irrigação visava não apenas o desenvolvimento tecnológico da agricultura da área, mas também a implantação de pólos de desenvolvimento social, através da montagem de infra-estrutura socioeconômica adequada. Com essa finalidade, foram implantados e continuam sendo implantados diversos projetos de irrigação.

A irrigação pública, graças ao seu efeito demonstrativo, incentivou a expansão da irrigação privada, que se implantou em áreas próximas aos projetos públicos, criando grandes pólos de desenvolvimento na região (ex: pólo Petrolina/Juazeiro) e gerando forte impacto sobre a infra-estrutura socioeconômica das cidades próximas e sobre o meio ambiente em geral, trazendo consigo o aumento dos problemas e conflitos causados pelo progresso e pela prática intensiva da agricultura.

Os maiores impactos negativos da irrigação são observados onde existe grande concentração de irrigantes, como em Projetos de Irrigação ou pólos de desenvolvimento regional. Esses impactos se iniciam na derivação ou captação da água na fonte, principalmente quando se constroem grandes obras como barragens, diques, açudes, canais e aquedutos, ocorrendo on-farm quando os sistemas de irrigação são mal dimensionados ou manejados inadequadamente.

Um dos problemas mais comuns nos setores irrigados é o uso de agroquímicos (inseticidas, fungicidas, herbicidas, e adubos inorgânicos) que, mesmo quando feito de maneira adequada, pode contaminar os solos e as águas. Ademais, observa-se que as normas e procedimentos ideais nem sempre são seguidas corretamente, aumentando bastante os problemas de contaminação.

Nos grandes pólos de irrigação da bacia (Petrolina/Juazeiro, Jaíba) e em outras áreas onde se concentra principalmente a irrigação privada, o problema da utilização de agroquímicos em culturas irrigadas tem crescido em grande proporção com o aumento da área cultivada, já tendo sido noticiados casos de intoxicação de trabalhadores rurais devido ao manuseio inadequado dos produtos, como, aliás, ocorre em geral na agricultura.

Por esta razão, a irrigação intensiva praticada nas áreas marginais aos rios e reservatórios vem trazendo prejuízo à população ribeirinha e à pesca. Na região da barragem de Sobradinho, o pequeno agricultor utiliza as áreas de inundação do lago para o cultivo de cebola, empregando a irrigação em sulcos e aplicando adubos sob a forma de "coquetéis", o que tem contaminado as águas do lago, provocando a mortandade de peixes, além de ocasionar – direta e indiretamente – problemas de intoxicação na população local.

Não obstante, a grande vazão do rio São Francisco tem permitido que a poluição por agroquímicos e águas de drenagem de perímetros irrigados não venha alterando significativamente a qualidade de suas águas, conforme será visto no item 5.3.3. O mesmo não se pode dizer dos afluentes do rio São Francisco, principalmente os de menor porte e intermitentes, encontrando-se vários deles seriamente contaminados, como é o caso de trechos dos rios Verde Grande e Salitre, dentre outros.

Outro problema relacionado ao desenvolvimento da irrigação é o da falta de ordenamento no uso da água. Muitos projetos implantados ou em implantação pelo poder público não têm outorga para o uso da água. Os projetos privados implantados com recursos próprios nem sempre se preocupam em conseguir essa outorga, o que agrava o problema da contaminação e do conflito entre os usos da água.

O problema do uso desordenado dos recursos hídricos é evidenciado pela queda da vazão do rio quando o bombeamento para irrigação se inicia, principalmente nos afluentes. Em alguns rios, como o Verde Grande, Salitre e o Verde, na área de Sobradinho, já se constata a escassez de água para as áreas irrigadas implantadas nos respectivos cursos inferiores.

Um levantamento realizado em 1998 junto à Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, que naquela ocasião era o órgão responsável pelas outorgas de água na bacia do rio São Francisco, mostrou que poucas são as áreas privadas que dispõem de outorga, principalmente nos Estados de Alagoas e Sergipe e na região do Alto São Francisco. Enquanto isto, já se encontravam registradas as outorgas de áreas públicas ainda não implantadas, como é o caso de vários projetos de irrigação da CODEVASF, principalmente nas regiões do Médio e Baixo São Francisco. Os dados levantados naquela ocasião estão resumidos no Quadro 5.3.2.3-7, a seguir apresentado.

QUADRO 5.3.2.3-7 – ÁREAS IRRIGADAS COM OUTORGA NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO (HECTARES) EM 1998

Estados	Perímetros Públicos	Áreas Privadas	Área Total Outorgada
Minas Gerais	106.203,00	12.715,40	118.918,40
Bahia	266.382,45	10.035,42	276.417,90
Pernambuco	54.776,00	576,30	55.352,30
Alagoas	97.603,00	10,00	97.613,00
Sergipe	13.493,00	-	13.493,00
Total	538.457,45	23.337,12	561.794,60

Fonte: MMA/SRH - 1998

Atualmente, as outorgas de uso da água da bacia do rio São Francisco são de responsabilidade da ANA. Durante a elaboração do Plano Decenal de recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco, a ANA constatou que as outorgas já emitidas na bacia totalizam, hoje, 582 m³/s, valor que, quando transformado em consumo outorgado, representa cerca de 335 m³/s. Este valor ultrapassa o triplo do consumo atual na bacia (estimado em 91 m³/s no Plano Decenal), ultrapassa em 50% a projeção de consumo apresentada no mesmo Plano Decenal para o ano 2013 (195,1 m³/s no cenário mais otimista) chegando a quase 90% do limite de consumo estabelecido no Plano para o longo prazo (380 m³/s).

Embora o balanço consumo x disponibilidade atual na calha principal do São Francisco ainda seja de modo geral superavitário, conforme analisado no Plano Decenal e exposto superficialmente no parágrafo precedente, com a continuidade da expansão desordenada da irrigação poderão ser criados déficits localizados, afetando não somente outros projetos de irrigação como o abastecimento de algumas cidades marginais localizadas nas partes mais altas da bacia, a manutenção de calados para navegação, particularmente entre Três Marias e Sobradinho, e mesmo a geração de energia em pequenos aproveitamentos. Na área do Oeste baiano, onde existem rios perenes com vazões propícias à implantação de pequenas centrais hidrelétricas, já ocorre um caso de conflito entre a irrigação e a geração de energia: a usina hidrelétrica de Alto Fêmeas, com uma potência firme de 20 MW e uma potência instalada de 40 MW, está operando apenas com 10 MW, devido ao uso da água por dois projetos de irrigação instalados a montante.

Finalmente, deve ser registrada a crescente interferência das retiradas de água para irrigação no alto e médio São Francisco sobre a produção de energia da bacia, concentrada no sub-médio curso. Estas perdas já vêm sendo computadas nos estudos de planejamento da operação e da expansão realizados pelo setor elétrico, constituindo matéria de grande significado no Plano Decenal da Bacia, em fase de análise pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco, cujos resultados são melhor apreciados no item e, mais adiante.

c) Geração de Energia

Dentre os diversos usos da água, a geração de energia é o mais desenvolvido e explorado na bacia do São Francisco, especialmente no trecho de Itaparica até a foz, onde se concentram os aproveitamentos de Itaparica, Paulo Afonso, Moxotó e Xingó.

A exploração do potencial hidráulico vem sendo feita por três grandes companhias:

- Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF, criada em 3 de outubro de 1945, através do Decreto Lei nº 8031, com o objetivo de realizar o aproveitamento industrial progressivo da energia hidráulica do rio São Francisco, recebendo como concessão inicial o aproveitamento do trecho entre Juazeiro, na Bahia, e Piranhas, em Alagoas, onde, em 1948, deu início à implementação do aproveitamento hidrelétrico de Paulo Afonso, com a construção da sua primeira usina, que entrou em operação em 1955. Hoje trata-se da maior geradora de energia da bacia do São Francisco, operando 8 usinas hidrelétricas com uma potência total instalada de 9.835 MW: Sobradinho (1050 MW), Itaparica (1500 MW), Apolônio Sales - Moxotó (400

MW), Paulo Afonso I (180 MW), II (445 MW), III (800 MW), IV (2460 MW) e Xingó (3000 MW), todas no rio São Francisco;

- Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. - CEMIG, criada em 22 de maio de 1952, com o objetivo de realizar um plano global de eletrificação para o Estado de Minas Gerais que atendesse ao parque industrial mineiro em fase de expansão, substituindo as usinas isoladas existentes por um sistema integrado eficiente. Entre 1957 e 1961, por conta de um contrato firmado com a Comissão do Vale do São Francisco - CVSF, a CEMIG construiu a usina de Três Marias, aproveitamento com múltiplas finalidades, visando a produção de energia elétrica, o amortecimento de enchentes e a melhoria da navegabilidade do rio São Francisco e visando garantir uma descarga mínima de 500 m³/s no trecho a jusante da barragem. A CEMIG atualmente opera sete aproveitamentos na bacia, sendo um no curso principal e os outros seis em afluentes, com uma potência total instalada de 433 MW: Cajuru (7,5 MW), Gafanhoto (13,7 MW), ambos no rio Pará; Rio de Pedras (10 MW), no rio das Velhas; Paraúna (2,9 MW), no rio Paraúna; Pandeiros (4 MW), no rio Pandeiros; Três Marias (396 MW), no rio São Francisco; e Queimado (105 MW), no rio Preto, este último ainda com motorização parcial;
- Companhia de Eletricidade da Bahia - COELBA, criada para o desenvolvimento do potencial elétrico do Estado da Bahia, hoje privatizada, vem operando dois aproveitamentos de pequeno porte na região do Oeste Baiano: a usina de Correntinha (8 MW), no rio Correntinha, e o aproveitamento do Alto Fêmeas (10 MW) no rio das Fêmeas, afluente do rio Grande.

c.1) Histórico

Pelas características de rio de planalto, o São Francisco oferece desníveis de grande valor e por isso mesmo apresenta um grande potencial para geração de energia elétrica. Nasce a cerca de 1600 m de altitude, logo nos primeiros quilômetros forma sucessivas cachoeiras, atingindo um platô de 800 m; a partir do qual segue até as corredeiras de Pirapora, no final do Alto São Francisco, descendo mais 300 m numa extensão de aproximadamente 600 km. Esse primeiro trecho, que se encontra todo contido no Estado de Minas Gerais, oferece vários desníveis favoráveis ao aproveitamento hidrelétrico.

No trecho seguinte, a parte superior do Médio São Francisco, ainda no Estado de Minas Gerais, aparecem alguns desníveis que também podem ser aproveitados para a instalação de outras usinas. O mesmo ocorre com alguns dos trechos encachoeirados ou em corredeiras dos seus afluentes, principalmente nos rios Paracatu, Urucuia, Paraopeba e Velhas.

Na parte restante do Médio São Francisco, localizada no Estado da Bahia, entre as cidades de Carinhanha e Remanso, o perfil do rio apresenta pequena declividade, sendo esse o principal trecho navegável e, por isso mesmo, o que menos aproveitamentos hidrelétricos proporciona. Ainda nos seus afluentes pela margem esquerda, nas sub-bacias dos rios Corrente e Grande, ocorrem alguns desníveis que propiciam a implantação de pequenas centrais hidrelétricas.

No Submédio São Francisco, entre as cidades de Remanso e Paulo Afonso, ambas no Estado da Bahia, volta a se verificar forte desnível, pois em 700 km o rio desce cerca de 250 m. De Santa Maria da Boa Vista (PE) a Paulo Afonso (BA), trecho onde se projeta implantar a futura captação de água para o Projeto de Integração, em 340 km o rio desce 200 m. Nesse trecho, se concentra o maior potencial de geração de energia do Vale.

O Baixo São Francisco apresenta um pequeno trecho inicial, entre Paulo Afonso (BA) e Piranhas (AL), de cerca de 65 km, onde ocorre um desnível da ordem de 115m, favorável à implantação de aproveitamento hidrelétrico. Em seu trecho final, de Piranhas até a foz, o rio percorre cerca de 200 km com uma declividade média de 0,5 m/km.

Para o aproveitamento desse potencial hidroenergético do rio São Francisco foram realizados diversos estudos de divisão de queda, os quais serão descritos a seguir.

O primeiro trabalho sistemático de levantamento do potencial energético do País foi realizado pelo consórcio internacional de empresas de engenharia - CANAMBRA, para a Região Sudeste, envolvendo a parte da bacia do rio São Francisco correspondente ao Estado de Minas Gerais.

Este trabalho foi realizado no período de 1962 a 1969 e, além do inventário hidroenergético, planejou o suprimento da região até o ano de 1980.

A partir de critérios de custo, potência instalada e energia firme, dentre outros, foram identificados 23 locais nas bacias dos rios Pará, Paraopeba, das Velhas, Jequitaí, Paracatu e no curso principal do rio São Francisco, e reestudados os aproveitamentos de Cajuru e Hulha Branca, da CEMIG, relacionados no Quadro 5.3.2.3-8 e apresentados na Figura 5.3.2.3-5.

QUADRO 5.3.2.3-8 – APROVEITAMENTOS IDENTIFICADOS PELA CANAMBRA EM MINAS GERAIS (1962/69)

Rio	Aproveitamento	Rio	Aproveitamento
Pará	Conceição do Pará	Paracatu	Roncador
Paraopeba	Angueretá		Garrote
	Chôro	Urucuia	Urucuia
	Retiro		Escaramuça
Velhas	Cedro	São Francisco	Tabocas
	Picão		Pompeu
	Santo Hipólito		Formoso
	Alívio		Pacui
Pardo Grande	Rodeado		Januária
Paraúna	Quartel		Bananeiras
Jequitaiá	Jequitaiá		

Posteriormente, pelo Decreto nº 65 237, de 26 de setembro de 1969, foi criado o Comitê Coordenador dos Estudos Energéticos da Região Nordeste - ENENORDE, que desenvolveu o inventário hidroenergético do restante da bacia do rio São Francisco e o planejamento do atendimento do mercado consumidor de energia elétrica do Nordeste até o ano de 1985.

Esse inventário, concluído em junho de 1972, identificou a existência de 15 locais nas bacias dos rios Corrente, Grande, Carinhonha, Formoso, Fêmeas e no curso principal do São Francisco, com potência superior a 10 MW, relacionados no Quadro 5.3.2.3-9 e apresentados na Figura 5.3.2.3-5. Além disso, indicou como prioritária a implantação do aproveitamento de Sobradinho, no rio São Francisco, principalmente por esse se constituir em um grande reservatório regularizador de vazões para os aproveitamentos de jusante.

QUADRO 5.3.2.3-9 – APROVEITAMENTOS IDENTIFICADOS PELO ENENORDE

Rio	Aproveitamento	Rio	Aproveitamento
São Francisco	Paratinga	São Francisco	Xingó
	Sobradinho		Pão de Açúcar
	Orocó	Formoso	Gatos I
	Pedra Branca		Gatos II
	Ibó		Sacos
	Itaparica	Corrente	Correntinha
	Moxotó	Fêmeas	Alto Fêmeas
	Paulo Afonso		

Em julho de 1987, a CEMIG realizou uma revisão dos estudos da CANAMBRA sobre o inventário hidroenergético da região mineira da bacia do rio São Francisco, abrangendo 21 aproveitamentos, relacionados no Quadro 5.3.2.3-10 e indicados na Figura 5.3.2.3-5.

QUADRO 5.3.2.3-10 – APROVEITAMENTOS IDENTIFICADOS PELA CEMIG (1987)

Rio	Aproveitamento	Rio	Aproveitamento
Pará	Conceição do Pará	Paracatu	Bezerra
Paraopeba	Peixe Bravo		Paracatu
	Angueretá	Preto	Queimado
	Chôro Baixo		Unaí
	Retiro Baixo		Roncador
das Velhas	Raul Soares		Canabrava
	Jequitibá Baixo	Urucuia	Urucuia
	Cedro Baixo		Escaramuça
	Santo Hipólito	São Francisco	Pompeu Alto
Alívio Baixo	Formoso		
Paraúna	Quartel		São Romão
	Paraúna		Januária Baixa
Pardo Grande	Rodeado	Bananeiras	
Jequitaí	Jequitaí		

Em 2003 a ANNEL concluiu a Revisão do Inventário Hidrelétrico do Rio São Francisco a Montante da UHE Três Marias, incluindo, além do curso principal, os cursos dos rios Paraopeba e Indaiá, complementando e atualizando o trabalho realizado pela CEMIG em 1987. Os 10 aproveitamentos identificados encontram-se relacionados no Quadro 5.3.2.3-11 e indicados na Figura 5.3.2.3-5.

QUADRO 5.3.2.3-11 – APROVEITAMENTOS IDENTIFICADOS PELA ANEEL (2003)

Rio	Aproveitamento	Rio	Aproveitamento
São Francisco	Doresópolis	Indaiá	Taboca
	Noruega		Lagoinha
	Pompéu		Ponte Indaiá
Paraopeba	Peixe Bravo		Ponte Indaiá Jusante
	Angueretá		
	Choro		

Finalmente, considerando os cuidados crescentes do Setor Elétrico com relação aos impactos ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos, que resultaram na criação de um Manual de Inventário Hidrelétrico mais voltado para a questão dos usos múltiplos da água, diversos estudos de "repartição de queda" têm sido desenvolvidos, revendo os aproveitamentos de pequenos trechos de rio já inventariados. A tendência tem sido a diminuição das alturas das barragens e dos volumes dos reservatórios, programando aproveitamentos menos impactantes. Exemplo disso é o Inventário Hidrelétrico do Rio São Francisco no Trecho Entre Sobradinho e Itaparica, concluído em abril/2003. Naquele trabalho, os aproveitamentos de Belém e Pedra Branca, estudados anteriormente, foram substituídos pelos aproveitamentos de Riacho Seco e Pedra Branca, ambos aproveitando uma queda menor que os precedentes.

Os diversos estudos de inventário já realizados identificaram um potencial hidrelétrico para a bacia do São Francisco da ordem de 26.346 MW, dos quais cerca de 10.434 MW se encontram instalados, correspondendo a um aproveitamento de cerca de 39 % do seu potencial, estando suas obras distribuídas na bacia como mostrado no Quadro 5.3.2.3-12 e na Figura 5.3.2.3-5.

QUADRO 5.3.2.3-12 – APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS EXISTENTES NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO (2004*)

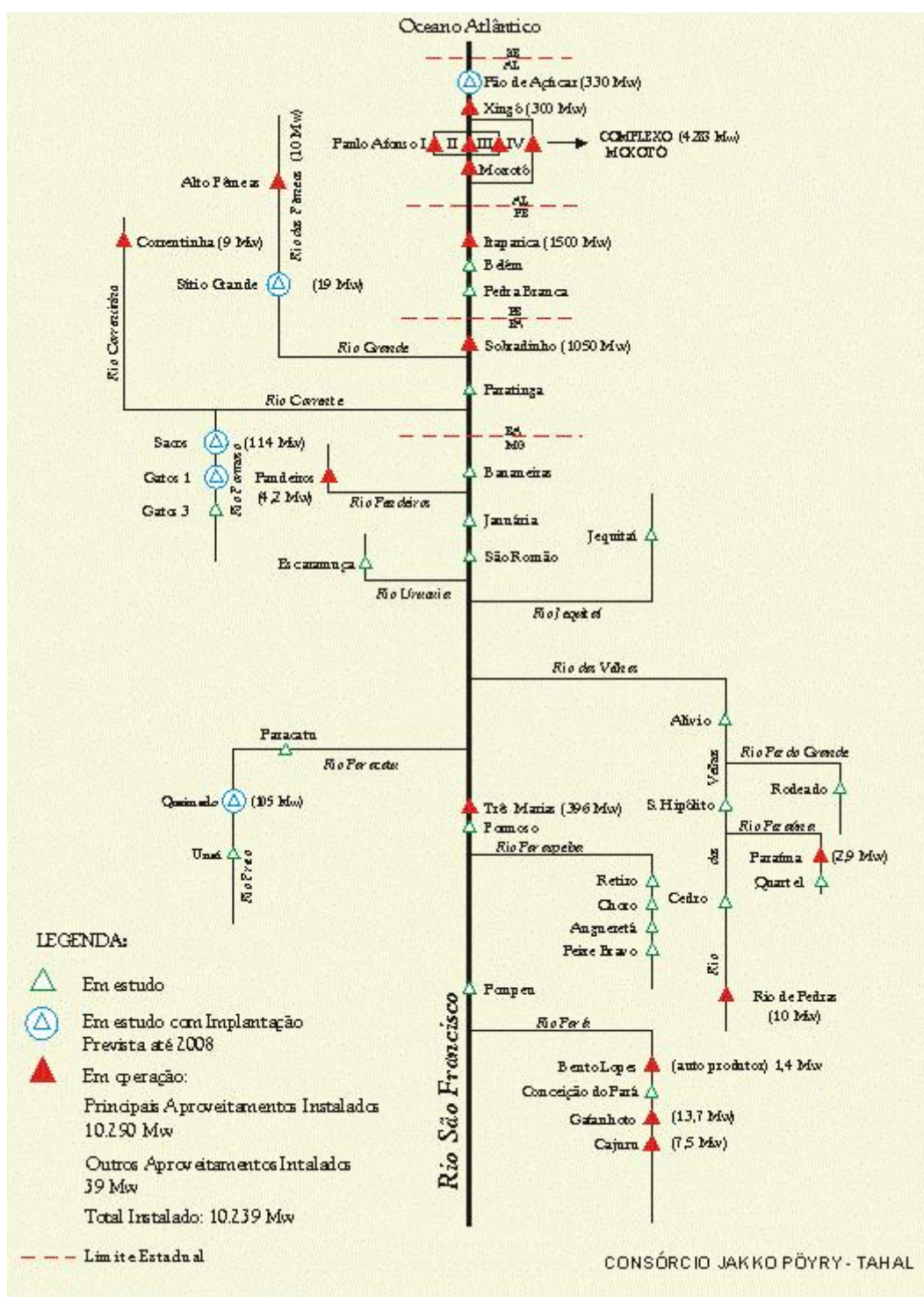
Usina	Proprietário	Rio	UF	Potência MW (1)	EnFirme Mwmed	EAsseg Mwmed (2)	NA Max (m)	NA Min (m)	VolMa x hm ³	VolMin hm ³
Cajuru	Cemig	Pará	MG	7,2	3,73	3,864	753,0	745,0	192	60
Gafanhoto	Cemig	Pará	MG	12,88	6,84	6,684	708,0	708,0	4,2	4,2
Três Marias	Cemig	S. Francisco	MG	396,0	254,62	2393	572,5	549,2	19.528	4.250
Rio de Pedras	Cemig	Velhas	MG	9,28	5,0	4,64	898,0	886,0	24,2	6,5
Paraúna	Cemig	Paraúna	MG	4,08	3,72	1,94	638,0	638,0	1,4	1,4
Queimado	Cemig	Preto	MG/GO	105,0	58,0	58,05	829,0	811,0	540	85,7
Pandeiros	Cemig	Pandeiros	MG	4,2	2,10	2,074	489,5			
Correntina	Coelba	Correntina	BA	9,0	7,0	8,04	498,0	497,0	0,1	0,1
Alto Fêmeas 1	Coelba	Das Fêmeas	BA	10,0	8,26	9,04	619,8	619,2	0,0	0,0
Sobradinho	Chesf	S. Francisco	BA	1.050,0	543,3	5313	392,5	380,5	34.116	5.447
Itaparica	Chesf	S. Francisco	PE/BA	1.500,0	1.004,22	9593	304,0	299,0	10.782	7.234
Apolônio Sales	Chesf	S. Francisco	AL/BA	400,0	263,63	2.225	251,5	251,5	1.226	1.226
Paulo Afonso 1	Chesf	S. Francisco	BA	180,0	118,7		230,3	230,3	26	26
Paulo Afonso 2	Chesf	S. Francisco	BA	445,0	291,94		230,3	230,3	26	26
Paulo Afonso 3	Chesf	S. Francisco	BA	800,0	527,26		230,3	230,3	26	26
Paulo Afonso 4	Chesf	S. Francisco	BA	2.460,0	1081,0		251,5	251,5	121	121
PA Piloto	Chesf	S. Francisco	BA	2,0	0,30	-----	229,5	228,8		
Xingó	Chesf	S. Francisco	AL/SE	3.000,0	2.124,22	2.1393	138,0	138,0	3.800	3.800
TOTAL				10.394,64	6.303,84	6.187,1				

Fonte: SIPOT – Sistema de Informações do Potencial Energético Brasileiro, 2002

(*) O aproveitamento de Queimado encontra-se em operação desde 2003, com a sua última unidade geradora entrando em operação em 15 de maio de 2004

Neste Quadro, as energias firmes foram obtidas diretamente no SIPOT. As energias asseguradas, que correspondem ao montante de energia que cada usina pode comercializar, foram obtidas da resolução ANEEL n. 453, de 08 de dezembro de 1998, para as usinas operadas de forma integrada, e da resolução ANEEL n. 169, de 03 de maio de 2002, para as Pequenas Centrais Hidrelétricas (potências inferiores a 30 MW).

FIGURA 5.3.2.3-5 – APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

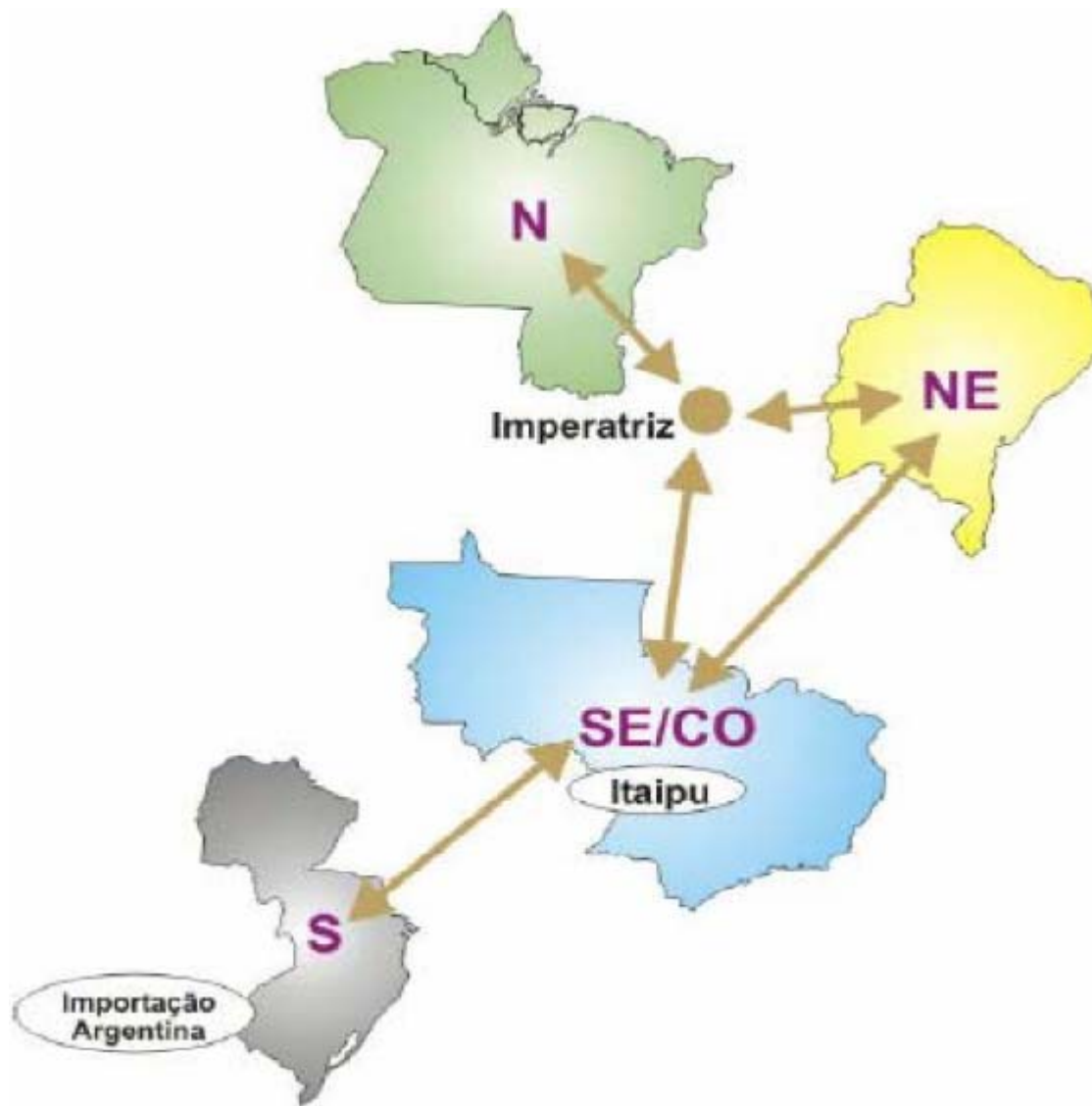


c.2) Quadro Atual da Geração e do Mercado de Energia na Região

Para se analisar a bacia do rio São Francisco, nos aspectos relativos ao consumo e ao suprimento de energia, há que enquadrá-la no contexto do Sistema Interligado Nacional – SIN, que é um sistema de produção e transmissão de energia elétrica

no qual preponderam as usinas hidrelétricas (cerca de 95% de toda a energia gerada), sendo dividido em quatro sub-sistemas – Sul, Sudeste/Centro Oeste, Nordeste e Norte. A Figura 5.3.2.3-6, a seguir, ilustra a situação destes quatro subsistemas do SIN.

FIGURA 5.3.2.3-6 – SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL



Fonte: ONS (2002).

O SIN é operado de forma integrada, de modo a tirar o melhor proveito da diversidade hidrológica existente no Brasil. Assim, o Mercado de Energia é atendido centralizadamente, de modo que quando se tem um déficit hídrico em uma determinada região (ou subsistema), o SIN procura suprir o déficit através do intercâmbio de energia: o subsistema em déficit importa energia de outro subsistema que tenha sobra de energia. Todo o sistema é otimizado, buscando minimizar os custos de operação associados à geração em usinas termelétricas (consumo de combustível) e também minimizar as perdas decorrentes de vertimentos durante as cheias.

O Subsistema Nordeste é interligado ao resto do país através de linhas de transmissão que permitem o intercâmbio de energia elétrica entre os diversos subsistemas do SIN. Atualmente, a interligação do subsistema Nordeste aos subsistemas Norte e Sudeste é feita através de linhas de transmissão de 500 kV, conforme ilustrado na Figura 5.3.2.3-7.

FIGURA 5.3.2.3-7 – DIAGRAMA UNIFILAR SIMPLIFICADO DO SIN



Fonte: ONS (2002)

Cada subsistema atende prioritariamente sua Carga Própria, realizando posteriormente os balanços de intercâmbio, traduzidos em exportação de excedentes de energia ou importação de excedentes em outros subsistemas para cobrir os eventuais déficits.

Das usinas listadas no Quadro 5.3.2.3-12, as sete primeiras, de propriedade da CEMIG, totalizando 538,65 MW de potência instalada, pertencem ao subsistema sudeste, representando uma pequeníssima parcela de toda a potência instalada nesse subsistema.

As demais usinas do Quadro 5.3.2.3-12, de propriedade da COELBA ou da CHESF, pertencem ao subsistema nordeste, num total de 9.856 MW de potência instalada (energia assegurada de 5.871 MW-médio). Completam a potência hidrelétrica do subsistema Nordeste as usinas hidrelétricas de Boa Esperança (225 MW), no rio Parnaíba, Itapebi (450 MW), no rio Jequitinhonha, Funil e Pedra (30 MW e 20 MW) no rio de Contas, Araras (4MW), no rio Acaraú e Curemas (3,8 MW), no rio Piancó, que acrescentam mais 732,8 MW de potência e 366,2 MW médio de energia assegurada.

O Subsistema Nordeste possui ainda um conjunto de usinas termelétricas que complementam o suprimento de energia da região. De uma potência total instalada de 1.476 MW, entretanto, somente 481 MW estão disponíveis para geração simultânea, devido a limitações relativas ao fornecimento de gás.

Com relação ao Mercado de Energia do Subsistema Nordeste, o Planejamento anual da operação Energética – Ano 2004 (ONS) realizou estudos de mercado para determinação da evolução da carga própria de energia e da carga própria de demanda referente aos anos de 2004 a 2008. De acordo com estes estudos, a carga própria de energia atual (2004) é de 6541 MW-médio, já incluídas as perdas de transmissão, sub-transmissão e distribuição, além das perdas comerciais (furtos, erros de medidores).

Confrontada com a energia assegurada do sistema (6237,2 MW nas hidrelétricas mais 481 MW-médio nas térmicas) esta carga encontra-se próxima do equilíbrio, sendo que as usinas hidrelétricas localizadas na bacia do São Francisco são responsáveis por cerca de 90% do atendimento do mercado de energia do Subsistema Nordeste.

c.3) Planejamento da Operação e Expansão do Setor Elétrico

Dois documentos consolidam o Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro para os próximos anos: o "Planejamento Anual da Operação Energética – Ano 2004, elaborado pelo ONS, que cobre o período 2004 a 2008, e o Plano Decenal de

Expansão 2003 – 2012, que é elaborado pelo CCPE – Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistema Elétricos.

Enquanto o Planejamento Anual da Operação visa estudar as condições de atendimento do mercado do SIN, indicando estratégias de médio prazo para operação do sistema interligado, o Plano Decenal de Expansão tem por meta elencar um conjunto de empreendimentos a serem implantados com vistas a orientar futuras ações governamentais e de Agentes do Setor Elétrico.

O Quadro 5.3.2.3-13 apresenta a evolução do Mercado de Energia do subsistema Nordeste até 2008, de acordo com o Plano Anual de Operação.

QUADRO 5.3.2.3-13 – EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA

Ano	Nordeste (MW-médio)	Crescimento (%)	Sistema Interligado (MW-médio)	Crescimento (%)
2004	6.541	-	43.704	4,6
2005	6.867	5,0	45.773	4,7
2006	7.215	5,0	47.832	4,5
2007	7.705	6,8	50.116	4,8
2008	8.126	5,5	53.255	6,3

Fonte: ONS, 2004

De acordo com estas previsões, o subsistema Nordeste deverá experimentar crescimento anual superior a 5%, correspondente a um aumento médio de cerca de 400 MW-médio por ano. Mantendo o fator de capacidade médio atual, isto significa um aumento na potência instalada da ordem de 550 MW por ano.

Neste período, o planejamento da operação realizado em 2004 considera a entrada em operação de duas unidades da UHE Pedra do Cavalo (160 MW) e uma unidade auxiliar da UHE Itapebi (25 MW). A previsão de expansão do parque gerador térmico inclui a incorporação de 144 MW da UTE Camaçari e 91,2 MW da UTE Fafen, ambas na Bahia.

Este crescimento situa-se muito aquém das expectativas de crescimento do mercado nos próximos quatro anos, indicando que o subsistema Nordeste deverá experimentar um período de importação de energia dos outros subsistemas.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão 2003 – 2012, o mercado previsto de energia para o ano 2012 é de 9.544 MW-médio, enquanto que a carga de demanda (potência) alcança 12.879 MW. Para fazer frente a este crescimento, foram previstas as usinas de Itapebi e Queimado, ambas já construídas, e indicadas as usinas de Gatos (33 MW), Sacos (50 MW), Quartel (110 MW) e Paraúna (110 MW), na bacia do São Francisco, além da UHE Pedra do Cavalo (160 MW), no rio Paraguauçu.

Atualmente encontram-se em andamento os Estudos de Viabilidade de duas usinas hidrelétricas no Submédio rio São Francisco:

- UHE Pedra Branca, com potência de 320 MW e energia firme de 232 MW-médio; e
- UHE Riacho Seco, com potência de 240 MW e energia firme de 176 MW-médio.

Além dessas, está sendo realizada a revisão do inventário hidrelétrico do Baixo São Francisco, que prevê a implantação da UHE Pão de Açúcar, com potência instalada de 330 MW e energia firme de 280 MW-médio. Deve-se esclarecer, todavia, que o reservatório da UHE Pão de Açúcar afoga parcialmente o canal de fuga da UHE Xingó, fazendo com que parte da energia gerada apenas entre em substituição à energia que perdida em Xingó.

Somados estes empreendimentos, a energia firme mal alcança os 800 MW-médio, muito inferior aos 4000 MW-médio de crescimento do mercado de energia previsto para o período entre 2003 e 2012.

Como se vê, a expansão da geração hidrelétrica fica abaixo das expectativas de crescimento do mercado, também para o Plano Decenal. A solução proposta no Plano foi a indicação da construção de 11 centrais termelétricas, com potência de 300 MW cada, indicando uma sinalização de diversificação da matriz energética, com o emprego de fontes térmicas (gás natural e combustíveis alternativos). Também é prevista a construção de novas linhas de transmissão Norte/Nordeste, suprimindo a região com energia hidrelétrica da Região Norte, especialmente da bacia do rio Tocantins. No horizonte de 2025, a geração no rio São Francisco deverá ser inferior a 50% do mercado de energia da Região, devendo ainda ser reduzida em função da ampliação do consumo para irrigação na bacia do São Francisco.

c.4) Aspectos Hidrológicos

Como dito anteriormente, a implantação de barramentos para geração de energia no curso do rio São Francisco e de seus afluentes vem alterando substancialmente o seu regime fluvial, aumentando as vazões de estiagem e reduzindo os picos de cheia.

Na região do Alto São Francisco, as vazões mínimas naturais em Três Marias, da ordem de 92 m³/s, foram elevadas, com a regularização oriunda do reservatório lá criado, para cerca de 500 m³/s, na maior parte do tempo - e uma vazão mínima de 360 m³/s, permitindo assim a navegação do rio São Francisco, no trecho a jusante de Pirapora, e garantindo a oferta de água para implantação de grandes projetos de irrigação, como o Jaíba, o Iuiú e o Baixio de Irecê.

Da mesma forma, no início do trecho do Submédio São Francisco as vazões mínimas naturais em Sobradinho, da ordem de 600 m³/s, foram elevadas, pela regularização desse reservatório e de Três Marias para cerca de 1.300 m³/s, atingindo frequentemente 2.000 m³/s, ou mais, o que permite um aproveitamento melhor do potencial hidroenergético entre Itaparica e a Foz.

No tocante às cheias no rio São Francisco, as duas únicas barragens existentes que apresentam características favoráveis ao controle de enchentes são Três Marias e Sobradinho. Assim é que, após a cheia de 1979, a Comissão Interministerial formada para avaliação dos efeitos dessa enchente excepcional no Vale do São Francisco determinou que essas barragens, embora não tenham sido projetadas para esse fim, mantivessem, durante o período chuvoso, um volume de espera para amortecimento dos picos de cheia à custa de uma redução no volume útil, embora isso implicasse um decréscimo na estocagem de águas para a produção de energia hidrelétrica .

As restrições atualmente em uso (ONS, 2002) são apresentadas no Quadro 5.3.2.3-14, a seguir.

QUADRO 5.3.2.3-14 – RESTRIÇÕES À OPERAÇÃO HIDRÁULICA DOS RESERVATÓRIOS DA BACIA DO SÃO FRANCISCO

UHE TRÊS MARIAS	
Restrições de montante:	Nível máximo: cota 572,50 m
Restrições de jusante:	Vazões máximas: 2500 m ³ /s em Três Marias e 4000 m ³ /s em Pirapora. Vazões Mínimas: 300 m ³ /s para abastecimento de água e 500 m ³ /s para navegação. Taxa de Variação Máxima das Defluências: 100 m ³ /s/0,5h (se 200 m ³ /s < defluência < 500 m ³ /s); 200 m ³ /s/0,5h (se 500 m ³ /s < defluência < 900 m ³ /s); 500 m ³ /s/dia (se 1.250 m ³ /s ≤ defluência < 2.500 m ³ /s); 700 m ³ /s/dia (se 2.500 m ³ /s ≤ defluência < 4.000 m ³ /s)
UHE SOBRADINHO	
Restrições de jusante	Vazões máximas: vazão defluente de 8000 m ³ /s. Vazões mínimas: vazão defluente de 1300 m ³ /s. Variação de Defluência: 1000 m ³ /s/dia, em condições de controle de cheias; e 500 m ³ /s/dia, em condições normais.
UHE XINGÓ	
Restrições de jusante	Vazões máximas: vazão defluente de 8000 m ³ /s. Vazões mínimas: vazão defluente de 1300 m ³ /s

Fonte: ONS, 2004.

Esses efeitos de regularização e elevação das vazões mínimas do rio São Francisco – que, na verdade, apresenta uma situação atual de níveis de água críticos na estação seca muito melhor do que anteriormente, antes de ser regularizado - e de amortecimento das cheias poderão ser reforçados com a construção de novas barragens de regularização, a serem aproveitadas para geração de energia, nas

sub-bacias de seus afluentes, principalmente nos rios das Velhas, Paracatu e Urucuia, que são rios geradores de enchentes no Médio São Francisco. Entretanto, é possível que novos reservatórios de grande volume tenham baixa viabilidade ambiental, pela inundação de áreas economicamente ocupadas e por efeito sobre ecossistemas fluviais situados a jusante, e que atualmente permitem manter um fluxo fluvial livre de grande extensão ao longo do Médio São Francisco.

Os barramentos existentes no curso principal do São Francisco, afora Sobradinho e Três Marias, pouco influenciam no seu regime de vazões médias, uma vez que praticamente operam a fio d'água ou com regularização horária, não tendo ação regularizadora.

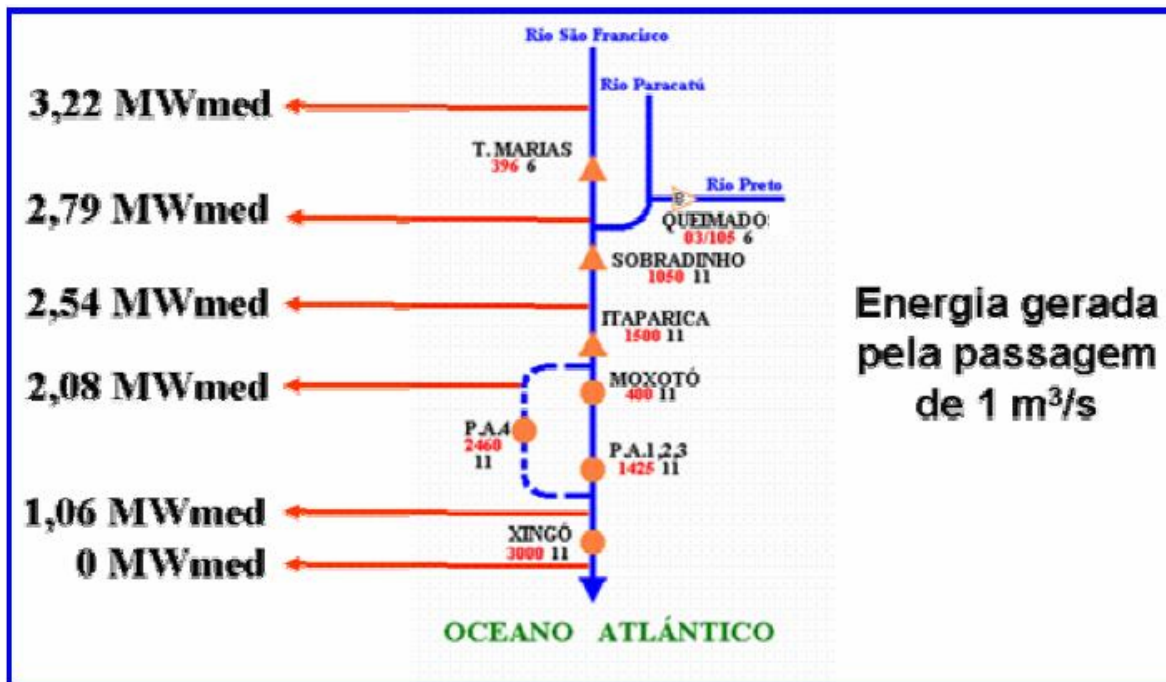
Há que se considerar, também, a perda de recursos hídricos por evaporação nos lagos desses aproveitamentos. Estudos realizados pela ELETROBRÁS avaliaram as perdas por evaporação nos reservatórios implantados no Alto e Submédio São Francisco, obtendo os seguintes valores médios: Três Marias – 20 m³/s; Sobradinho - 190 m³/s e Itaparica – 90 m³/s, totalizando cerca de 300 m³/s. Essa vazão poderia irrigar uma área estimada em 600 mil ha, com o uso de tecnologias adequadas.

O aproveitamento de Pão de Açúcar, no Baixo São Francisco, atualmente em fase de estudos de inventário, poderá regularizar as vazões turbinadas por Xingó, que variam ao longo do dia em função da hora de pico do sistema elétrico, melhorando o escoamento no Baixo São Francisco e, portanto, a sua condição de navegabilidade.

Finalmente, deve ser registrado que a retirada de água para consumo (abastecimento, irrigação, etc) no alto, médio e sub-médio São Francisco acarreta perdas de geração crescentes nas usinas situadas a jusante. Este efeito é mais marcante na bacia do São Francisco porque a maior concentração de aproveitamentos construídos no São Francisco situa-se em seu curso próximo à foz, ao contrário do que ocorre em outras bacias hidrográficas brasileiras, onde normalmente as grandes quedas naturais se concentram nas cabeceiras. Portanto, o desenvolvimento da irrigação no Vale do São Francisco implicará necessariamente no decréscimo da geração de energia, que terá que ser substituída por outras fontes locais (térmicas) e da Região Norte (hidrelétricas). A perda de energia estimada para uma área irrigável de 800 mil ha, considerando uma vazão média consumida correspondente de 264 m³/s, é de cerca de 700 MW médios, ou 12,5% da geração da CHESF no rio São Francisco.

A Figura 5.3.2.3-8 apresenta a produtibilidade média das usinas do rio São Francisco, que permite calcular a energia gerada pela vazão de 1,0 m³/s em qualquer uma delas.

FIGURA 5.3.2.3-8 – PRODUTIBILIDADE MÉDIA DAS USINAS DO RIO SÃO FRANCISCO



Fonte: ONS – Diagrama Simplificado das Usinas Hidrelétricas do SIN (janeiro de 2004)

c.5) Aspectos Ambientais

Se o aproveitamento do potencial hidroenergético da bacia do São Francisco permitiu o desenvolvimento do parque industrial do Nordeste e da região como um todo, também gerou alterações substanciais nos regimes fluviais dos rios da bacia e na vida das populações ribeirinhas.

A construção da barragem de Sobradinho, com a finalidade de regularizar as vazões do rio São Francisco, desse reservatório para jusante, a fim de proporcionar uma descarga firme elevada para a geração de energia na sucessão de usinas hidrelétricas implantadas e a implantar a partir desse ponto do rio, ocasionou a formação de um lago artificial com uma área de cerca de 4.476 km², em sua cota máxima (392,5m), com capacidade de armazenar um volume de 34,2 bilhões de metros cúbicos.

A criação de um grande lago, como esse, no centro da região semi-árida nordestina, causou, além de modificações substanciais no microclima local, inúmeros impactos diretos no ecossistema natural, abrangendo os meios físico e biótico e originando problemas antrópicos, com conseqüências sociais e econômicas relevantes.

Nos municípios de Juazeiro, Casa Nova, Remanso, Pilão Arcado, Xique-Xique e Sento Sé, todos no Estado da Bahia, atingidos pelas águas da represa de

Sobradinho, foi afetada uma população de cerca de 56.000 habitantes que, sendo compulsoriamente relocados, tiveram seus hábitos de vida alterados substancialmente. Muitos deles eram ribeirinhos e viviam predominantemente em função do rio, enquanto outros, que praticavam a agropecuária em áreas mais afastadas do rio (caatingueiros), usavam suas águas, periodicamente, nos períodos de seca.

As populações ribeirinhas, antes da construção da barragem, se utilizavam predominantemente da agricultura de vazante, no período de seca, feita sobre o húmus deixado pelo rio após as cheias. Atualmente, essas populações dependem, para sua subsistência, da chuva ou da irrigação, essa última não acessível à maioria.

Dentre os impactos observados, cabe destacar as alterações sofridas pelas lagoas marginais, alimentadas pelo rio nos períodos de cheia, que eram locais propícios para a reprodução de espécies nativas, e que hoje se encontram submersas (a montante) ou secas (a jusante), com reflexos diretos nas populações que têm na pesca artesanal um de seus principais meios de sustentação.

Nos últimos anos, tem-se observado uma queda acentuada na atividade de pesca na bacia. A produção da área, em 1985, não ultrapassou 26 mil toneladas de peixe por ano, menos da metade do potencial estimado, que é de 70.000 toneladas/ano (PLANVASF,1989), correspondendo a 2,7% da produção nacional, aí incluídos tanto os produtos marinhos como os de água doce. Considerando apenas este último tipo de produção, a contribuição do Vale situou-se em 15%. O total de pescadores artesanais existentes em 1980 chegava a 37.926. Cinco anos depois, eles estavam reduzidos a 26.900, basicamente concentrados na área baiana do Médio São Francisco, onde se encontram 13.000 pescadores.

Ainda que sejam precárias as estatísticas existentes sobre a atividade pesqueira no Vale, é notório que ocorreram interferências marcantes na bacia pela implantação de reservatórios em pequenos tributários e no leito principal do rio São Francisco, que repercutem na atividade da pesca artesanal, acarretando perdas de renda por parte dessas populações, embora também ocorra a sobre pesca predatória em alguns locais.

Por outro lado, a construção de uma série de barramentos ao longo do São Francisco modificou a sua velocidade de escoamento, alterando o seu equilíbrio hidrossedimentológico. As águas, ao chegarem aos reservatórios, perdem velocidade, provocando a deposição dos sólidos em suspensão, criando bancos de areia. Já as águas sem sedimentos que deixam os reservatórios têm o seu poder erosivo aumentado, escavando o leito do rio no trecho a jusante das barragens, provocando erosão de margens e aumentando o transporte de sólidos que vão se depositar no seu trecho final, mais plano, ou em sua foz.

É importante registrar que o Governo Federal, reconhecendo os problemas causados pelos empreendimentos hidrelétricos, principalmente às regiões em que são formados os reservatórios, instituiu o pagamento da Compensação Financeira pelo Uso dos Recursos Hídricos – CFURH, através do Decreto nº 1, de 11 de janeiro de 1991, que regulamentava o estabelecido na Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e na Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990. A CFURH é o valor que agentes de geração pagam para exploração de potencial hidráulico para produção de energia elétrica. As usinas que se enquadram como Pequena Central Hidrelétrica (PCH) estão isentas do pagamento desta compensação.

A Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, estabelece que a CFURH corresponde ao percentual de 6,75% do valor da energia gerada. O total a ser pago é calculado através da seguinte equação:

$$CFURH = EG \times TAR \times 0,0675$$

onde:

EG - energia gerada;

TAR - tarifa atualizada de referência. O valor válido a partir de 01 de janeiro de 2004 é de R\$ 44,20, conforme resolução ANEEL nº 647, de 08 de dezembro de 2003.

Os recursos correspondentes ao percentual de 6% são destinados aos municípios atingidos pelas barragens e aos Estados onde se localizam as represas, na proporção de 45%, para cada um, a título de compensação financeira; cabendo à União os 10% restantes, que são divididos entre o Ministério do Meio Ambiente (3%); o Ministério de Minas e Energia (3%) e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (4%), administrado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

Os recursos correspondentes aos 0,75% restantes constituem pagamento pelo uso de recursos hídricos e são receitas da ANA para aplicação na implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Nas usinas hidrelétricas do Sub-Médio São Francisco, cuja geração pode ser afetada por uma redução ocasionada pelas retiradas de água a montante (Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso I, II, III e IV e Xingó), os pagamentos efetuados no ano de 2003 para atendimento Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (Compensação financeira pelo uso dos recursos hídricos) estão apresentados no Quadro 5.3.2.3-15, a seguir.

QUADRO 5.3.2.3-15 – COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PAGA PELAS USINAS A JUSANTE DE SOBRADINHO EM 2003

USINA	PAGAMENTO EM 2003
Itaparica	R\$ 17 342 245.46
Moxotó	R\$ 1 968 905.24
Paulo Afonso I, II e III	R\$ 7 547 283.72
Paulo Afonso IV	R\$ 28 132 462.30
Xingó	R\$ 41 625 614.07
TOTAL	R\$ 96 616 510.79

Fonte: Sítio da ANEEL na Internet – consulta em 11 de maio de 2004

A distribuição da parcela do valor pago pelas usinas entre os municípios é feita proporcionalmente à área do município inundada pelo reservatório. Entretanto, parte da energia gerada por uma usina situada a jusante na cascata de aproveitamentos é creditada à regularização propiciada pelos reservatórios existentes a montante da mesma. Assim, os municípios banhados pelo reservatório de Xingó, que é a usina mais a jusante na cascata, recebem compensação financeira apenas sobre a geração da usina de Xingó. Já os municípios que são banhados pelo reservatório de Itaparica, por exemplo, recebem compensação financeira sobre a energia gerada pela usina de Itaparica e sobre parte da geração das usinas situadas a jusante (Paulo Afonso I, II, III e IV, Moxotó e Xingó), que foram beneficiadas pela regularização de Itaparica.

O Quadro 5.3.2.3-16, a seguir, apresenta, os totais arrecadados em 2003 pelos municípios que recebem compensação financeira das usinas situadas a jusante da captação do Projeto de Integração, de acordo com os coeficientes de rateio fornecidos pela ANEEL em seu sítio na Internet. É importante notar que a soma corresponde a 40% do total pago pelas usinas (vide Quadro 5.3.2.3-15), calculado com base em 6,75% da sua energia gerada, ou seja, 45% da parcela de 6% da compensação financeira.

QUADRO 5.3.2.3-16 – VALORES DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA RECEBIDOS PELOS MUNICÍPIOS E ESTADOS EM 2003, EM VIRTUDE DA GERAÇÃO DAS USINAS DE ITAPARICA, PAULO AFONSO I, II, III E IV, MOXOTÓ E XINGÓ

Estados / Municípios	Recebido em 2003
Bahia	R\$ 19 663 355.28
PAULO AFONSO	10 886 127.47
GLORIA	1 033 468.92
CHORROCHÓ	65 753.09
RODELAS	1 023 164.82
CASA NOVA	1 886 370.26
ITAGUACU DA BAHIA	134 198.94
PILAO ARCADEO	608 445.89
REMANSO	1 287 712.05
SENTO SE	2 504 011.85
SOBRADINHO	82 649.17
XIQUE-XIQUE	151 452.83

Estados / Municípios	Recebido em 2003
Alagoas	R\$ 6 822 972.02
DELMIRO GOUVEIA	3 697 611.55
OLHO D'AGUA DO CASADO	1 696 926.81
PIRANHAS	1 427 295.92
PARICONHA	1 137.75
Sergipe	R\$ 5 044 238.16
CANINDE DO SAO FRANCISCO	5 044 238.16
Pernambuco	R\$ 3 568 228.97
PETROLANDIA	1 119 965.18
JATOBA	209 731.09
BELEM DE SAO FRANCISCO	236 815.05
FLORESTA	1 132 077.28
ITACURUBA	860 712.39
TACARATU	8 927.98
Minas Gerais	R\$ 3 547 813.19
ABAETE	236 579.13
BIQUINHAS	3 909.26
FELIXLANDIA	504 314.48
MORADA NOVA DE MINAS	1 584 060.34
PAINEIRAS	174 534.03
POMPEU	298 267.81
SAO GONCALO DO ABAETE	60 147.97
TRES MARIAS	685 083.20
DIVINOPOLIS	441.69
CARMO DO CAJURU	475.28
Total	R\$ 38 646 607.63

Fonte: Sítio da ANEEL na Internet – consulta em 11 de maio de 2004.

Os usos da água a montante das usinas hidrelétricas listadas no Quadro 5.3.2.3-15 podem acarretar perdas de arrecadação para os municípios e estados que aparecem no Quadro 5.3.2.1-6, já que a compensação é calculada a partir da energia efetivamente gerada pelas usinas. Uma estimativa expedita da perda energética ocasionada pelas retiradas de água a montante das usinas pode ser feita com base nas produtibilidades médias informadas na Figura 5.3.2.3-8, já apresentada, multiplicando-se pelas mesmas as vazões retiradas. Trata-se, entretanto, de uma estimativa tendenciosa, que fornece valores superiores aos reais, porque as águas captadas em períodos de cheia não diminuem a geração das usinas de jusante que já estejam vertendo, não acarretando perda alguma. Alternativamente, pode-se também estimar estas perdas calculando-se, por meio de simulações, a geração média das usinas com e sem as retiradas de montante, processo que fornece valores menores, mas mais próximos do real.

De maneira geral, os possíveis impactos financeiros do projeto, bem como das diversas retiradas de água já existentes e/ou autorizadas a montante, podem ser relevantes para alguns dos municípios beneficiados, onde esta compensação pode representar uma parcela significativa de sua arrecadação. Já em nível dos estados,

que recebem uma quantia total idêntica àquela paga aos municípios, a importância relativa desses pagamentos é substancialmente menor, de modo que os impactos financeiros não apresentam significado expressivo para as administrações estaduais.

O aprofundamento desse assunto é feito, entretanto, na análise dos impactos do empreendimento, apresentada no capítulo 10 deste EIA.

d) Navegação no Vale do São Francisco

d.1) A Dimensão Histórica

O rio São Francisco e seus afluentes desempenharam um papel decisivo no desbravamento do interior do país, desde o período colonial. Frente às fortes dificuldades de penetração por terra para o interior, em decorrência da presença de matas virgens e das áreas inóspitas do sertão, as águas do São Francisco assumiram um caráter privilegiado como caminho, tanto para os *bandeirantes*, originados em São Paulo, quanto para os povoadores do litoral nordestino, para a conquista e ocupação da Região Nordeste do país, apesar das dificuldades de suas corredeiras e dos obstáculos físicos representados por suas cachoeiras.

Já muito antes, a navegação no São Francisco era realizada por povos indígenas. Suas margens e as de seus afluentes foram povoadas por populações autóctones, que tinham em suas águas sua via principal de transporte. Hohenthal e Nimuendaju identificaram um número extremamente significativo de tribos indígenas às margens do São Francisco e afluentes. Desde os primórdios da ocupação das regiões do Cerrado e da Caatinga, o São Francisco já assumia o caráter, muito tempo depois decantado, de Rio da Integração Nacional, embora essa "integração" não tivesse o mesmo significado para os povos indígenas e o desbravador europeu.

Com a ocupação do interior, a bacia do São Francisco passou a assumir um papel destacado no transporte de mercadorias originadas nas regiões litorâneas e no Sudeste. A intensidade do tráfego fluvial no São Francisco fez com que, pouco a pouco, suas margens fossem intensamente ocupadas, predominantemente por novos grupos sociais, bastante característicos do que Gilberto Freyre, Sérgio Buarque de Hollanda e Darcy Ribeiro definiram como a característica fundamental do *brasileiro*: populações empobrecidas, de homens livres, frutos da miscigenação do branco, do índio e do negro.

Durante séculos, portanto, a navegação no São Francisco representou seu uso prioritário, tendo sido a responsável pela conformação das características sociais e culturais de uma expressiva parte da população do país.

d.2) A Dimensão Cultural

A história da bacia do São Francisco, tendo por força central de sua ocupação a navegação em suas águas, deixou importantes legados culturais que, em parte, estão em processo de desaparecimento, em parte, ainda se encontram vivos na memória e na vida cotidiana de seus habitantes e, em parte, estão preservados em sítios e cidades históricas protegidas pelo Patrimônio Cultural.

O universo cultural diretamente relacionado ao rio é extremamente rico em termos de produções materiais, de formas de conhecimento e interpretação do universo e de modos específicos de vida, essenciais para o entendimento das características próprias das populações que aí se encontram e do caráter do povo brasileiro, como diriam Darci Ribeiro ou Roberto da Matta.

As populações ribeirinhas do São Francisco têm seus saberes, suas vidas e seus trabalhos profundamente determinados pelo ritmo do rio. A moradia (o padrão construtivo de suas residências), a alimentação (a pesca e a agricultura de vazante), o conhecimento (decorrente das leis, mistérios e perigos do rio) e o próprio ritmo de vida são profundamente condicionados pela dinâmica do rio.

Relatos de viajantes europeus dos séculos XVIII e XIX demonstram sua surpresa diante da vivacidade, coragem, audácia e inteligência dos barqueiros do São Francisco: homens de aspecto tão pacato e rude, capazes de enfrentar com maestria e agilidade as corredeiras e as dificuldades de subida do rio.

Surpreendeu-os também verificar a força e a saúde de populações de tão baixa renda, que pareciam demonstrar uma sabedoria particular relacionada a sua alimentação, cuja base era dada pelo peixe e leguminosas plantadas nas várzeas.

Mais surpreendente, no entanto, é observar situações em que populações ribeirinhas foram relocadas para lotes agrícolas, em melhores condições habitacionais e fundiárias, por motivo de expansão urbana ou de grandes empreendimentos públicos e, afastadas por alguns quilômetros do rio, tornaram-se, em prazos extremamente curtos, grupos em situação de miséria absoluta, indigência e subnutrição.

Tais situações são entendidas através do próprio depoimento dessas pessoas, para quem ter sido afastadas da beira do rio significou uma radical alteração de suas formas de vida, de seus conhecimentos e de suas crenças. Não ter mais o rio presente, em seu cotidiano, acarretou a perda de referência cultural e a desestruturação de suas noções de espaço e de tempo. Como consequência, não mais pescavam, não sabiam como plantar nas novas condições, não possuíam os meios e o fim, para suas produções de artefatos, e não mais conseguiam administrar seu cotidiano, levando-os a uma total apatia diante da vida.

A vida às margens do São Francisco deu origem a uma produção artesanal extremamente rica, que inclui a construção naval, utensílios de pesca, utensílios domésticos que têm por matéria-prima elementos disponíveis no rio e em suas margens e uma ampla produção de bens simbólicos representativos de uma cultura tão particular como a do homem ribeirinho (Richard Burton e James Wells, viajantes do final do século XIX, dedicaram-se a recolher as poesias produzidas por barqueiros do São Francisco, que exemplificam esta relação particular do Homem com o rio).

A construção naval no São Francisco apresentava uma forte variedade de embarcações, desde as canoas de menor porte, como as ubás e os cochos, os paquetes e ajoujos, de porte médio, sendo estes últimos resultado da amarração de duas canoas com cerca de nove metros de comprimento, até as grandes barcas ou gaiolas, de 15 metros ou mais de comprimento, que ficaram nacionalmente conhecidas em função das carrancas que traziam em sua proa.

d.3) A Dimensão Social

Tendo a navegação no São Francisco como principal motor da ocupação de suas margens por populações ribeirinhas, estas desenvolveram habilidades e tinham sua principal fonte de renda nas atividades direta ou indiretamente ligadas à navegação, tais como o trabalho nas próprias embarcações, como barqueiro ou remeiro de barcos leves, ou como comandante, marinheiro, auxiliar, etc. dos barcos de grande porte, as tarefas relacionadas à construção naval, as atividades de embarque e desembarque nos portos, a pesca comercial, a prestação de serviços nos entrepostos e feiras, a fabricação de artefatos navais e de pesca. A essas atividades, somavam-se diversas outras diretamente relacionadas ao rio, como os lameiros, os aguadeiros, as lavadeiras. Estas eram praticamente as únicas fontes de renda de boa parte dessas populações, que tinham nas atividades de subsistência – a pesca e a agricultura de vazante – seu principal sustento. A renda familiar obtida nos serviços relacionados à navegação assegurava a compra de produtos alimentares industrializados (óleo, sal, arroz, açúcar, café), de vestimentas, medicamentos, etc.

Quando, nas décadas de 50, 60 e 70 do século XX, a navegação do São Francisco propiciou um crescimento do turismo na região, novas possibilidades de aumento de renda surgiram para essa população, decorrentes da ampliação da demanda pelos serviços já normalmente prestados, pelo surgimento de novas atividades relacionadas ao turismo e pela possibilidade de comercialização dos produtos artesanais tradicionalmente produzidos no Vale do São Francisco.

A retração dessas atividades, que começa a se manifestar na segunda metade da década de 70, com a construção de estradas na região e a redução do interesse na

navegação, teve como resultado uma forte redução na renda familiar das populações ribeirinhas, provocando um empobrecimento progressivo desses grupos sociais, configurando a situação de pobreza em que se encontram hoje.

No Baixo São Francisco, com a construção de estradas, desativação da linha férrea que ultrapassava as quedas de Paulo Afonso, e posteriormente a construção das usinas hidrelétricas rio acima, a navegação perdeu competitividade e, com a redução da pesca, encontra-se restrita à atividade turística e ao tráfego de ribeirinhos que ainda sobrevivem com o sustento da pesca e da pequena produção agrícola local.

d.4) A Navegabilidade do São Francisco

O rio São Francisco possui trechos navegáveis no Médio e Baixo curso. Entre a cidade de Pirapora, em Minas Gerais, e as cidades de Juazeiro, na Bahia, e Petrolina, em Pernambuco, o rio é navegável por 1.312 km de extensão. Um segundo trecho navegável encontra-se entre Piranhas, em Alagoas, e a foz, com 208 km de extensão. Entre Juazeiro e Santa Maria da Boa Vista, em Pernambuco, outros 150 km são ainda navegáveis, apesar de apresentarem fortes corredeiras. Dentre os tributários, o rio Grande e o rio Corrente apresentam boas condições de navegabilidade por trechos, respectivamente, de 370 km e 160 km, e o Paracatu é navegável por 104 km, até Porto Cavallo. Os trechos navegáveis do rio São Francisco são apresentados na Figura 5.3.2.3-9.

A hidrovia é gerenciada pela Administração da Hidrovia do São Francisco – AHSFRA, vinculada ao Ministério dos Transportes, uma sociedade de economia mista federal que, além de realizar os investimentos na hidrovia, opera o porto de Pirapora e, juntamente com o Governo de Pernambuco, o porto de Petrolina. A navegação da hidrovia é feita, em sua maior parte, pela Companhia de Navegação do São Francisco – FRANAVE, uma estatal federal atualmente em processo de privatização.

Para se assegurar a navegabilidade no São Francisco, nas condições atuais de demanda de carga, é necessário que seja mantida uma profundidade de 1,50 m no período mais seco do ano, que seria, em princípio, garantida pela vazão dos reservatórios de Três Marias, no Médio Curso e de Sobradinho, no Submédio. Visando perspectivas de um incremento das cargas transportadas no rio, torna-se necessário aumentar a profundidade para 2,50. A não regularidade das vazões defluentes previstas para Três Marias e Sobradinho tem resultado em insegurança na navegabilidade de determinados trechos do rio.

FIGURA 5.3.2.3-9 – LIGAÇÃO DA HIDROVIA DO SÃO FRANCISCO COM A MALHA RODO-FERROVIÁRIA NACIONAL



Segundo estudo realizado pela Comissão Especial para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco, do Senado Federal, é a seguinte a situação atual do trecho entre Pirapora e Juazeiro/Petrolina:

- de Pirapora a Carinhanha, em uma extensão de 485 km, o calado do rio é diretamente dependente da vazão de Três Marias, cujas oscilações trazem problemas à navegação, devendo ser objeto de melhorias. Para esse trecho, estão projetadas obras de dragagem e derrocamento, visando assegurar uma profundidade mínima de 2,50 m durante todo o ano, pela Companhia Docas do Estado da Bahia, no âmbito do projeto de melhoria da Hidrovia do São Francisco;
- de Carinhanha a Barra, com 391 km de extensão, a profundidade varia de 1,50 a 2,00 m na maior parte do ano, sendo garantido, durante todo o ano, um mínimo de 1,50 m pela vazão de Três Marias, acrescida das vazões de estiagem dos rios que afluem ao Médio São Francisco;

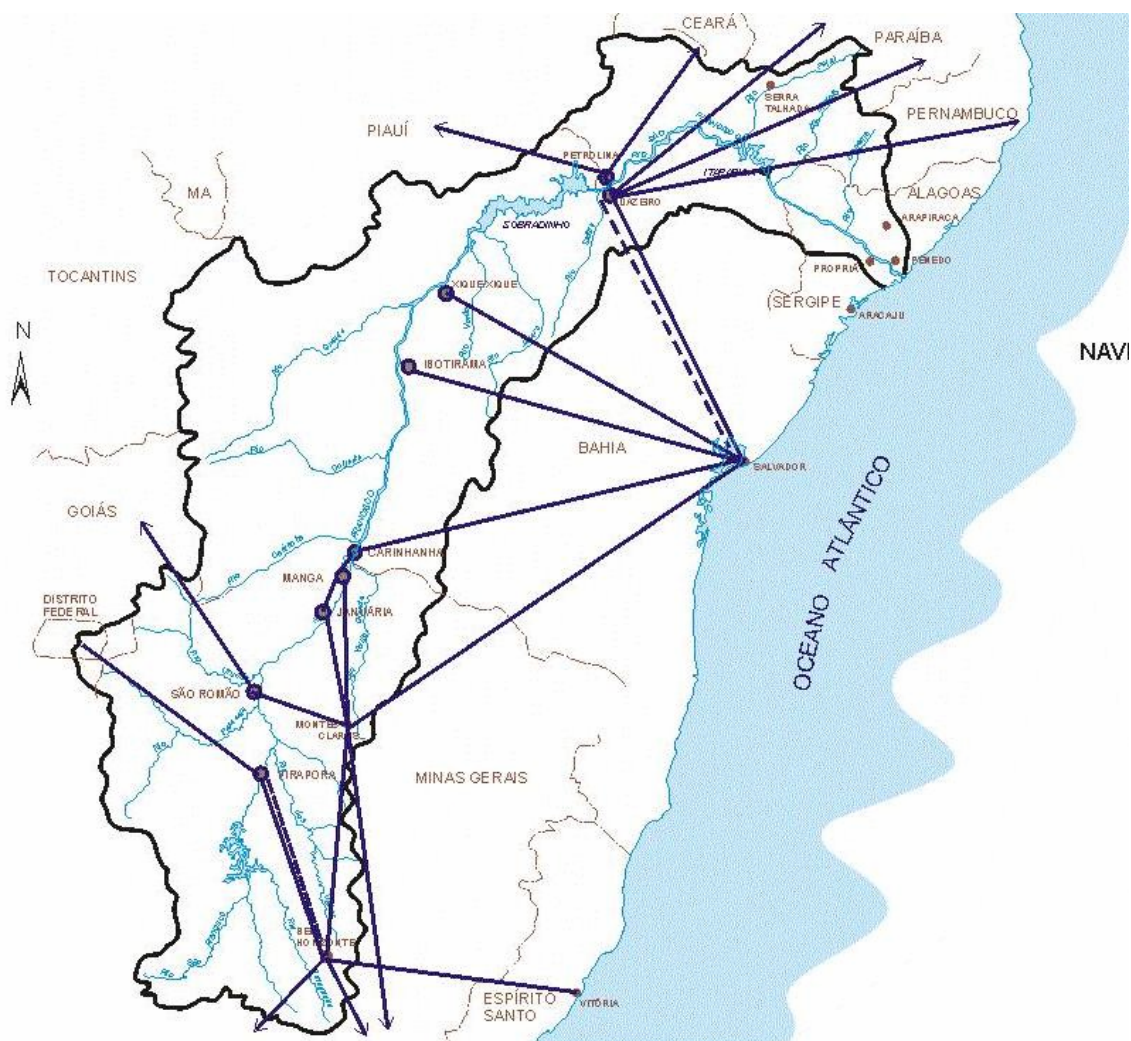
- de Barra a montante de Remanso, com 210 km de extensão, embora dependendo das vazões afluentes e do represamento de Sobradinho, a navegabilidade do trecho é assegurada durante todo o ano, obtendo-se, nas cheias, calados da ordem de 2,50 m e, nas vazantes, de 1,50 m;
- de Remanso à eclusa de Sobradinho, com 157 km de extensão, referente ao reservatório de Sobradinho, tem-se, no mínimo, 4 m de profundidade, assegurando a navegabilidade durante todo o ano; e
- da eclusa de Sobradinho a Juazeiro, o trecho depende da vazão efluente de Sobradinho, tendo assegurada uma profundidade de 1,50 m, embora o trecho apresente dificuldades à navegação, em função de ser um canal sinuoso e da presença de afloramentos rochosos, que oferecem restrições, sobretudo durante a estiagem.

A eclusa de Sobradinho possibilita excelentes condições para a manutenção do tráfego, para embarcações até 110 m de comprimento, com 3,50 m de calado, tendo a obra uma capacidade de carga anual de até 8 milhões de toneladas/ano.

O São Francisco conta com três importantes portos: Pirapora, Juazeiro e Petrolina e um número bastante significativo de pequenos portos e atracadouros, onde se destacam, dentre outros: Ibotirama, Itacarambi, Januária, São Romão, Matias Cardoso, Manga, Carinhanha e Xique-Xique.

A partir de seus principais portos, a navegação do São Francisco, através de redes rodoviária e ferroviária, se interliga com as capitais da região Sudeste e Nordeste e com importantes portos do país. Pirapora é servida pela BR-365, interligando-a: à BR-040, que acessa Brasília, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Vitória e a Região Sul; à BR-060, acessando São Paulo e o Porto de Santos; e à RFFSA, que liga a Belo Horizonte e daí ao Rio de Janeiro e São Paulo. Januária é servida pela BR-135, que acessa Montes Claros, dando acesso à BR-365 e à BR-116 (Rio-Bahia), daí permitindo chegar a Salvador e ao Rio de Janeiro, sendo também ligada pela RFFSA a Salvador e a Belo Horizonte. Ibotirama é servida pela BR-242, que dá acesso à Rio-Bahia (BR-116) e à BR-020, atingindo Brasília. Xique-Xique é servida pela BR-052 (Rodovia do Feijão), que em Feira de Santana se interliga com a Rio-Bahia. Petrolina e Juazeiro são servidas: pela BR-407, interligando-as às capitais do Nordeste (São Luis, Teresina, Fortaleza e Salvador); pela BR-122, levando a Fortaleza, Recife, Natal e João Pessoa; e pela RFFSA, em linha para Salvador. A malha rodo-ferroviária que atende o trecho navegável do São Francisco é apresentada na Figura 5.3.2.3-10.

FIGURA 5.3.2.3-10 – LIGAÇÃO DA HIDROVIA DO SÃO FRANCISCO COM A MALHA RODO-FERROVIÁRIA NACIONAL



d.5) Usos Atuais da Navegação e Demanda Potencial

Até a década de 70, o rio São Francisco apresentava uma importante atividade de navegação, estabelecendo um elo fundamental de comércio entre as Regiões Nordeste e Sudeste, que lhe valeu o título de *Rio da Integração Nacional*. Como resultado do transporte fluvial, importantes centros urbanos se constituíram às suas margens, como Pirapora, Juazeiro, Petrolina e Januária.

No final da década de 60, seguindo um processo que afetou o conjunto do transporte fluvial e de cabotagem no país, em decorrência do crescimento da indústria automobilística e do incentivo à montagem da malha rodoviária no país, essa atividade sofreu uma drástica redução.

O Quadro 5.3.2.3-17, a seguir, apresenta a movimentação histórica de cargas na hidrovia, no período de 1988 a 1998.

QUADRO 5.3.2.3-17 – VOLUME DE CARGAS TRANSPORTADO NA HIDROVIA DO SÃO FRANCISCO

Ano	Volume Transportado (t)
1988	120.296
1989	93.592
1990	36.838
1991	45.180
1992	8.443
1993	8.692
1994	26.737
1995	10.912
1996	50.772
1997	35.787
1998	47.238

Fonte: PETCON (2000) – Desestatização da FRANAVE, citado por Projeto GEF São Francisco, Subprojeto 1.1.C.

Observa-se que em 1988 havia uma movimentação superior a 120.000 t/anos. Com a redução da movimentação de gipsita e soja em grão, este volume foi se reduzindo até cair abaixo dos 10.000 t/ano em 1992. Nos últimos quatro anos, este movimento apresentou uma recuperação, como resultado de políticas de incentivo, conforme indica o Quadro 5.3.2.3-18, a seguir.

QUADRO 5.3.2.3-18 – VOLUME DE CARGAS TRANSPORTADO NA HIDROVIA DO SÃO FRANCISCO – ÚLTIMOS ANOS

Ano	Volume Transportado (t)
1998	47.238
1999	65.610
2000	58.766
2001	60.631

Fonte: AHSFRA (2002)

De acordo com levantamentos realizados pela FRANAVE, existe um potencial de cargas para transporte na Hidrovia do São Francisco da ordem de 2,5 milhões de toneladas por ano, sendo 85% desse total movimentados no sentido Pirapora/Ibotirama para Petrolina/Juazeiro.

As cargas identificadas pela FRANAVE nesta estimativa são apresentadas no Quadro 5.3.2.3-19, a seguir.

QUADRO 5.3.2.3-19 – DEMANDA POTENCIAL NA HIDROVIA DO SÃO FRANCISCO

PRODUTO	DEMANDA (t)
Milho	577.200
Farelo de Soja	707.900
Soja in Natura	343.560
Polpa de Tomate	17.500
Gipsita	324.000
Fertilizante	543.390
TOTAL	2.513.550

Fonte: FRANAVE (1999)

Comparando-se o movimento registrado nos últimos anos com essa demanda potencial, conclui-se que o transporte na Hidrovia do São Francisco apresenta um nível de desenvolvimento muito inferior ao esperado. De acordo com as análises realizadas no âmbito do projeto GEF-São Francisco, a falta de confiabilidade da hidrovia, que opera sem os requisitos mínimos necessários ao transporte, como frequência regular, disponibilidade de comboios, calado e terminais adequados, pode ser a explicação para este fraco desempenho.

d.6) Perspectivas da Navegação no São Francisco

O Brasil, país cortado por rios de médio e grande porte e com uma longa faixa litorânea onde se localiza parte significativa de seus grandes centros metropolitanos, teve historicamente o transporte fluvial e de cabotagem como meio privilegiado para o transporte de suas populações e de mercadorias. No âmbito desse quadro, como visto antes, o rio São Francisco, apesar de suas dificuldades físicas, é um exemplo típico desse importante uso das águas.

Em um país onde o emprego e a disponibilidade de boas terras para pequenos agricultores e/ou pecuaristas assumem um caráter de dramaticidade, as formas de vida das populações ribeirinhas oferecem-lhes condições até mais favoráveis do que das camadas mais pobres que se voltam para o trabalho urbano ou rural.

A partir dos anos 60, quando o país investiu fortemente na implantação de um parque industrial automobilístico, o que também se refletiu na montagem de sua atual malha rodoviária, assistiu-se progressivamente ao abandono do transporte fluvial (assim como do de cabotagem e do transporte ferroviário, que por sinal era o transporte intermodal prioritário na navegação fluvial). A drástica redução nos investimentos para a manutenção e melhoria das condições de navegabilidade dos rios, seja em suas calhas, seja em seus portos ou nas infra-estruturas de apoio, seja nas frotas e empresas que exploravam a navegação, além da implantação de outros usos do rio, onde se destacam os aproveitamentos hidroelétricos sem preocupação com a manutenção da navegabilidade do rio, tornaram cada vez mais

difícil a sobrevivência do transporte fluvial. Chegou-se a uma situação em que a retomada dos meios de transporte alternativos ao rodoviário demanda investimentos de tal monta que os penalizam, do ponto de vista econômico, em termos de sua oportunidade e de sua competitividade. O São Francisco não representou uma exceção. A Companhia de Navegação do São Francisco, conhecida como FRANAVE, responsável pela exploração do transporte fluvial nesse rio, desde sua fundação em 1955, foi aos poucos sendo desestruturada, seguindo os caminhos da hoje extinta Portobrás.

Atualmente, o país começa a se dar conta do erro político cometido há três décadas atrás, que provocou o abandono público de meios de transporte mais baratos e menos agressivos ao meio ambiente, dando exclusividade ao transporte rodoviário, e busca a retomada dessas alternativas de transporte. É neste espírito que hoje se planeja um significativo investimento na Hidrovia do São Francisco em obras de melhoria de suas condições de navegabilidade (sinalização, balizamento, dragagem e derrocamento) e prevê-se sua integração, através do transporte ferroviário, ao porto de Tubarão, no Espírito Santo, e a Belo Horizonte, a partir de Pirapora, ao porto de Aratu, pela ferrovia Juazeiro-Salvador, e ao porto de Suape e às capitais nordestinas, pela ferrovia Transnordestina.

As perspectivas de crescimento da atividade de transporte fluvial no São Francisco traz consigo também uma dimensão social e cultural de extrema relevância, diretamente relacionada às populações ribeirinhas que nele vivem, hoje em condições extremamente difíceis, pela falta de alternativas de trabalho e renda.

O São Francisco possui um forte potencial e já abrigou uma importante atividade turística relacionada a sua navegação, suas cidades históricas e sua beleza cênica. A retomada do uso do rio para o turismo e o lazer, que demanda investimentos específicos, em uma ação coordenada dos setores público e privado, teria reflexos imediatos e extremamente positivos nas condições de vida das populações ribeirinhas, através da abertura de novos postos de trabalho, de oportunidades de negócios e da retomada de suas produções artesanais.

A atividade da pesca sempre esteve profundamente interligada com a navegação, o turismo e a sobrevivência das populações ribeirinhas. Hoje, em decorrência dos sucessivos barramentos no rio São Francisco, de alterações da qualidade de suas águas e do desaparecimento de muitas de suas lagoas marginais, observa-se uma redução na diversidade e no estoque de peixes.

A CODEVASF vem desenvolvendo em conjunto com o IBAMA, órgãos atuantes na região e diversas universidades, desde o início da década de 90, programa de estudo, pesquisa e desenvolvimento tecnológico visando a recomposição da ictiofauna no São Francisco. Hoje, pode-se considerar que se dispõe de conhecimento tecnológico e de condições técnicas para a recomposição, o manejo,

o monitoramento e o controle da ictiofauna no São Francisco, de modo a permitir o desenvolvimento de atividades sustentáveis da pesca, com resultados consideravelmente positivos para a qualidade de vida das populações ribeirinhas.

No entanto, trechos como o Médio São Francisco ainda relativamente livres de barramentos e com grande extensão de fluxo livre apresentam melhores condições de recuperação do que trechos como o Baixo São Francisco, mais afetado por barragens a montante, não só devido ao regime operacional delas e pela inundação do leito do rio do *canyon* pelo reservatório de Xingó, mas especialmente pela retenção de sedimentos, que constituíam alimento e abrigo para a ictiofauna, todos de difícil senão inviável reversão.

A utilização das águas do São Francisco para o transporte de cargas e passageiros, associada aos usos para turismo e lazer e para a pesca, constituem-se, dessa forma, em perspectiva extremamente importante para o desenvolvimento sustentável da bacia do rio São Francisco, com potencial econômico expressivo principalmente no médio curso do rio, onde se expande a produção de grãos e há perspectiva concreta de cargas crescentes, inclusive para o abastecimento de grãos da região semi-árida interior.

O relatório final do Subprojeto 1.1.C – Estudo da Avaliação da Contribuição da Navegação do Rio São Francisco ao Incremento da Competitividade da Agricultura na Bacia, parte do Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco – Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), apresenta um estudo da alternativa hidroviária integrada a outros modais visando o aumento da competitividade da agricultura na bacia, especialmente nas regiões oeste e sudoeste da bacia. De acordo com este estudo, o modal hidroviário é mais barato técnica e operacionalmente que o rodoviário, além de ser menos perturbador ao meio ambiente e menos poluente. Analisando-se por tonelada carregada e distância percorrida, estima-se que o custo do transporte pelo modal hidroviário seja a metade do realizado através de ferrovias e de 3 a 6 vezes menor do que o feito por rodovias. Nessa mesma linha de análise, o combustível utilizado pelo modal hidroviário é menos que a metade do que o consumido pelo transporte por ferrovias e até 8 vezes menor do que o combustível necessário para o transporte via modal rodoviário, o que implica numa menor emissão de poluentes. Conseqüentemente, este apresenta custos sociais inferiores, trazendo os benefícios diretos do aumento da competitividade dos produtos agrícolas brasileiros, especialmente os grãos, no mercado internacional e da redução dos danos ao meio ambiente.

O trabalho realizado no Subprojeto 1.1.C apresenta uma proposta para o transporte das safras agrícolas, comparando os custos de transporte (frete e combustível) e as emissões de monóxido de carbono atuais com os custos e emissões associados à alternativa multimodal. As cargas analisadas foram soja in

natura, farelo de soja, gesso bruto, milho, polpa de tomate e fertilizantes. Os resultados obtidos, em virtude de sua importância, são resumidos a seguir.

O estudo considerou a origem e destino de cada tipo de carga, e simulou os custos e benefícios associados à carga efetiva, tomada como a média efetivamente transportada nos últimos anos e a carga potencial, ou projetada, obtida de estudos da FRANAVE realizados com base em consultas a usuários e/ou potenciais usuários da hidrovía. O Quadro 5.3.2.3-20, a seguir, resume as cargas consideradas nos estudos.

QUADRO 5.3.2.3-20 – CARGAS EFETIVAS E PROJETADAS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

PRODUTO (origem – destino)	CARGA (t/ano)	
	Efetiva	Projetada
Soja (Barreiras – Exportação)	19.410	300.000
Soja (MG/GO/DF – Exportação)	19.410	43.560
Farelo de Soja (Barreiras – NE)	19.600	586.000
Farelo de Soja (MG/GO/DF – NE)	19.600	121.900
Gipsita (Chapada do Araripe – MG/DF)	5.350	543.390
Milho (MG/GO – Região Nordeste)	6.375	577.200
Polpa de Tomate (Juazeiro/Petrolina – MG/GO/DF)	7.129	17.500
Fertilizantes (Camaçari – MG/GO/DF)	3.000	543.550
TOTAIS	99.874	2.733.100

Fonte: Projeto GEF-São Francisco – Subprojeto 1.1.C

A comparação entre as alternativas rodoviária e multimodal foi feita considerando as economias propiciadas pela segunda em termos de custos de frete e de combustível. Além disso, o menor consumo economia de combustível foi também traduzido em termos de redução nas emissões de monóxido de carbono – CO para a atmosfera. O Quadro 5.3.2.3-21, a seguir, apresenta os resultados finais do trabalho.

QUADRO 5.3.2.3-21 – ECONOMIAS E BENEFÍCIOS GERADOS PELO EMPREGO DO TRANSPORTE MULTIMODAL NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

PRODUTO	Economia Gerada pela Alternativa Multimodal				Retirada de CO da Atmosfera (t/ano)	
	Frete (R\$/ano)		Combustível (R\$/ano)		Efetiva	Potencial
	Efetiva	Potencial	Efetiva	Potencial		
Soja em Grão	1.470.890	19.600.303	537.419	6.669.104	73,25	178,26
Farelo de Soja	1.936.872	27.700.251	1.146.026	16.541.572	398,77	5.710,54
Gipsita	602.246	54.528.084	169.373	15.335.237	47,90	8.682,70
Milho	249.301	611.975	189.406	464.946	62,56	5.664,18
Polpa de Tomate	115.410	20.910.369	43.274	7.840.369	69,96	171,73
Fertilizantes		8.357.338	249.36	25.327.068	16,06	2.909,38
TOTAIS	4.374.719	131.708.320	2.334.858	72.178.296	668,50	23.316,79

Fonte: Projeto GEF-São Francisco – Subprojeto 1.1.C

Resumidamente, o estudo realizado pelo GEF-São Francisco apontou os seguintes benefícios associados à adoção do transporte multimodal para escoamento de produção da bacia, em comparação com a utilização do modal rodviário apenas:

- Redução de R\$ 4,5 milhões por ano nos custos de frete, aos níveis atuais, podendo alcançar potencialmente uma redução de R\$ 131 milhões por ano;
- Economia de combustível de 1,5 milhões de litros por ano (R\$ 2,3 milhões) aos níveis atuais, com potencial para 46 milhões de litros por ano (R\$ 72 milhões);
- Retirada imediata de 668,5 toneladas por ano de monóxido de carbono emitido para a atmosfera, podendo este valor atingir a casa das 23.000 toneladas por ano, o que representa um grande benefício ambiental.

Dentre as diversas condições necessárias para a implantação da alternativa multimodal, nos moldes propostos no estudo aqui resumido, e obtenção dos benefícios associados, está a realização de obras ao longo da hidrovia, visando garantir suas condições de navegabilidade, cujo dimensionamento correto exige uma integração com o sistema de operação das usinas de Três Marias e Sobradinho, que são responsáveis pela regularização das vazões e, conseqüentemente, dos níveis d'água, nos trechos a jusante das mesmas.

Além disso, o aumento da produção agropecuária da bacia, condição necessária para que se possa alcançar o estágio de desenvolvimento "potencial", acarreta um aumento nas demandas hídricas de uso consuntivo, reduzindo as vazões que transitam pela calha do rio São Francisco. Dada a sua grande importância para os estudos de impacto ambiental do Projeto de Integração, este assunto é tratado em maior detalhe a seguir.

Finalmente, é de referir que o Grupo de Trabalho Interministerial criado por Portaria de 13/02/2004, com a coordenação do Ministério da Integração Nacional, recomendou, em seu relatório final, a priorização de ações no sentido de viabilizar o trecho Ibotirama – Juazeiro da hidrovia, com recursos financeiros da União para realizar o derrocamento de rocha a jusante da barragem de Sobradinho, melhorando as condições de navegabilidade até os portos de Petrolina e Juazeiro, bem como dragar o trecho aluvionar situado entre Ibotirama e Xique-Xique, incluindo o delta que vem se formando no reservatório de Sobradinho por deposição de sedimentos. O derrocamento viabilizará a hidrovia com 1,5 m de calado para uma vazão de 1.300 m³/s entre Sobradinho e Juazeiro.

d.7) Conflitos de Uso da Água Associados ao Transporte Hidroviário no São Francisco

Fica evidente, da descrição dos trechos navegáveis apresentada que existem demandas hídricas decorrentes da navegação, mesmo sendo este um uso não consuntivo da água. Para assegurar as profundidades requeridas nos trechos navegáveis a jusante da Usina de Três Marias e da Usina de Sobradinho, é necessário impor restrições operativas a estas usinas. No caso de Três Marias, a Agência Nacional de Águas – ANA já vem estabelecendo com o ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico novos critérios operacionais, de modo a garantir maiores vazões no período seco. No caso de Sobradinho, a vazão de 1.300 m³/s foi estabelecida como mínima operacional, conforme já referido.

No Estudo da Avaliação da Contribuição da Navegação do rio São Francisco ao Incremento da Competitividade da Agricultura na Bacia do Projeto GEF são apresentados os valores de 500m³/s e 1.500m³/s de descargas defluentes mínimas instantâneas em Três Marias e em Sobradinho, respectivamente, como condições ideais para a manutenção das profundidades pela navegação. Ainda neste estudo afirma-se que a vazão defluente de 1.040m³/s controlada a jusante de Sobradinho é a referência para manutenção de profundidades suficientes nos passos que foram melhorados por derrocamento.

É importante ressaltar, entretanto, que com a evolução do uso consuntivo da água na bacia, a manutenção destes patamares irá se tornando mais difícil devido à diminuição da água que chega aos reservatórios. A redução da contribuição dos afluentes do São Francisco, no trecho médio, onde as descargas são regularizadas por Três Marias, tende a agravar a situação de navegabilidade do subtrecho inferior da hidrovia neste estirão, e também na entrada do reservatório de Sobradinho, onde a manutenção da via já envolve despesas elevadas com dragagem, devido ao adiantado processo de assoreamento da calha.

Soma-se a este quadro o fato de que, embora os estudos de regularização realizados historicamente tenham sempre considerado demandas hídricas médias ao longo do curso Médio do São Francisco, estas demandas apresentam uma grande variação sazonal, com as retiradas máximas coincidindo com os períodos de estiagem, quando o reservatório de Três Marias pode encontrar-se deplecionado, não podendo liberar vazões mais elevadas.

Nos estudos realizados para o Plano Decenal da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, em fase de aprovação pelo Comitê da Bacia Hidrográfica, é sugerida a formulação, junto ao ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, de um plano de operação das usinas Três Marias e Sobradinho de modo a garantir a jusante a lâmina d'água requerida durante a passagem das embarcações. Este plano deveria

prever, de acordo com a proposta formulada, uma modulação de defluências ao longo do ano, com a liberação de vazões maiores no período de estiagem, e redução das mesmas na época das chuvas, quando a contribuição dos afluentes pode complementar as vazões necessárias à garantia dos calados para navegação nos trechos críticos. Naturalmente, este regime de operação apresenta um custo para a produção elétrica, pois limita os ganhos decorrentes da complementaridade hidrológica entre a bacia do São Francisco e as demais bacias do Sistema Interligado.

Em suma, estas restrições operativas estão associadas a demandas hídricas não consuntivas requeridas para a navegação, que conflitam com as demandas consuntivas existentes e com a produção de energia, de modo que precisam ser consideradas na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do rio São Francisco e, particularmente, no balanço entre oferta e demanda a ser tratado no item 5.3.2.6. É, particularmente, necessário estabelecer as vazões de referência para garantia da navegabilidade do Médio São Francisco entre Pirapora (500 m³/s) e Xique-Xique, no lago de Sobradinho (700 a 1.100 m³/s), uma vez que as obras de derrocamento e dragagem deverão ter seus custos associados a vazões que possam ser garantidas para a navegabilidade. Isso é ainda mais importante na medida em que, numa segunda fase, será requerido um calado de 2,5 m e não mais de 1,5 m como atualmente. Conseqüentemente, o aumento dos usos consuntivos de água a montante de Sobradinho estará condicionado mais pela navegabilidade do rio do que pelas perdas que possa ocasionar nas usinas hidrelétricas situadas a jusante, já que estas podem ser substituídas mais facilmente por outras fontes.

e) Consolidação das Demandas Totais e Balanço Hídrico

e.1) Usos Consuntivos

As demandas atuais de recursos hídricos da bacia do rio São Francisco foram recentemente estudadas pelo Consórcio Fahma-Dreher para o ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico Brasileiro, no trabalho “Estimativa das Vazões Para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional”, cujo objetivo foi o de estabelecer bases para a reconstituição de séries de vazões naturais nos locais de aproveitamentos hidrelétricos. Os resultados deste estudo, que teve a supervisão técnica da ANA – Agência Nacional de Águas, foram empregados na elaboração da Minuta do Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, documento que encontra-se em fase de análise por parte do Comitê da Bacia do São Francisco.

Através da Resolução número 209, de 22 de abril de 2004, a ANA aprovou as séries de vazões de usos consuntivos relativas aos aproveitamentos hidrelétricos

da bacia do rio São Francisco, para o período compreendido entre 1931 e 2001. Nesta mesma resolução, a ANA aprovou, ainda, as projeções de evolução de vazão de consumo para o período 2002-2010, para efeito de construção de cenários futuros para o uso da água nas áreas de drenagem dos aproveitamentos estudados.

Deste modo, as análises a respeito do balanço entre disponibilidade hídrica e demandas atuais de água na bacia do São Francisco, objetivo deste item, irão se basear nas vazões de consumo estimadas no trabalho mencionado, cujo conteúdo é brevemente descrito a seguir.

Foram consideradas vazões de retirada, de consumo e de retorno, definidas como:

- vazão de retirada – vazões captadas nos municípios e agregadas para as bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico (incluindo, também, as captações nos próprios reservatórios), para atividades de uso consuntivo da água;
- vazão de retorno – vazões lançadas nos municípios e agregadas para as bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico, decorrentes de despejo de parcela remanescente da vazão de retirada para atividades de uso consuntivo da água (parcela não consumida da vazão de retirada); e
- vazão de consumo – diferenças entre as vazões de retirada e de retorno, nas bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico, para atividades de uso consuntivo da água (parcela consumida da vazão de retirada).

As categorias de uso consuntivo abordadas pelo referido estudo foram: irrigação, abastecimento urbano, abastecimento rural, criação animal e abastecimento industrial. Além da realização das estimativas de demandas hídricas para usos diversos, foi realizado um esforço no sentido de caracterizar a evolução destas demandas ao longo do tempo, tendo sido, para isso, usados como referência os dados do IBGE constantes dos censos demográficos decenais de 1940 a 2000, censos agropecuários de 1940 a 1996, censos industriais de 1940 a 1985 e das pesquisas industriais anuais de 1990, 1995 e 2001.

Destaque especial foi dado às estimativas das vazões de irrigação, que representa a maior fatia dentre os usos consuntivos, buscando analisar de forma mais sistemática as demandas reais de água dos diferentes cultivos, em diferentes estações do ano. Deste modo, foram considerados os seguintes parâmetros na estimativa das vazões de retirada para irrigação:

- Área Irrigada (A_i);
- Evapotranspiração real das culturas (ET_{rc});
- Precipitação efetiva (P_{ef}); e
- Eficiência de Aplicação (E_a) dos sistemas de irrigação.

As vazões de abastecimento humano, divididas em abastecimento urbano e rural, foram obtidas pelo produto entre o número de habitantes e um consumo per capita adequado. No caso do abastecimento urbano, os coeficientes de consumo per capita foram calculados em função das faixas populacionais, com base na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (2000) do IBGE.

Para o abastecimento rural foi considerada, além da população rural, a população urbana não atendida por rede de distribuição, admitindo-se que ambas possuem o mesmo padrão de consumo. Aplicaram-se, neste caso, os coeficientes de consumo utilizados pela ANA no Documento Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2003).

A estimativa das vazões para abastecimento animal seguiu os mesmos moldes, multiplicando-se as populações obtidas dos censos agropecuários por coeficientes de consumo per capita adequados.

Finalmente, o cálculo das vazões de consumo industrial foi feito com base no valor da produção industrial de cada município, obtida dos censos industriais. Os coeficientes de retirada e retorno da água para produção industrial foram obtidos no trabalho “Regularização dos Usos da Água na Bacia do rio Paraíba do Sul – Manual de Procedimento Para Outorga de Uso da Água na Indústria e Mineração” (ANA, 2002).

Da mesma forma que o procedido com relação à disponibilidade hídrica, as demandas hídricas estimadas no trabalho realizado pelo ONS foram distribuídas pelas sub-bacias correspondentes às 34 regiões hidrográficas da bacia do rio São Francisco, conforme publicado na minuta do Plano Decenal de Recursos Hídricos, já citada, e reproduzido a seguir, no Quadro 5.3.2.3-22 (referência, ano 2000).

QUADRO 5.3.2.3-22 – DEMANDAS HÍDRICAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO (ANO 2000)

Unidades hidrográficas	Vazão Média (m ³ /s)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Afluentes mineiros do Alto São Francisco	2.110	1.196	0.914
Rio Pará	4.054	1.498	2.556
Rio Paraopeba	10.616	3.491	7.125
Entorno da represa de Três Marias	1.425	0.842	0.583
Rio das Velhas	22.005	6.088	15.917
Rio de Janeiro e Rio Formoso	0.875	0.488	0.387
Rio Jequitáí	1.047	0.663	0.384
Alto São Francisco	42.132	14.266	27.866
Total a montante	42.132	14.266	27.866
Alto Rio Preto	1.158	0.815	0.343
Rio Paracatu	9.233	7.020	2.213
Rio Pacuí	1.245	0.857	0.388

Unidades hidrográficas	Vazão Média (m ³ /s)		
	Retirada	Consumo	Retorno
Rio Urucuia	2.634	2.032	0.602
Rio Verde Grande	8.385	5.515	2.870
Rios Pandeiros, Pardo e Manga	3.044	2.258	0.786
Rio Carinhanha	1.078	0.821	0.257
Rio Corrente	7.341	5.705	1.636
Alto Rio Grande	9.580	7.464	2.116
Médio e Baixo Rio Grande	1.587	1.130	0.457
Rios Paramirim, Santo Onofre e Carnaíba de Dentro	4.384	2.840	1.544
Rios Verde e Jacaré	3.529	2.489	1.040
Margem esquerda do Lago de Sobradinho	1.760	1.284	0.476
Médio São Francisco	54.958	40.230	14.728
Total a montante	97.090	54.496	42.594
Rio Salitre	3.640	2.816	0.824
Rio Pontal	9.965	7.465	2.500
Rio Garças	2.489	1.944	0.545
Rio Curaçá	20.912	16.404	4.508
Rio Brígida	2.429	1.665	0.764
TOTAL ATÉ À CAPTAÇÃO DO EIXO NORTE	136.525	84.790	51.735
Rio Terra Nova	5.059	3.924	1.135
Rio Macururé	3.579	2.739	0.840
Rio Pajeú	4.502	3.174	1.328
TOTAL ATÉ À CAPTAÇÃO DO EIXO LESTE	149.665	94.627	55.038
Rio Moxotó	1.730	1.124	0.606
Rio Curituba	0.502	0.279	0.223
Talhada	0.241	0.073	0.168
Sub-Médio São Francisco	55.048	41.607	13.441
Total a montante	152.138	96.103	56.035
Alto Rio Ipanema	1.062	0.512	0.550
Baixo Ipanema e Baixo São Francisco	8.615	6.172	2.443
Baixo São Francisco em Sergipe	3.952	2.712	1.240
Baixo São Francisco	13.629	9.396	4.233
São Francisco	165.767	105.499	60.268

Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco - Versão Preliminar (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004)

O Quadro 5.3.2.3-23, a seguir, dá uma idéia da importância relativa de cada tipo de uso da água na bacia, por região fisiográfica.

QUADRO 5.3.2.3-23 – DISTRIBUIÇÃO DAS VAZÕES RETIRADAS E CONSUMIDAS, POR TIPO DE Uso

VAZÕES DE RETIRADA (m³/s)						
Unidades hidrográficas	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Alto São Francisco	18,033 42,8%	0,55 1,3%	7,704 18,3%	2,022 4,8%	13,823 32,8%	42,132
Médio São Francisco	4,353 7,9%	1,482 2,7%	45,143 82,1%	3,343 6,1%	0,637 1,2%	54,958
Sub-Médio São Francisco	2,621 4,8%	0,974 1,8%	50,211 91,2%	0,791 1,4%	0,451 0,8%	55,048
Baixo São Francisco	1,027 7,5%	0,765 5,6%	10,956 80,4%	0,539 4,0%	0,342 2,5%	13,629
Total São Francisco	26,034 15,7%	3,771 2,3%	114,014 68,8%	6,695 4,0%	15,253 9,2%	165,767
VAZÕES DE CONSUMO						
Unidades hidrográficas	Urbano	Rural	Irrigação	Animal	Industrial	Total
Alto São Francisco	3,615 25,3%	0,201 1,4%	6,164 43,2%	1,556 10,9%	2,73 19,1%	14,266
Médio São Francisco	0,864 2,1%	0,485 1,2%	36,196 90,0%	2,562 6,4%	0,123 0,3%	40,23
Sub-Médio São Francisco	0,527 1,3%	0,311 0,7%	40,141 96,5%	0,542 1,3%	0,086 0,2%	41,607
Baixo São Francisco	0,203 2,2%	0,106 1,1%	8,765 93,3%	0,255 2,7%	0,067 0,7%	9,396
Total São Francisco	5,209 4,9%	1,103 1,0%	91,266 86,5%	4,915 4,7%	3,006 2,8%	105,499

Fonte: Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco – Versão Preliminar (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004)

Esses resultados mostram que as retiradas para irrigação representam 69% das retiradas médias da bacia do rio São Francisco. Considerando apenas a água efetivamente consumida, a participação da irrigação sobe para 85,4% do consumo total da bacia.

O uso urbano é significativo apenas na região do Alto São Francisco, devido exclusivamente ao peso da região metropolitana de Belo Horizonte. Como o coeficiente de retorno do abastecimento urbano é elevado, a participação das demandas de uso urbano no contexto da bacia do Alto São Francisco cai de 42,8%, para as retiradas, para 25,3%, para o consumo.

Outra informação importante fornecida pelo trabalho do ONS foi a sazonalidade das retiradas de água. Sabe-se que as demandas hídricas, principalmente as ligadas à irrigação, variam ao longo do ano, em função da ocorrência de chuvas, da temperatura, etc. Tomando por base as demandas hídricas mensais calculadas para os locais dos aproveitamentos hidrelétricos, foi derivado, para cada trecho da

bacia, um “coeficiente de sazonalidade”, dado pela relação entre a máxima vazão média mensal e a vazão média anual. Estes coeficientes, que permitem corrigir as demandas médias para analisar o que pode ocorrer nos meses mais críticos, são apresentados no Quadro 5.3.2.3-24, a seguir.

QUADRO 5.3.2.3-24 – COEFICIENTES DE SAZONALIDADE DOS USOS CONSUNTIVOS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

Sub-Bacia	Coeficiente de Sazonalidade
Alto São Francisco	1,48
Médio São Francisco	1,59
Submédio São Francisco	1,40
Baixo São Francisco	1,40

Fonte: calculado a partir das séries de consumos apresentadas por ONS (2003).

As séries de vazões médias mensais consumidas nas sub-bacias correspondentes a cada aproveitamento hidrelétrico foram anexadas à Resolução número 209 da ANA. Ao final de cada série, são indicadas as projeções de consumo para o período 2002-2010, de acordo com um cenário tendencial. O Quadro 5.3.2.3-25, a seguir, apresenta as projeções de consumo feitas pelo ONS até o ano 2010, inseridas como anexo na Resolução 209 da ANA, já citada.

QUADRO 5.3.2.3-25 – PROJEÇÕES DE CONSUMO PARA O PERÍODO 2002-2010

ANO	CONSUMOS ACUMULADOS A MONTANTE (m ³ /s)					
	Três Marias	Sobradinho	Itaparica	Moxotó	Paulo Afonso I, II e III	Xingó
2002	7,05	56,30	98,11	99,76	99,8	100,03
2003	7,15	57,32	99,94	101,63	101,67	101,90
2004	7,25	58,36	101,82	103,53	103,58	103,81
2005	7,36	59,44	103,75	105,49	105,54	105,78
2006	7,48	60,54	105,72	107,49	107,54	107,78
2007	7,60	61,66	107,72	109,53	109,58	109,83
2008	7,72	62,80	109,77	111,61	111,66	111,91
2009	7,84	63,96	111,86	113,74	113,78	114,04
2010	7,96	65,15	113,99	115,9	115,95	116,21

Fonte: ANA – Resolução 209 de 22 de abril de 2004

Ao incorporar os resultados do estudo elaborado pelo ONS no Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco, a ANA considerou três cenários de crescimento: o cenário tendencial, o cenário normativo (admitindo o cumprimento das metas previstas no Plano Plurianual) e o cenário otimista

(admitindo uma evolução favorável no desenvolvimento de todo o país). Para estes três cenários foram estimadas, para o ano 2013, limite do Plano Decenal, as vazões de consumo de 107,9 m³/s, 160,4 m³/s e 195,1 m³/s, respectivamente.

Com base nas análises realizadas, a ANA recomendou um limite de 380 m³/s a ser alocado para usos consuntivos em toda a bacia (330 m³/s até Xingó), no horizonte de planejamento de 2004-2013, observando ainda que (no Resumo Executivo do Plano Decenal) esta alocação de água, além de atender com folga todas as demandas consuntivas até o ano 2013, atende também as demandas projetadas até o ano 2025, incluindo o "Projeto de Transposição implementado em sua plenitude (pág 94, penúltimo parágrafo).

e.2) Usos Não Consuntivos

Os principais usos não consuntivos da água identificados na bacia do rio São Francisco estão associados à navegação, à geração de energia elétrica e, na região do Baixo São Francisco, à preservação da qualidade ambiental.

No Estudo da Avaliação da Contribuição da Navegação do rio São Francisco ao Incremento da Competitividade da Agricultura na Bacia, realizado no âmbito do Projeto GEF – São Francisco, é sugerido o valor de 500m³/s de descarga defluente mínima instantânea em Três Marias para viabilizar a navegação no trecho mais crítico da Hidrovia, a jusante de Pirapora. O acelerado grau de assoreamento verificado no trecho sujeito aos efeitos de remanso do reservatório de Sobradinho vem sendo contornado através de dragagens periódicas. Para vazões superiores a 700 m³/s, a navegação neste trecho também não apresenta problemas.

O mesmo trabalho indica que uma vazão defluente de 1.040m³/s controlada a jusante de Sobradinho é a referência para manutenção de profundidades suficientes à navegação no trecho Sobradinho – Juazeiro, considerando as passagens críticas já melhoradas por derrocamento. Entretanto, verificou-se, no Grupo de Trabalho criado pela Portaria Interministerial de 13/02/2004, que, para conseguir uma redução da vazão mínima a jusante de Sobradinho inferior a 1.300 m³/s, será necessário um derrocamento substancialmente maior do que o planejado a curto prazo, além de serem necessários ajustes eventuais em tomadas d'água situadas rio abaixo. Nesse caso, haveria que obter recursos do setor elétrico para investir na obra ou numa barragem para afogar o leito rochoso do trecho, a ser situada a jusante de Sobradinho e de Petrolina, demandando ainda a necessidade de um licenciamento ambiental específico.

Finalmente, no trecho do Baixo São Francisco existem captações de água que têm sua operação dificultada para vazões inferiores a 1.300 m³/s, valor que é mantido como restrição de defluência mínima da UHE Xingó, conforme consta do Inventário

das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos (ONS, 2002).

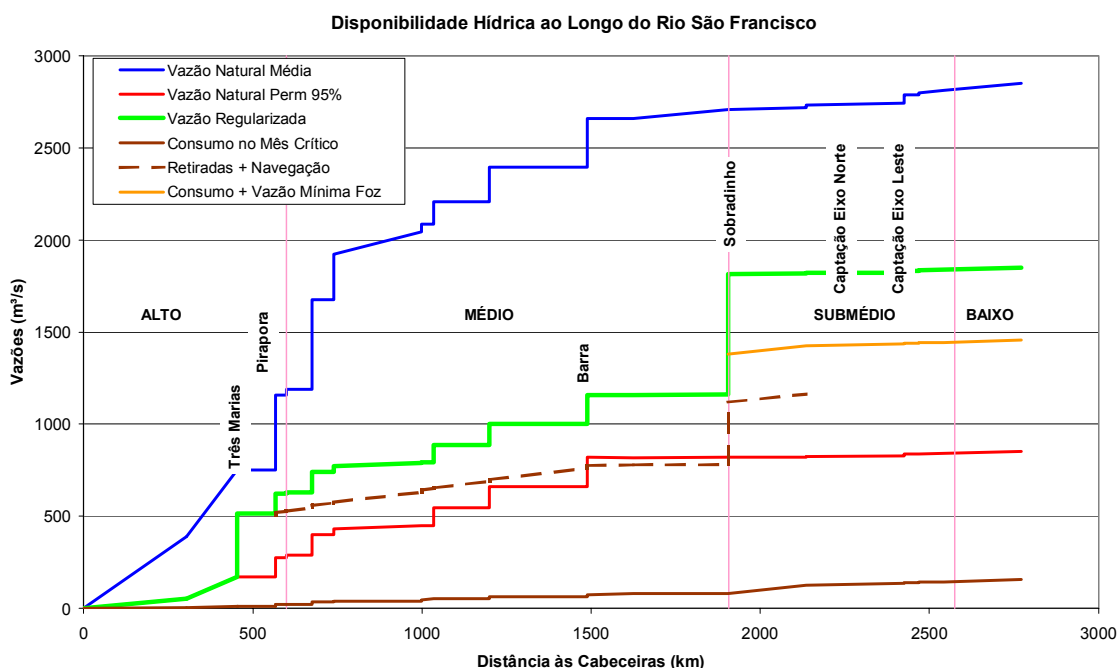
e.3) Balanço entre Disponibilidade e Demandas Hídricas

Para se ter uma idéia do quadro atual do uso dos recursos hídricos na bacia do São Francisco, foi feito um balanço simplificado entre as disponibilidades hídricas, obtidas do Quadro 5.3.2.1-3, e as demandas atuais, obtidas do Quadro 5.3.2.3-22.

Uma premissa adotada nesta análise foi considerar as demandas de consumo, mas afetando-as dos coeficientes sazonais definidos no Quadro 5.3.2.3-24, ou seja, foram considerados os máximos consumos médios mensais, em vez dos consumos médios, para efeito de identificação dos conflitos potenciais, tendo em vista que os mesmos provavelmente irão se manifestar em períodos de estiagem, quando os consumos para irrigação (que são os predominantes na bacia) são maiores.

A Figura 5.3.2.3-11 mostra um gráfico representativo do perfil longitudinal da bacia, no qual foram lançadas as linhas correspondentes às disponibilidades hídricas superficiais, caracterizadas, em cada ponto, pelas vazões regularizadas nos reservatórios de montante somadas às contribuições incrementais com permanência de 95%. No gráfico são lançadas ainda as demandas consuntivas afetadas do coeficiente de sazonalidade, a soma destas demandas com as demandas de navegação (500 a 700 m³/s), nos trechos Médio e Submédio, e a soma das demandas consuntivas com as demandas ambientais (1.300 m³/s), no trecho Baixo.

FIGURA 5.3.2.3-11



A análise desta figura indica que, nas condições atuais, podem ser vislumbrados alguns conflitos insipientes:

- A demanda de 500 m³/s a jusante de Três Marias, cujo reservatório regulariza 513 m³/s, destina-se a melhorar a navegabilidade do trecho inicial da hidrovia, a partir de Pirapora. As demandas consuntivas praticadas a montante da confluência com o rio das Velhas afetam a vazão regularizada e, conseqüentemente, a vazão disponível em Pirapora. A partir da contribuição do rio das Velhas, entretanto, a situação se normaliza. No Plano Decenal de Recursos Hídricos, a ANA propõe uma operação especial do reservatório de Três Marias, liberando vazões da ordem de 350 m³/s durante os períodos chuvosos, enquanto acumula água para garantir defluências superiores a 500 m³/s nos períodos secos. A implementação deste tipo de operação, sem dúvida, irá atenuar este conflito.
- A navegação dentro do reservatório e a jusante da barragem de Sobradinho não é afetada pelas retiradas devido aos usos consuntivos atuais.
- Nos trechos submédio e baixo, existe uma certa folga com relação ao atendimento das demandas consuntivas e das demandas ambientais do estuário.

Deve ser registrado que a presença do reservatório de Sobradinho e a necessidade de manutenção de vazões mínimas para navegação no trecho médio do rio São Francisco agem como um "tampão", separando o médio curso do submédio e baixo cursos. O crescimento das demandas consuntivas a montante gera um conflito com a navegação, independentemente da existência de consumos maiores ou menores a jusante. Visto de outra forma, pode-se dizer que, nas condições atuais, o crescimento dos consumos a jusante de Sobradinho não afeta o balanço hídrico do médio curso.

O balanço entre disponibilidades e demandas hídricas realizado pela ANA para elaboração do Plano Decenal, em sua versão preliminar, confirma os resultados aqui apresentados, demonstrando que os conflitos de uso de recursos hídricos, considerando as retiradas feitas ao longo do curso principal do rio São Francisco, não são esperados no horizonte do Plano (2013) nem mesmo num horizonte mais amplo, como o previsto para plena maturação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional, já que a vazão alocada para os usos consuntivos ultrapassa todas as projeções feitas até 2025.

5.3.2.4 ASPECTOS HIDRODINÂMICOS NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO

O Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na bacia do São Francisco – Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), em seu Componente II – Participação Pública e das Instituições, Subprojeto 2.4 –

Estudo do Processo Erosivo das Margens do Baixo São Francisco e seus Efeitos na Dinâmica de Sedimentação do Rio, apresenta uma análise do comportamento atual da dinâmica fluvial no baixo curso do rio São Francisco, entre a cidade de Propriá (SE) e a sua foz no oceano Atlântico, em uma extensão de cerca de 75km.

O objetivo principal dos estudos foi analisar as relações entre as mudanças de natureza hidrológica e geomorfológica decorrentes da construção e operação do complexo de barragens no rio São Francisco e o desencadeamento de processos de erosão marginal acelerada no seu baixo curso.

Embora o objeto do estudo tenha sido o canal do baixo curso do rio São Francisco e suas margens, no trecho compreendido entre Propriá e a foz, a análise da dinâmica fluvial se estendeu até a barragem de Xingó, em Canindé do São Francisco, distante cerca de 240km da foz.

Os trabalhos foram executados e coordenados pela Universidade Federal de Sergipe, em parceria com a Superintendência de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba.

Complementando a abordagem dos aspectos hidrodinâmicos na foz do rio São Francisco, apresenta-se uma análise da intrusão da cunha salina em seu estuário com base nos registros de vazões e níveis d'água existentes para o estirão do rio localizado entre a barragem de Xingó e a foz.

Na análise da intrusão da cunha salina são incorporados ainda os resultados obtidos no GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), em seu Componente I – Análise Ambiental da Bacia e de sua Zona Costeira, Sub-projeto 1.1.B – Determinação da Carga de Nutrientes do Rio São Francisco na Região de sua Foz, desenvolvido pelo Departamento de Geografia e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas.

a) Erosão das Margens do Rio São Francisco

Conforme relatado no Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), em seu Componente II – Participação Pública e das Instituições, Subprojeto 2.4 – Estudo do Processo Erosivo das Margens do Baixo São Francisco e seus Efeitos na Dinâmica de Sedimentação do Rio, dentre os principais problemas ambientais atuais do baixo curso do rio São Francisco, a erosão marginal se destaca pela sua visibilidade, amplitude, distribuição e conseqüências sócio-econômicas.

O fenômeno da erosão marginal no rio São Francisco manifestou-se de forma mais grave em dois trechos da margem direita, correspondentes às áreas ocupadas pelos perímetros irrigados de Cotinguiba-Pindoba e do Betume, ambos

implantados pela CODEVASF; e na região da foz, onde o recuo da linha de costa levou à destruição do povoado Cabeço (SE), situado na margem direita.

É importante ressaltar que as mudanças laterais na posição do canal fazem parte da evolução da dinâmica ambiental do rio São Francisco, o que pode ser atestado pela presença de depósitos sedimentares fluviais pretéritos na planície e margens do rio, conforme descrito a seguir.

a.1) Análise da Evolução Histórica da Morfologia do Canal e da Erosão Marginal

No trecho entre Propriá (SE) e a foz o rio São Francisco não apresentou, nos últimos 150 anos, mudanças significativas na posição de suas curvas principais, ocorrendo, no entanto, mudanças internas na morfologia da calha. O segmento do rio localizado entre Propriá e Penedo caracteriza-se por constantes mudanças na sua morfodinâmica interna e na trajetória do talvegue/canal principal.

No trecho correspondente ao perímetro irrigado Cotinguiba-Pindoba, na margem direita, até a década de 60, predominava a sedimentação, mas já no início da década de 70 começaram a atuar processos erosivos, ainda que não continuamente. Concomitantemente, verificou-se a mudança na trajetória do talvegue principal da margem esquerda para a direita.

Portanto, o início do fenômeno erosivo no trecho de margem correspondente ao perímetro irrigado Cotinguiba-Pindoba é anterior à implantação do perímetro e à construção da barragem de Sobradinho. O processo erosivo na margem direita torna-se mais acentuado no período imediatamente posterior à entrada em operação da UHE Sobradinho, na década de 80. Ao final da década de 90 este processo torna-se mais agressivo, podendo ser explicado, em parte, pela incapacidade do canal modificar e renovar periodicamente sua morfodinâmica devido à ausência das cheias anuais e pela necessidade do canal e adequar às novas condições hidrossedimentológicas impostas pela construção e operação das grandes barragens rio acima.

a.2) Distribuição da Erosão Marginal no Baixo Curso do Rio São Francisco e Caracterização Morfológica e Litológica

Durante os levantamentos efetuados no âmbito do Projeto GEF, em 2001, foram identificados e cadastrados 72 focos de erosão marginal acelerada na faixa compreendida entre Pão de Açúcar (AL) e a foz do rio São Francisco. Entre Propriá (SE) e a foz, estão 57 desses focos de erosão.

Observa-se que a maior parte dos focos de erosão marginal e os de maior magnitude estão localizados na margem sergipana do rio. Nesta margem, entre Propriá e a foz, o somatório dos comprimentos dos trechos sob erosão resulta em cerca de 30km, ou cerca de 40%. Na margem oposta, no estado de Alagoas, no mesmo trecho entre Propriá e a foz, a extensão da erosão marginal é de cerca de 18km, o que equivale a 22,5% do comprimento da linha da margem.

As margens mais altas, quando comparadas às margens médias e baixas, e estando submetidas às mesmas forças, fatores e processos, apresentam uma maior taxa efetiva de recuo, na medida em que a altura favorece o desencadeamento e a frequência de movimentos de massa controlados pela ação gravitacional. No trecho analisado, as margens mais altas estão localizadas exatamente nos focos erosivos mais críticos, juntos aos perímetros irrigados de Cotinguiba-Pindoba e Betume, nos segmentos mais distantes da foz. As margens mais baixas, por outro lado, estão localizadas nos segmentos mais próximos à foz.

A resistência da margem à erosão está diretamente associada às suas características litológicas e às características granulométricas do material que a constitui. Margens formadas essencialmente por sedimentos coesivos, argilosos, são as mais resistentes à erosão. No entanto, quando sujeitas a solapamento na base ou à saturação, ocorrem com frequência movimentos de massa, como queda de blocos e deslizamentos. A ação erosiva sobre estas margens é efetiva quando sofre a ação corrosiva da corrente fluvial ou o embate direto das ondas nas subidas das marés. Esse tipo de margem ocorre nas proximidades da foz do rio São Francisco.

Margens formadas essencialmente por sedimentos não coesivos (arenosos), que podem ser encontradas em todo o trecho entre Propriá e a foz, mas com maior concentração entre o perímetro Cotinguiba-Pindoba e Cajaíba, são altamente suscetíveis à erosão, quando associadas a outros fatores e processos erosivos.

a.3) Ação Conjunta dos Processos Erosivos

A erosão das margens do baixo curso do rio São Francisco é resultado da atuação de três conjuntos de processos, a saber:

- processos relacionados à hidrodinâmica do canal;
- processos relacionados à dinâmica do estuário e às oscilações artificiais do nível do rio;
- processos relacionados ao comportamento geotécnico dos taludes marginais.

Tais processos atuam, respectivamente, em três posições em relação à superfície da água: abaixo do nível do rio (subaquoso), ao nível do rio e acima deste (subaéreo).

A atuação associada destes três conjuntos de processos é a responsável pelas taxas de erosão mais efetivas, se as demais condições de suscetibilidade à erosão forem atendidas.

No baixo curso do rio São Francisco a ocorrência de focos de erosão marginal está intimamente relacionada com a proximidade do talvegue à margem. O contínuo trabalho da remoção subaquosa das partículas pela corrente principal, cuja trajetória coincide com o talvegue, é o grande responsável pelo recuo das linhas de margem.

Sem essa remoção não haveria continuidade do processo, pois a tendência seria de estabilização da margem, com o barranco atingindo um perfil de equilíbrio. A regularização do rio, ao favorecer a permanência do talvegue em uma mesma posição durante anos seguidos, tende a potencializar a erosão marginal.

Quanto aos fatores associados à dinâmica estuarina, cabe ressaltar que o nível do rio São Francisco é afetado diariamente pelas marés oceânicas, na medida em que a elevação do nível do mar resulta no barramento natural do fluxo do rio. A elevação e o abaixamento do nível da água doce do rio em dois ciclos diários de maré alta e baixa exercem um papel importante na promoção da erosão das margens do São Francisco. Como o nível do rio permanece mais ou menos constante durante todo o ano, a ação da maré sobre os taludes marginais tem seu efeito potencializado.

Além das oscilações naturais, ocorrem flutuações do nível do rio provocadas artificialmente pela operação das usinas rio acima. As vazões do rio São Francisco, sobretudo no estirão compreendido entre Xingó e Propriá, são determinadas pelas regras operativas da UHE Xingó. Por conseguinte, são verificadas oscilações diárias e semanais nos níveis d'água com amplitudes que variam entre 0,20 a 0,60m.

A flutuação do nível d'água do rio, seja por efeitos naturais ou artificiais, e as ondas associadas desempenham um papel importante na manutenção do ciclo evolutivo da erosão marginal. O processo se dá da seguinte maneira: inicialmente, a ação das ondas provoca o solapamento da base do barranco, criando condições de instabilidade que resultam em freqüentes movimentos de massa; em seguida, o material movimentado, acumulado na base do barranco, passa a sofrer a ação erosiva direta das ondas, sendo removido da base do barranco para a corrente principal do canal fluvial.

Esta remoção do material inicialmente acumulado nas margens contribui para a manutenção da continuidade do processo evolutivo de recuo das margens, na medida em que não permite que um perfil de equilíbrio seja atingido.

No trecho do rio São Francisco entre Pão de Açúcar e Propriá, a oscilação diária artificial do nível do rio é a principal responsável pela erosão marginal, ao provocar

a elevação do nível do lençol freático, que associada à ação das ondas, promove a remoção de partículas arenosas constituintes da base das margens sedimentares.

Os efeitos provocados pela regularização do rio sobre a permanência do talvegue em uma mesma posição durante anos seguidos, que potencializa a erosão marginal, podem ser observados no trecho do rio correspondente ao perímetro irrigado Cotinguiba-Pindoba.

a.4) Retenção de Sedimentos nas Barragens e Alterações no Transporte Sedimentar a Jusante

A construção de grandes barragens no curso do rio São Francisco resultou na retenção de grande parte dos sedimentos transportados pelo rio nos diversos reservatórios implantados. A barragem de Xingó é a mais a jusante da cascata, sendo, portanto, o elo final da cadeia de retenção de sedimentos provenientes de montante.

A jusante de Xingó, a carga sólida total atualmente transportada representa apenas cerca de 4% dos valores existentes antes da implantação das barragens. Esta carga deve-se a uma produção originada dentro do próprio canal, constituída pelo material retirado pela erosão das margens, da erosão do próprio leito do rio e, em menor escala, da contribuição das sub-bacias afluentes.

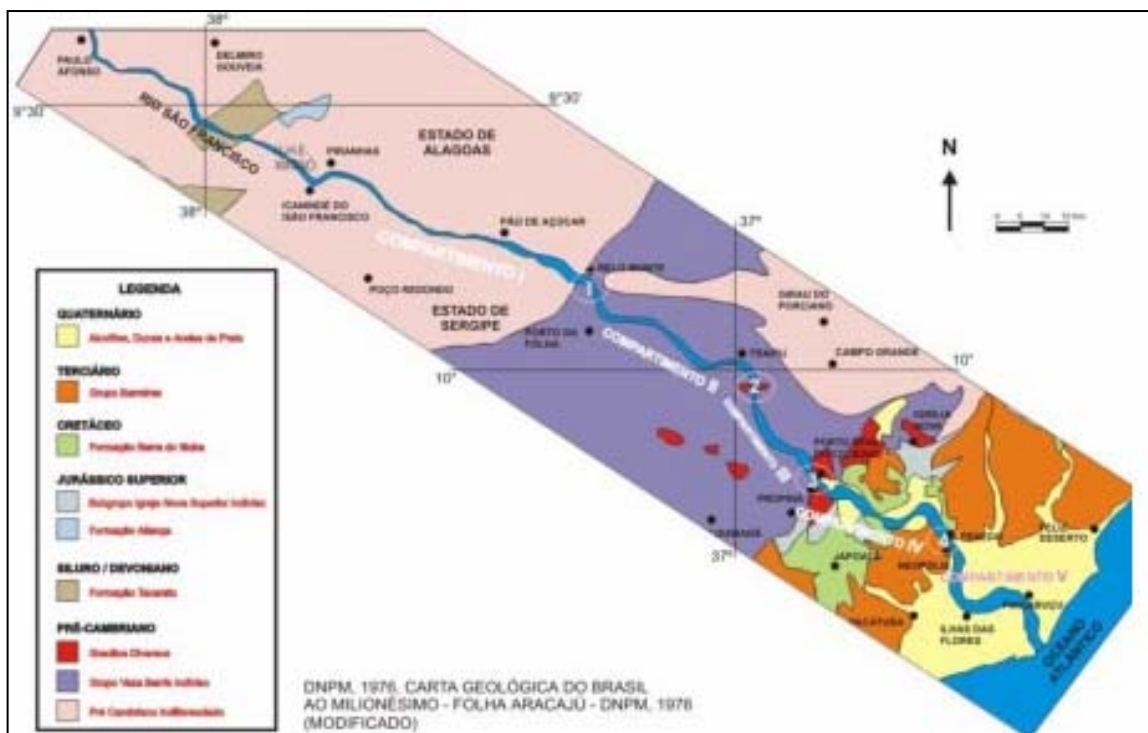
A erosão marginal e do leito do canal contribui para o processo de assoreamento localizado no canal, o que, em alguns trechos do rio, leva à realimentação do processo erosivo das margens.

a.5) Compartimentação do Sistema Fluvial e sua Influência nos Ajustes Morfo-dinâmicos do Canal

Os estudos desenvolvidos no âmbito do Projeto GEF confirmaram que o baixo curso do rio São Francisco vem sofrendo uma série de ajustes morfo-hidráulicos como reposta aos impactos diretos promovidos pelas grandes barragens. Tais ajustes avançam progressivamente e encadeados, de montante para jusante, e suas formas de propagação dependem dos condicionantes morfo-estruturais e da história geológica que condicionou a evolução geológica-geomorfológica do sistema fluvial e do sistema litorâneo.

O rio São Francisco, a jusante de Xingó, caracteriza-se por uma evolução controlada por uma compartimentação morfo-sedimentar, podendo ser dividido em cinco compartimentos geomorfológicos, definidos por controles litológicos, topográficos e estruturais, conforme apresentado na Figura 5.3.2.4-1, a seguir.

FIGURA 5.3.2.4-1 – COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO



Fonte: Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA).

O compartimento I se estende desde a barragem de Xingó até alguns quilômetros a jusante de Belo Monte. Neste compartimento o rio São Francisco encontra-se encaixado em um canyon e atua fundamentalmente como corredor de sedimentos, não se registrando feições deposicionais fluviais de importância.

No compartimento II o rio São Francisco desenvolve-se encaixado em uma superfície de baixos planaltos dissecados, formando um relevo de morros, sobre rochas metamórficas da faixa de dobramentos Sergipana de idade pré-cambriana, estendendo-se desde Belo Monte até o nodo de Lagoa do Monte. Os depósitos fluviais formados pelo canal são raros, compostos basicamente por barras arenosas laterais anexadas às margens.

O padrão de canal no compartimento III, que se desenvolve a partir do nodo de Lagoa do Monte até Porto Real do Colégio/Propriá, é ligeiramente sinuoso e com baixo coeficiente de entrelaçamento entre ilhas e barras arenosas, apresentando uma planície aluvial pouco desenvolvida.

O compartimento IV desenvolve-se desde Porto Real do Colégio/Propriá até Penedo/Neópolis. Neste compartimento o rio São Francisco apresenta-se menos encaixado, com uma planície aluvial bem mais larga e desenvolve um modelo mais complexo, com um padrão multicanal entrelaçado. A maior densidade de ilhas e barras arenosas emersas e submersas indica, provavelmente, que ao longo da

história geológica do rio este compartimento funcionou como zona de acúmulo de sedimentos aluviais provenientes de montante.

O compartimento V se estende ao longo da planície flúvio-costeira desde o nodo de Penedo/Neópolis até a foz. Neste compartimento o canal se caracteriza por assumir um padrão anastomosado em que os canais são mais profundos e predominam amplamente as grandes ilhas fixas formadas por materiais finos (silte e argila) e estabilizadas pela vegetação.

O compartimento I apresenta um comportamento típico do segmento do canal logo a jusante da barragem, a partir da drástica diminuição da carga sólida que é o entalhamento do leito. Uma análise da série histórica de perfis batimétricos comprova o aprofundamento e o alargamento do vale neste compartimento, com a erosão do leito móvel do rio e provavelmente a exposição do substrato duro rochoso.

Nos compartimentos geomorfológicos imediatamente a jusante, entre Pão de Açúcar e Propriá (Compartimentos I e II), está ocorrendo entalhamento do leito e migração de formas de leito (barras de canal), associada à erosão das margens. Foi constatada a existência de diversos focos erosivos nas margens da calha, quando constituídas por sedimentos aluviais, e nas margens de ilhas e barras emersas.

O compartimento seguinte (Compartimento IV), entre Propriá e Penedo, registra acúmulo dos sedimentos retirados dos segmentos anteriores. Este acúmulo/assoreamento, em parte, ajuda a explicar porque este compartimento é o mais atingido pela erosão marginal, uma vez que, em canais fluviais, a diminuição da profundidade tende a ser acompanhada pelo aumento da largura do canal ou tendência à migração lateral do canal, que se traduz em erosão das margens, como forma de manter o equilíbrio dinâmico do sistema.

O compartimento final (Compartimento V), entre Ilha das Flores/Neópolis e a foz, aparentemente, é o setor do rio menos atingido pelo processo de ajuste. Comparado ao compartimento geomorfológico anterior, a erosão é menos acentuada e mais localizada. As feições morfológicas diferenciadas que ocorrem neste compartimento poderão vir a se modificar, em virtude da migração dos setores de erosão e sedimentação, na direção de jusante, uma vez que, com o passar do tempo, o assoreamento do canal poderá ultrapassar os limites entre os compartimentos IV e V.

Neste caso, mudanças na morfodinâmica poderão ser expressivas, levando à semelhança do compartimento IV, à acentuação do processo erosivo marginal e assoreamento progressivo de montante para jusante. Tais mudanças certamente

se refletiriam na biota e nos usos do rio pelo homem (pesca, turismo e navegação).

b) Comportamento das Lagoas Marginais do Rio São Francisco

Conforme relatado no Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), em seu Componente II – Participação Pública e das Instituições, Subprojeto 2.4 – Estudo do Processo Erosivo das Margens do Baixo São Francisco e seus Efeitos na Dinâmica de Sedimentação do Rio, um dos principais problemas ambientais associado à implantação dos barramentos rio acima é a extinção das lagoas marginais devido à falta de alimentação de águas durante as cheias.

De fato, conforme apresentado nos estudos, as variações interanuais e a sazonalidade do regime hidrológico do rio São Francisco em decorrência das sucessivas construções de barragens rio acima podem ser claramente identificadas, apresentando quatro fases distintas:

- a primeira fase corresponde ao regime natural.
- a segunda fase, iniciada após a construção da barragem de Sobradinho (1978-1987), caracteriza-se por uma elevação das vazões mínimas, porém ainda com fortes picos anuais de vazão característicos do verão, pois apesar de grande capacidade de regularização de Sobradinho, as cheias, embora parcialmente atenuadas, continuaram a ocorrer anualmente, como no regime natural.
- a terceira fase, entre 1987 e 1988, coincide com a construção da barragem de Itaparica, e caracteriza-se por uma substancial redução na frequência das enchentes no Baixo São Francisco. A barragem de Itaparica, apesar de possuir apenas uma pequena capacidade de regularização desempenha um papel importante na retenção das vazões produzidas no submédio São Francisco, abaixo de Sobradinho. Estas contribuições eram, ciclicamente, as responsáveis pela potencialização de cheias no baixo São Francisco.
- por fim, o período pós-construção de Xingó (1994-2001) foi marcado pela total ausência de cheias ou mesmo de picos de vazões elevadas. Este fato levou à falsa conclusão por parte de diversos técnicos e da população ribeirinha, de que cheias não mais ocorreriam no baixo São Francisco, devido ao controle das vazões em função da construção da barragem de Xingó. Na verdade, existe uma coincidência temporal entre os dois fatos, mas Xingó não é responsável pela contenção de eventuais cheias, por ser uma usina que trabalha ao fio d'água. A depender do aporte de água a Sobradinho e a Itaparica, as enchentes poderão voltar a ocorrer no baixo São Francisco.

Os estudos apresentados no Projeto GEF confirmam que o baixo curso do rio São Francisco vem sofrendo uma série de ajustes morfo-hidráulicos, observando-se, inclusive a extinção das lagoas marginais devido à falta de alimentação de águas, sedimentos e nutrientes durante as cheias.

A extinção das lagoas marginais traz consigo a inviabilização da agricultura tradicional nas lagoas e várzeas, uma vez que as populações ribeirinhas, antes da construção das barragens, se utilizavam da agricultura de vazante, no período de seca, feita sobre o húmus deixado pelo rio após as cheias.

Outro efeito do não enchimento das lagoas marginais é a interrupção da utilização dessas lagoas, como parte do ciclo reprodutivo, da sua condição de "berçários" reprodutores das espécies nativas.

c) Aspectos Hidrodinâmicos

O comportamento dos estuários é afetado principalmente pelos seguintes fatores: a vazão de água doce, a oscilação das marés, o vento e as estratificações horizontal e vertical associadas à densidade da água.

A água salgada do mar é mais densa que a água doce do rio, devido à forte presença de sais dissolvidos no primeiro. A diferença entre as densidades, apesar de pequena, é suficiente para que haja uma tendência do fluido de maior densidade ficar embaixo da parcela de menor densidade. O fenômeno de intrusão de cunha salina ocorre quando a vazão de água doce, que é injetada em um estuário por um rio, tende a lançar-se no oceano escoando sobre uma camada inferior de água salgada que se movimenta preferencialmente do oceano para o interior.

Ao contrário dos rios que escoam freqüentemente em regime permanente e uniforme, com estratificação insignificante, a existência de oscilação de marés na boca de um estuário impossibilita a formação de um escoamento permanente em seu interior. Conseqüentemente, as características geométricas, cinemáticas e dinâmicas variam no espaço e no tempo, demandando o uso de modelos hidrodinâmicos ou dados mais abrangentes para a melhor caracterização do estuário.

Considerando as modificações ocorridas no regime hidrossedimentológico do rio São Francisco próximo a sua foz, efeito das diversas obras hidráulicas implantadas em seu leito, foram analisadas as alterações ocorridas nas vazões e níveis d'água associados desde a década de 20, a partir de quando existem registros disponíveis na bacia.

É importante ressaltar que no estirão do rio São Francisco entre a UHE Sobradinho e a sua foz no oceano Atlântico, existem diversos aproveitamentos hidrelétricos em operação – UHE Itaparica, Complexo Moxotó-Paulo Afonso e UHE Xingó. Evidentemente, o barramento construído em Xingó é, por sua altura, um impedimento físico intransponível para qualquer efeito de jusante para montante, no rio São Francisco. Desse modo, a análise da intrusão da cunha salina concentrou-se no trecho entre a usina de Xingó e a foz.

c.1) Dados Básicos

Em consulta ao Inventário de Estações Fluviométricas da ANA, foram selecionados cinco postos localizados no estirão de abrangência do estudo, a seguir apresentados.

QUADRO 5.3.2.4-1 – ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS

Código	Nome	Área de Drenagem (km²)	Início da Operação
49330000	Piranhas	604.000	Nov/26
49370000	Pão de Açúcar	608.900	Nov/26
49660000	Traipu	622.600	Nov/26
49705000	Propriá	623.500	Dez/26
49740000	Penedo	625.600	Out/26

Esses postos foram selecionados por terem observações registradas desde a década de 20, de acordo com o Inventário de Estações Fluviométricas da ANA, e por ainda continuarem em operação, além de possuírem dados sobre qualidade de água. Além disso, com exceção de Piranhas e Penedo, todos possuem dados linigráficos, isto é, dados de níveis d'água obtidos por aparelho registrador contínuo, informação importante para a análise da influência da maré no comportamento do escoamento do curso d'água.

Foram, então, solicitados à ANA os dados de leituras de régua, resumos de medições de vazão, equações de curva-chave, vazões médias diárias, perfis e qualidade de água, assim como as fichas descritivas das estações e os linigramas. Além das fichas, foram disponibilizados os dados apresentados no Quadro 5.3.2.4-2.

Inicialmente, os linigramas disponibilizados cobriam apenas o período anterior a 1989 e, conseqüentemente, anterior também à entrada em operação da UHE Xingó, que ocorreu em 1994. Posteriormente, foram disponibilizados também os linigramas mais recentes, até 1996. No entanto, durante a interpretação desses registros verificaram-se diversos problemas decorrentes da operação dos equipamentos, que permitiram o aproveitamento apenas dos dados de Propriá. É possível que a operação estivesse sendo prejudicada pelo assoreamento na entrada do poço (tomada d'água) do linígrafo.

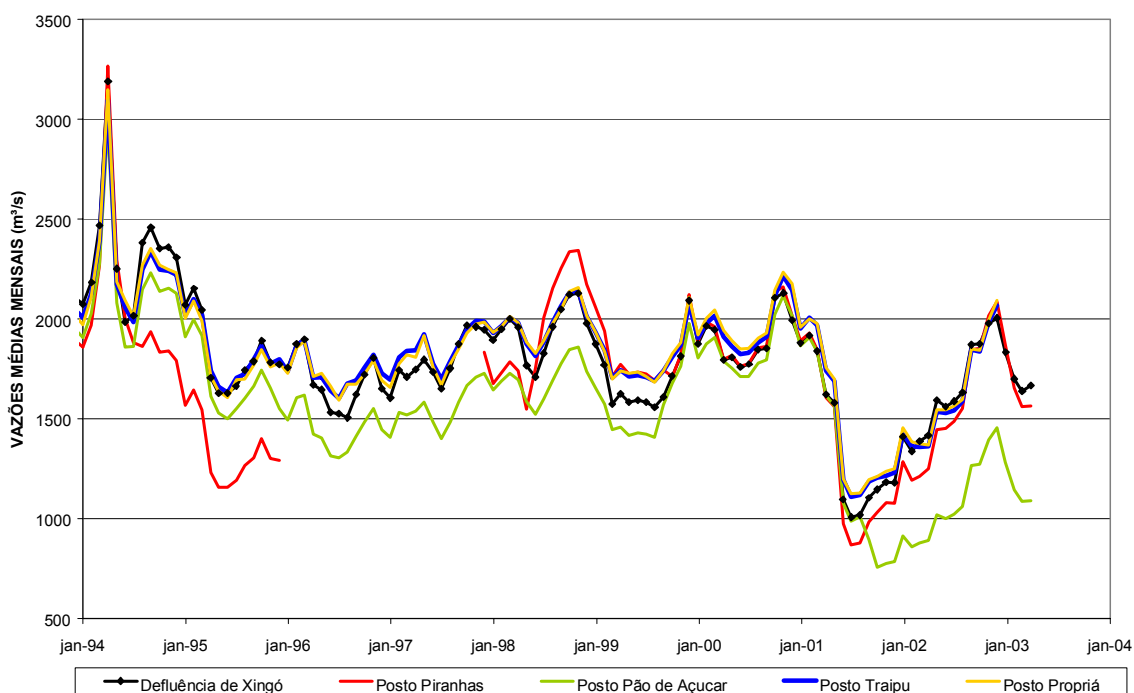
c.2) Análise dos Dados

- Quanto às Vazões

De modo a caracterizar o regime fluvial no estirão em estudo, foram selecionados os dados disponíveis nos cinco postos entre a usina de Xingó e a foz do rio São Francisco.

A fim de averiguar a consistência das vazões observadas nos postos após a implantação da usina de Xingó foi feita a comparação entre as vazões defluentes da usina e as registradas nos postos a jusante. Esta comparação foi feita para os últimos dez anos e está apresentada na Figura 5.3.2.4-2.

FIGURA 5.3.2.4-2 – COMPARAÇÃO ENTRE O HIDROGRAMA DEFLUENTE DE XINGÓ E AS VAZÕES OBSERVADAS NOS POSTOS A JUSANTE DA USINA PERÍODO RECENTE: ÚLTIMOS 10 ANOS

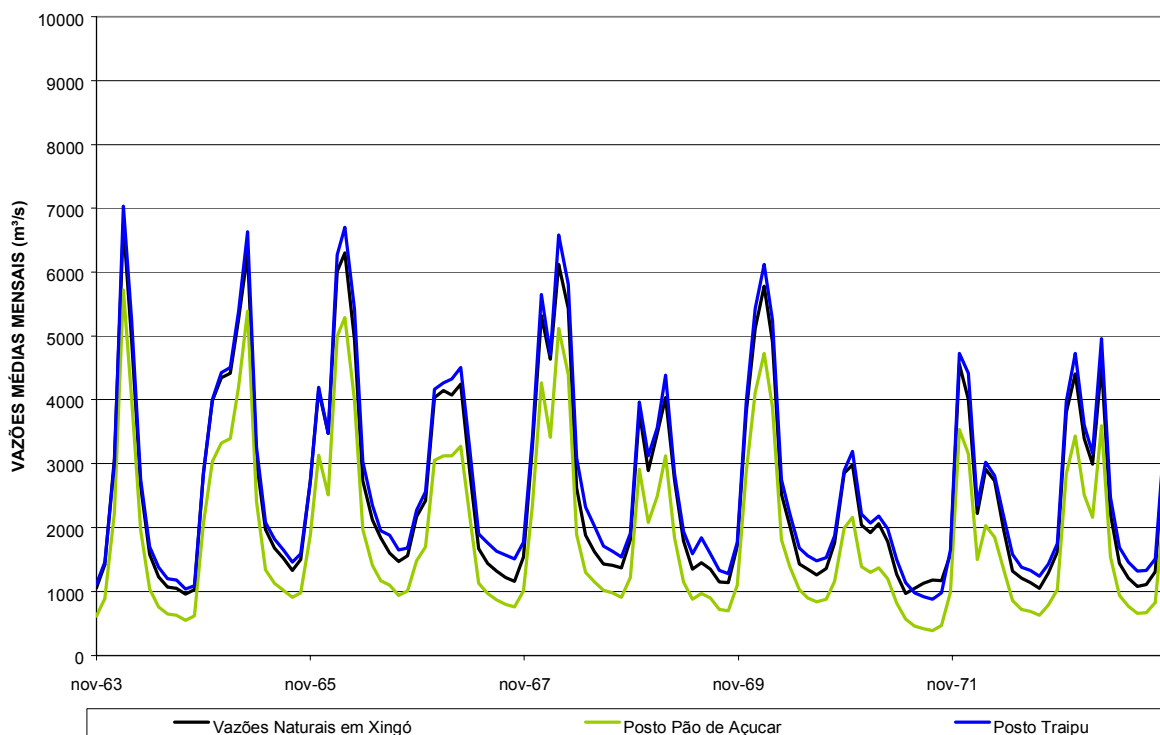


Nesta figura pode-se observar que os postos mais próximos do aproveitamento, Piranhas e Pão de Açúcar, apresentam vazões inferiores às defluentes de Xingó e às observadas nos postos situados mais a jusante. A razão dessa discrepância é, provavelmente, a variação diária de vazões imposta pela operação da usina de Xingó em regime de ponta - as vazões mais reduzidas, liberadas entre as 22:00h e o início da noite do dia seguinte (horário fora da ponta), fazem com que as leituras de níveis nos postos fluviométricos, que acontecem apenas duas vezes ao dia, às 7 e às 17 horas, reflitam apenas as menores vazões defluentes da usina. As maiores vazões turbinadas, entre 18:00 e 22:00, não são registradas nas leituras de régua, de modo que as vazões calculadas apresentam desvios sistemáticos para menor.

A implantação da usina de Sobradinho alterou sobremaneira a hidrodinâmica da foz do São Francisco, de tal forma que se faz necessária uma avaliação distinta para o período anterior a 1979. Para avaliar a consistência para este período histórico anterior, foram comparados os dados disponibilizados nos postos Pão de Açúcar e Traipu com os valores de vazões naturais no local da futura usina de Xingó, obtidas nos Estudos de Reconstituição de Vazões Naturais da Bacia do Rio São Francisco, elaborados pelo ONS com acompanhamento e supervisão da ANA e da ANEEL. Na Figura 5.3.2.4-3 está apresentada a comparação para 10 anos do histórico anterior a implantação do reservatório de Sobradinho.

FIGURA 5.3.2.4-3– COMPARAÇÃO ENTRE O HIDROGRAMA NATURAL EM XINGÓ E AS VAZÕES OBSERVADAS NOS POSTOS A JUSANTE DA USINA

PERÍODO: 10 ANOS

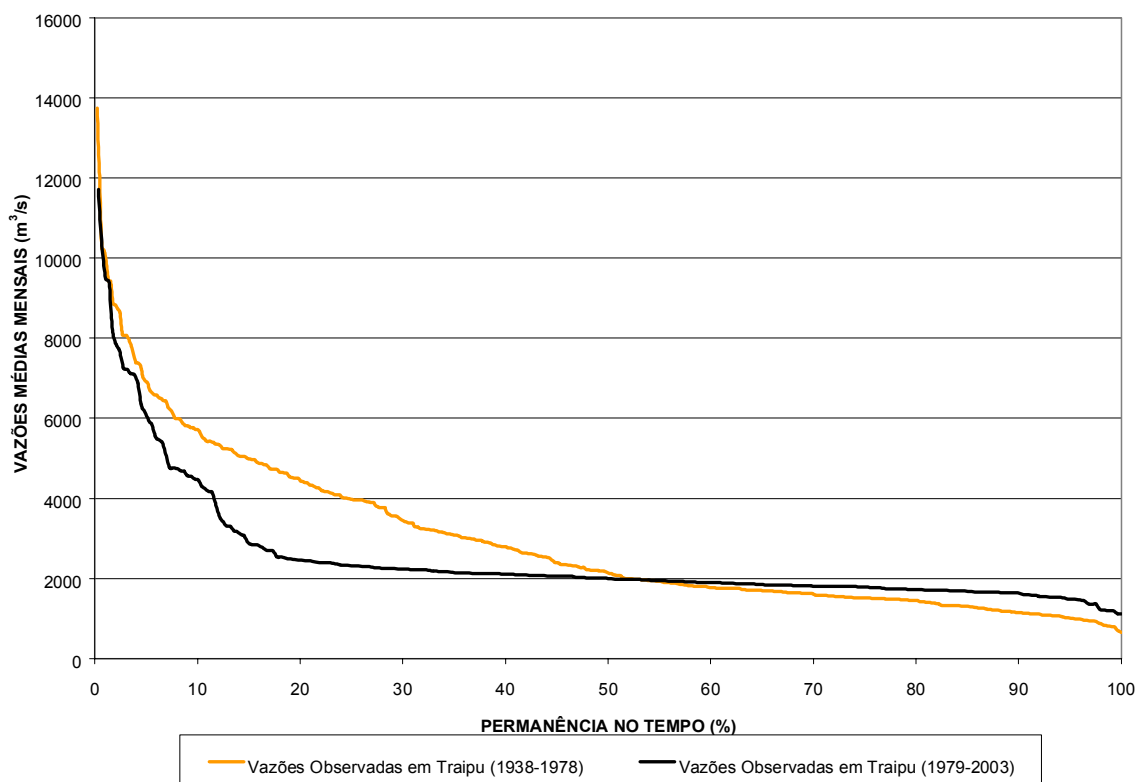


Nessa figura observa-se que as vazões registradas em Traipu são consistentes com as vazões naturais em Xingó, enquanto que, nas estiagens, as observações em Pão de Açúcar são sempre inferiores àquelas no local da usina, refletindo, possivelmente, um ajuste inadequado do trecho baixo da curva-chave do posto Pão de Açúcar neste período.

Consoante com a análise retratada nas Figuras 5.3.2.4-2 e 5.3.2.4-3 foi feita a escolha do posto Traipu como representativo do trecho existente entre a usina de Xingó e a foz do rio São Francisco. A caracterização do regime fluvial no estirão em estudo foi feita em duas fases: de 1938 a 1978 (anterior à implantação de Sobradinho) e de 1979 a 2002 (característica da situação existente atualmente no local).

Na Figura 5.3.2.4-4, podem-se observar as curvas de permanência de vazões em Traipu nos dois períodos em análise (1938-1978 e 1979-2001), cujos valores mais representativos estão transcritos no Quadro 5.3.2.4-3, mais adiante.

**FIGURA 5.3.2.4-4 – CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES OBSERVADAS EM TRAIPU
(ANTES E DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DE SOBRADINHO)**



QUADRO 5.3.2.4-3 – PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS EM TRAIPU

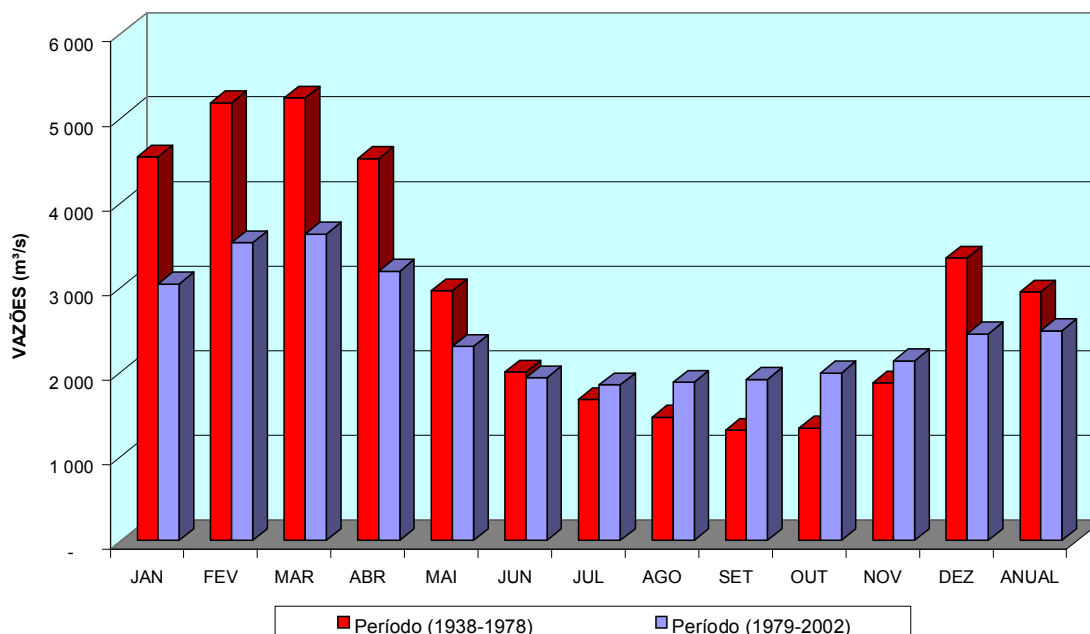
Permanência no Tempo (%)	Período 1938 a 1978 (m ³ /s)	Período 1979 a 2001 (m ³ /s)
1	10205	10302
5	6930	6159
10	5730	4485
20	4506	2464
50	2152	2000
80	1452	1724
90	1156	1632
95	1019	1489
100	644	1109
MÉDIA	2935	2479

Pode-se verificar que para o período "natural" a vazão correspondente a 100 % de permanência de valores iguais ou maiores é 644 m³/s, sendo que em 95% do tempo, de 1938 a 1978, a vazão média mensal foi superior a 1019 m³/s.

No entanto, em 1979, entrou em operação o reservatório de Sobradinho, que possui grande capacidade de regularização de vazões. Neste período mais recente pode-se verificar que a vazão correspondente a 100% de permanência de valores iguais ou maiores é 1109 m³/s, sendo que em 95% do tempo, de 1979 a 2002, a vazão média mensal foi superior a 1489 m³/s.

Uma outra análise efetuada diz respeito à distribuição sazonal das vazões. A Figura 5.3.2.4-5 apresenta os valores médios mensais obtidos para o posto fluviométrico selecionado, nos dois períodos analisados. Pode-se observar que o ano hidrológico, nas condições naturais, é bem definido, com o período de cheia ocorrendo de novembro a abril, sendo setembro o mês mais seco. A vazão média anual é cerca de 2935 m³/s. Nas condições atuais, afetadas pela operação dos reservatórios de montante, as vazões do período de estiagem são maiores e as vazões de cheia menores, mascarando o regime natural. A vazão média observada em Traipú neste período foi 2479 m³/s, inferior à vazão observada no período natural. Em que pesem as diferenças de precipitação dos dois períodos, este resultado coincide com o esperado, já que a introdução dos reservatórios acarreta redução na vazão média a jusante, devido às elevadas perdas por evaporação existentes.

**FIGURA 5.3.2.4-5 – VAZÕES MÉDIAS MENSAIS NO RIO SÃO FRANCISCO EM TRAIPU
(ANTES E DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DE SOBRADINHO)**



Pela análise dos dados disponíveis, pode-se perceber que a implantação e operação da usina de Sobradinho e das demais no trecho Sub-Médio do rio São Francisco provocaram grandes mudanças no regime fluvial no trecho Baixo do rio. Estas mudanças acarretaram relevantes impactos como a ausência de cheias, a conseqüente falta de alimentação periódica às lagoas marginais, a formação de bancos de areia, a erosão progressiva das margens, entre outros, contribuindo para a degradação ambiental do Baixo São Francisco.

– Quanto aos Níveis d'Água

Com relação aos níveis d'água, para efetuar uma análise da influência da maré no estirão em estudo, selecionou-se, inicialmente, o mês de julho de 1988. Julho foi escolhido por ser o mês mais seco do ano para o período recente, como pode ser verificado na Figura 5.3.2.4-5. O ano de 1988 era o único com dados linigráficos disponíveis em pelo menos dois dos postos fluviométricos do estirão.

Foi admitido, para efeito de comparação, que a variação das alturas de marés na foz do rio São Francisco seria semelhante à verificada do Porto de Maceió. A Figura 5.3.2.4-6 mostra, em cor laranja, o comportamento da maré em julho de 1988, obtido das Tábuas das Marés para este ano, publicadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN.

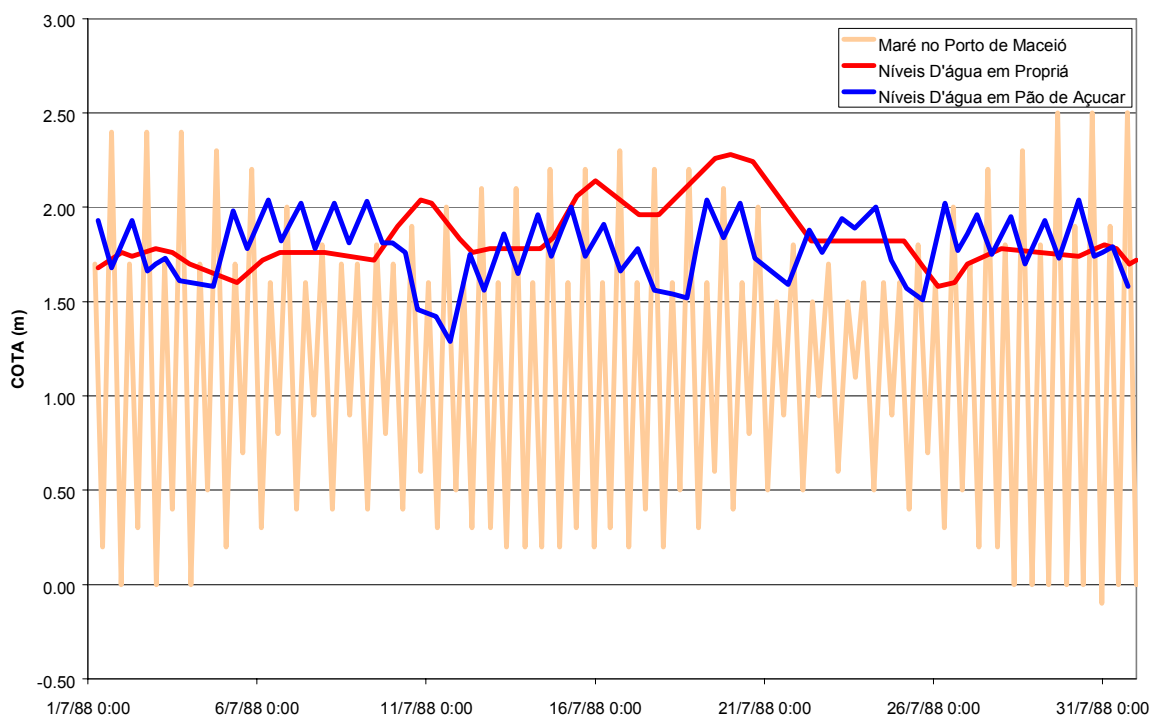
Em seqüência, foram plotados os registros de níveis d'água em Propriá, lidos diretamente dos linigramas gerados pelo registrador contínuo existente nessa estação fluviométrica, como pode ser visto, em vermelho, na Figura 5.3.2.4-6. Ao

contrário da maré, os níveis d'água em Propriá não apresentaram qualquer variação horária.

Com base nesse gráfico, pode-se deduzir que a oscilação das marés não interfere no comportamento dos níveis d'água em Propriá, que é o posto mais próximo à foz. Conseqüentemente, a montante desse ponto, o rio também não sofre qualquer influência dessa oscilação.

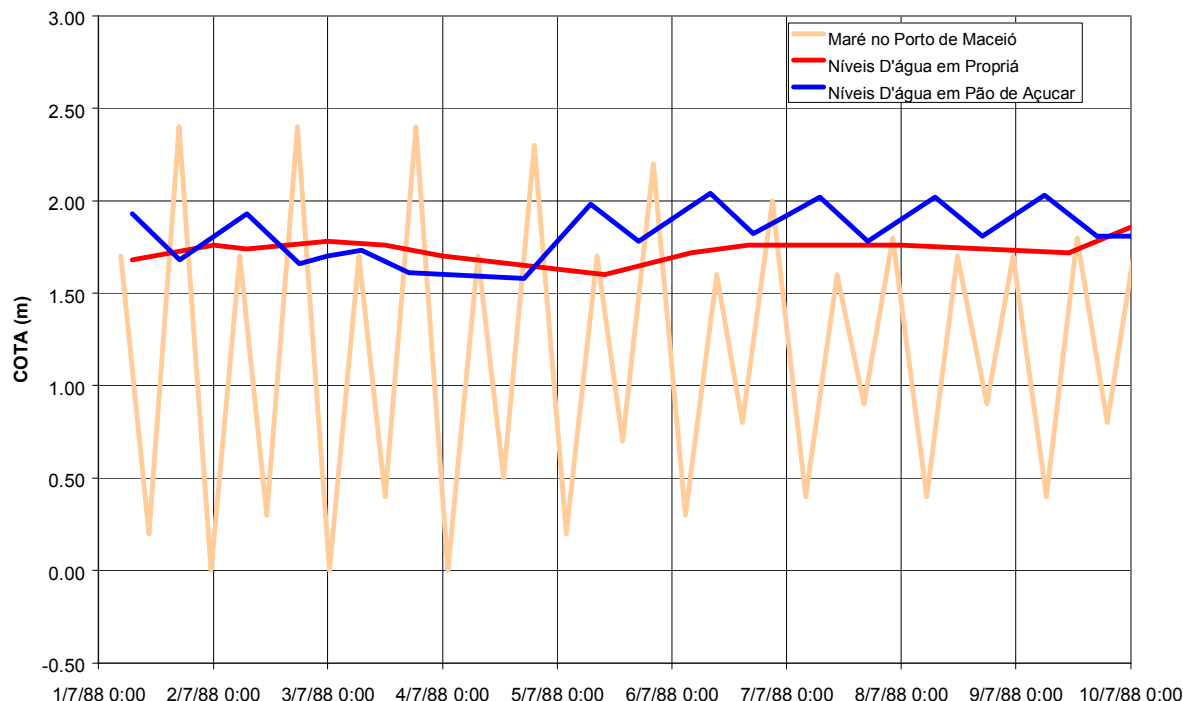
Os registros de níveis d'água em Pão de Açúcar, que também haviam sido disponibilizados para o mesmo período, foram introduzidos no gráfico (Figura 5.3.2.4-6), podendo-se observar variações intra-diárias dos níveis neste local, apesar de sua situação a montante de Propriá.

FIGURA 5.3.2.4-6 – VARIAÇÃO DAS ALTURAS DE MARÉS E DOS NÍVEIS D' ÁGUA – JULHO/1988



Uma análise superficial, que desconhecisse os dados de Propriá, poderia levar a crer que ocorre influência da maré nos níveis d'água em Pão de Açúcar. Porém, ao ampliar-se os gráficos (Figura 5.3.2.4-7), pode-se constatar que essa variação horária está associada à operação das usinas hidrelétricas a montante (Sobradinho, Itaparica, Moxotó e Paulo Afonso) para atender aos picos de demanda de energia elétrica.

FIGURA 5.3.2.4-7 – VARIAÇÃO DAS ALTURAS DE MARÉS E DOS NÍVEIS D' ÁGUA (DETALHE) – JULHO/1988



De fato, a variação das alturas de marés tem dois ciclos e dois picos diários, enquanto que a variação dos níveis em Pão de Açúcar não apresenta essa periodicidade. A Figura 5.3.2.4-7 mostra que o linigrama de Pão de Açúcar apresenta apenas um ciclo e um pico diário, que sempre acontece na mesma hora, em correspondência ao aumento da vazão turbinada nas usinas hidrelétricas de montante nas horas de ponta de consumo do sistema elétrico.

Essa operação das usinas, denominada modulação diária de ponta, consiste em reter água no reservatório durante as horas de menor demanda de energia, de modo a se ter um volume adicional a ser empregado nas horas de maior demanda (em geral entre 18h e 21h), denominadas horas de ponta.

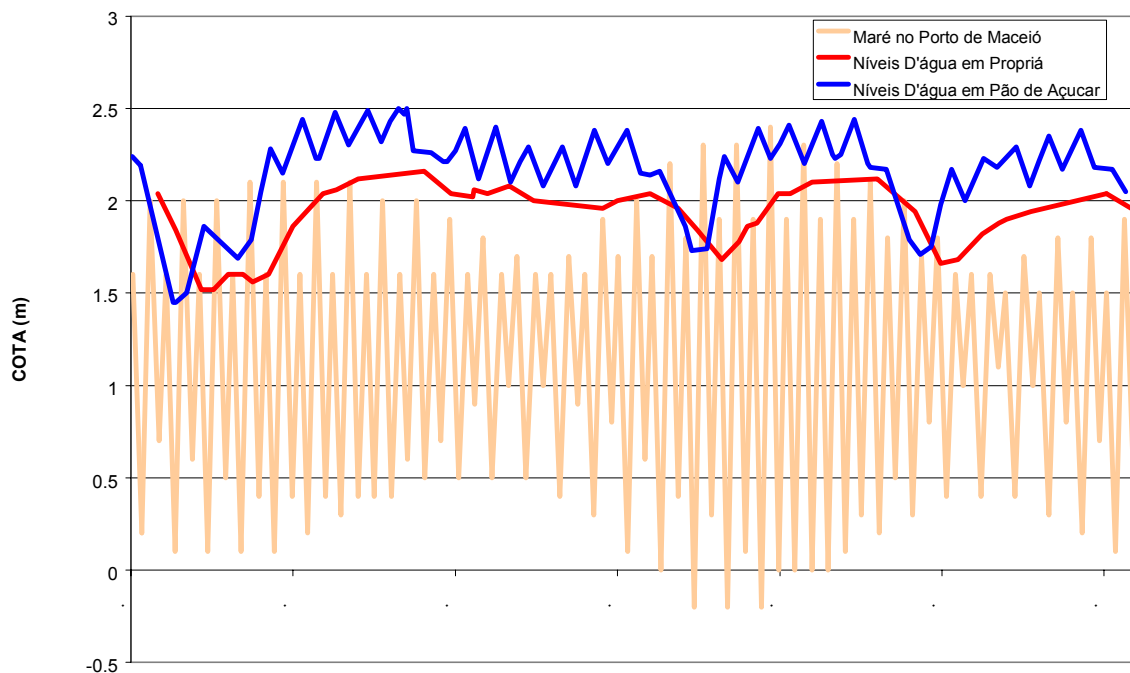
Vale ressaltar que em 1988 a UHE Xingó, aproveitamento mais próximo, ainda não estava em operação e, portanto, o pico de vazões, em Pão de Açúcar, ocorria defasado em cerca de 12 horas. Assim, os picos de demanda ocorreram entre 18 e 21 horas, como acontece normalmente, e exigiram o turbinamento de uma vazão maior no Complexo Moxotó, resultando nos picos de vazão, em Pão de Açúcar, em torno de 7 horas da manhã seguinte.

Pode-se verificar também, analisando-se a Figura 5.3.2.4-6, que os níveis mínimos têm um padrão regular, ocorrendo com intervalos de 7 dias, coincidindo

com os fins de semana, quando a demanda de energia elétrica diminui consideravelmente, exigindo vazões turbinadas menores.

Finalmente, de modo a complementar a análise são apresentados, na Figura 5.3.2.4-8, os registros dos mesmos locais no mês de janeiro de 1988, representando o período de cheia, podendo-se observar o mesmo padrão do período descrito anteriormente.

FIGURA 5.3.2.4-8 – VARIAÇÃO DAS ALTURAS DE MARÉS E DOS NÍVEIS D'ÁGUA – JANEIRO/1988

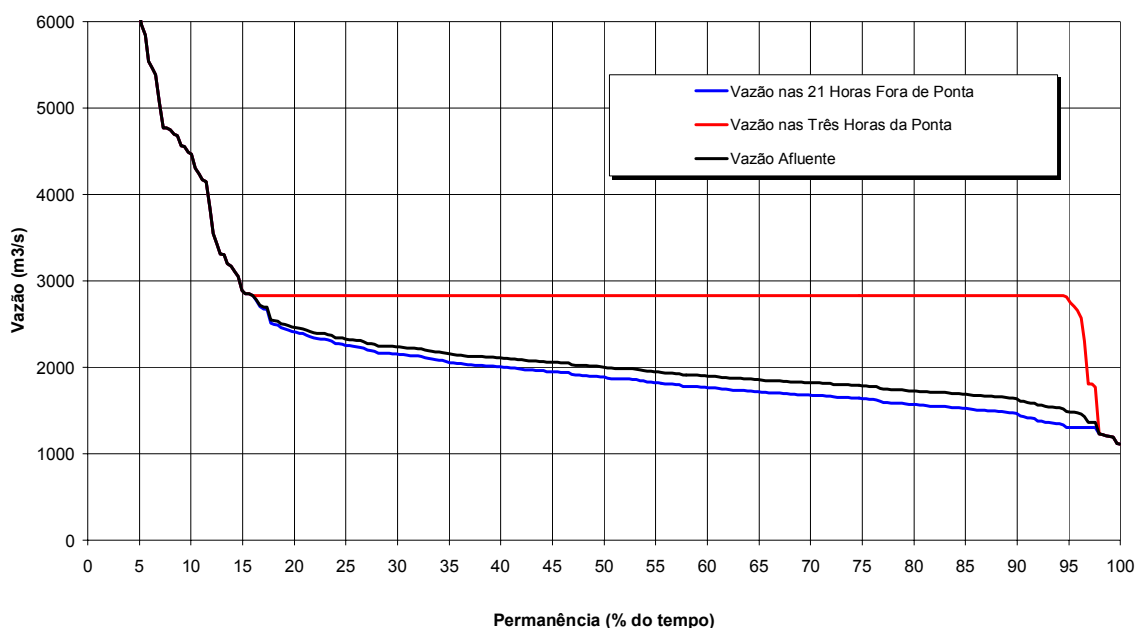


Todas estas situações referem-se ao período anterior à entrada em operação da UHE Xingó. Para proporcionar uma idéia da ordem de grandeza da variação diária de vazões no rio São Francisco, em decorrência da operação de ponta da UHE Xingó, foi elaborado o gráfico da Figura 5.3.2.4-9, que mostra a curva de permanência de vazões médias mensais afluentes à usina, já regularizadas pelos reservatórios de montante, as vazões que seriam liberadas para jusante (turbinadas ou vertidas) nas três horas de ponta de consumo de energia e as vazões liberadas nas 21 horas restantes do dia. Para elaboração deste gráfico admitiu-se que a usina procura manter, como regra, sua geração máxima nas três horas de ponta.

Nota-se que, nos períodos de menor disponibilidade hídrica, as vazões turbinadas no mesmo dia podem apresentar variações superiores a 1000 m³/s, situação que certamente acarreta oscilações elevadas nos níveis d'água a jusante, similares àquelas observadas no posto de Pão de Açúcar, conforme demonstrado na Figura

5.3.2.4-6. Dada a proximidade da usina de Xingó em relação ao posto fluviométrico, seria de se esperar variações diárias de níveis d'água superiores até às indicadas na referida figura.

**FIGURA 5.3.2.4-9 – UHE XINGÓ – RIO SÃO FRANCISCO – PI = 3000 MW
CURVAS DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES AFLUENTES E DEFLUENTES DA USINA**



Buscando uma confirmação desta análise com base em registros reais, foram obtidos, junto à ANEEL, dados complementares de cotas limnimétricas decorrentes da leitura das réguas às 7 e 17 horas em Propriá e Pão de Açúcar, cobrindo período posterior à entrada de operação da usina de Xingó, em 1994. A partir destes dados, foram elaborados gráficos com os níveis d'água em Propriá e Pão de Açúcar.

Para o período de julho de 1994 até janeiro de 2000, não foi possível estabelecer um padrão quanto às variações diárias de nível d'água, conforme mostram as Figuras 5.3.2.4-10 a 5.3.2.4-12. Aparentemente, a UHE Xingó não estava, durante todo o período, operando em regime de ponta, utilizando o volume de seu reservatório, algumas vezes, para compensar os efeitos das usinas de montante. Nesses meses, é possível observar apenas os níveis mínimos semanais, decorrentes da redução de demanda no fim-de-semana e, conseqüentemente, do turbinamento de vazões. É o caso de janeiro e julho de 1995, retratados nos gráficos.

FIGURA 5.3.2.4-10 – VARIAÇÃO NÍVEIS D' ÁGUA – JANEIRO/1995

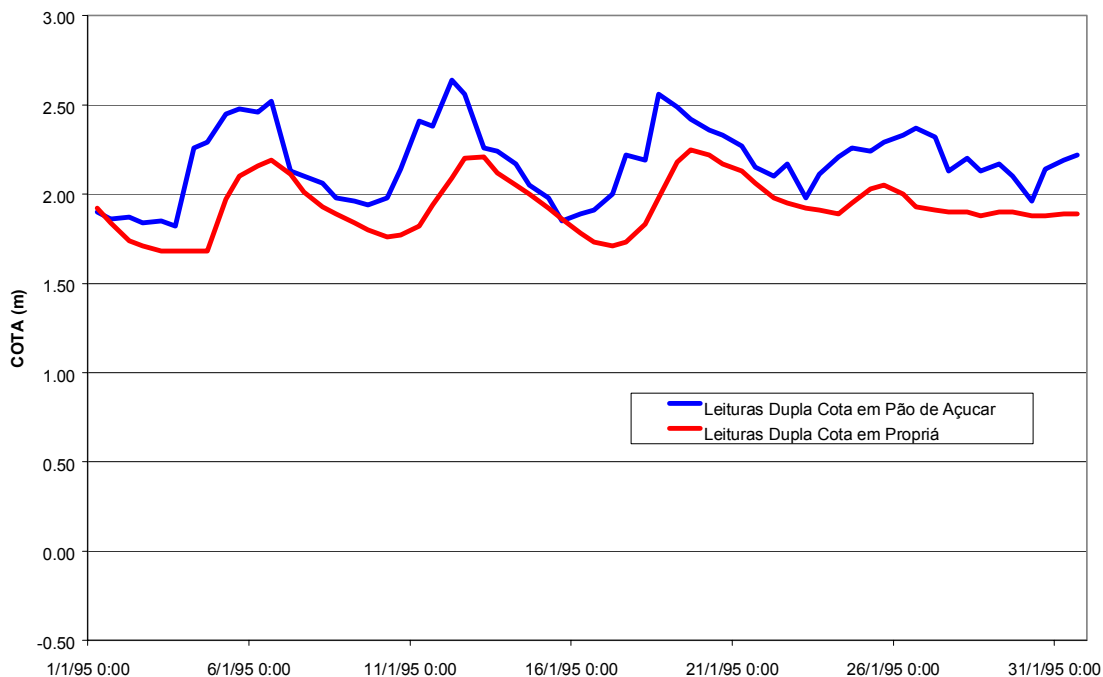
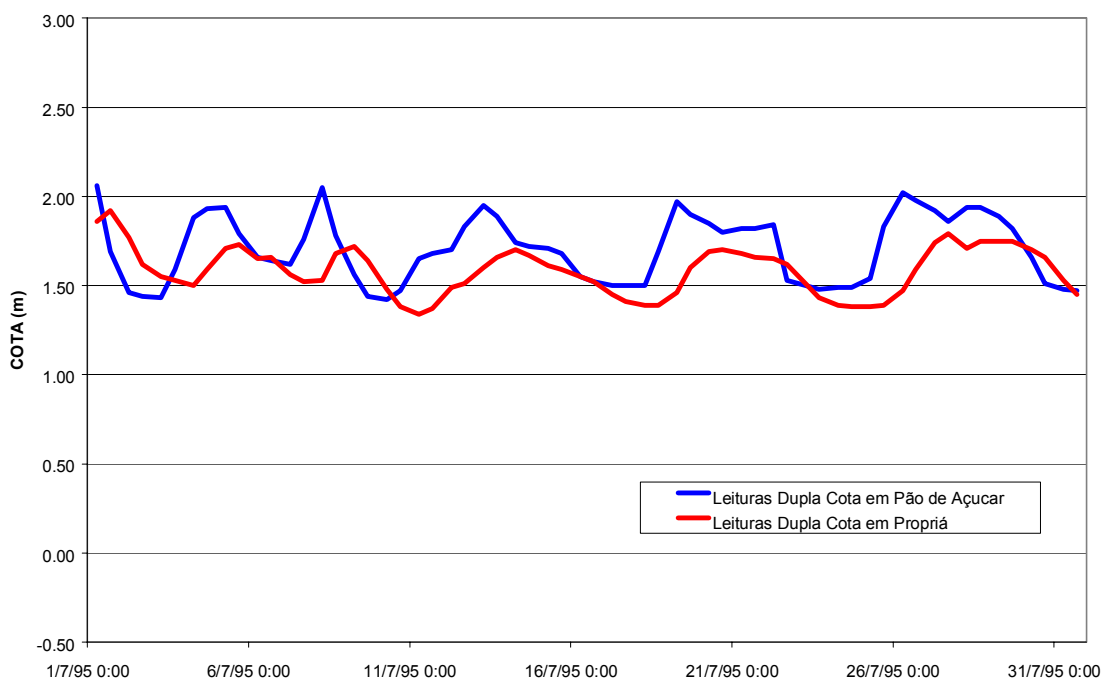
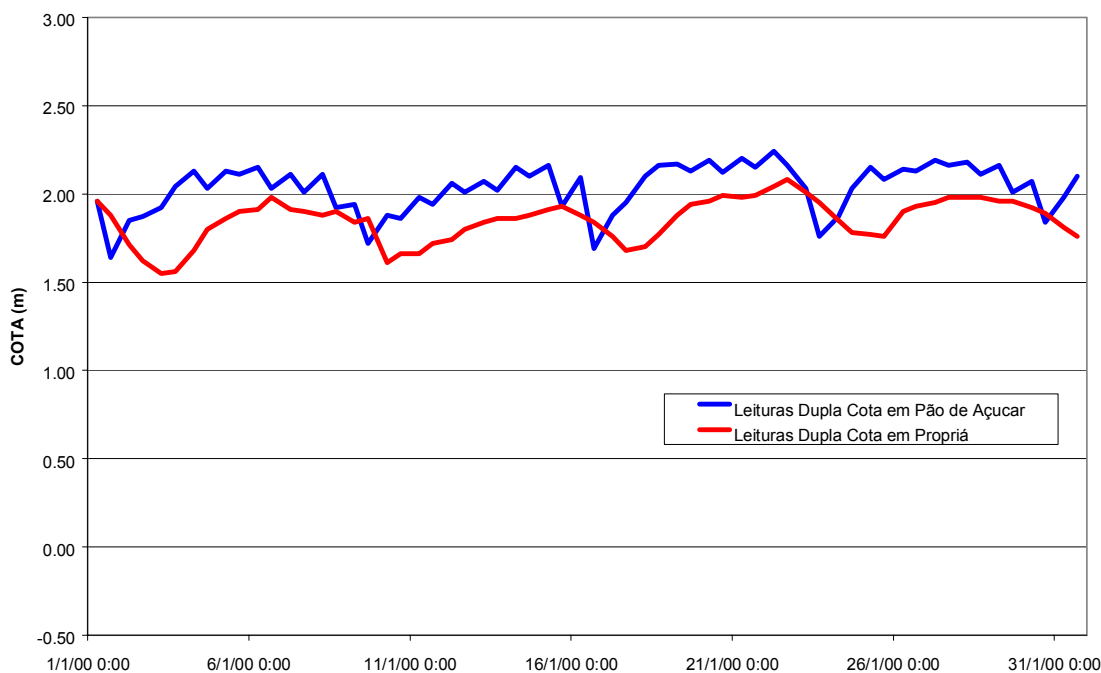


FIGURA 5.3.2.4-11 – VARIAÇÃO DOS NÍVEIS D' ÁGUA – JULHO/1995



Já em outros meses, provavelmente a usina operou em regime de ponta, provocando uma ligeira variação diária nos níveis, como é o caso de janeiro de 2000, ilustrado na Figura 5.3.2.4-12, a seguir.

FIGURA 5.3.2.4-12 – VARIAÇÃO DOS NÍVEIS D'ÁGUA – JANEIRO/2000



Mesmo neste caso, as variações diárias de níveis d'água não alcançaram a região do posto fluviométrico de Propriá.

Pela análise dos dados disponíveis pode-se deduzir que os níveis d'água do rio São Francisco, no trecho em estudo, são fortemente influenciados pela operação dos reservatórios existentes a montante, principalmente Xingó, por ser o mais próximo.

c.3) Conclusões

A caracterização do regime fluvial no estirão do Baixo São Francisco, apresentada anteriormente, permitirá avaliar os possíveis efeitos do Projeto de Integração do Rio São Francisco com o Nordeste Setentrional. No entanto, confrontando-se as vazões obtidas para o rio São Francisco a jusante da UHE Xingó com as vazões previstas de captação, e considerando as grandes variações de vazões impostas atualmente pela operação do complexo hidrelétrico existente, é possível antever que esses efeitos serão pouco significativos, não devendo provocar alteração no processo de intrusão da cunha salina no estuário do rio São Francisco, conforme será abordado mais adiante na avaliação dos impactos do projeto.

Com relação aos níveis d'água, pode-se antecipar que os efeitos atualmente provocados sobre os mesmos pela operação dos reservatórios a montante, sobretudo Xingó, continuariam sendo preponderantes sobre quaisquer efeitos advindos da captação de vazão para o Projeto de Integração com o Nordeste Setentrional, ou de outras captações a serem realizadas futuramente, já previstas no Plano Decenal da Bacia do Rio São Francisco, em sua versão preliminar ora em análise pelo Comitê da Bacia do São Francisco.

É importante frisar que a vazão mínima de 1300 m³/s a jusante de Xingó é considerada pelo Setor Elétrico uma restrição operativa, conforme consta no Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos (ONS, 2002). Os valores inferiores registrados em passado recente, evidenciados nas curvas de permanência aqui apresentadas, constituem quebras de restrição ocorridas, que podem, até mesmo, terem sido negociadas, na ocasião, em função de ocorrência de seqüências hidrológicas críticas ou de outros problemas operativos. Entretanto, é necessário registrar que as regras de operação propostas pela ANA no Plano Decenal da Bacia – versão preliminar garantem a manutenção destas restrições, conforme ficou demonstrado nas simulações realizadas, mesmo durante a ocorrência das seqüências hidrológicas mais críticas, e mesmo depois de estabelecidos os usos consuntivos alocados no Plano, totalizando 380 m³/s em toda a bacia, valor superior aos alcançados nas análises prospectivas realizadas, mesmo as mais otimistas.

Sobre o aspecto qualitativo das águas do rio São Francisco em seu trecho próximo à foz, a análise da intrusão da cunha salina foi abordada no âmbito do Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco – Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), conforme descrito mais adiante.

d) Intrusão Salina - Informações Complementares Obtidas no Projeto GEF São Francisco

O alcance de penetração da cunha salina pelo estuário, conforme já comentado, está condicionado às condições de marés e ao regime fluvial, ou seja, às vazões descarregadas pelo rio São Francisco. De forma geral, os maiores alcances da cunha salina estão associados à ocorrência de menores vazões em períodos de marés de sizígia. As alterações de regime impostas pela implantação dos reservatórios de regularização acarretaram, conforme demonstrado anteriormente, um aumento das vazões mínimas no trecho baixo da bacia. As condições hoje reinantes de penetração de cunha salina são, por este motivo, diferente das condições naturais, com o rio São Francisco apresentando um estirão menor afetado pela salinidade da água do mar.

O Projeto GEF São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), em seu Componente I – Análise Ambiental da Bacia e de sua Zona Costeira, Sub-projeto 1.1.B – Determinação da Carga de Nutrientes do Rio São Francisco na Região de sua Foz analisou, baseado nos resultados obtidos em campanhas de amostragens na região de sua foz, a questão da intrusão salina no São Francisco.

Foi medida a salinidade em dois pontos: em uma estação fixa de monitoramento (P1) localizada na parte interna da desembocadura do rio e em um ponto de coleta de referência fluvial, localizado ao redor da cidade de Piaçabuçu, 12 km a montante da desembocadura do estuário.

O estuário do rio São Francisco tem um alcance aproximado de 40 km, condicionado à influência da maré, que atinge a cidade de Penedo. Portanto, o segundo ponto de coleta, próximo à cidade de Piaçabuçu, está sujeito à variação da maré.

Os resultados obtidos durante a campanha de amostragem demonstraram que a estação fixa P1 apresentou salinidades baixas na superfície quando da ocorrência da maré vazante, variando entre 0 e 5, e valores mais elevados durante a maré enchente, entre 5 e 20. No ponto de coleta de referência fluvial, localizado 12 km a montante da desembocadura do estuário, em todas as ocasiões a salinidade foi igual a 0, o que permite concluir que neste ponto, apesar de haver influência da maré, a intrusão salina não foi detectada.

Durante as campanhas de amostragens, verificou-se que em condições de maré de sizígia e em regime de vazões baixas, como ocorrido no período coincidente com o período de crise de energia elétrica, o deslocamento da zona de mistura estuarina na parte interna do rio ocorreu dentro dos primeiros 10 km a montante da desembocadura. Pode-se concluir, portanto, que, de fato, a intrusão salina no rio São Francisco só se verifica na região próxima à foz de seu estuário.

5.3.3 ASPECTOS BIÓTICOS

5.3.3.1 CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO NA ÁREA DE INFLÊNCIA INDIRETA

a) Introdução

A bacia do rio São Francisco se encontra, hoje, impactada pela ação antrópica. Estes impactos são decorrentes tanto de ações diretas nos cursos d'água (e.g. construção de barragens, lançamento de esgoto doméstico), quanto de modificações nos ambientes em torno (e.g. urbanização, desmatamento,

agricultura, mineração), que concorreram para a modificação do regime hídrico e ecologia da bacia.

Muitos são os efeitos desse processo dentre os principais, destacam-se: aumento de biomassa e produção primária de algas e macrófitas aquáticas, redução da complexidade das cadeias alimentares, aumento nas cargas de nutrientes no sistema, principalmente nitrogênio e fósforo, intenso ciclo de produção/decomposição de matéria orgânica. Estes fatores, quando levados a estágios extremos, têm o poder de limitar bastante os usos múltiplos dos sistemas aquáticos.

Como estas modificações foram feitas sem uma preocupação ambiental, como era a prática da época, pouco se sabe sobre as características limnológicas pretéritas da bacia.

O objetivo deste trabalho foi o de, baseado nas análises das comunidades fitoplanctônica, de macrófitas aquáticas, zooplanctônica e zoobentônica, caracterizar limnologicamente as águas do submédio São Francisco, estabelecendo um diagnóstico atualizado das condições deste ambiente, próximos aos pontos de captação de água do Projeto de Integração de Bacias.

b) Aspectos Metodológicos

Será feita aqui uma caracterização do Rio São Francisco próximo aos pontos de coleta de água e da sub-bacia do Rio Brígida, que receberá águas bombeadas do Rio São Francisco. Aqui será apresentada apenas a caracterização destes pontos, uma discussão mais abrangente com todos os pontos do projeto será apresentada, junto à caracterização das bacias receptoras (item 5.4.3.1).

As coletas foram realizadas numa campanha, em novembro de 1998. Dentre os locais amostrados, incluem-se três açudes (Sobradinho, Itaparica e Santa Cruz) Os pontos amostrados estão a seguir listados.

P.1 (Reservatório de Sobradinho - Casa Nova, Bahia);

P.1' (Reservatório de Sobradinho - Casa Nova, Bahia - zona pelágica);

P.2 (Rio São Francisco - Orocó, Pernambuco);

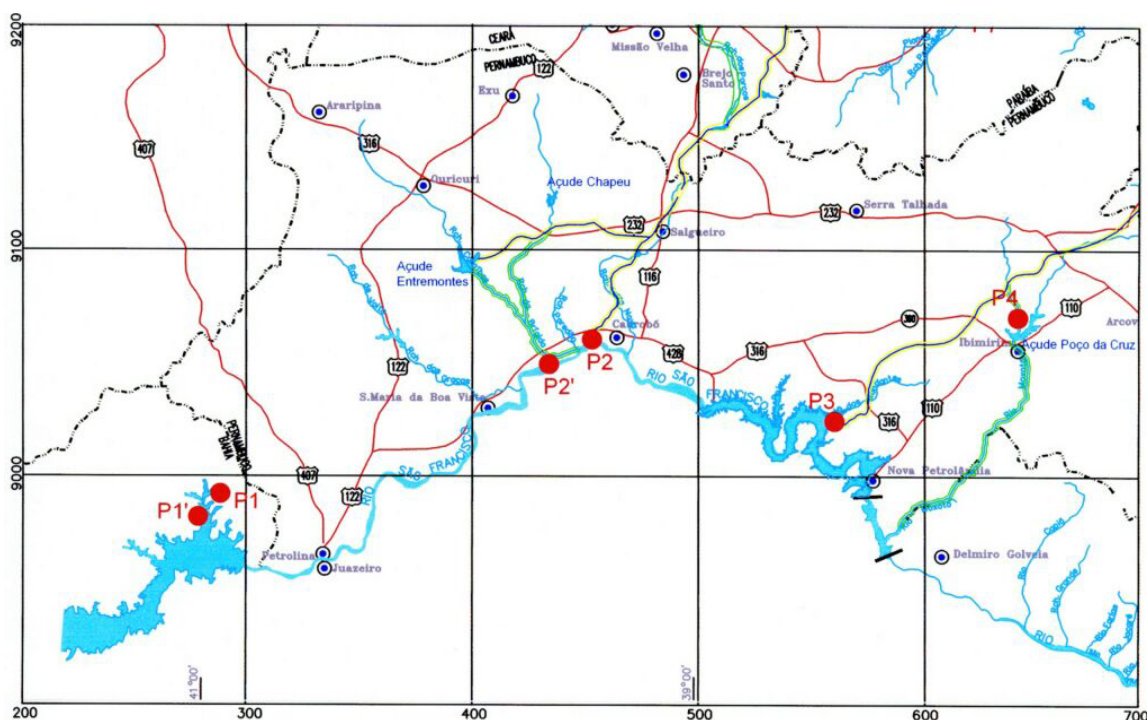
P.2' (Rio Brígida - Orocó, Pernambuco);

P.3 (Reservatório de Itaparica - Floresta, Pernambuco); e

P.4 (Açude Poço da Cruz - Ibimirim, Pernambuco);

No ponto pelágico, apenas a comunidade planctônica foi caracterizada.

FIGURA 5.3.3.1-1 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS LIMONOLÓGICAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO



b.1) Fitoplâncton

- Análise Qualitativa e Quantitativa

Para o exame da composição das algas planctônicas, as amostras foram coletadas por concentração em rede de plâncton com 50 μm de malha e por sedimentação em 2 litros de água retirada dos locais de amostragem e, em seguida, preservadas com lugol. A identificação dos organismos foi feita utilizando-se um microscópio binocular Olympus CBA, com até 1000 vezes de aumento, equipado com câmara clara.

Para a análise quantitativa, acondicionaram-se 150 ml de água de cada amostra em frascos âmbar, sendo o material fixado com formol a 4% neutralizado. A contagem dos organismos foi feita utilizando-se um microscópio invertido Zeiss, através do método de sedimentação de UTERMÖHL (1958).

As câmaras de sedimentação foram preparadas de acordo com a densidade dos organismos. Para isto, foram contados pelo menos 200 organismos da espécie mais freqüente. O tempo de sedimentação, em horas, foi de três vezes a altura da cubeta (WETZEL *et al.*, 1979).

Para a contagem do fitoplâncton, foram considerados como indivíduos: organismos unicelulares; células de diatomáceas filamentosas; colônias de clorófitas amorfas

ou não; fragmentos de *Microcystis sp* contendo mais de dez células; fragmentos de cianofíceas filamentosas contendo mais de dez células (DE FILIPPO, 1987).

- **Clorofila-a e Feofitina**

Esta análise teve como objetivo avaliar o grau de trofia dos ambientes. As amostras foram coletadas em frascos de polietileno e concentradas sob pressão negativa, em filtros de fibra de vidro Whatman GF/C de 47 mm de diâmetro. Como solvente, foi utilizado etanol 90% a quente. Após 24 horas de extração, no escuro e com baixa temperatura, as medidas de absorvância dos extratos foram feitas espectrofotometricamente a 665 nm e 750 nm de comprimento de onda, antes e após a acidificação com HCl a 1N. As concentrações de clorofila-a e feofitina foram obtidas através da fórmula proposta por NUSCH (1980).

- **Espécies Dominantes e Abundantes**

O conceito de espécies dominantes e abundantes foi estabelecido segundo o critério descrito em LOBO E LEIGHTON (1986), onde as espécies dominantes são aquelas cujas densidades são maiores que 50% da densidade total da amostra e as espécies abundantes são aquelas cujas densidades superam a densidade média de cada amostra.

b.2) Macrófitas Aquáticas

Para o levantamento das macrófitas aquáticas nos ambientes estudados, foram coletados os indivíduos e preparadas as exsicatas para posterior identificação no laboratório.

As macrófitas aquáticas foram coletadas nos ambientes, colocadas em jornais e prensadas para manter as estruturas íntegras e facilitar a sua identificação. A escolha do espécime foi baseada principalmente na integridade das partes e, quando possível, foram coletados os indivíduos com floração (PEDRALLI, 1990).

b.3) Zooplâncton

- **Coleta**

Para a coleta do zooplâncton, foi utilizada uma rede planctônica, do tipo Wisconsin, com 12 cm de abertura de boca e 50 µm de poro de malha. Foram filtrados entre 40 e 100 litros de água, quando as coletas foram realizadas na margem, e foram realizados arrastos verticais, quando as coletas foram realizadas na zona pelágica dos açudes.

- **Conservação**

O material assim coletado foi concentrado e fixado numa solução de formol a cerca de 4%, saturada com açúcar. De cada ponto de amostragem, foram retiradas 3 amostras (réplicas); os resultados apresentados representam a média desses 3 valores.

- **Identificação e Contagens**

Em laboratório as amostras foram observadas num microscópio binocular, com o auxílio de uma câmara de contagem de Sedgewick-Rafter. No mínimo, foram contados 100 indivíduos. Para a classificação dos espécimes, foi utilizada a chave de identificação de copépodes ciclopóides continentais sul-americanos de vida livre, de REID (1985) e o atlas de zooplâncton de ROCHA E TUNDISI (1976) para os copépodes, em geral. Para os cladóceros, foi utilizada a chave para cladóceros britânicos de SCOURFIELD & HARDING (1966), o trabalho sobre a Família Moinidae DE PAGGI (1973), o manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil, de MOOR-LOUREIRO (1997), e o trabalho de REY & VASQUEZ (1986), sobre os cladóceros de alguns corpos de água da bacia média do Rio Orinoco na Venezuela. Para a identificação dos rotíferos, utilizou-se a chave de RUTTNER-KOLISKO (1974) e as gravuras de KOSTE (1978). Ainda foram utilizadas as chaves de identificação de WARD & WHIPPLE (1959), para os três grupos acima citados.

- **Análises Estatísticas**

Índice de Diversidade - foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H'), para todos os pontos de amostragem. Para tal, utilizou-se o programa estatístico do livro Statistical Ecology (LUDWIG & REYNOLDS, 1988).

Funções de Semelhança - foi calculada a Distância Relativa Euclidiana (D.R.E.) entre os pontos de amostragem que, durante a eventual ligação de águas, ficarão direta ou indiretamente ligados. Essa análise foi realizada para verificar se os pontos eram muito diferentes entre si, podendo vir a ser afetados pela qualidade de água que recebem. Essas análises foram realizadas através de programa estatístico do livro Statistical Ecology (LUDWIG & REYNOLDS, 1988)

b.4) Zoobentos

Foram feitas coletas para uma análise qualitativa e quantitativa dos macroinvertebrados bentônicos, principalmente junto à vegetação marginal, em uma faixa de aproximadamente 1 m de distância da margem e a uma profundidade máxima de 0,5 a 1,0 m, com o auxílio de uma rede de varredura triangular de 35 x 35cm de lados, com uma abertura de malha de 0,50 mm (APHA-STANDARD METHODS, 1995).

O sedimento retirado foi transferido para sacos plásticos, fixado em formol a 10% e encaminhado para o laboratório. As amostras foram lavadas em água corrente e o material retido em peneira de malha 0,20 mm foi triado em bandejas plásticas iluminadas. A identificação dos organismos foi feita em estereomicroscópio binocular Zeiss e os indivíduos encontrados foram colocados em frascos de vidro e conservados em álcool a 70%. Os resultados foram expressos em porcentagem.

A identificação dos organismos foi baseada em: WARD & WHIPPLE (1959); MALEK & CHENG (1974); PENNAK (1978); NEEDHAM & NEEDHAM (1978); MACAN (1981); MCCAFFERTY (1981); MERRIT & CUMMINS (1984); RESH & ROSENBERG (1984); BORROR & DELONG (1988); ROSENBERG & RESH (1992); APHA-STANDARD METHODS (1995); TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1995); LOPRETTO & TELL (1995a, b).

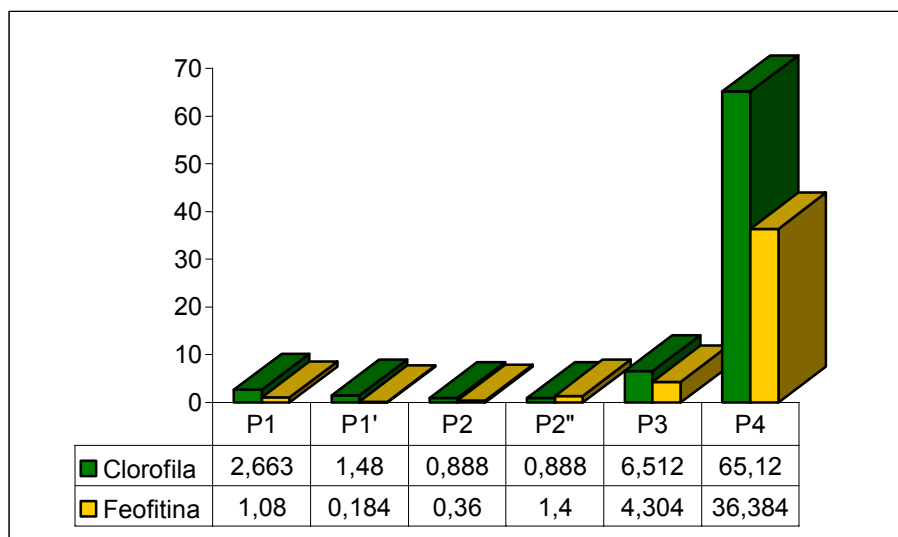
c) Resultados

c.1) Fitoplâncton

- Clorofila-a e Feofitina

As concentrações de clorofila-a oscilaram, nos pontos amostrados, entre 0,89 $\mu\text{g/l}$, tanto no rio São Francisco, em Orocó (P2) como no rio Brígida (P2'), e 65,12 $\mu\text{g/l}$, no Açude Poço da Cruz - Ibimirim, Pernambuco (P4) ($\bar{x} = 12,93$, $s = 23,42$). Para as concentrações de feopigmentos, os valores variaram de 0,184 $\mu\text{g/l}$ na zona pelágica do Açude de Sobradinho (P1') e 36,384 $\mu\text{g/l}$ também no Açude Poço da Cruz (P4) (Figura 5.3.3.1-2).

FIGURA 5.3.3.1-2 – CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-A E FEOFITINA, EM $\mu\text{g/L}$, NOS PONTOS AMOSTRADOS DA BACIA DO SÃO FRANCISCO.



- Densidade da Comunidade Fitoplanctônica

O Quadro 5.3.3.1-1 apresenta as variações na densidade das classes do fitoplâncton para os pontos amostrados e a Figura 5.3.3.1-3 demonstra a abundância relativa dos táxons com base nas contagens do fitoplâncton total de cada amostra coletada.

As densidades do fitoplâncton variaram de 865,2 org/ml (P2) a 812.573,4org/ml (P4), apresentando uma média de distribuição por pontos de 137.930,90 org/ml. (Quadro 5.3.3.1-1).

QUADRO 5.3.3.1-1 – VARIAÇÃO DA DENSIDADE TOTAL (ORGANISMOS/ML) DAS CLASSES DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA AMOSTRADAS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO.

CLASSES	P1	P1'	P2	P2'	P3	P4
CHLOROPHYCEAE	435,75	282,52	465,85	61,62	249,57	8.540,56
BACILLARIOPHYCEAE	435,75		66,55	431,34	249,57	1.220,08
CHRYSOPHYCEAE		345,31				
CYANOPHYCEAE	522,89	596,44	266,20	308,10	5.656,75	775.971,00
EUGLENOPHYCEAE	1.045,78	156,96	66,55	308,10	83,19	19.521,30
DINOPHYCEAE	2.788,76	188,35				7.320,48
TOTAL	5228,9	1569,6	865,2	1109,2	6239,1	812.573,4

Dentre as classes de algas, destaca-se como a de maior densidade de organismos a Cyanophyceae, com uma distribuição média por pontos de 130.553,56 org/ml e uma representatividade de 94,65% do total de organismos contados, o que a faz dominante em 7 dos pontos amostrados e abundante em outros três. Esta representatividade está em função, principalmente, da ocorrência das seguintes espécies: *Raphidiopsis indica* (36% em P1'), *Aphanocapsa* sp.2 (76% em P3), *Raphidiosis* sp.2 (94,4% em P4)

As Euglenophyceae representaram o segundo grupo de organismos em densidade, atingindo 2,56% do total de organismos analisados (média de 3.530,31 org/ml). Apesar de não dominarem em nenhum dos pontos, foram abundantes em 2 deles, com *Trachelomonas* sp.1 (20,0% em P1), *Trachelomonas volvocina* (22,2% em P2').

Seguem-se as Bacillariophyceae que, representarem apenas 0,29% dos organismos totais (média de 480,66 org/ml), predominaram em 1 dos pontos, devido a densidade de *Navicula* sp.5 (22% em P2'')

Em relação às algas verdes ou clorofíceas, suas densidades não ultrapassaram 1,2% do total analisado (média de 1.672,65 org/ml), mas dominaram em P2, com 53,85%, devido, principalmente, às densidades de *Botryococcus braunii* (7,7%), *Scenedesmus ovalternus* (7,7%) e *Tetraedron* sp.1 (7,7%).

As Dinophyceae, apesar de ocorrerem apenas em P1, dominaram com 53,3% de abundância (Figura 5.3.3.1-3), representadas pelo táxon *Peridinium* sp.1.

A classe Chrysophyceae, representada apenas por *Dinobryon* sp., teve ocorrência apenas em P1', com uma abundância relativa de 22% (Figura 5.3.3.1-3), e representou 0,04% do total analisado.

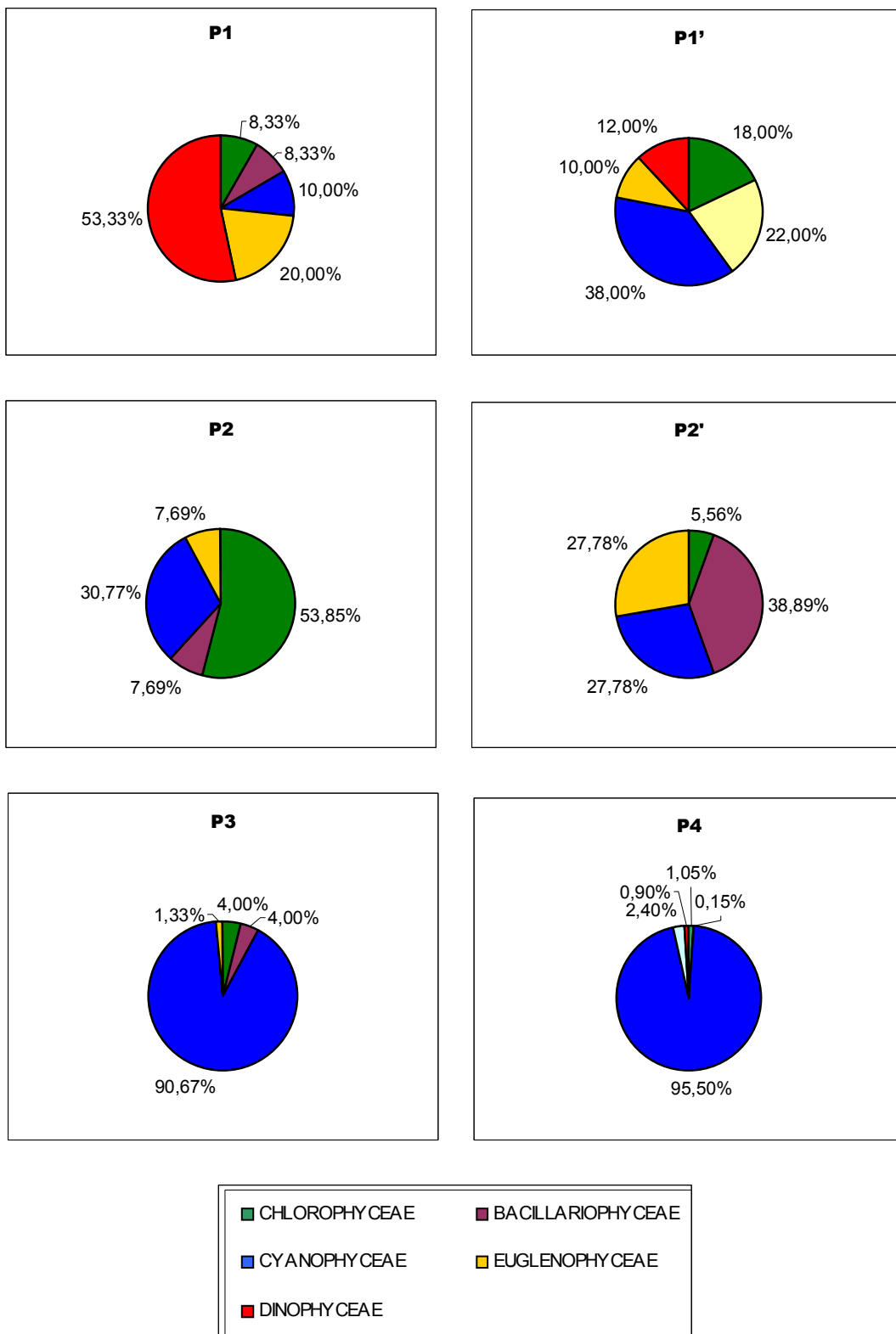


FIGURA 5.3.3.1-3 – ABUNDÂNCIA RELATIVA DAS CLASSES DAS COMUNIDADES FITOPLANCTÔNICAS AMOSTRADAS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO.

**QUADRO 5.3.3.1-2 – ABUNDÂNCIA RELATIVA (%) DAS ESPÉCIES DE FITOPLÂNTON
AMOSTRADAS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO**

ORGANISMOS	P1	P1'	P2	P2'	P3	P4
CHLOROPHYCEAE						
<i>Ankistrodesmus sp.1</i>		2,0				
<i>Botryococcus braunii</i>	1,7		7,7			
<i>Chlamydomonas sp.1</i>			P			
<i>Chlorella vulgaris</i>						P
<i>Closterium sp.1</i>		2,0				
<i>Closterium sp.2</i>				P		
<i>Closterium sp.3</i>						0,8
<i>Coelastrum sp.2</i>						P
<i>Coelosphaerium sp.1</i>					P	
<i>Monoraphidium sp.2</i>					P	
<i>Oedogonium sp.1</i>			P			
<i>Oocystis sp.1</i>	5,0	14,0				
<i>Oocystis submarina</i>					1,3	
<i>Pediastrum simplex</i>			P			
<i>Scenedesmus acuminatus</i>						0,2
<i>Scenedesmus denticulatus</i>					P	
<i>Scenedesmus ecornis</i>	1,7		3,8	5,6	1,3	
<i>Scenedesmus ovalternus</i>			7,7			
<i>Scenedesmus sp.1</i>						0,2
<i>Sphaerocystis sp.1</i>					P	
<i>Staurastrum sp.3</i>					P	
<i>Staurstrum do mestrado</i>					1,3	
<i>Tetraedron minimum</i>						P
<i>Tetraedron sp.1</i>			7,7			
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Aulacoseira granulata</i>	3,3					P
<i>Aulacoseira italica</i>			P			
<i>Cyclotella sp.3</i>					P	
Diatomacea Não Identificada 1			7,7			
Diatomacea Não Identificada 2				5,6		
Diatomacea Não Identificada 3						0,2
<i>Eunotia sp.1</i>			P			
<i>Eunotia sp.2</i>					1,3	
<i>Girosygma sp.1</i>	1,7					
<i>Gomphonema sp.2</i>				5,6		
<i>Gomphonema sp.3</i>					1,3	
<i>Navicula sp.1</i>	3,3					
<i>Navicula sp.3</i>					1,3	

ORGANISMOS	P1	P1'	P2	P2'	P3	P4
<i>Navicula sp.4</i>						P
<i>Navicula sp.5</i>				22,2		
<i>Nitzschia sp.2</i>						P
<i>Pinnularia sp.1</i>				5,6		
CHYSOPHYCEAE						
<i>Dinobryon sp.1</i>		22,0				
CYANOPHYCEAE						
<i>Anabaena sp.1</i>	8,3	2,0				
<i>Anabaena sp.3</i>			7,7			0,9
<i>Anabaena sp.5</i>					P	
<i>Aphanocapsa sp.2</i>					76,0	
<i>Aphanothece saxicola</i> ou <i>nidulans</i>						P
Gen. sp. 1			7,7			
<i>Lyngbya sp.2</i>			7,7		P	
<i>Merismopedia sp.</i>	1,7					
<i>Microcystis aeruginosa</i>			7,7		12,0	
<i>Microcystis sp.1</i>				11,1		0,2
<i>Oscillatoria sp.1</i>				16,7		
<i>Oscillatoria sp.4</i>					1,3	
<i>Oscillatoria sp.5</i>					1,3	
<i>Rhaphidiopsis circular</i>						P
<i>Rhaphidiopsis indica</i>		36,0				
<i>Rhaphidiopsis sp.2</i>						94,4
EUGLENOPHYCEAE						
Gen. sp. 1					P	
<i>Lepocinclis sp.1</i>					P	
<i>Trachelomonas sp.1</i>	20,0	2,0				
<i>Trachelomonas sp.2</i>		8,0		5,6		
<i>Trachelomonas sp.4</i>					P	
<i>Trachelomonas volvocina</i>			7,7	22,2	1,3	2,4
DINOPHYCEAE						
<i>Peridinium sp.1</i>	53,3	12,0				
<i>Peridinium sp.2</i>						0,9

Legenda: P: táxon amostrado apenas qualitativamente.

c.2) Macrófitas

A diversidade de macrófitas aquáticas foi relativamente baixa nos ambientes estudados. Foram identificados 03 gêneros com 9 táxons (Quadro 5.3.3.1-3). Vale ressaltar que uma das dificuldades na identificação das espécies foi que a maioria das plantas estava sem floração.

As espécies de macrófitas encontram-se bem distribuídas nos pontos estudados, com exceção de *Salvinia auriculata*, que foi encontrada apenas na bacia do São Francisco (P2 e P2'). Nos pontos P1 e P4 não foram encontradas macrófitas aquáticas.

QUADRO 5.3.3.1-3 – OCORRÊNCIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS, NOS PONTOS DE COLETA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

GRUPO TAXONÔMICO	P 2	P 2'	P 3
Characeae			
<i>Chara sp</i>		X	
Pontederiaceae			
<i>Eichhornia crassipes</i>	X	X	
<i>Eichhornia azurea</i>			
Hydrocharitaceae			
<i>Elodea sp</i>			X
Onagraceae			
<i>Ludwigia natans</i>		X	
Nymphaeaceae			
<i>Nymphaea marliacea</i>			X
Araceae			
<i>Pistia stratiotes</i>	X	X	
Salviniaceae			
<i>Salvinia auriculata</i>	X	X	
<i>Azolla sp</i>			

c.3) Zooplâncton

Apenas as espécies presentes, pertencentes aos Copepoda, Cladocera e Rotifera, foram analisadas. Outros grupos também encontrados foram apenas ilustrados no Quadro 5.3.3.1-4.

P1 e P1'- Barragem do Sobradinho

Nessa barragem, foram registradas 10 espécies, tanto na zona litoral como na zona pelágica. A densidade total de indivíduos foi de 152, 2 ind/l, na zona litoral e 149 ind/l, na zona pelágica (Quadro 5.3.3.1-4). O grupo melhor representado foi o de Rotifera.

Copepoda - Os copépodes foram representados apenas por copepoditos de calanóide e náuplios.

Cladocera - Os cladóceros foram apenas observados na zona pelágica e apenas foi registrada uma espécie de pequenas dimensões, *Bosminopsis deitersi*.

Rotifera - Os rotíferos apresentaram maior diversidade de espécies, estando 11 representadas nas duas zonas da barragem. Com exceção de *Brachionus caudatus austrogenitus*, que foi observado apenas na zona pelágica e de *Pompholix sulcata* e *Pleosoma truncatum*, que só foram observados na zona litoral, todas as outras foram comuns aos dois ambientes, e com densidades semelhantes.

P2 - Rio São Francisco (Orocó-PE)

O Rio São Francisco apresentou 13 espécies presentes. As densidades registradas foram bastante reduzidas, 0,29 ind/l.

Copepoda - Os copépodes estiveram representados apenas pelas formas naupliares; nem ciclopóides nem calanóides, em estágios mais desenvolvidos foram observados.

Cladocera - Os cladóceros estiveram representados por 3 espécies, embora com densidades bastante reduzidas: *Biapertura karua*, *Bosminopsis deitersi* e *Macrothrix* sp.

Rotifera - Os rotíferos foram representados por 10 espécies, sendo também as suas densidades bastante reduzidas. A espécie mais abundante foi *Rotaria* sp.

P2'- Rio Brígida (Orocó-PE)

O rio Brígida foi o ponto analisado que apresentou o maior número de espécies, com 33 táxons presentes. Os valores de densidade total foram pouco elevados, 22,6 ind/l.

Copepoda - Adultos de duas espécies de copépodes ciclopóides e uma de harpacticóide estiveram presentes, apesar de ocorrerem em baixas densidades. Copepoditos e náuplios também estiveram representados.

Cladocera - Os cladóceros estiveram representados por 13 espécies, sendo *Diaphanosoma spinulosum* e *Biapertura karua* as espécies mais abundantes.

Rotifera - Os rotíferos contaram com 17 espécies, sendo o gênero *Lecane* o mais abundante, com 9 espécies presentes; dentre elas, *Lecane (M.) bulla* foi a mais abundante.

P3 - Barragem Itaparica (Floresta-PE)

No reservatório de Itaparica, foram registradas 9 espécies, sendo 4 pertencentes aos copépodes, 4 pertencentes aos cladóceros e apenas 1 pertencente aos rotíferos. A densidade total foi 160,2 ind/l.

Copepoda - Os copépodes ciclopóides presentes foram *Metacyclops brauni*, *Neutrocylops brevifurca* e *Thermocyclops minutus*, sendo este último o mais abundante. Os adultos do calanóide *N. cearensis* apresentaram as densidades mais elevadas, comparando com todas as outras espécies, sendo mais abundantes do que as formas juvenis.

Cladocera - Este grupo esteve representado por 4 espécies, sendo *D. spinulosum* a mais abundante.

Rotifera - A única espécie presente foi *Brachionus patulus patulus*, com densidades bastante reduzidas.

P4 - Açude Poço da Cruz (Ibimirim-PE)

Esse açude apresentou densidades bastante elevadas de organismos zooplanctontes, comparando com os outros pontos de amostragem, 871,1 ind/l, distribuídos por 9 espécies.

Copepoda - Os copépodes foram o grupo que apresentou maior número de espécies, com 3 espécies de ciclopóide, 1 de calanóide e 1 de harpacticóide. O calanóide *N. cearensis* foi a espécie mais abundante, seguida de *Thermocyclops crassus*.

Cladocera - Apenas uma espécie, *Moina minuta*, foi registrada e com densidades bastante reduzidas.

Rotifera - Apenas duas espécies foram registradas, *B. urceolaris* e *Lecane (L.) luna*, sendo a primeira a espécie mais abundante entre todos os grupos.

Índices de Diversidade

Os Índices de Diversidade variaram bastante ao longo dos ambientes analisados, entre um valor mínimo de $H'=0,14$, no P17, e um valor máximo de $H'=2,76$, no P2' (Figura 5.3.3.1-4).

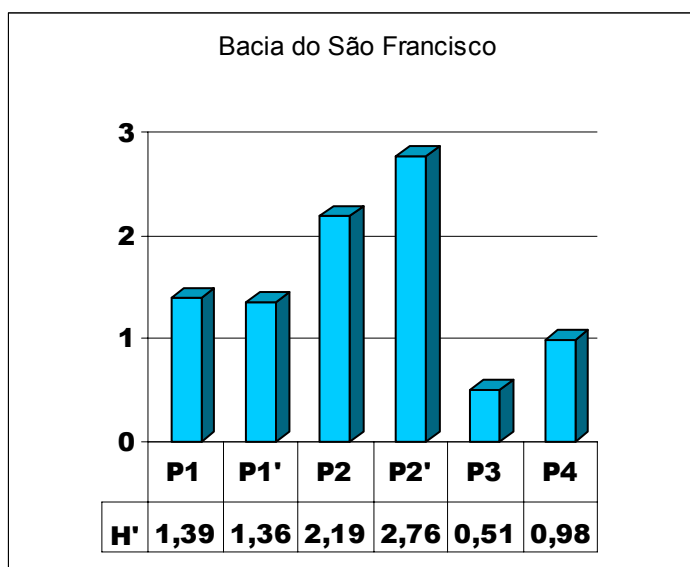


FIGURA 5.3.3.1-4 – ÍNDICES DE DIVERSIDADE NOS PONTOS AMOSTRADOS DA BACIA DO SÃO FRANCISCO

Os locais que apresentaram Índices de Diversidade mais elevados foram no rio São Francisco (P2) e o rio Brígida (P2'), com valores de H' superiores a 2,00 e apresentaram de 15 e 35 táxons, respectivamente. Os Índices de Equitabilidade, mais do que o número de espécies presentes foram decisivos para a elevação dos Índices de Diversidade.

Os locais que apresentaram os Índices de Diversidade menores, com valores de H' entre 0,5 e 1, em ordem crescente, foram a Barragem Itaparica (P3) e o Açude Poço da Cruz (P4), ambos apresentando 11 táxons. Nesses pontos, os baixos valores dos Índices de Riqueza Específica, associados aos baixos valores dos Índices de Equitabilidade, foram os responsáveis pelos baixos valores de H' .

Em relação às espécies presentes (Quadro 5.3.3.1-4), pode-se verificar que os ambientes analisados possuem grande diversidade de organismos entre si, havendo poucas espécies comuns a vários ambientes.

QUADRO 5.3.3.1-4 – OCORRÊNCIA DE ZOOPLÂNCTON NOS PONTOS DE COLETA DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO. VALORES EM INDIVÍDUOS POR LITRO D'ÁGUA

Táxons	Pontos					
	P1	P1'	P2	P2'	P3	P4
COPEPODA						
Ciclopoide						
<i>Mesocyclops aspericornis</i>						0,80
<i>Mesocyclops meridianus</i>				0,20		
<i>Metacyclops brauni</i>					0,30	
<i>Neutrocyclus brevifurca</i>					0,30	
<i>Thermocyclops crassus</i>						93,80
<i>Thermocyclops minutus</i>					0,70	
Gen. sp. (1)				0,50		18,80
Gen. sp. (2)						
Gen. sp. (3)				0,50		22,50
Calanoide						
<i>Notodiaptomus cearensis</i>					114,80	120,00
Gen. sp.	2,50	2,00			23,10	
Harpacticoide						
Gen. sp.				0,03		3,80
Náuplio	38,8	46,0	0,03	3,7	7,7	30,0
CLADOCERA						
<i>Biapertura verrucosa</i>				0,01		
<i>Biapertura karua</i>			0,01	1,20		
<i>Bosminopsis deitersi</i>		2,00	0,01	0,20		
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>				1,00	3,50	
<i>Chydorus eurynotus</i>				0,70		
<i>Daphnia gessneri</i>					0,03	
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>				1,20	7,70	
<i>Euryalona brasiliensis</i>				0,01		
<i>Grimaldina brazzai</i>				0,03		
<i>Ilyocryptus spinifer</i>				0,01		
<i>Leydigiopsis curvirostris</i>				0,03		
<i>Macrothrix</i> n. sp.			0,04	0,5	1,4	
<i>Moina minuta</i>						3,8
<i>Oxyurella longicaudis</i>				0,01		
<i>Streblocerus</i> sp.				0,01		
ROTIFERA						
<i>Brachionus caudatus</i> <i>austrogenitus</i>		1,00				
<i>Brachionus falcatus</i>						
<i>Brachionus havanaensis</i>			0,04			
<i>Brachionus leydigi rotundus</i>						
<i>Brachionus patulus</i> <i>patulus</i>					0,70	
<i>Brachionus</i> <i>quadridentatus</i>			0,01			
<i>Brachionus urceolaris</i>						570,0

Táxons	Pontos					
	P1	P1'	P2	P2'	P3	P4
<i>Euchlanis incisa</i>				0,20		
<i>Filinia longiseta</i>	6,30	5,90		0,20		
<i>Hexarthra mira</i>	1,30	1,00				
<i>Keratella cochlearis hispida</i>	55,00	58,7				
<i>Keratella cochlearis tecta</i>	2,50	4,90				
<i>Keratella thomassoni</i> cf.			0,01			
<i>Keratella tropica</i>			0,01	0,20		
<i>Lecane (L.) curvicornis</i>				1,70		
<i>Lecane (L.) luna</i>			0,01	0,50		3,80
<i>Lecane (L.) mira</i>				0,20		
<i>Lecane (L.) ohioensis</i>				0,20		
<i>Lecane (L.) tudicola</i>				0,70		
<i>Lecane (M.) bulla</i>			0,01	4,20		
<i>Lecane (M.) lunaris</i>				0,20		
<i>Lecane (M.) lunaris lunaris</i>				2,20		
<i>Lecane (M.) unguitata</i>				0,20		
<i>Lepadella akrobeles</i>				0,20		
<i>Lepadella</i> cf. <i>ovalis</i>			0,01			
<i>Macrochaetus</i> cf. <i>longipes</i>				0,20		
<i>Mytilina ventralis</i> <i>macracantha</i>			0,01			
<i>Platyias quadricornis</i>			0,01	0,20		
<i>Pleosoma truncatum</i>	1,30					
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	36,30	23,5				
<i>Pompholix</i> cf. <i>sulcata</i>	6,30					
<i>Rotaria</i> sp.			0,08			
<i>Scaridium longicaudum</i>				1,00		
<i>Trichocerca</i> cf. <i>lata</i> cf.	0,60					
Não identificado (sem lórica)		2,00		0,50		3,80
TOTAL	152,2	149,0	0,29	22,6	160,2	871,1
TOTAL DE TÁXONS	10	10	15	35	11	11
OUTROS GRUPOS						
Acarina			0,03			
Ostracoda	3,80		0,08	0,50	0,70	0,30
Oligochaeta			0,01			
Nematoda			0,03	0,50		
Insecta - larva			0,01	0,03		0,30
Bivalvia			0,01			

c.4) Zoobentos

No Quadro 5.3.3.1-5, estão registradas as composições da fauna de macroinvertebrados dos ambientes estudados.

QUADRO 5.3.3.1-5 – COMPOSIÇÃO DA FAUNA DE MACROINVERTEBRADOS COLETADA NOS PONTOS ANALISADOS NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

Grupo Taxonômico	P. 1	P. 2	P. 2'	P. 3	P.4
GASTROPODA					
Ampullariidae					
<i>Pomacea lineata</i>	F	R		R	
Planorbidae					
<i>Biomphalaria straminea</i>	A	R	F	D	
Thiaridae					
<i>Melanoides tuberculatus</i>	A	D	D	A	A
<i>Aylacostoma tuberculata</i>	F	A	F	F	D
Ancylidae					
<i>Gundlachia sp.</i>	R	R		F	
Physidae					
<i>Aplexa marmorata</i>				F	
Pomatiopsidae					
<i>Idiopyrgus sp.</i>	R				
BIVALVIA					
Mycetopodidae					
<i>Anodontites sp.</i>		F			
<i>Diplodon sp.</i>	F				
COLEOPTERA					
Hydrophilidae					
Dytiscidae					
Noteridae					
Elmidae				R	

Legenda: R = Raro $\leq 1\%$; F = Frequente $> 1 \leq 10\%$; A = Abundante $> 10\% \leq 50\%$; D = Dominate $> 50\%$

A fauna de invertebrados bentônicos da região litorânea foi composta principalmente por Mollusca, Gastropoda (*Pomacea lineata*, *Biomphalaria straminea*, *Melanoides tuberculatus*, *Aylacostoma tuberculata*, *Gundlachia sp.*, *Aplexa marmorata* e *Idiopyrgus sp.*) e Bivalvia (*Anodontites sp.* e *Monocondylaea sp.*), seguidos por Insetos, Coleoptera (Hydrophilidae, Dytiscidae, Noteridae e Elmidae), Odonata (Libellulidae, Gomphidae e Coenagrionidae), Hemiptera (Belostomatidae e Corixidae), Diptera (Chironomidae e Ceratopogonidae), Ephemeroptera (Caenidae) e Trichoptera. O Filo Annelida foi representado por Oligochaeta e Hirudinea (Glossiphoniidae) e o Filo Arthropoda pelo Decapoda *Macrobrachium sp.* e por Ostracoda.

O gastrópode *M. tuberculata* encontrou-se bem disperso em todos os ambientes estudados e com altas densidades populacionais.

5.3.3.2 ICTIOFAUNA

a) Introdução

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, conforme já descrito, prevê o desvio de uma pequena parcela do volume de águas do curso sub-médio do rio São Francisco para os cursos superiores dos principais rios do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro. Esta região da bacia estende-se entre as cidades de Remanso e Paulo Afonso, na Bahia, abrangendo parte dos Estados da Bahia e de Pernambuco, e inclui as bacias dos rios Pajeú, Torão e Vargem e Moxotó (INSTITUTO XINGÓ, 2003). Toda esta extensão do Nordeste brasileiro insere-se predominantemente no bioma da Caatinga.

O artigo de ROSA *et al.* (2003) representa o primeiro estudo de ampla abrangência sobre a diversidade dos peixes do bioma Caatinga. Neste trabalho, foram listadas 240 espécies, sendo que, destas, 136 seriam endêmicas da Caatinga. No entanto, é importante notar que a Caatinga não é uma área de endemismo ictiológico, uma vez não existem espécies que ocorram exclusivamente em toda sua área, como delimitada por ROSA *et al.* (*op. cit.*). As referidas espécies ocorrem, na realidade, em regiões de reconhecido endemismo incluídas no domínio da Caatinga (*e.g.* bacia do rio Parnaíba) ou em regiões de endemismo que se sobrepõem parcialmente à esse bioma (*e.g.* bacia do rio São Francisco). Esses autores reconheceram, dentro da Caatinga, quatro regiões hidrográficas: a do Maranhão-Piauí, a do Nordeste Médio-Oriental, a do São Francisco e a das bacias do Leste. A primeira é formada pelas bacias do Maranhão e Piauí, que se encontram no limite norte-ocidental da Caatinga, e compreendem a bacia do rio Munim, drenando para o Golfão Maranhense, pequenas bacias costeiras a leste do rio Munim, e o rio Parnaíba. A segunda, a região Nordeste Médio-Oriental, inclui as bacias compreendidas entre o rio Parnaíba e o rio São Francisco, portanto abrangendo as bacias dos rios Apodi, Jaguaribe, Piranhas e Paraíba. A terceira região corresponde à porção da bacia do rio São Francisco a jusante da cidade de Barra, na Bahia. A quarta região, a chamada região do Leste, abrange, na Caatinga, as bacias costeiras abaixo da foz do rio São Francisco até o rio das Contas, na Bahia (incluindo os rios Itapicuru e Paraguaçu).

Do ponto de vista biogeográfico, o presente projeto envolve diretamente duas grandes regiões de endemismo: a bacia do rio São Francisco, correspondente à porção doadora, e a região Nordeste Médio-Oriental (ROSA *et al.*, 2003), correspondente à porção receptora. O somatório destas drenagens corresponde à chamada Área de Influência Indireta neste projeto.

Atualmente, a ictiofauna da bacia do rio São Francisco, juntamente com aquela da bacia do rio Paraná, pode ser apontada como um das mais conhecidas da América do Sul, tanto com relação à taxonomia como à biologia de suas espécies (cf. BRITSKI *et al.*, 1988). Do ponto de vista biogeográfico, o estudo das relações evolutivas de suas espécies de peixes permitiu inferir-se que a bacia do rio São Francisco possui uma origem histórica complexa, sendo formada por trechos de rio antes pertencentes à bacias de drenagens adjacentes, como os rios Paraná e Tocantins (cf. BEURLIN, 1970; COSTA, 1993). A bacia do rio São Francisco atravessa as mais diferentes paisagens, com predomínio dos biomas Cerrado e Caatinga. Considerando a abrangência deste projeto, as áreas da bacia do rio São Francisco a serem afetadas correspondem ao seu canal principal (até imediatamente a jusante da barragem de Sobradinho) e seus afluentes da margem esquerda aproximadamente entre Petrolina - PE, e a barragem de Paulo Afonso, em Pernambuco.

Do ponto de vista de conservação da diversidade ictiofaunística, pode-se dizer que os peixes da bacia do rio São Francisco sofreram severas modificações antrópicas, especialmente no último século. De efeito mais global, um dos mais importantes agentes impactantes foi o da implantação de grandes barramentos no canal principal do rio. Os primeiros impactos foram oriundos da construção de Três Marias, no final da década de 50, seguida da implantação da barragem de Sobradinho, na década de 70 (CONEJO, 2004). À estas, somaram-se Itaparica, Paulo Afonso I, II e III e, a mais a jusante, Xingó. Como efeito destes barramentos, verificaram-se alterações no fluxo e qualidade da água, impedimento à migração reprodutiva dos peixes, alteração do regime lótico para lêntico (com a conseqüente mudança na composição qualitativa e quantitativa da fauna de peixes), regularização do rio (impedindo a formação de ambientes propícios para o desenvolvimento de jovens, as lagoas marginais) (CONEJO, *op. cit.*). Do ponto de vista de qualidade hídrica do Sub-Médio São Francisco, SANTOS & CARDOSO (2004) apontaram os seguintes impactos como os mais relevantes: a poluição difusa de origem agrícola, comprometendo a qualidade das águas superficiais e subterrâneas; a poluição pontual devido ao lançamento de esgotos domésticos e industriais; poluição por resíduos sólidos sem controle e com destinação final inadequada; e escassez de água devido a intermitência dos rios tributários. Estes fatores compõem um cenário bastante preocupante no que tange a conservação da ictiofauna do rio São Francisco.

Este trabalho visa diagnosticar qualitativamente (e, secundariamente, quantitativamente) a ictiofauna da porção doadora do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, *i.e.* os peixes da bacia do rio São Francisco (incluindo o próprio rio São Francisco e seus afluentes da margem esquerda aproximadamente entre Petrolina, na Bahia, e a barragem

de Paulo Afonso, também em Pernambuco). Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- caracterizar a ictiofauna da região em questão quanto à sua origem e relações biogeográficas;
- avaliar e fornecer um diagnóstico do estado de conservação dos peixes das bacias em questão, identificando a presença de espécies endêmicas, raras e ameaçadas de extinção;
- caracterizar de forma genérica a estrutura das comunidades ictiofaunísticas da região de estudo, com relação às peculiaridades alimentares e reprodutivas de suas espécies e suas interações ecológicas com os ambientes e com as demais espécies.

b) Histórico da Sistemática dos Peixes da Bacia do Rio São Francisco

Levantamentos regulares acerca dos peixes da bacia do rio São Francisco vêm sendo executados desde o final do século XVIII. Embora progressos tenham sido feitos, especialmente nas últimas décadas, um inventário que possa ser considerado completo ainda permanece por ser efetivado. Todavia, os peixes da bacia do rio São Francisco, juntamente com aqueles da bacia do rio Paraná, podem ser considerados como os mais bem conhecidos da América do Sul.

Segundo BRITSKI *et al.* (1988), o primeiro registro formal de uma espécie de peixe da bacia do rio São Francisco refere-se à menção de WALBAUM (1792) ao "curimatá-pacu", por ele referido como *Prochilodus marggravii* [= *P. argenteus*]. Descrições de algumas das espécies mais notórias da bacia do rio São Francisco, importantes para a pesca, se deram já na primeira metade do século XIX, por exemplo, pelo barão Georges L. C. F. D. Cuvier (o dourado *Salminus brasiliensis*, a piaba-do-rabo-vermelho *Astyanax fasciatus* e a piranha-vermelha *Pygocentrus piraya*), havendo também, neste período, importantes contribuições de Johann B. von Spix e Louis Agassiz, além de Achille Valenciennes (BRITSKI *et al.*, *op. cit.*).

Alguns dos estudos produzidos por estes autores acima basearam-se em coleções feitas por renomados naturalistas os quais, em viagens pelo Brasil, visitaram áreas na bacia do rio São Francisco e foram responsáveis pelo envio de exemplares de peixes para museus na Europa: Auguste F. C. P. Saint-Hilaire, Johann B. von Spix e Karl F. P. von Martius, e Francis L. N. de C. de Castelnau são alguns dos que merecem destaque com referência àquele período.

São notáveis também as contribuições posteriores de Johannes T. Reinhardt (*e.g.* REINHARDT, 1853) e, em seqüência, a produção da conhecida obra "Velhas-Flodens Fiske" ("Peixes do rio das Velhas") por Christian F. LÜTKEN (1875), ambos ictiólogos que estudaram em detalhes os peixes daquela sub-bacia do rio São

Francisco. Estes autores contribuíram grandemente para o conhecimento da ictiofauna deste sistema, notando-se, por exemplo, que as descrições apresentadas originalmente por LÜTKEN (*op. cit.*) são, ainda hoje, consideradas minuciosas e completas (ALVES & POMPEU, 2001; BRITSKI, 2001).

No início do século XX, destacou-se a expedição dirigida por John D. Haseman (1907-1910), que entre 1907 e 1908 coletou na bacia do rio São Francisco (HASEMAN & EIGENMANN, 1911) e cujas volumosas coleções resultaram em uma série de contribuições por autores de renome como, por exemplo, Carl H. Eigemann.

Com referência à trabalhos produzidos por pesquisadores brasileiros sobre a ictiofauna da bacia do rio São Francisco, deve-se mencionar os esforços de Haroldo TRAVASSOS (1960), com a publicação do "Catálogo dos Peixes do Vale do São Francisco". O mais relevante e preciso tratado sobre os peixes do São Francisco é o "Ictiofauna da Região de Três Marias", porção alta da bacia do São Francisco, de BRITSKI *et al.* (1988). Destacam-se também SATO & GODINHO (1999), que fornecem informações gerais sobre os peixes e sua ecologia e, mais recentemente, ALVES & POMPEU (2001), que organizaram um livro sobre a ictiofauna da bacia do rio das Velhas, incluindo a tradução para o português do trabalho original de LÜTKEN (1875).

A ictiofauna da bacia do rio São Francisco é razoavelmente bem conhecida, especialmente com relação aos seus cursos superior e médio (*cf.* BRITSKI *et al.*, 1988). MENEZES (1996), através de um apanhado das informações geradas a partir destes estudos mencionados até o momento, indicou a presença de cerca de 150 espécies de peixes exclusivas de águas doces na bacia do rio São Francisco. Hoje, estima-se que existam cerca de 170 espécies nesta bacia hidrográfica. Entre as espécies nativas mais importantes da bacia, nota-se algumas de hábitos migratórios, como o curimatá-pioa *Prochilodus costatus*, o dourado *Salminus brasiliensis*, o mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*, a matrinhã *Brycon orthotaenia*, o piau-verdadeiro *Leporinus elongatus* e o surubim *Pseudoplatystoma corruscans*. Além disso, espécies nativas de outras bacias hidrográficas, ou mesmo outras exóticas, foram introduzidas na bacia do rio São Francisco, especialmente em ações de povoamento de reservatórios e açudes. Dentre estas, destacam-se o apaiari, as carpas, o pacu-caranha, o tambaqui, as tilápias, o tucunaré, além do bagre-africano.

Estima-se que existam hoje em dia cerca de 170 espécies de peixes, e um grande número destas, e mesmo de gêneros, ocorrem exclusivamente nesta bacia de drenagem (MENEZES, 1996). Todavia, não existe, até o presente, nenhuma publicação que reporte informações específicas sobre a composição ictiofaunística na porção sub-média da bacia do rio São Francisco, onde se dará a captação das águas para o Projeto de Integração. Desta forma, não se pode considerar que esta

ictiofauna seja adequadamente conhecida neste ponto da bacia (cf. INSTITUTO XINGÓ, 2003). No Estudo de Viabilidade do Projeto Arco-Íris (HYDROS, 1999), localizado nas adjacências da Área sob Influência do empreendimento, foram enumeradas as seguintes espécies como aquelas nativas da região: o cari ou cascudo *Pterygoplichthys etentaculatus*, o cari-preto *Rhinelepis aspera*, os curimatãs *Prochilodus marggravii* [= *P. argenteus*] e *Prochilodus affinis* [= *P. costatus*], o mandi-açu *Duopalatinus emarginatus*, o pacu *Myleus micans*, a corvina *Pachyurus squamipinnis*, a pirambeba *Serrasalmus brandtii*, o piau-verdadeiro *Leporinus elongatus*, a piranha *Serrasalmus piraya* [= *Pygocentrus piraya*], o surubim *Pseudoplatystoma corruscans*, a tabarana *Salminus brevidens* [= *S. hilarii*], a traíra *Hoplias malabaricus*, o sarapó *Sternopygus macrurus*, o pirá *Conorhynchus conirostris* e o pacamã *Lophosilurus alexandri*. Como espécies introduzidas (i.e. alóctones), foram mencionadas as seguintes: o apaiari *Astronotus ocellatus*, o curimatã-comum *Prochilodus cearensis* [= *P. brevis*], o tucunaré-comum *Cichla ocellaris* e a pescada-do-Piauí *Plagioscion squamosissimus*. Todavia, não existe evidência que o curimatã-comum *Prochilodus cearensis* [= *P. brevis*] tenha sido introduzido na região. Três espécies exóticas foram listadas encontradas na região: as carpas douradas e espelho *Cyprinus carpio*, a tilápia *Oreochromis niloticus* e a tilápia-do-Congo *Tilapia rendalli*.

O Projeto Sertão de Pernambuco visa a implantação de um sistema adutor ("canal principal") que, associado a reservatórios-pulmões e canais secundários, captará água do reservatório de UHE Sobradinho e a distribuirá pelas sub-bacias da margem esquerda do rio São Francisco, no Estado de Pernambuco, numa extensão aproximada de 570 km (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002). A maior parte da área sob influência deste empreendimento é drenada por três bacias principais: do riacho do Pontal, do riacho das Garças e do riacho São Pedro. Estas serão alimentadas com as águas do rio São Francisco. Estes últimos sistemas são originalmente constituídos, em sua maioria, por rios de regime temporário (i.e., tornam-se secos durante a estiagem) e onde foram implantados, ao longo dos anos, diversos açudes e "tanques" (açudes menores) de modo a prover as populações locais e as criações com água durante o período seco. Os seguintes peixes foram registrados nestas sub-bacias neste estudo: o curimatá *Prochilodus brevis*, as manjubas *Curimatella lepidura* e *Steindachnerina elegans*, o piau-gordura *Leporinus piau*, os canivetes *Apareiodon itapicuruensis* e *Characidium* sp., a traíra *Hoplias malabaricus*, a piaba-do-rabo-amarelo *Astyanax bimaculatus*, a piaba-do-rabo-vermelho *Astyanax fasciatus*, as piabas *Moenkhausia costae*, *Orthospinus franciscensis* e *Piabina argentea*, as piabinhas *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba*, a piranha *Pygocentrus piraya*, a pirambeba *Serrasalmus brandtii*, o cascudo *Hypostomus* sp., o güarú *Poecilia reticulata*, as tilápia ou corrós *Astronotus ocellatus* e *Oreochromis niloticus*, e os acarás *Cichlasoma sanctifranciscense* e *Geophagus brasiliensis*.

Em junho de 2002, a equipe do Museu de Ciências da PUC, do Rio Grande do Sul, realizou uma viagem para coletar peixes de água doce no Nordeste do Brasil, abarcando os cursos d'água que tem suas nascentes no planalto da Borborema e na chapada do Araripe. Assim, foram amostrados os rios que desaguam na costa norte (Rios Jaguaribe, Apodi e Piranhas), os rios que desaguam na costa leste (sendo os principais os rios Mamanguape, Paraíba, Ipojuca, Capibaribe, Una e Mandau) e os afluentes da margem esquerda do rio São Francisco que drenam Pernambuco e Alagoas. Num primeiro relatório de viagem (LUCENA *et al.*, 2002), foram listadas 48 espécies: *Apareiodon piracicabae*, *Aspidoras depinnai*, *Astyanax bimaculatus*, *Astyanax* sp. 1, *Astyanax* sp. 2, *Astyanax* sp. 3, *Awaous tajasica*, *Characidium bimaculatum*, *Cichlasoma orientale*, *Compsura heterura*, *Corydoras* sp., *Ctenobrycon* sp., *Crenicichla menezesi*, *Curimatella lepidura*, *Eleotris pisonis*, *Geophagus brasiliensis*, *Gymnotus carapo*, *Hemigrammus* sp., *Hoplias malabaricus*, *Hoplosternum littorale*, *Hyphessobrycon "callistus"*, gênero e espécies não determinada de Hypoptopomatinae, *Hypostomus* cf. *nudiventris*, *Hypostomus* cf. *jaguribensis* [= *H. pusarum*], *Leporinus piau*, *Leporinus taeniatus*, *Loricariichthys derbyi*, *Moenkhausia costae*, *Moenkhausia lepidura*, *Oreochromis niloticus*, *Parotocinclus cesarpintoii*, *Phenacogaster carteri*, *Phenacogaster franciscoensis*, *Piabina argentea*, *Pimelodella* sp., *Poecilia "latipinna"*, *Poecilia reticulata* [= *Lebistes reticulatus*], *Poecilia "vivipara"*, *Prochilodus brevis*, *Rhamdia quelen*, *Serrapinnus heterodon*, *Serrapinnus piaba*, *Serrapinnus* sp., *Steindachnerina notonota*, *Synbranchus marmoratus*, *Tilapia rendalli* e *Triportheus* sp. No entanto, não se discriminou em quais bacias (ou conjunto de bacias) cada espécie foi coletada. Neste estudo, o registro de ocorrência de *Aspidoras depinnai* BRITTO (2000), antes conhecida apenas da bacia do rio Ipojuca, em Pernambuco, foi expandido para o sistema do rio São Francisco, em Alagoas, e para a bacia do rio Apodi.

OLIVEIRA *et al.* (2003), em resumo do XV Encontro Brasileiro de Ictiologia, apresentaram os resultados dos estudos sobre a distribuição e abundância de peixes capturados com redes de emalhar na barragem de Sobradinho, na Bahia, situado imediatamente a montante do ponto de captação na Ilha de Assunção. Foram capturadas 46 espécies. Os peixes considerados mais freqüentes foram *Astyanax* sp. [= *Astyanax bimaculatus*] (17,8%), *Triportheus guentheri* (17,2%), *Pachyurus* sp. (12,4%), *Curimatella* sp. [= *Curimatella lepidura*] (12,3%), *Acestrorhynchus* sp. (9,3%), Anostomidae (7,4%), *Pimelodus* sp. (4,6%). *Astyanax* sp., *Triportheus guentheri* e *Pachyurus* sp. exibiram uma ampla distribuição na barragem, e as duas primeiras foram os peixes mais abundantes. Também, *Franciscodoras marmoratus* foi citada como uma espécie representativa nas capturas com redes de maior malha (50 e 60 mm entre os nós).

O INSTITUTO XINGÓ (2003) apresentou uma lista de peixes desembarcados em oito municípios sob influência do baixo curso do rio São Francisco, nos Estados de Alagoas e Sergipe. Foram enumeradas 47 espécies de peixes. Destas, 33 são de água doce: o lambiá *Acestrorhynchus lacustris*, o apaiari *Astronotus ocellatus*, o

tucunaré *Cichla ocellaris*, o tucunaré *Cichla* sp., o cará *Cichlasoma* sp., o tambaqui *Colossoma macropomum*, a carpa *Cyprinus carpio*, a traíra *Hoplias malabaricus*, o carí *Hypostomus commersonii* [= *Hypostomus* sp.], o carí-pintado *Hypostomus margaritifer*, o piau-três-pintas *Leporinus* sp. [= *Leporinus reinhardti* ?], o piau-preto *Leporinus piau*, o niquim *Lophiosilurus alexandri*, o pacu *Myleus micans*, a tilápia *Oreochromis niloticus*, a curvina-branca *Pachyurus francisci*, a curvina *Pachyurus squamipinnis*, a cumbá *Parauchenipterus galeatus* [= *Trachelyopterus galeatus*], o mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*, a pescada *Plagioscion squamosissimus*, o xira *Prochilodus argenteus*, o curimatá *Prochilodus costatus*, o curimatá *Prochilodus* sp., o pacamã *Pseudopimelodus zungaro* [= *Pseudopimelodus* sp.], o surubim *Pseudoplatystoma coruscans* [= *P. coruscans*], a tubarana-branca *Salminus hilarii*, o piau-branco *Schizodon knerii* [provável erro de identificação], pirambeba *Serrasalmus brandtii*, piranha-vermelha *Serrasalmus piraya* [= *Pygocentrus piraya*], piranha-preta *Serrasalmus rhombeus*, aragu *Steindacherina [sic] elegans* e o sarapó *Sternopygus macrurus*. Um número significativo de peixes marinhos e/ou estuarinos, 14 espécies, foram identificados: a pilombeta *Anchoviella lepidentostole*, os bagres *Bagre* sp. e *Selenaspis herzbergii*, o xaréu *Caranx* sp., o camurim *Centropomus paralellus*, o robalo *Centropomus pectinatus*, a carapeba *Eugerres brasiliensis*, o carapicú *Gerres* sp., o agulha *Hyporhamphus* sp., a caranha *Lutjanus* sp., o curimã *Mugil brasiliensis*, a tainha *Mugil* sp., o cabeça-de-cocô *Stellifer* sp. e o camurupim *Tarpon atlanticus*.

ROSA *et al.* (2003) compilaram uma extensa e completa relação dos peixes da Caatinga, listando 240 espécies como sendo ocorrentes naquele bioma. Com relação à porção da bacia do rio São Francisco inserida na Caatinga, foram registradas 116 espécies.

c) Aspectos Metodológicos

O desenvolvimento dos estudos foi realizado com base nas etapas descritas a seguir.

c.1) Levantamentos Bibliográficos

Foram feitos levantamentos nas Bibliotecas Central do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) e do Setor de Peixes dessa mesma instituição; na Biblioteca do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), e na Biblioteca do Museu Nacional (MNRJ), no Rio de Janeiro.

A lista de espécies da bacia do rio São Francisco, no trecho sob influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, foi elaborada levando-se em consideração as seguintes fontes principais de literatura:

- a última edição do “Manual de identificação para os peixes da bacia do São Francisco”, o mais importante tratado técnico-científico sobre a taxonomia dos peixes do sistema do rio São Francisco (BRITSKI *et al.*, 1988);
- o “Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America” (REIS *et al.*, 2003);
- o artigo de ROSA *et al.* (2003), que lista as espécies de peixes da porção da bacia do rio São Francisco inserida na Caatinga;
- o Resumo Executivo do Relatório Final do Subprojeto “Recomposição da Ictiofauna Reofílica do Baixo São Francisco” (INSTITUTO XINGÓ, 2003).

As informações mais específicas sobre os peixes das drenagens da margem esquerda do rio São Francisco a serem impactadas pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional foram obtidas nas seguintes fontes:

- O “Projeto Arco-Íris - Estudo de viabilidade sócio-econômico para aproveitamento múltiplo dos recursos naturais na área do Projeto Arco-Íris, no Estado de Pernambuco” (HYDROS ENGENHARIA E PLANEJAMENTO LTDA. 1999). A área de influência direta deste projeto abrange os municípios pernambucanos de Floresta, Belém do São Francisco, Carnaubeira da Penha, Ibimirim, Cabrobó, Inajá, Betânia, Itacuruba e Custódia, uma região drenada principalmente pelas bacias dos riachos Terra Nova e Ipueiras, dos rios Pajéu e Moxotó, e pelo próprio rio São Francisco. As informações sobre a ictiofauna constantes neste trabalho são algo imprecisas e não existem dados sobre onde o material-testemunho foi depositado, impedindo a confirmação das identificações.
- O “Projeto Sertão de Pernambuco” (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002). A área de influência direta deste projeto é adjacente, à leste, daquela ocupada pelo Projeto Arco-Íris, e abrange o município de Casa Nova, na Bahia, e os municípios de Afrânio, Araripina, Bodocó, Cedro, Dormentes, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena, Serrita e Trindade, todos situados em Pernambuco. Para este trabalho, foram amostradas 19 estações de coleta, cinco localizadas na bacia do riacho do Pontal, quatro na bacia do riacho das Garças e 10 na bacia do riacho São Pedro (do qual o riacho Brígida, um dos primeiros “vetores” das águas do rio São Francisco, é afluente). Estes peixes foram estudados por nossa equipe e registrados na coleção do Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo (LIRP). Portanto, este material representa a mais importante, e fidedigna, fonte de informações sobre a ictiofauna da região em questão.

c.2) Exame de Material Ictiológico

Os peixes aqui estudados têm origem nas coleções efetuadas por ocasião do Projeto Sertão de Pernambuco (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002), e hoje depositados no Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto (LIRP), Universidade de São Paulo – FFCLRP, Ribeirão Preto, Brasil. O material examinado está relacionado ao final do item.

Para a identificação dos grandes grupos de peixes, foram utilizadas as chaves incluídas nos trabalhos de BRITSKI (1972 - famílias e gêneros de peixes de água doce), BRITSKI *et al.* (1988 – espécies de peixes da bacia do rio São Francisco e drenagens nordestinas), BURGESS (1989 - ordem Siluriformes), GÉRY (1977 - ordem Characiformes). A seguir são arrolados, alfabeticamente, os principais grupos de peixes incluídos neste estudo com as respectivas literaturas utilizadas para sua identificação e verificação de suas áreas de distribuição: Acestrorhynchidae (MENEZES, 2003), Ancistrinae (FISCH-MULLER, 2003), Anostomidae (GARAVELLO, 1979; GARAVELLO & BRITSKI, 2003), Auchenipteridae (FERRARIS, 2003c), Bryconinae (LIMA, 2003), Callichthyidae (REIS, 2003b), Characidae (LIMA *et al.*, 2003; REIS, 1989, 2003a; VARI & HAROLD, 1998, 2001), Characinae (LUCENA & MENEZES, 2003), Cheirodontinae (MALABARBA, 1994, 1998, 2003), Cichlidae (KULLANDER, 1983, 2003b; PLOEG, 1991; TREWAVAS, 1983), Crenuchidae (BUCKUP, 1993, 2003), Curimatidae (VARI, 1989a, b, 1991, 1992, 2003), Doradidae (HIGUCHI, 1992; SABAJ & FERRARIS, 2003), Glandulocaudinae (WEITZMAN, 2003), Gobiidae (KULLANDER, 2003c), Erythrinidae (OYAKAWA, 2003), Gymnotidae (CAMPOS-DA-PAZ, 2003), Hemiodontidae (LANGEANI, 1996, 2003), Heptapteridae (BOCKMANN, 1998; BOCKMANN & GUAZZELLI, 2003; SILFVERGRIP, 1996), Hypostominae (WEBER, 2003), Loricariidae (ISBRÜCKER, 1980), Loricariinae (FERRARIS, 2003b), Parodontidae (PAVANELLI, 1999, 2003), Pimelodidae (FERRARIS, 2003a; LUNDBERG & LITTMANN, 2003); Poeciliidae (LUCINDA, 2003; ROSEN & BAILEY, 1963), Prochilodontidae (CASTRO, 1990; CASTRO & VARI, 2003), Pseudopimelodidae (SHIBATTA, 2003); Rivulidae (COSTA, 1995, 2003), Sciaenidae (CASATTI, 2001, 2003), Serrasalminae (FINK, 1993; JÉGU, 2003), Synbranchidae (KULLANDER, 2003a), Stethaprioninae (REIS, 1989) e Trichomycteridae (PINNA & WOSIACKI, 2003). Sempre que possível, as identificações foram confirmadas com especialistas nos grupos.

A seqüência das listagens de táxons aqui apresentadas refletem, sempre que possível, as relações filogenéticas como aceitas no momento. Quando estas não são conhecidas, a ordem adotada foi alfabética. A classificação sistemática para os Ostariophysi segue FINK & FINK (1996). Com relação à ordem Characiformes, a seqüência obedeceu à filogenia proposta por BUCKUP (1991, 1998); quanto à ordem Siluriformes, seguiu PINNA (1998); com referência aos peixes da família Cichlidae

(ordem Perciformes), a classificação seguiu o proposto por KULLANDER (1998). Esta classificação é aquela adotada no "Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America", com exceção da subfamília Tetragonopterinae, cujo conceito aqui empregado foi aquele tradicionalmente utilizado (cf. GÉRY, 1977).

Nomes vulgares (ou "vernaculares", isto é, aqueles utilizados pelas populações locais) atribuídos às espécies em menções abaixo, quando disponíveis, foram obtidos a partir de informações em alguns destes trabalhos acima.

d) Caracterização da Ictiofauna

d.1) Composição Qualitativa

Dentre as grandes bacias hidrográficas do continente brasileiro, a do rio São Francisco possui notoriamente a ictiofauna mais bem conhecida, tanto no aspecto taxonômico (e.g. BRITSKI *et al.*, 1988), como em relação à biologia e história natural de suas espécies (cf. LAMAS, 1993). Na última edição do "Manual de identificação para os peixes da bacia do São Francisco", o mais importante tratado técnico-científico sobre a taxonomia dos peixes do sistema do rio São Francisco, BRITSKI *et al.* (1988), foram relacionadas 133 espécies. Após a publicação deste guia, vários trabalhos acrescentaram novos registros de ocorrência de espécies já conhecidas, assim como várias novas espécies foram descritas. A maior parte destas espécies que foram descritas ou identificadas recentemente provém da porção superior da bacia (e.g. BUCKUP, 1992; LANGEANI, 1990; OYAKAWA, 1993; SCHAEFER, 1997; OLIVEIRA & OYAKAWA, 1999). Em contraste, Costa e colaboradores descreveram na atualidade um grande número de espécies de peixes-anuais (Rivulidae) da bacia do rio São Francisco, especialmente da sua porção sub-média (e.g. COSTA, 1989, 1998, 2000, 2001; COSTA & BRASIL, 1990, 1991, 1993; COSTA & HELLNER, 1999; COSTA & NIELSEN, 2000; COSTA *et al.*, 1996, 2001). Considerando as contribuições recentes, eleva-se para cerca de 170 o número total de espécies válidas conhecidas do sistema do rio São Francisco. Observa-se que estas espécies recentemente descritas são de pequeno porte e possuem uma área de distribuição geográfica relativamente pequena, de modo que é pouco provável que algum elemento de médio a grande porte, e de ampla distribuição, da ictiofauna do rio São Francisco esteja ainda desconhecido.

A bacia do rio São Francisco, como será comentado a seguir com mais vagar, possui uma história biogeográfica complexa, sendo formado por rios que antes drenavam para bacias adjacentes, como as dos rios Doce, Paraná, Tocantins e as pequenas drenagens atlânticas nordestinas (e.g., COSTA, 1993; VARI & HAROLD, 2001; obs. pess.). Por esta razão, peixes com distribuições restritas à sub-áreas de endemismo dentro da bacia do rio São Francisco não incluídas na AID foram excluídas desta lista. Este foi o caso, por exemplo, dos canivetes *Characidium*

fasciatum Reinhardt, 1866 e *Characidium lagosantense* Travassos, 1947, das piabas *Astyanax rivularis* Lütken, 1875, *Hysteronotus megalostomus* Eigenmann, 1922, *Oligosarcus argenteus* Günther, 1864, *Stygichthys typhlops* Brittan & Böhlke, 1965, e das cambévas *Trichomycterus brasiliensis* Lütken, 1874 e *Trichomycterus variegatus* Costa, 1992, que notoriamente ocorrem apenas nas partes superiores da bacia do rio São Francisco (cf. BUCKUP, 2003; LIMA *et al.*, 2003; PINNA & WOSIACKI, 2003; WEITZMAN, 2003).

O gênero de peixes-anuais *Cynolebias*, como atualmente definido (COSTA, 1998), é composto, exceto por uma única espécie ocorrente no curso superior da bacia do rio Tocantins, exclusivamente por espécies do semi-árido nordestino do Brasil (cf. COSTA, 2003; ROSA *et al.*, 2003). Das 12 espécies conhecidas, oito ocorrem no semi-árido do rio São Francisco (cf. COSTA, 2003). Contudo, todas estas, de ocorrência muito restrita, são registradas bem à montante dos pontos de captação no rio São Francisco. O gênero de peixes-anuais *Simpsonichthys* também possui um número notável de espécies ocorrendo exclusivamente no semi-árido do rio São Francisco, *i.e.* 10 das suas 33 espécies (cf. COSTA, 2003; ROSA *et al.*, *op. cit.*). Destas, apenas uma, *S. flavicaudatus*, possui distribuição próxima ao ponto de captação mais à montante, localizado nas proximidades da Ilha de Assunção e, por esta razão, foi incluída na lista.

Como resultado deste levantamento, obteve-se uma lista de peixes ocorrentes na região de estudo da bacia do rio São Francisco razoavelmente precisa. Foi listado um total de 83 espécies, distribuídas por 65 gêneros e 24 famílias. Dentre estas espécies, ao menos nove (*Astronotus ocellatus*, *Cichla monoculus*, *Cichla ocellaris*, *Cyprinus carpio*, *Lebistes reticulatus*, *Leporinus "elongatus"*, *Oreochromis niloticus*, *Poecilia vivipara* e *Tilapia rendalli*) não são naturais da região.

A classificação sistemática completa das espécies inventariadas, e seus nomes vulgares é apresentada abaixo:

Superordem Clupeomorpha
Ordem Clupeiformes
Família Engraulidae
<i>Anchoviella vaillanti</i> (Steindachner, 1908). Nome vulgar: manjuba.
Superordem Ostariophysi
Série Otophysi
Ordem Cypriniformes
Família Cyprinidae
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758. Nome vulgar: carpa-dourada, carpa-espelho.
Ordem Characiformes
Família Parodontidae
<i>Apareiodon hasemani</i> Eigenmann, 1916. Nome vulgar: canivete.
<i>Apareiodon ibitiensis</i> Campos, 1944. Nome vulgar: canivete.
<i>Apareiodon itapicuruensis</i> Eigenmann & Henn, 1916. Nome vulgar: canivete.
<i>Apareiodon piracicabae</i> Eigenmann <i>in</i> Eigenmann & Ogle, 1907. Nome vulgar: canivete.

	<p><i>Parodon nasus</i> Kner, 1859. Nome vulgar: canivete.</p>
Família Curimatidae	
manjuba.	<p><i>Curimatella lepidura</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889). Nome vulgar:</p>
	<p><i>Cyphocharax gilbert</i> (Quoy & Gaimard, 1824). Nome vulgar: manjuba.</p>
biruba, manjuba.	<p><i>Steindachnerina elegans</i> (Steindachner, 1874). Nome vulgar: aragu,</p>
	<p>Família Prochilodontidae</p>
	<p><i>Prochilodus argenteus</i> Agassiz, 1829. Nome vulgar: curumatã, xira.</p>
	<p><i>Prochilodus brevis</i> Steindachner, 1875. Nome vulgar: curumatã.</p>
vulgar: curimatá, curumatã.	<p><i>Prochilodus costatus</i> Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1850. Nome</p>
	<p>Família Anostomidae</p>
	<p><i>Leporellus vittatus</i> (Valenciennes, 1850). Nome vulgar: timburé.</p>
vulgar: piapara, piau-verdadeiro.	<p><i>Leporinus "elongatus"</i> Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1850. Nome</p>
	<p><i>Leporinus melanopleura</i> Günther, 1864. Nome vulgar: piau, timburé.</p>
piou-preto.	<p><i>Leporinus piau</i> Fowler, 1941. Nome vulgar: piau-comum, piau-gordura,</p>
	<p><i>Leporinus reinhardti</i> Lütken, 1875. Nome vulgar: piau-três-pintas.</p>
	<p><i>Leporinus taeniatus</i> Lütken, 1875. Nome vulgar: piau-jejo, timburé.</p>
canudo.	<p><i>Schizodon knerii</i> (Steindachner, 1875). Nome vulgar: piau-branco, piau-</p>
	<p>Família Crenuchidae</p>
	<p>Subfamília Characidiinae</p>
	<p><i>Characidium</i> sp. Nome vulgar: canivete.</p>
	<p>Família Characidae</p>
	<p>Subfamília Tetragonopterinae</p>
amarelo.	<p><i>Astyanax bimaculatus</i> (Lütken, 1874). Nome vulgar: piaba-do-rabo-</p>
vermelho.	<p><i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819). Nome vulgar: piaba-do-rabo-</p>
	<p><i>Bryconamericus stramineus</i> Eigenmann, 1908. Nome vulgar: piabinha.</p>
	<p><i>Bryconops</i> sp. aff. <i>B. affinis</i> (Günther, 1864). Nome vulgar: piaba.</p>
	<p><i>Hemigrammus brevis</i> Ellis, 1911. Nome vulgar: piabinha.</p>
	<p><i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis, 1911. Nome vulgar: piabinha.</p>
	<p><i>Moenkhausia costae</i> (Steindachner, 1907). Nome vulgar: piaba.</p>
lambari-olho-fogo, piquira.	<p><i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i> (Steindachner, 1907). Nome vulgar:</p>
	<p><i>Piabina argentea</i> Reinhardt, 1867. Nome vulgar: piaba.</p>
	<p><i>Psellogrammus kennedyi</i> (Eigenmann, 1903). Nome vulgar: piaba.</p>
	<p><i>Salminus hilarii</i> Valenciennes, 1850. Nome vulgar: jitubarana.</p>
	<p><i>Tetragonopterus chalceus</i> Spix & Agassiz, 1829. Nome vulgar: piaba.</p>
	<p><i>Triporthus guentheri</i> (Garman, 1890). Nome vulgar: sardinha.</p>
	<p>Subfamília Bryconinae</p>
	<p><i>Brycon nattereri</i> Günther, 1864. Nome vulgar: pirapitinga.</p>
	<p><i>Brycon orthotaenia</i> Günther, 1864. Nome vulgar: matrinchã.</p>
	<p>Subfamília Serrasalminae</p>
	<p><i>Myleus micans</i> (Lütken, 1875). Nome vulgar: pacu.</p>
vermelha.	<p><i>Pygocentrus piraya</i> (Cuvier, 1819). Nome vulgar: piranha, piranha-</p>
	<p><i>Serrasalmus brandtii</i> Lütken, 1875. Nome vulgar: pirambeba.</p>
	<p>Subfamília Characinae</p>
	<p><i>Galeocharax gulo</i> (Cope, 1870). Nome vulgar: peixe-cachorro.</p>
	<p><i>Phenacogaster franciscoensis</i> Eigenmann, 1911. Nome vulgar: piaba.</p>
	<p><i>Roeboides xenodon</i> (Reinhardt, 1851). Nome vulgar: piaba.</p>
	<p>Subfamília Stethaprioninae</p>
	<p><i>Orthospinus franciscensis</i> (Eigenmann, 1929). Nome vulgar: piaba.</p>

	Subfamília Cheirodontinae	<i>Compsura heterura</i> Eigenmann, 1915. Nome vulgar: piabinha. <i>Serrapinnus heterodon</i> (Eigenmann, 1915). Nome vulgar: piabinha. <i>Serrapinnus piaba</i> (Lütken, 1875). Nome vulgar: piabinha.
	Família Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus britskii</i> Menezes, 1969. Nome vulgar: peixe-cachorro. <i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken, 1875). Nome vulgar: labiá, peixe-
cachorro.	Família Erythrinidae	<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Agassiz in Spix & Agassiz, 1829). Nome vulgar: jeju. <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794). Nome vulgar: traíra. <i>Hoplias</i> sp. aff. <i>H. lacerdae</i> Miranda-Ribeiro, 1908. Nome vulgar: trairão.
	Ordem Siluriformes	
	Família Callichthyidae	
	Subfamília Callichthyinae	<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758). Nome vulgar: tamoatá.
	Subfamília Corydoradinae	<i>Aspidoras depinnai</i> Britto, 2000. Nome vulgar: limpa-vidro.
	Família Loricariidae	
	Subfamília Hypostominae	<i>Hypostomus</i> sp. Nome vulgar: cari, cascudo. <i>Pterygoplichthys etentaculatus</i> (Spix & Agassiz, 1829). Nome vulgar: cari,
cascudo.		<i>Rhinelepis aspera</i> Spix & Agassiz, 1829. Nome vulgar: cari-preto.
	Família Pseudopimelodidae	<i>Cephalosilurus fowleri</i> Haseman, 1911. Nome vulgar: peixe-sapo. <i>Lophiosilurus alexandri</i> Steindachner, 1877. Nome vulgar: niquim,
pacamã.	Família Heptapteridae	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824). Nome vulgar: bagre.
	Família Pimelodidae	<i>Conorhynchus conirostris</i> (Valenciennes, 1840). Nome vulgar: pirá, pirá-
tamanduá.		<i>Duopalatinus emarginatus</i> (Valenciennes, 1840). Nome vulgar: mandi-
açu.		<i>Pimelodus maculatus</i> LaCepède, 1803. Nome vulgar: mandi-amarelo. <i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix & Agassiz, 1829). Nome vulgar:
surubim.	Família Auchenipteridae	<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766). Nome vulgar: cumbá,
cumbaca.	Família Doradidae	<i>Franciscodoras marmoratus</i> (Lütken, 1874). Nome vulgar: caboje,
serrudo.	Ordem Gymnotiformes	
	Família Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus, 1758. Nome vulgar: sarapó.
	Família Sternopygidae	<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes, 1842). Nome vulgar: sarapó. <i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider, 1801). Nome vulgar: sarapó.
	Superordem Atherinomorpha	
	Ordem Cyprinodontiformes	
	Família Rivulidae	<i>Simpsonichthys flavicaudatus</i> (Costa & Brasil, 1990). Nome vulgar:
peixe-anual, peixe-de-nuvem.	Família Poeciliidae	<i>Lebistes reticulatus</i> (Peters, 1859). Nome vulgar: güarú.

	<i>Pamphorichthys hollandi</i> (Henn, 1916). Nome vulgar: güarú.
	<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801. Nome vulgar: güarú.
Superordem Percomorpha	
Ordem Synbranchiformes	
Família Synbranchidae	
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795. Nome vulgar: mussum.	
Ordem Perciformes	
Família Sciaenidae	
<i>Pachyrurus francisci</i> (Cuvier, 1830). Nome vulgar: corvina, pescada.	
<i>Pachyrurus squamipinnis</i> Agassiz in Spix & Agassiz, 1831. Nome vulgar: corvina, pescada.	
<i>Plagioscion squamosissimus</i> (Heckel, 1840). Nome vulgar: corvina, pescada-do-Piauí.	
Família Cichlidae	
<i>Astronotus ocellatus</i> (Agassiz in Spix & Agassiz, 1831). Nome vulgar: apaiari, corró-bahiano.	
<i>Cichla monoculus</i> Spix & Agassiz, 1831. Nome vulgar: tucunaré.	
<i>Cichla ocellaris</i> Bloch & Schneider, 1801. Nome vulgar: tucunaré-comum.	
<i>Cichlasoma sanctifranciscense</i> Kullander, 1983. Nome vulgar: acará.	
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824). Nome vulgar: acará.	
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758). Nome vulgar: filápia, tilápia.	
<i>Tilapia rendalli</i> (Boulenger, 1897). Nome vulgar: filápia, a tilápia-do-Congo.	
Família Gobiidae	
<i>Awaous tajasica</i> (Lichtenstein, 1822). Nome vulgar: emborê.	

d.2) Composição Quantitativa

Os membros da superordem Ostariophysi (carpas, lambaris, bagres, sarapós) representaram 86,5% (64 espécies) do total das espécies levantadas no curso sub-médio do rio São Francisco e seus afluentes da margem esquerda (74 espécies), o que concorda com as expectativas sobre a composição da fauna de peixes primários de água doce no Neotrópico (BÖHLKE *et al.*, 1978).

Das 74 espécies inventariadas originais da região em questão, 64,9% são caraciformes (48 espécies), 17,6% siluriformes (13 espécies), 8,1% são perciformes (seis espécies), 4,1% são gimnotiformes (três espécies), 2,7% são ciprinodontiformes (duas espécies), 1,4% são sinbranquiformes (uma espécie) e 1,4% são clupeiformes (uma espécie). A família Characidae é representada por 25 espécies, a família Anostomidae por seis espécies, a família Parodontidae por cinco espécies, a família Pimelodidae por quatro espécies, as famílias Curimatidae, Erythrinidae, Loricariidae, Prochilodontidae e Sciaenidae por três espécies cada, as famílias Acestrorhynchidae, Callichthyidae, Cichlidae, Pseudopimelodidae e Sternopygidae por duas espécies cada, e as famílias Crenuchidae, Doradidae, Engraulidae, Gobiidae, Gymnotidae, Heptapteridae, Poeciliidae, Rivulidae e Synbranchidae por uma espécie cada. Exceto pela baixa densidade de bagres e cascudos (siluriformes), as porcentagens relativas desses grupos não diferem significativamente daquelas apontadas para outras regiões do Brasil. (BRITSKI, 1994).

Dentre os caraciformes, o grupo com maior número de espécies é o dos Tetragnopterinae (os chamados **tetras**) que representam 17,1% do total da fauna de peixes originais da região; dentre os Siluriformes, destacam-se os Pimelodidae (os **mandis**) que representam 5,3% do total. A porcentagem referente aos Tetragnopterinae, um grupo tipicamente dominante, é similar àquela encontrada em outras regiões biogeográficas da América do Sul. Já os valores relativos aos siluriformes como um todo são considerados significativamente reduzidos, uma vez que normalmente se aproximam àqueles exibidos pelos caraciformes.

Os peixes introduzidos, totalizando nove espécies (Quadro 5.3.3.2-1), contribuem em 10,8% do total das espécies inventariadas.

Nas drenagens da margem esquerda do rio São Francisco foram encontradas 22 espécies (Quadro 5.3.3.2-1), a maioria delas também encontradas no canal do rio São Francisco e/ou nas partes inferiores dos seus afluentes. Considerando o conjunto de locais amostrados nas drenagens da margem esquerda do São Francisco, a piaba-do-rabo-amarelo *Astyanax bimaculatus* foi a única espécie considerada **constante** (constância de ocorrência acima de 75%), estando presente em 89,5% das coletas. A traíra *Hoplias malabaricus* (31,6%) foi a única espécie considerada como **acessória** (constância de ocorrência entre 25 e 50%), com 31,6%. Todas as demais espécies foram consideradas como sendo **acidentais** (constância de ocorrência menor que 25%), com maior destaque da piabinha *Serrapinnus heterodon*, com 21,1% de ocorrência (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002).

Dentre as espécies coletadas nas drenagens da margem esquerda do São Francisco, a piaba-do-rabo-amarelo *Astyanax bimaculatus*, a piaba-do-rabo-vermelho *Astyanax fasciatus*, a piabinha *Serrapinnus heterodon* e o güaru *Lebistes reticulatus* foram as mais abundantes, contribuindo com 30,8%, 23,8%, 14,5% e 6,9% do total de indivíduos, respectivamente (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002).

Apesar dos dados quantitativos primários disponíveis sobre os peixes do rio São Francisco das adjacências dos locais de captação de água do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, *i.e.* das proximidades da Ilha de Assunção, em Cabrobó, e no reservatório de Itaparica, ainda serem reduzidos, o conhecimento do regime de águas do rio nestas localidades e suas características ambientais torna possível se fazer algumas inferências sobre a composição de sua ictiofauna. Espécies típicas de piracema ou de ambientes com corredeiras, como os canivetes *Apareiodon hasemani*, *Apareiodon ibitiensis*, *Apareiodon piracicabae* e *Parodon nasus*, os curumatãs *Prochilodus argenteus*, *Prochilodus costatus*, os piaus *Leporinus melanopleura*, *Leporinus reinhardti* e

Leporinus taeniatus, a pirapitinga *Brycon nattereri* e a matrinchã *Brycon orthotaenia* e a tabarana *Salminus hilarii*, certamente têm suas populações diminuídas devido ao barramentos do rio, com sua transformação em grandes ambientes lacustres isolados, e a remoção da vegetação marginal. Por outro lado, espécies já naturalmente ocorrentes em ambientes lênticos ou semi-lênticos ou aquelas pré-adaptadas à estes regimes de água, como a traíra *Hoplias malabaricus*, o piau-gordura *Leporinus piau*, o lambari-do-rabo-amarelo *Astyanax bimaculatus*, O pacu *Myleus micans*, a piranha *Pygocentrus piraya*, a pirambeba *Serrasalmus brandtii*, o peixe-cachorro *Acestrorhynchus lacustris*, a corvina *Pachyrurus squamipinnis*, e o apaiari *Astronotus ocellatus*, os tucunarés *Cichla monoculus* e *Cichla ocellaris*, e as filápias *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*, tendem a proliferar. OLIVEIRA et al. (2003), reportaram espécies típicas de regimes lênticos como aquelas predominantes na barragem de Sobradinho, Bahia (localizado imediatamente a montante da região aqui abordada): *Astyanax* sp. [= *Astyanax bimaculatus*] (17,8%), *Triportheus guentheri* (17,2%), *Pachyrurus* sp. (12,4%), *Curimatella* sp. [= *Curimatella lepidura*] (12,3%), *Acestrorhynchus* sp. (9,3%), Anostomidae (7,4%), *Pimelodus* sp. (4,6%). *Astyanax* sp. [= *Astyanax bimaculatus*] e *Triportheus guentheri* foram também as espécies mais abundantes na barragem. Imediatamente a jusante, no Baixo curso do rio São Francisco, dentre os peixes de água doce registrados, também predominam aqueles de ambientes lênticos: o lambiá *Acestrorhynchus lacustris*, o apaiari *Astronotus ocellatus*, o tucunaré *Cichla ocellaris*, o tucunaré *Cichla* sp., o cará *Cichlasoma* sp., o tambaqui *Colossoma macropomum*, a carpa *Cyprinus carpio*, a traíra *Hoplias malabaricus*, o carí *Hypostomus commersonii* [= *Hypostomus* sp.], o carí-pintado *Hypostomus margaritifer*, o piau-três-pintas *Leporinus* sp. [= *Leporinus reinhardti* ?], o piau-preto *Leporinus piau*, o niquim *Lophiosilurus alexandri*, o pacu *Myleus micans*, a tilápia *Oreochromis niloticus*, a curvina-branca *Pachyrurus francisci*, a curvina *Pachyrurus squamipinnis*, a cumbá *Parauchenipterus galeatus* [= *Trachelyopterus galeatus*], o mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*, a pescada *Plagioscion squamosissimus*, o xira *Prochilodus argenteus*, o curimatá *Prochilodus costatus*, o curimatá *Prochilodus* sp., o pacamão *Pseudopimelodus zungaro* [= *Pseudopimelodus* sp.], o surubim *Pseudoplatystoma coruscans* [= *P. coruscans*], a tubarana-branca *Salminus hilarii*, o piau-branco *Schizodon knerii* [provável erro de identificação], pirambeba *Serrasalmus brandtii*, piranha-vermelha *Serrasalmus piraya* [= *Pygocentrus piraya*], piranha-preta *Serrasalmus rhombeus*, aragu *Steindacherina* [sic] *elegans* e o sarapó *Sternopygus macrurus* (INSTITUTO XINGÓ, 2003).

QUADRO 5.3.3.2-1 – DISTRIBUIÇÃO DOS PEIXES DE ÁGUA DOCE DO RIO SÃO FRANCISCO E AFLUENTES A SEREM AFETADOS PELO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL

ESPÉCIE	RIO SÃO FRANCISCO	AFLUENTES DA MARGEM ESQUERDA DO SÃO FRANCISCO	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA CONHECIDA
<i>Acestrorhynchus britskii</i>	+	-	SF
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	+	-	PA, SF
<i>Anchoviella vaillanti</i>	+	-	SF
<i>Apareiodon hasemani</i>	+	-	SF
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	+	-	PA, SF
<i>Apareiodon itapicuruensis</i>	-	+	BA, SF
<i>Apareiodon piracicabae</i>	+	-	PA, SF
<i>Aspidoras depinnai</i>	-	+	NE, SF
<i>Astyanax bimaculatus</i>	+	+	NT
<i>Astyanax fasciatus</i>	+	+	NT
<i>Astronotus ocellatus</i> (*)	+	+	AM, GU
<i>Awaous tajasica</i>	+	-	CO FL-SC
<i>Brycon nattereri</i>	+	-	PA, SF
<i>Brycon orthotaenia</i>	+	-	SF
<i>Bryconamericus stramineus</i>	+	-	PA, PR, UR, SF
<i>Bryconops</i> sp. aff. <i>B. affinis</i>	+	-	SF?
<i>Callichthys callichthys</i>	+	-	NT
<i>Cephalosilurus fowleri</i>	+	-	SF
<i>Characidium</i> sp.	-	+	SF?
<i>Cichla monoculus</i> (*)	+	-	AM
<i>Cichla ocellaris</i> (*)	+	-	GU
<i>Cichlasoma sanctifranciscense</i>	+	+	PN, SF
<i>Conorhynchus conirostris</i>	+	-	SF
<i>Cyphocharax gilbert</i>	+	-	LE, SF
<i>Cyprinus carpio</i>	+	-	Ásia
<i>Curimatella lepidura</i>	+	+	SF
<i>Duopalatinus emarginatus</i>	+	-	SF
<i>Eigenmannia virescens</i>	+	-	AM
<i>Franciscodoras marmoratus</i>	+	-	SF
<i>Galeocharax gulo</i>	+	-	AM, SF
<i>Geophagus brasiliensis</i>	+	+	NE, LE, PA, SF
<i>Gymnotus carapo</i>	+	-	NT
<i>Hemigrammus marginatus</i>	+	-	AM, NE, PR, SF
<i>Hemigrammus brevis</i>	+	-	NE?, SF
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	+	-	AS
<i>Hoplias malabaricus</i>	+	+	NT
<i>Hoplias</i> sp. aff. <i>H. lacerdae</i>	+	-	SF?
<i>Hypostomus</i> sp.	?	+	SF?
<i>Lebistes reticulatus</i> (*)	+	+	CA, GU, VE
<i>Leporellus vittatus</i>	+	-	AM, PA, PR, SF
<i>Leporinus "elongates"</i> (*)	+	-	PA, UR, SF
<i>Leporinus melanopleura</i>	+	-	NE, SF
<i>Leporinus piau</i>	+	+	NE, SF
<i>Leporinus reinhardti</i>	+	-	SF
<i>Leporinus taeniatus</i>	+	-	SF
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	+	-	DO e SF
<i>Moenkhausia costae</i>	+	+	IT, NE, SF
<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>	+	-	PA, PR, UR, SF

ESPÉCIE	RIO SÃO FRANCISCO	AFLUENTES DA MARGEM ESQUERDA DO SÃO FRANCISCO	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA CONHECIDA
<i>Acestrorhynchus britskii</i>	+	-	SF
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	+	-	PA, SF
<i>Anchoviella vaillanti</i>	+	-	SF
<i>Myleus micans</i>	+	-	SF
<i>Oreochromis niloticus</i> (*)	+	+	África
<i>Orthospinus franciscensis</i>	+	+	SF
<i>Pachyrurus francisci</i>	+	-	SF
<i>Pachyrurus squamipinnis</i>	+	-	SF
<i>Pamphorichthys hollandi</i>	+	-	SF, PN
<i>Parodon nasus</i>	+	-	PA, PR, SF, UR
<i>Phenacogaster franciscoensis</i>	+	-	SF
<i>Piabina argentea</i>	+	+	IT, PA, PS, SF
<i>Pimelodus maculatus</i>	+	-	PA, SF
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	+	-	AM, GU, OR, PA, PR, SF
<i>Poecilia vivipara</i> (*)	+	-	CA, GU e VE-RP
<i>Prochilodus argenteus</i>	+	-	SF
<i>Prochilodus brevis</i>	-	+	NE, SF
<i>Prochilodus costatus</i>	+	-	NE
<i>Psellogrammus kennedyi</i>	+	-	NE, PR, SF
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	+	-	PA, SF
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i>	+	-	SF
<i>Pygocentrus piraya</i>	+	+	SF
<i>Rhamdia quelen</i>	+	-	NT
<i>Rhinelepis aspera</i>	+	-	PA, SF
<i>Roeboides xenodon</i>	+	-	SF
<i>Salminus hilarii</i>	+	-	AM, AP, NE, SF
<i>Schizodon knerii</i>	+	-	SF
<i>Serrapinnus heterodon</i>	+	+	NE, PA, SF
<i>Serrapinnus piaba</i>	+	+	NE, SF
<i>Serrasalmus brandtii</i>	+	+	SF
<i>Simpsonichthys flavicaudatus</i>	+	-	SF
<i>Steindachnerina elegans</i>	+	+	BA, SF
<i>Sternopygus macrurus</i>	+	-	AM, NE, OR, PA, PR, SF
<i>Synbranchus marmoratus</i>	+	-	NT
<i>Tetragonopterus chalceus</i>	+	-	AM, GU, OR, SF
<i>Tilapia rendalli</i> (*)	+	-	África
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	+	-	NE
<i>Triportheus guentheri</i>	+	-	SF

Legendas: AM- Amazonas; AP- Alto Paraná; BA- bacias costeiras da Bahia; CA- ilhas do Caribe; CO FI-SC- costa e rios litorâneos do Estado da Flórida, E.U.A, até o Estado da Santa Catarina, Brasil; DO- Doce; ES- Essequibo; GU-região das Guianas; IT- Itapecuru; LE- Leste; NE- NE- Região Nordeste Médio-Oriental; NT- Neotropical; OR- Orinoco; PA- Paraná; PR- Paraguai; SF- São Francisco; VE- Venezuela; VE-RP- costa da Venezuela ao Rio da Prata; ?-desconhecida.

(*) Espécie introduzida.

d.3) Endemismo, Origem e Relações Biogeográficas da Fauna de Peixes do trecho sub-médio da bacia do rio São Francisco

A área estudada (o curso sub-médio da bacia do rio São Francisco, incluindo seus afluentes da margem esquerda) está inserida na bacia do rio São Francisco, a qual

representa uma conhecida região de endemismo de peixes de água doce (cf. VARI, 1988; MENEZES, 1996). Este fato foi corroborado pelo fato que das 74 espécies provavelmente nativas da região, ao menos 24 (32,4%) são endêmicas da bacia do rio São Francisco (Quadro 5.3.3.2-1): o peixe-cachorro *Acestrorhynchus lacustris*, a manjuba *Anchoviella vaillanti*, o canivete *Apareiodon hasemani*, a matrinhã *Brycon orthotaenia*, o peixe-sapo *Cephalosilurus fowleri*, o pirá *Conorhynchos conirostris*, a manjuba *Curimatella lepidura*, o mandi-açu *Duopalatinus emarginatus*, o serrudo *Franciscodoras marmoratus*, o piau-três-pintas *Leporinus reinhardti*, o piau-jejo *Leporinus taeniatus*, o pacu *Myleus micans*, a piaba *Orthospinus franciscensis*, as corvinas *Pachyrurus francisci* e *Pachyrurus squamipinnis*, a piaba *Phenacogaster franciscoensis*, o curumatã *Prochilodus argenteus*, o cari *Pterygoplichthys etentaculatus*, a piranha *Pygocentrus piraya*, a piaba *Roeboides xenodon*, o piau-branco *Schizodon knerii*, a pirambeba *Serrasalmus brandtii*, o peixe-de-nuvem *Simpsonichthys flavicaudatus* e a sardinha *Triportheus guentheri* (cf. BRITSKI *et al.*, 1988; COSTA, 2003; FINK, 1993; KULLANDER, 1983; REIS, 1989; VARI, 1992).

Do ponto de vista biogeográfico, a composição ictiofaunística da bacia do rio São Francisco recebeu contribuições através de conexões relativamente recentes com bacias hidrográficas adjacentes, que ocasionaram a dispersão e o intercâmbio ictiofaunístico entre as bacias próximas.

A estreita relação biogeográfica entre os cursos superiores das bacias dos rios Paraná e São Francisco é amplamente conhecida (BEURLEN, 1970; BOCKMANN & CASTRO, em prep.). Existem evidências geológicas de que no Terciário Inferior, o curso superior do rio Paraná drenava para o norte, nos rios São Francisco e Tocantins (BEURLEN, 1970). Esta hipótese é corroborada por vários elementos ictiofanísticos compartilhados exclusivamente por essas bacias (BOCKMANN & CASTRO, em prep.). O registro de ocorrência da piaba *Piabina argentea* e dos canivetes *Apareiodon ibitiensis* e *Apareiodon piracicabae* na região estudada, por exemplo, espécie endêmica da região constituída pelos cursos superiores dos rios Paraná e São Francisco (PAVANELLI, 1999; VARI & HAROLD, 2001), reforça a hipótese de relação entre estas bacias.

A bacia do rio Tocantins, a qual bordeia a bacia do rio São Francisco a noroeste, é reportada como sendo também contribuidora para ictiofauna franciscana. De acordo com COSTA (1993), as porções médias e inferiores da bacia do rio São Francisco estão mais associadas ao rio Tocantins. Contudo, nenhuma das espécies de peixes coletadas para este trabalho veio a corroborar esta hipótese.

Dentre as espécies inventariadas, sete confirmaram a estreita relação biogeográfica do rio São Francisco com as bacias da área de endemismo denominada Nordeste Médio-Oriental (cf. PAIVA, 1978; ROSA *et al.*, 2003), localizada ao norte da bacia do rio São Francisco: o calictídeo *Aspidoras depinnai*,

o timburé *Leporinus melanopleura*, o piau-gordura *Leporinus piau*, as piabas *Moenkhausia costae* e *Serrapinus piaba*, o curimatá *Prochilodus brevis* e, possivelmente, *Hemigrammus brevis* (cf. BRITSKI *et al.*, 1988; CASTRO, 1990; FOWLER, 1941). O curimatá *Prochilodus brevis*, antes conhecido apenas da Região Nordeste Médio-Oriental e da bacia do rio Paraguaçu, na Bahia (cf. CASTRO, 1990), foi reportado pela primeira vez nas drenagens do rio São Francisco, na região de estudo, no Estudo de Viabilidade do Projeto Arco-Íris (HYDROS, 1999), e confirmado nos estudos do Projeto Sertão de Pernambuco (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002).

As drenagens atlânticas do nordeste brasileiro ao sul da boca do rio São Francisco, que compõem a chamada região do Leste (ROSA *et al.*, 2003), possivelmente contribuíram para a composição ictiofaunística atual da bacia do rio São Francisco, e vice-versa, através de eventos hidrológicos que possibilitaram a troca faunística entre estas regiões. Esta hipótese é corroborada pela ocorrência da manjuba *Steindachnerina elegans*, encontrada na bacia do rio São Francisco, e nas bacias dos rios Pardo e Jequitinhonha, nos Estados de Minas Gerais e Bahia, e em rios costeiros da Bahia (VARI, 1991). Um outro exemplo é representado pelo canivete *Apareiodon itapicuruensis*, cuja distribuição conhecida abrangia apenas as drenagens costeiras do Estado da Bahia (PAVANELLI, 1999), mas foi recentemente identificado em um afluente da margem esquerda do rio São Francisco, em seu curso sub-médio (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002). A piaba *Moenkhausia costae* também apresenta uma distribuição semelhante (cf. LIMA *et al.*, 2003). A piabinha *Compsura heterura* é um outro exemplo, pois possui ampla distribuição pela região Nordeste Médio-Oriental, bacia do rio São Francisco e rio Itapicuru, na Bahia (MALABARBA, 2003). Os registros de ocorrência da piaba *Piabina argentea* em riachos costeiros da Bahia, uma espécie endêmica da região composta pelos cursos superiores dos rios Paraná e São Francisco (VARI & HAROLD, 2001), e do curimatá *Prochilodus brevis*, reforçam esta hipótese de dispersão envolvendo as drenagens atlânticas do nordeste brasileiro ao sul do rio São Francisco e a bacia do rio São Francisco.

d.4) Espécies Ameaçadas

No relatório preliminar das espécies de peixes ameaçadas no Brasil, de ROSA & MENEZES (1996), figuram oito espécies encontradas na bacia do rio São Francisco: 1) *Brycon lundii* Reinhardt, 1874 [= *Brycon orthotaenia* Günther, 1864] (localidade-tipo "Rio das Velhas, Minas Gerais"); 2) *Characidium lagsantesis* Travassos, 1947 (localidade-tipo "Lagoa Santa, Município de Lagoa Santa, MG"); 3) *Characidium fasciatum* Reinhardt, 1866 (localidade-tipo "Córrego do Sumidouro, próximo à Lagoa Santa, Município de Lagoa Santa, MG"); 4) *Compsura heterura* Eigenmann, 1915 [localidade-tipo "Rio Itapicuru at Queimadas, Brazil" (rio Itapicuru, no Estado da Bahia)], com distribuição pelos rios Itapicuru e São

Francisco; 5) *Hemigrammus brevis* Ellis, 1911 (localidade-tipo "Barreiras, Penedo e Boqueirão, Rio São Francisco"); 6) *Hysteronotus megalostomus* Eigenmann, 1922, (localidade-tipo no "Rio das Velhas, MG"); 7) *Myleus altipinnis* (Valenciennes, 1849) (localidade-tipo "rio São Francisco"); 8) *Trachelyopterus leopardinus* (Borodin, 1927) (localidade-tipo "rio São Francisco"); 9) *Bagropsis reinhardti* Lütken, 1875 (localidade-tipo "rio da Velhas, MG"); 10) *Duopalatinus emarginatus* (Valenciennes, 1840) (localidade-tipo "rio São Francisco"); e 11) *Lophosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (localidade-tipo "Brasil"), endêmico da bacia do rio São Francisco. Destes, a pirapitinga *Brycon orthotaenia*, a piabinha *Compsura heterura*, a piabinha *Hemigrammus brevis*, o mandi-açu *Duopalatinus emarginatus* e o niquim *Lophosilurus alexandri* ocorrem na Área de Influência Indireta do empreendimento. As piabinhas *Compsura heterura* e *Hemigrammus brevis* parecem ter ampla distribuição pelas bacias da região Nordeste Médio-Oriental, não sendo, portanto, espécies ameaçadas.

Recentemente, a Fundação Biodiversitas e a Sociedade Brasileira de Zoologia, em colaboração com o IBAMA e apoio da Conservation International e do Instituto Terra Brasilis, produziu uma lista atualizada da fauna silvestre brasileira ameaçada de extinção (FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2002). Os seguintes peixes encontrados na bacia do rio São Francisco foram listados como sendo vulneráveis: a pirapitinga *Brycon nattereri*, o canivete *Characidium lagsantensis* Reinhardt, 1866, o bagrinho *Rhamdiopsis microcephala* (Lütken, 1874), o cascudo *Hemipsilichthys mutuca* Oliveira & Oyakawa, 1999, o pirá *Conorhynchos conirostris* (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1840), a cambeva *Trichomycterus itacarambiensis* Trajano & Pinna, 1996, e os peixes- anuais *Simpsonichthys fulminantis* (Costa & Brasil, 1993), *Simpsonichthys ghisolfii* Costa, Cyrino & Nielsen, 1996, *Simpsonichthys hellneri* (Berkenkamp, 1993), *Simpsonichthys magnificus* (Costa & Brasil, 1991), *Simpsonichthys similis* (Costa & Hellner, 1991) e *Simpsonichthys stellatus* (Costa & Brasil, 1994). Desta lista, apenas o pirá *Conorhynchos conirostris* pode ocorrer na Área de Influência Indireta do projeto. As demais espécies arroladas ocorrem apenas na porção superior da bacia do rio São Francisco.

Assim sendo, cinco espécies ocorrentes na região da bacia do rio São Francisco sob influência do empreendimento já foram citadas como espécies com algum nível de risco de extinção: a pirapitinga *Brycon orthotaenia*, a piabinha *Compsura heterura*, a piabinha *Hemigrammus brevis*, o mandi-açu *Duopalatinus emarginatus* e o niquim *Lophosilurus alexandri*. Dentre as demais encontradas na região, pode-se citar as seguintes como também sendo objeto de atenção conservacionista: o peixe-anual *Simpsonichthys flavicaudatus* (Costa & Brasil, 1990), o serrudo *Franciscodoras marmoratus* (Lütken, 1874), o peixe-sapo *Cephalosilurus fowleri* Haseman, 1911 e o cari-preto *Rhinelepis aspera* Spix & Agassiz, 1829.

Além disso, certamente boa parte das espécies lá ocorrentes sofreu uma depleção em suas populações, em razão do impacto determinado pelas pesadas ações antrópicas que incidiram e incidem no semi-árido brasileiro, além dos sucessivos barramentos no rio São Francisco.

d.5) Breve Caracterização Autoecológica das Espécies de Peixes Registradas

Uma síntese dos dados sobre reprodução, tipo de desova e alimentação dos peixes inventariados estão sumariados no Quadro 5.3.3.2-2.

QUADRO 5.3.3.2-2 – DADOS AUTOECOLÓGICOS DOS PEIXES DE ÁGUA DOCE DO CURSO SUB-MÉDIO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO A SER AFETADO PELO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL, BASEADOS EM OBSERVAÇÕES PESSOAIS E LITERATURA (LAMAS, 1993)

ESPÉCIE	AMBIENTE PREFERENCIAL	HÁBITO ALIMENTAR	MIGRAÇÃO REPRODUTIVA	TIPO DE DESOVA
<i>Acestrorhynchus britskii</i>	lêntico	CP	não	desconhecido
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Anchoviella vaillanti</i>	lêntico	OI	não	desconhecido
<i>Apareiodon hasemani</i>	lótico	DH	sim, obrigatória?	desconhecido
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	lótico	DH	sim, obrigatória?	múltipla
<i>Apareiodon itapicuruensis</i>	lótico?	DH	não?	múltipla?
<i>Apareiodon piracicabae</i>	lótico	DH	sim	desconhecido
<i>Aspidoras depinnai</i>	lótico	DH	não	desconhecido
<i>Astyanax bimaculatus</i>	lêntico/lótico	OI	sim, limitada	múltipla
<i>Astyanax fasciatus</i>	lêntico/lótico	OI	sim, limitada	múltipla
<i>Astronotus ocellatus</i> (*)	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Awaous tajasica</i>	lótico	OI	não	desconhecido
<i>Brycon nattereri</i>	lótico	OH	sim	única
<i>Brycon orthotaenia</i>	lótico	OH	sim	única
<i>Bryconamericus stramineus</i>	lêntico/lótico	OI	não	múltipla
<i>Bryconops sp. aff. B. affinis</i>	lótico	OI	desconhecida	desconhecido
<i>Callichthys callichthys</i>	lêntico	OI	não	desconhecido
<i>Cephalosilurus fowleri</i>	lótico	CP	desconhecida	desconhecido
<i>Characidium sp.</i>	lêntico?	OI	não	desconhecido
<i>Cichla monoculus</i> (*)	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Cichla ocellaris</i> (*)	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Cichlasoma sanctifranciscense</i>	lêntico	OI	não	múltipla?
<i>Conorhynchus conirostris</i>	lótico	OI	não	única
<i>Cyphocharax gilbert</i>	lêntico/lótico	IL	não	múltipla
<i>Cyprinus carpio</i>	lêntico	IL	não	múltipla
<i>Curimatella lepidura</i>	lêntico/lótico	IL	sim, facultativa	única
<i>Duopalatinus emarginatus</i>	lótico	CP	desconhecida	desconhecido
<i>Eigenmannia virescens</i>	lótico	OI	não	desconhecido
<i>Franciscodoras marmoratus</i>	lêntico/lótico	OI	não	desconhecido
<i>Galeocharax gulo</i>	lótico	CP	sim, facultativa	múltipla

ESPÉCIE	AMBIENTE PREFERENCIAL	HÁBITO ALIMENTAR	MIGRAÇÃO REPRODUTIVA	TIPO DE DESOVA
<i>Geophagus brasiliensis</i>	lêntico	OI	não	múltipla
<i>Gymnotus carapo</i>	lêntico/lótico	OI	não	múltipla
<i>Hemigrammus marginatus</i>	lêntico/lótico	OI	não	desconhecido
<i>Hemigrammus brevis</i>	lêntico/lótico	OI	não	desconhecido
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Hoplias malabaricus</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Hoplias sp. aff. H. lacerdae</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Hypostomus sp.</i>	lêntico/lótico	DH	não	desconhecido
<i>Lebistes reticulatus</i> (*)	lêntico	DH	não	múltipla
<i>Leporellus vittatus</i>	lótico	OI	não	desconhecido
<i>Leporinus "elongatus"</i> (*)	lótico	OH	sim, facultativa?	única
<i>Leporinus melanopleura</i>	lótico	OI	desconhecida	desconhecido
<i>Leporinus piau</i>	lêntico	OH	não	única
<i>Leporinus reinhardti</i>	lótico	OH	sim, facultativa?	única
<i>Leporinus taeniatus</i>	lótico	OI	sim, obrigatória	única
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	lêntico/lótico	CP	não	múltipla
<i>Moenkhausia costae</i>	lótico	OI	não	desconhecido
<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>	lêntico/lótico	OI	não	desconhecido
<i>Myleus micans</i>	lêntico/lótico	OH	não	desconhecido
<i>Oreochromis niloticus</i> (*)	lêntico	DH	não	múltipla
<i>Orthospinus franciscensis</i>	lêntico/lótico	OI	não?	?
<i>Pachyrurus francisci</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Pachyrurus squamipinnis</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Pamphorichthys hollandi</i>	lêntico	DH	não	múltipla
<i>Parodon nasus</i>	lótico	DH	não	múltipla
<i>Phenacogaster franciscoensis</i>	lêntico/lótico	OI	não	desconhecido
<i>Piabina argentea</i>	lêntico/lótico	OI	sim, limitada	desconhecido
<i>Pimelodus maculatus</i>	lótico	CP	sim, facultativa	múltipla/única
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Poecilia vivipara</i> (*)	lêntico	DH	não	múltipla
<i>Prochilodus argenteus</i>	lótico	IL	sim, obrigatória	única
<i>Prochilodus brevis</i>	lêntico	IL	sim, limitada	desconhecido
<i>Prochilodus costatus</i>	lótico	IL	sim, obrigatória	única
<i>Psellogrammus kennedyi</i>	lêntico e lótico	OI	não	desconhecido
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	lótico	CP	sim, obrigatória	única
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i>	lótico	DH	não	desconhecido
<i>Pygocentrus piraya</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Rhamdia quelen</i>	lêntico/lótico	CP	não	múltipla
<i>Rhinelepis aspera</i>	lótico	DH	sim, obrigatória	única
<i>Roeboides xenodon</i>	lótico	LI	não	múltipla?
<i>Salminus hilarii</i>	lótico	CP	sim, obrigatória?	única
<i>Schizodon knerii</i>	lêntico/lótico	OI	não	múltipla
<i>Serrapinnus heterodon</i>	lêntico/lótico	OI	sim, limitada	desconhecido
<i>Serrapinnus piaba</i>	lêntico/lótico	OI	sim, limitada	desconhecido
<i>Serrasalmus brandtii</i>	lêntico	CP	não	múltipla
<i>Simpsonichthys flavicaudatus</i>	lêntico	OI	não	única

ESPÉCIE	AMBIENTE PREFERENCIAL	HÁBITO ALIMENTAR	MIGRAÇÃO REPRODUTIVA	TIPO DE DESOVA
<i>Steindachnerina elegans</i>	lêntico/lótico	IL	sim, limitada	desconhecido
<i>Sternopygus macrurus</i>	lêntico/lótico	CI	não	desconhecido
<i>Synbranchus marmoratus</i>	lêntico/lótico	CP	não	desconhecido
<i>Tetragonopterus chalceus</i>	lêntico/lótico	CI	não	desconhecido
<i>Tilapia rendalli</i> (*)	lêntico	DH	não	múltipla
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	lêntico e lótico	CI	não	Múltipla?
<i>Triportheus guentheri</i>	lêntico e lótico	CI	sim, limitada	desconhecido

Abreviações: CI- carnívora insetívora; CP- carnívora piscívora; DH- detritívora herbívora; IL- iliófaga; LI- lepidófaga insetívora; OH- onívora herbívora; OI-onívora insetívora.

(*) Espécie introduzida.

e) Conclusões Gerais

A área de estudo da bacia do rio São Francisco corresponde à sua porção sub-média (*sensu* INSTITUTO XINGÓ, 2003), incluindo o canal principal do rio e seus afluentes da margem esquerda. Considerando o regime hidrográfico dominante e a composição ictiofaunística associada, é possível se discriminar duas regiões dentro da área estudada da bacia do São Francisco: aquela que abrange o canal do próprio rio São Francisco e as porções inferiores de seus afluentes, de regime perene; e aquela composta pelas drenagens afluentes da margem esquerda do rio, de regime intermitente nas suas partes superiores.

Conforme caracterizado neste relatório, o canal principal do rio São Francisco no seu trecho sub-médio teve sua composição ictiofaunística, tanto qualitativamente como quantitativamente, bastante alterada, principalmente devido a fragmentação do rio, pela implantação de usinas hidrelétricas. Como conseqüência, predominam neste trecho do rio São Francisco as espécies de peixes rústicas que já vivem naturalmente em ambientes lênticos ou que tinham uma pré-diposição a se adaptarem as condições lacustres, como a manjuba *Curimatella lepidura*, a traíra *Hoplias malabaricus*, o piau-gordura *Leporinus piau*, o lambari-do-rabo-amarelo *Astyanax bimaculatus*, O pacu *Myleus micans*, a piranha *Pygocentrus piraya*, a pirambeba *Serrasalmus brandtii*, o peixe-cachorro *Acestrorhynchus lacustris*, a corvina *Pachyrurus squamipinnis*, e o apaiari *Astronotus ocellatus*, os tucunarés *Cichla monoculus* e *Cichla ocellaris*, e as filápias *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*.

Estas espécies também foram registradas por OLIVEIRA *et al.* (2003), com aquelas predominantes no reservatório de Sobradinho, situado a montante do ponto de captação do Eixo Norte. No baixo curso do rio São Francisco, da mesma forma, destacam-se espécies com preferências por ambientes lênticos (INSTITUTO XINGÓ, 2003). Este fenômeno é também apontado pela diminuição ou desaparecimento do Baixo São Francisco de peixes realizadores de piracema: o aragu *Steindachnerina elegans*, o dourado *Salminus brasiliensis*, o mandi

Pimelodus maculatus, o pirá *Conorhynchos conirostris*, o surubim *Pseudoplatystoma corruscans* e o xira *Prochilodus argenteus* (INSTITUTO XINGÓ, *op. cit.*). A diminuição de ambientes de corredeiras também, por conseguinte, ocasionou a redução de peixes reofílicos, como os cascudos e bagres, como ilustrado pelo pequeno percentual de peixes siluriformes reportado na região. Em adição, a introdução de espécies oriundas de outras regiões, e altamente resistentes, como o tucunaré *Cichla ocellaris* e as tilápias *Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*, competem com as espécies nativas e causam a depleção de suas populações.

A região drenada pelos afluentes da margem esquerda da porção submédia do rio São Francisco também se inclui no Semi-Árido Nordestino, fazendo parte, portanto, do conjunto de habitats aquáticos mais alterados do país, conforme foi descrito em detalhe no item 5.4.3.2, que trata da ictiofauna das bacias receptoras do Projeto. Esta região, já sujeita à aridez climática e falta de água, teve e tem seus ambientes aquáticos drasticamente alterados por intensa intervenção humana em tempos recentes: 1) os programas de "peixamento", através dos quais são sistematicamente introduzidas diversas espécies de peixes alóctones e exóticas resistentes às condições locais, as quais competem e diminuem as populações de espécies de peixes nativos; 2) a "açudagem", que transforma enormes extensões de ambientes lóticos em ambientes predominantemente lênticos, ambientes estes que selecionam as espécies de peixes pré-adaptadas às condições lacustres, eliminando especialmente as espécies migradoras e reofílicas; 3) "o tinguijamento", através do qual exterminou-se as espécies ditas daninhas (piranhas e pirambebas), mas que certamente também acabou por deplecionar toda a diversidade ictiofaunística da região. Além disso, adiciona-se o desmatamento da vegetação ciliar dos rios. A eliminação ou redução desta vegetação ocasiona sérios prejuízos às espécies dependentes de matéria orgânica alóctone como frutas, sementes e insetos (CASTRO & ARCIFA, 1987), assim como fragiliza espécies juvenis e forrageiras que a utilizam como abrigo e local de reprodução (CASTRO & CASATTI, 1997; COMASE, 1994).

Com conseqüências das modificações ambientais acima mencionadas, a ictiofauna da região drenada pelos afluentes da margem esquerda da porção submédia do rio São Francisco, é considerada pobre e pouco diversificada. Parte das espécies usualmente registradas nos açudes da região é representada por populações formadas por indivíduos nativos do rio São Francisco (ou das partes mais baixas de seus sub-sistemas) que aí conseguem chegar durante a época de chuvas mais volumosas e que são melhor adaptadas a se manterem nestes ambientes lênticos; como notado acima, também freqüentemente são encontradas espécies introduzidas. No estudo realizado para o Projeto Sertão de Pernambuco (SETE SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAL LTDA., 2002), foram coletados 816 espécimes, pertencentes a 11 famílias e 22 espécies. Segundo MENEZES (1996),

estima-se que existam cerca de 170 espécies na bacia do rio São Francisco. Considerando a extensão da área inventariada, o esforço de coleta empreendido e o fato que durante a viagem de campo tentou se explorar o maior número possível de ambientes (tendo sido amostradas localidades com hierarquias fluviais variando de 1a. a 5a. ordem), a diversidade e abundância ictiofaunística do local podem ser classificada como muito pobre. Um outro indicativo do estado precário de conservação da ictiofauna estudada é a baixa percentagem de peixes siluriformes (bagres, cascudos), tanto em número de espécies (4,5%), como em biomassa. Usualmente em bacias hidrográficas sulamericanas de porte comparável àquelas estudadas, os siluriformes correspondem a uma proporção considerável da diversidade ictiofaunística, geralmente dividindo com os caraciformes (lambaris, pias) os valores mais elevados. Este baixo valor deve refletir a marcante modificação da condição lótica original, onde os siluriformes predominam, para as condições lacustres atuais. O regime lêntico dos corpos d'águas é determinante na seleção da sua ictiofauna, proporcionando a proliferação das espécies que vivem naturalmente em ambientes com esta dinâmica hidrológica, como é o caso do curimatá *Prochilodus brevis*, das manjubas *Curimatella lepidura* e *Steindachnerina elegans*, do piau-gordura *Leporinus piau*, da pirambeba *Serrasalmus brandtii*, da piranha *Pygocentrus pyraia*, das tilápias *Astronotus ocellatus* e *Oreochromis niloticus*, e dos acarás *Cichlasoma sanctifranciscense* e *Geophagus brasiliensis*. Os ambientes lênticos também são particularmente valiosos para espécies que se alimentam de matéria orgânica finamente particulada, ditas iliófagas, como o curimatá *Prochilodus brevis* e as manjubas *Curimatella lepidura* e *Steindachnerina elegans*. Com relação às características reprodutivas, também proliferam nestes ambientes aquelas espécies que não realizam grandes deslocamentos na época reprodutiva e que desovam várias vezes ao longo do ano, como parece ser o caso da maioria das espécies inventariadas (Quadro 5.3.3.2-2). O cuidado parental, identificado em 8 (oito) das 22 espécies (acarás, tilápias, pirambebas, piranhas e traíras - Quadro 5.3.3.2-2), é uma importante peculiaridade para assegurar a sobrevivência da prole nas condições hostis daqueles ambientes.

f) Relação das Coleções Ictiológicas dos Museus Estudadas

Relação dos peixes de água doce da bacia do rio São Francisco depositados no Laboratório de Ictiologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (LIRP), coletados por ocasião do Projeto Sertão de Pernambuco.

***Apareiodon itapicuruensis*: LIRP 3756**, 1 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila

Santa Fé (08°04'59.6"S 40°13'06.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

Astronotus ocellatus: LIRP 3735, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

Astyanax bimaculatus: LIRP 3730, 10 ex., Estado de Pernambuco, açude (Lagoa do Catolé) em afluente sem nome da margem direita do riacho Novo (formador do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco) no lado esquerdo da rodovia BR-122, trecho entre Bodocó e Moreilândia (neste sentido), e a aproximadamente 40,5 km da localidade de Timorante e 23,1 km da estrada para Moreilândia (07°38'13.5"S 39°35'02.3"W), 18/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3732**, 2 ex., Estado de Pernambuco, açude ("tanque") no riacho Alecrim (afl. da margem direita do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco) junto ao lado esquerdo da rodovia BR-122, no trecho entre Bodocó e a localidade de Timorante (07°42'03.9"S 39°48'59.8"W), 19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3742**, 8 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3737**, 25 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho sem nome afluente do riacho Salgueiro (afl. da margem direita do riacho do Cedro, afl. da margem direita do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco) que cruza a rodovia PE-507, sob a ponte, entre Moreilândia e Serrita (07°46'40.2"S 39°30'25.7"W), 19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3749**, 1 ex., Estado de Pernambuco, pequeno açude (trecho barrado de riacho) em afluente sem nome da margem esquerda do riacho Novo (afl. da margem direita do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), em propriedade particular junto ao lado direito da rodovia PE-630 (trecho não pavimentado), sentido Trindade-Santa Filomena, aproximadamente a 33,3 km de Trindade (07°56'16.5"S 40°23'56.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3754**, 67 ex., Estado de Pernambuco, lagoa do Desterro, no riacho do Mel (formador do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São

Francisco), no lado direito da rodovia PE-630 (trecho não pavimentado), no sentido Trindade-Santa Filomena, aproximadamente 26,2 km de Trindade ($07^{\circ}53'14.6''S$ $40^{\circ}22'08.8''W$), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3758**, 16 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé ($08^{\circ}04'59.6''S$ $40^{\circ}13'06.4''W$), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3763**, 2 ex., Estado de Pernambuco, açude no riacho do Caboclo (formador do riacho Alegre, afl. da margem esquerda do riacho das Garças, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri (e neste sentido), aproximadamente 42,4 km antes de Ouricuri ($08^{\circ}12'23.2''S$ $40^{\circ}15'22.9''W$), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3764**, 30 ex., Estado de Pernambuco, açude no riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri (neste sentido), aproximadamente 26,8 km antes de Ouricuri ($08^{\circ}05'15.4''S$ $40^{\circ}13'13.2''W$), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3770**, 4 ex., Estado de Pernambuco, lagoa (área alagada) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado direito da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, um pouco adiante a partir da entrada para a localidade de Lagoa de Fora ($08^{\circ}31'49.5''S$ $40^{\circ}26'41.1''W$), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3772**, 13 ex., Estado de Pernambuco, açude (trecho de riacho remanescente barrado) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, próximo à entrada para Lagoa ($08^{\circ}30'56.2''S$ $40^{\circ}25'21.5''W$), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3773**, 19 ex., Estado de Pernambuco, açude ("tanque") no riacho Medubim (afl. da margem esquerda do riacho Poço da Prensa, afl. da margem direita do riacho São Bento, formador do riacho do Pontal, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, pouco antes da localidade de Vila Nova ($08^{\circ}30'26.2''S$ $40^{\circ}38'48.3''W$), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3775**, 5 ex., Estado de Pernambuco, açude ("tanque") em riacho sem nome afl. da margem esquerda do riacho Melancia (afl. da margem direita do riacho do Dormente, afl. da margem direita do riacho do Pontal, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto à margem esquerda da rodovia PE-635, próximo ao km 17 no sentido Afrânio-Dormentes, na propriedade do Sr. José Rafael ($08^{\circ}28'00.0''S$ $40^{\circ}53'33.0''W$), 14-15/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3777**, 25 ex., Estado de Pernambuco, açude em riacho sem nome afluente do riacho do Dormente (formador do riacho do Pontal, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia PE-635

(trecho não pavimentado), sentido Dormentes-Lagoa, cerca de 3,8 km após a saída de Dormentes (08°27'31.6"S 40°43'54.4"W), 15/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3779**, 21 ex., Estado de Pernambuco, açudes ("tanques") no riacho Melancia (afl. da margem direita do riacho do Dormente, afl. da margem direita do riacho do Pontal, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia PE-635, próximo ao km 14 no sentido Afrânio-Dormentes, ca. de 7.6 km de Caboclo (08°28'06.0"S 40°53'15.0"W), 14-15/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3782**, 1 ex., Estado de Pernambuco, reservatório na barragem do Lócio (ou barragem Santa Luzia) em afluente sem nome da margem esquerda do riacho Caracuí (afl. da margem direita do riacho Gravatá, afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia BR-122, entre Ouricuri e Bodocó e neste sentido, a aproximadamente 16,2 km da saída de Ouricuri (07°47'46.9"S 39°57'26.5"W), 18/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 4011**, 2 ex., Estado de Pernambuco, município de Trindade, riacho da Conceição (afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), entre Santa Filomena e Trindade, ca. de 6 km antes de Barra de São Pedro (07°51'27"S 40°22'47"W), 03/vi/2002, col. Rezende, S. G.

***Astyanax fasciatus*: LIRP 3747**, 173 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3761**, 21 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé (08°04'59.6"S 40°13'06.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Characidium sp.*: LIRP 3733**, 8 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho sem nome afluente do riacho Salgueiro (afl. da margem direita do riacho do Cedro, afl. da margem direita do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco) que cruza a rodovia PE-507, sob a ponte, entre Moreilândia e Serrita (07°46'40.2"S 39°30'25.7"W), 19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3741**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da

Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó ($07^{\circ}52'22.3''S$ $39^{\circ}56'17.6''W$), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Cichlasoma sanctifranciscense*: LIRP 3760**, 35 ex., Estado de Pernambuco, açude no riacho do Caboclo (formador do riacho Alegre, afl. da margem esquerda do riacho das Garças, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri (e neste sentido), aproximadamente 42,4 km antes de Ouricuri ($08^{\circ}12'23.2''S$ $40^{\circ}15'22.9''W$), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Curimatella lepidura*: LIRP 3743**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó ($07^{\circ}52'22.3''S$ $39^{\circ}56'17.6''W$), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3759**, 31 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé ($08^{\circ}04'59.6''S$ $40^{\circ}13'06.4''W$), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3767**, 10 ex., Estado de Pernambuco, açude (trecho de riacho remanescente barrado) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, próximo à entrada para Lagoa ($08^{\circ}30'56.2''S$ $40^{\circ}25'21.5''W$), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Geophagus brasiliensis*: LIRP 4014**, 1 ex., Estado de Pernambuco, município de Trindade, riacho da Conceição (afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), entre Santa Filomena e Trindade, ca. de 6 km antes de Barra de São Pedro ($07^{\circ}51'27''S$ $40^{\circ}22'47''W$), 03/vi/2002, col. Rezende, S. G.

***Hoplias malabaricus*: LIRP 3731**, 3 ex., Estado de Pernambuco, açude (Lagoa do Catolé) em afluente sem nome da margem direita do riacho Novo (formador do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco) no lado esquerdo da rodovia BR-122, trecho entre Bodocó e Moreilândia (neste sentido), e a aproximadamente 40,5 km da localidade de Timorante e 23,1 km da estrada para Moreilândia ($07^{\circ}38'13.5''S$ $39^{\circ}35'02.3''W$), 18/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3736**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da

Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3748**, 2 ex., Estado de Pernambuco, pequeno açude (trecho barrado de riacho) em afluente sem nome da margem esquerda do riacho Novo (afl. da margem direita do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), em propriedade particular junto ao lado direito da rodovia PE-630 (trecho não pavimentado), sentido Trindade-Santa Filomena, aproximadamente a 33,3 km de Trindade (07°56'16.5"S 40°23'56.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3762**, 3 ex., Estado de Pernambuco, açude no riacho do Caboclo (formador do riacho Alegre, afl. da margem esquerda do riacho das Garças, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri (e neste sentido), aproximadamente 42,4 km antes de Ouricuri (08°12'23.2"S 40°15'22.9"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3769**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude (trecho de riacho remanescente barrado) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, próximo à entrada para Lagoa (08°30'56.2"S 40°25'21.5"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3778**, 2 ex., Estado de Pernambuco, açudes ("tanques") no riacho Melancia (afl. da margem direita do riacho do Dormente, afl. da margem direita do riacho do Pontal, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado esquerdo da rodovia PE-635, próximo ao km 14 no sentido Afrânio-Dormentes, ca. de 7.6 km de Caboclo (08°28'06.0"S 40°53'15.0"W), 14-15/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

Hypostomus sp.: **LIRP 3734**, 5 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3757**, 31 ex., trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé (08°04'59.6"S 40°13'06.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 4012**, 6 ex., Estado de Pernambuco, município de Trindade, riacho da Conceição (afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), entre Santa Filomena e Trindade, ca. de 6 km antes de Barra de São Pedro (07°51'27"S 40°22'47"W), 03/vi/2002, col. Rezende, S. G.

***Lebistes reticulatus*: LIRP 3766**, 56 ex., Estado de Pernambuco, poça em trecho praticamente seco de riacho do Gentio (afl. da margem direita do riacho Alegre, afl. da margem esquerda do riacho das Garças, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), cruzando a rodovia BR-122, lado direito da estrada no sentido Santa Cruz-Ouricuri, cerca de 900 m após a entrada para Santa Cruz (08°14'30.8"S 40°19'20.2"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Leporinus piau*: LIRP 3738**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Moenkhausia costae*: LIRP 3745**, 6 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3752**, 3 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé (08°04'59.6"S 40°13'06.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3771**, 2 ex., Estado de Pernambuco, açude (trecho de riacho remanescente barrado) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, próximo à entrada para Lagoa (08°30'56.2"S 40°25'21.5"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Oreochromis niloticus*: LIRP 3765**, 1 ex., Estado de Pernambuco, poça em trecho praticamente seco de riacho do Gentio (afl. da margem direita do riacho Alegre, afl. da margem esquerda do riacho das Garças, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), cruzando a rodovia BR-122, lado direito da estrada no sentido Santa Cruz-Ouricuri, cerca de 900 m após a entrada para Santa Cruz (08°14'30.8"S 40°19'20.2"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 4013**, 6 ex., Estado de Pernambuco, município de Trindade, riacho da Conceição (afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), entre Santa Filomena e Trindade, ca. de 6 km antes de Barra de São Pedro (07°51'27"S 40°22'47"W), 03/vi/2002, col. Rezende, S. G.

***Orthospinus franciscensis*: LIRP 3746**, 4 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Piabina argentea*: LIRP 4015**, 1 ex., Estado de Pernambuco, município de Trindade, riacho da Conceição (afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), entre Santa Filomena e Trindade, ca. de 6 km antes de Barra de São Pedro (07°51'27"S 40°22'47"W), 03/vi/2002, col. Rezende, S. G.

***Prochilodus brevis*: LIRP 3781**, 1 ex., Estado de Pernambuco, poça em trecho praticamente seco de riacho do Gentio (afl. da margem direita do riacho Alegre, afl. da margem esquerda do riacho das Garças, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), cruzando a rodovia BR-122, lado direito da estrada no sentido Santa Cruz-Ouricuri, cerca de 900 m após a entrada para Santa Cruz (08°14'30.8"S 40°19'20.2"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 4010**, 1 ex., Estado de Pernambuco, município de Trindade, riacho da Conceição (afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), entre Santa Filomena e Trindade, ca. de 6 km antes de Barra de São Pedro (07°51'27"S 40°22'47"W), 03/vi/2002, col. Rezende, S. G.

***Pygocentrus piraya*: LIRP 3740**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

***Serrapinnus heterodon*: LIRP 3744**, 1 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3755**, 38 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé (08°04'59.6"S 40°13'06.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; &

Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3753**, 76 ex., Estado de Pernambuco, lagoa do Desterro, no riacho do Mel (formador do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado direito da rodovia PE-630 (trecho não pavimentado), no sentido Trindade-Santa Filomena, aproximadamente 26,2 km de Trindade (07°53'14.6"S 40°22'08.8"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3774**, 3 ex., Estado de Pernambuco, lagoa (área alagada) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto ao lado direito da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, um pouco adiante a partir da entrada para a localidade de Lagoa de Fora (08°31'49.5"S 40°26'41.1"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

Serrapinnus piaba: **LIRP 3750**, 3 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3776**, 15 ex., Estado de Pernambuco, açude ("tanque") em riacho sem nome afl. da margem esquerda do riacho Melancia (afl. da margem direita do riacho do Dormente, afl. da margem direita do riacho do Pontal, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto à margem esquerda da rodovia PE-635, próximo ao km 17 no sentido Afrânio-Dormentes, na propriedade do Sr. José Rafael (08°28'00.0"S 40°53'33.0"W), 14-15/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

Serrasalmus brandtii: **LIRP 3739**, 5 ex., Estado de Pernambuco, açude do Porco no riacho Gravatá (afl. do riacho da Volta, afl. do riacho da Brígida, afl. da margem esquerda do riacho São Pedro, afl. da margem esquerda do rio São Francisco), junto às instalações da Codesa, no lado esquerdo (km 10) de estrada iniciando 3,1 km antes da chegada em Bodocó, no trecho ente Ouricuri e Bodocó (07°52'22.3"S 39°56'17.6"W), 18-19/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.

Steindachnerina elegans: **LIRP 3751**, 1 ex., Estado de Pernambuco, trecho remanescente de riacho afluente do riacho São Pedro (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), onde cruza a rodovia BR-122, no trecho entre Santa Cruz e Ouricuri, aproximadamente 58,5 km antes de Ouricuri, próximo ao loteamento Vila Santa Fé (08°04'59.6"S 40°13'06.4"W), 17/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.; **LIRP 3768**, 2 ex., Estado de Pernambuco, açude (trecho de riacho remanescente barrado) no riacho das Garças (afl. da margem esquerda do rio São Francisco), no lado esquerdo da rodovia PE-635 (trecho não pavimentado), no sentido Dormentes-Lagoa, próximo à entrada para Lagoa (08°30'56.2"S 40°25'21.5"W), 16/vii/2002, col. Campos-da-Paz, R.; & Landim, M. I. P. F.