

PROJETO ÁRIDAS

Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste



GT II - RECURSOS HÍDRICOS

2.0 - RECURSOS HÍDRICOS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Vicente P. P. B. Vieira

Coordenação Geral:

COORDENAÇÃO DA
PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

711.2: 63:504 (213.504)

NOBRE P - ARIDA

V.1 N.1



Ministério da
Integração Nacional



PROJETO ÁRIDAS



Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste



GT II - RECURSOS HÍDRICOS

**2.0 - RECURSOS HÍDRICOS E O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO**

Vicente P. P. B. Vieira

Versão Preliminar, sujeita à revisão.
Circulação Restrita aos participantes
do Projeto ARIDAS



PROJETO ÁRIDAS



Um esforço colaborativo dos Governos Federal, Estaduais e de Entidades Não-Governamentais, comprometidos com os objetivos do desenvolvimento sustentável no Nordeste.

O ARIDAS conta com o apoio financeiro de Entidades Federais e dos Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia, particularmente através de recursos do segmento de Estudos do Programa de Apoio ao Governo Federal.

A execução do ARIDAS se dá no contexto da cooperação técnica e institucional entre o Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura-IICA e os Estados, no âmbito do PAPP.

ORGANIZAÇÃO

Coordenação Geral: **Antônio Rocha Magalhães**
Coordenador Técnico: **Ricardo R. Lima**

GTI - RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE

Coordenador: **Vicente P. P. B. Vieira**

GT - II - RECURSOS HÍDRICOS

Coordenador: **Vicente P. P. B. Vieira**

GT III - DESENVOLVIMENTO HUMANO E SOCIAL

Coordenador: **Amenair Moreira Silva**

GT IV - ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO REGIONAL E AGRICULTURA DE SEQUEIRO

Coordenador: **Charles Curt Meller**

GT V - ECONOMIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Coordenador: **Antônio Nilson Craveiro Holanda**

GT VI - POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO E MODELO DE GESTÃO

Coordenador: **Sérgio Cavalcante Buarque**

GT VII - INTEGRAÇÃO COM A SOCIEDADE

Coordenador: **Eduardo Bezerra Neto**

Cooperação Técnica-Institucional IICA: **Carlos L. Miranda** (Coordenador)

COORDENAÇÃO GERAL:

Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação
da Presidência da República
Seplan-PR - Esplanada dos Ministérios - Bloco K - sala 849
Telefones: (061) 215-4132 e 215-4112
Fax: (061) 225-4032



PROJETO ÁRIDAS



COLEGIADO DIRETOR

Presidente: Secretário-Executivo da Seplan-PR

Secretário: Coordenador Geral do ARIDAS

Membros:

Secretários-Executivos dos Ministérios do Meio ambiente e Amazônia Legal, da Educação e Desportos e da Saúde;

Secretário de planejamento e Avaliação da Seplan-PR;

Secretário de Planejamento do Ministério da Ciência e Tecnologia;

Secretário de Irrigação do Ministério da Integração Regional;

Superintendente da Sudene;

Presidente do Banco do Nordeste do Brasil;

Presidente da Embrapa;

Presidente do IBGE;

presidente do Ibama;

Presidente da Codefasv;

Diretor Geral dos Dnocs;

Presidente do Ipea;

Representante da Fundação Esquel Brasil (Organização Não Governamental)

CONSELHO REGIONAL

Membros:

Secretários de Planejamento dos Estados participantes do ARIDAS;

Suplentes: Coordenadores das Unidades Técnicas do PAPP;

Coordenador geral do Aridas;

Representante da Seplan-PR;

Representante da Sudene;

Representante do BNB;

Representante do Ipea;

Representante da Embrapa;

Representante do Codevasf;

Representante da Secretaria de Irrigação do Ministério da Integração Regional;

COMITÊ TÉCNICO

Presidente: Coordenador Geral do aridas;

Membros:

Coordenadores de GT Regionais;

Coordenadores Estaduais;

Representante da Seplan-PR;

Representante da Sudene;

Representante da Embrapa;

Representante do IBGE;

Representante do Codevasf;

Representante da Secretaria de Irrigação/MIR;

Representante do DNAEE;

Representante do Dnocs;

Representante do IICA





INTRODUÇÃO

A consciência da necessidade de uma gestão integrada de recursos hídricos vem se consolidando, no mundo todo, a partir da década de 1960. E essa gestão integrada assume vários aspectos e envolve conotações diversas: *integrada* no sentido de envolver todas as fases do ciclo hidrológico – superficial, subterrânea e aérea; *integrada* quanto aos usos e finalidades múltiplas; *integrada* no que diz respeito ao inter-relacionamento dos sistemas hídricos com os demais recursos naturais e ecossistemas; *integrada* em termos de co-participação entre gestores e usuários no planejamento e administração dos recursos hídricos; *integrada* aos objetivos gerais da sociedade, de desenvolvimento sócio-econômico e preservação ambiental.

A partir de discussões, simpósios e conferências internacionais, alguns princípios e critérios de gestão hídrica estão se estabelecendo, ao longo dos anos, com o apoio consensual de técnicos, cientistas e administradores. Eis alguns deles, considerados fundamentais (Granziera, 1993):

1. A água é um recurso natural limitado, essencial à vida e ao desenvolvimento. Esse princípio foi expressamente declarado na Carta Européia da Água (Conselho da Europa, França, 1968) e reiterado na Declaração de Dublin, Irlanda, em 1992, pelas Nações Unidas.
2. Os usos múltiplos da água devem ser considerados no processo de planejamento. Esse princípio consta das recomendações da Conferência da Água de Mar del Plata, realizada em 1977, pelas Nações Unidas.
3. A bacia hidrográfica é a unidade básica de gestão hídrica. Neste sentido se pronunciaram expressamente a Carta Européia da Água, já referida, bem como a Conferência de Caracas, promovida pela Associação Internacional de direito da Água, em 1976.
4. A água é um bem de valor econômico, passível de cobrança pelo seu uso. Recomendação alusiva foi feita pela Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio, em 1992.

Na América Latina, a administração da água, em geral, está dividida, dentro de cada país, em um grande número de instituições, havendo diferentes graus de centralização. Segundo estudos da CEPAL (La Administración de los Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe, 1992), registram-se as seguintes tendências:

- privatização ou municipalização de muitas atividades relacionadas com o uso da água;
- a administração do governo central reserva para si a responsabilidade de outorgar concessões;
- adoção de mecanismos institucionais gerais baseados no conceito de gestão integrada de recursos hídricos.



No Brasil iniciou-se, efetivamente, em 1982, com a realização de um Seminário Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, promovido pelo DNAEE, a busca de um sistema integrado de gestão de águas para todo o país, culminando, em 1988, com a introdução de um dispositivo na Constituição Federal – art. 21, item XIX – que atribui à União competência para “instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso”.

A regulamentação desses preceito constitucional, proposta pelo Governo Federal, através do Projeto de Lei nº 2.249/91, ora em tramitação no Congresso Nacional, incorporou todos aqueles princípios básicos universalmente aceitos, além de considerar as peculiaridades de um Estado federativo e de dimensões continentais, como é o caso brasileiro. Assim, foram explicitamente introduzidos, no Projeto de Lei, os seguintes princípios e critérios:

- o acesso aos recursos hídricos como direito de todos;
- a distribuição da disponibilidade de água obedecendo a critérios econômicos, sociais e ambientais;
- o estímulo ao uso múltiplo e planejado da água;
- a manutenção do padrão de qualidade, para todos os usos e usuários;
- a prevenção ou eliminação dos efeitos adversos provenientes de eventos críticos;
- a cobrança pela utilização dos recursos hídricos;
- rateio de custo das obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos;
- respeito às diversidades e peculiaridades físicas, hidrológicas, sociais, econômicas, culturais e políticas, regionais e locais;
- adoção da bacia hidrográfica como base das ações regionais;
- descentralização administrativa e participação das comunidades envolvidas nos processos decisórios.

Reconhece-se, enfim, no País, que a “administração integrada dos recursos hídricos requer uma clara definição das políticas setoriais, bem como o estabelecimento e organização de um modelo institucional que permita a orientação e definição dos papéis a serem exercícios pelos vários atores intervenientes, nos níveis federal, estadual, municipal, privado e internacional” (Benevides *et al.*, 1994).

É oportuno observar que as Constituições Estaduais, promulgadas em 1989, refletiram, naturalmente, a mesma sensibilidade em relação aos recursos hídricos que a Constituição Federal, contemplando, em seus preceitos, artigos e até capítulos, direta ou indiretamente ligados a problemática da água, seus usos e prioridades, sua participação nos recursos naturais e meio ambiente, suas especificidades locais. Alguns Estados se adiantaram à regulamentação federal e já instituíram os seus sistemas estaduais de gerencia-

mento, com políticas próprias, e até aprovaram seus primeiros Planos Estaduais de Recursos Hídricos. Para citar dois exemplos, São Paulo e Ceará através da promulgação, respectivamente, das leis 7.663 de 30/12/91 e 11.996/92 de 24/07/92, institucionalizaram o sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo e o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará.

A Região Nordeste, como é sabido por todos, é uma região-problema, notadamente no que diz respeito à relativa escassez de recursos naturais e, em especial, à variabilidade climática predominante e à irregularíssima distribuição geográfico-temporal de seus recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Eis as principais características do Nordeste Semi-Árido, em relação ao recurso água:

- rios intermitentes;
- secas periódicas e cheias freqüentes;
- uso predominante da água para abastecimento humano e agropecuário;
- águas subterrâneas limitadas, em razão da formação cristalina que abrange cerca de 70% do Semi-Árido;
- precipitação e escoamento superficial pequenos se comparados ao restante do País, enquanto no Brasil como um todo, o escoamento específico é de 21 l/s/km², no NE é de apenas 4 l/s/km² (Barth, 1987);
- a eficiência hidrológica dos reservatórios é extremamente baixa, em função das altas taxas de evaporação; a disponibilidade efetiva anual, oriunda de reservatórios, e de cerca de 1/5 de sua capacidade de acumulação;
- conflitos de domínio, entre União e Estados, em trechos de rios perenizados por reservatórios públicos;
- necessidade de uso conjunto de águas superficiais e subterrâneas, nos aluviões que se estendem ao longo de rios providos de reservatórios de montante;
- a existência de uma ampla, embora insuficiente, infra-estrutura hídrica construída ao longo dos anos, com reservatórios de todos os tamanhos, públicos e privados, e poços perfurados no sedimento e no cristalino, apresentando problemas de segurança, manutenção e operação.

Essas e outras peculiaridades vêm sendo sistematicamente apontadas (Vieira, 1992) em várias oportunidades, caracterizando a necessidade de uma visão regional para a compreensão e aproveitamento dos recursos hídricos do Semi-Árido. Aliás, o reconhecimento dessas peculiaridades regionais sempre se manifestou na legislação federal, desde o Código de Águas de 1934





(art. V), até a Constituição de 1988 (art. 21, item XVIII, art. 43, e art. 42 – Disp. Transitórias).

Em recente e importante estudo feito pela Comissão de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento do Nordeste (SCT, 1992), concluiu-se, entre outras coisas, que:

- “O problema crucial dos recursos hídricos no Nordeste, como de resto em todo o Brasil, é o estabelecimento de um sistema eficiente e integrado de gerenciamento”.
- “O sistema de gerenciamento de recursos hídricos deve desenvolver quatro linhas de ação, complementares e interdependentes:
 - gerenciamento de bacias hidrográficas;
 - gerenciamento de secas e inundações;
 - gerenciamento hidro-ambiental;
 - gerenciamento de águas subterrâneas”.

Dentro deste contexto, e tendo em vista os objetivos gerais do Projeto ÁRIDAS, o presente Relatório busca, consolidando os estudos básicos realizados pelos consultores, analisar a situação atual dos recursos hídricos no Nordeste, apontando ao final, diretrizes e critérios para o estabelecimento de uma nova política de recursos hídricos para o Semi-Árido, voltada para o desenvolvimento sustentável da Região.

Consta o trabalho de 9 capítulos, contendo basicamente: diagnóstico dos recursos hídricos do Nordeste; análise da sustentabilidade hídrica atual e futura; estudo de vulnerabilidade às secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos, na situação presente e cenários futuros; avaliação das políticas de água até hoje adotadas pelo Governo para o Nordeste; indicações para a formulação de políticas hídricas e sugestão de linhas de ação e diretrizes específicas.

É oportuno destacar: de um lado, a exigüidade de tempo, a precariedade de dados, a utilização exclusiva de dados e informações secundárias, a complexidade e heterogeneidade dos problemas hídricos regionais, que limitaram o escopo do trabalho e o aprofundamento das análises; sustentabilidade hídricas, com a quantificação de alguns indicadores, evidenciando a existência de vazios hídricos, áreas críticas e tendentes a críticas em determinadas regiões do Semi-Árido.

Enfatiza-se, também, a constante busca de integração que se pretendeu, junto aos demais grupos que constituem o Projeto ÁRIDAS, notadamente com as áreas de Recursos Naturais e Meio Ambiente, Organização do Espaço Regional e Agricultura Irrigada, e Recursos Humanos.

CAPÍTULO 1

RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE SEMI-ÁRIDO

A região Nordeste do Brasil – em especial sua grande área semi-árida – tem tido seu desenvolvimento sócio-econômico substancialmente prejudicado por sua pluviosidade de elevada irregularidade, espacial e temporal, bem como pela ocorrência periódica de secas de média e longa durações.

Para se ter uma idéia da situação do Nordeste, quanto à gestão de seus recursos hídricos, é bastante mencionar que somente o estado do Ceará possui um plano de gerenciamento detalhado de seus recursos hídricos. Os estados da Bahia e da Paraíba, em especial o primeiro, estão com os seus planos em andamento.

Dos estados do Nordeste brasileiro, somente o Ceará e a Bahia possuem atualmente Secretarias de Recursos Hídricos, o que tem proporcionado um grande avanço na gestão dos seus recursos hídricos.

Sendo a água um recurso finito e de vital importância ao desenvolvimento de qualquer região, seu gerenciamento eficiente na região nordestina do Brasil deve ser implementado o mais urgentemente possível.

O gerenciamento dos recursos hídricos do Nordeste deve-se nortear, todavia, nos princípios atuais da sustentabilidade, porquanto a melhoria da geração atual não pode comprometer a da geração futura.

O presente capítulo objetiva fazer um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos do Nordeste, nos seus aspectos quantitativos, e compreendendo potencialidades, disponibilidades, demandas e usos múltiplos da água.

1.1. A Problemática dos Recursos Hídricos do Nordeste

A irregularidade temporal e espacial das chuvas no Nordeste brasileiro, agravadas pela pouca profundidade de seus solos – região semi-árida – e a ocorrência de secas periódicas, tornou imperiosa a construção de açudes, a fim de possibilitar sua utilização para o consumo humano e animal, como também para a produção de alimentos.

A construção de açudes no Nordeste foi iniciada ainda no tempo do regime imperial e teve continuidade através do DNOCS – antigos IOCS e IFOCS. Essa prática permanece até a presente data, sendo que, no momento, ela é executada também pelos estados do Nordeste, com ou sem cooperação do DNOCS.

A construção de açudes motivou, posteriormente, o surgimento dos famosos Planos de Aproveitamento Hidroagrícolas, que visavam fundamentalmente a produção de alimentos através de projetos de irrigação.



Visando a melhoria integrada do aproveitamento dos recursos hídricos da região Nordeste brasileira, foi elaborado, pela SUDENE, em 1980, o Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – PLIRHINE.

O PLIRHINE poderia ter contribuído para uma melhoria considerável da situação hídrica atual do Nordeste, caso tivesse sido complementado, em suas fases subseqüentes, e devidamente implementado, com suporte político e continuidade administrativa.

O presente trabalho basear-se-á nas informações do PLIRHINE, devidamente atualizadas por trabalhos e estudos feitos posteriormente na região.

O PLIRHINE realizou seus estudos através da divisão da área geográfica de atuação da SUDENE – 1.663.230 km² – no Nordeste, em 24 Unidades de Planejamento - USP. Essas UPs correspondem a uma bacia hidrográfica ou a um conjunto de bacias hidrográficas, compreendendo um ou vários estados, conforme mostrado detalhadamente na Tabela 1.1.

A atualização das informações constantes no PLIRHINE foi realizada através dos cadastros de açudes construídos fornecidos pelo DNOCS e estados nordestinos, bem como através de planos estaduais de recursos hídricos existentes e do conhecido Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco – PLANVASF, feito pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, em 1989.

U.P.	DENOMINAÇÃO	ÁREA (KM)	PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS	ESTADOS
1	TOCANTINS MARANHENSE	32.900	TOCANTINS	MA
2	GURUPI	50.600*	GURUPI, TURIANÇA	MA
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	97.000	ITAPECURU	MA
4	ITAPECURU	54.000	ITAPECURU	MA
5	MUNIM-BARREIRINHAS	27.700	MUNIM, PREGUIÇAS	MA
6	PARNAÍBA	330.000	PARNAÍBA	MA, PI, CE
7	ACARAÚ-COREAÚ	30.500	COREAÚ, ACARAÚ, ARACATIÇA	PI, CE
8	CURU	11.500	CURU	CE
9	FORTALEZA	14.700	SÃO GONÇALO, CEARÁ, PACOTI, COCÓ, PIRANGI	CE
10	JAGUARIBE	72.000	JAGUARIBE	CE
11	APODI-MOSSORÓ	15.900	APODI-MOSSORÓ	CE, RN
12	PIRANHAS-AÇU	44.100	PIRANHAS-AÇU	RN, PB
13	LESTE POTIGUAR	24.440	CEARÁ-MIRIM	RN, PB
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	23.760	MAMANGUAPE, PARAÍBA	PB
15	ORIENTAL PERNAMBUCO	25.300	CAPIBARIBE, IPOJUICA, UNA	PE
16	BACIAS ALAGOANAS	17.100	MUNDAÚ	PE, AL
17	SÃO FRANCISCO	487.000*	SÃO FRANCISCO	PE, AL, SE, BA, MG
18	VAZA-BARRIS	23.330	VAZA-BARRIS	SE, BA
19	ITAPICURU-REAL	46.100	REAL, ITAPICURU	SE, BA
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	81.560	POJUICA, PARAGUAÇU, JIQUIRIÇA	BA
21	CONTAS-JEQUIÉ	62.240	CONTAS	BA
22	PARDO-CACHOEIRAS	42.000	CACHOEIRA, PARADO	BA, MG
23	JEQUITINHONHA	23.200*	JEQUITINHONHA	BA, MG
24	EXTREMO SUL DA BAHIA NORDESTE	27.300*	JUCURUCU, ITANHÉM, MUCURÍ	BA
		1.663.230		

TABELA 1.1 - Caracterização das unidades de planejamento utilizadas

Fonte: SUDENE. Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – PLIRHINE, 1980.
Nota: (*) – Área da Unidade de Planejamento dentro do Nordeste da SUDENE.

1.2 Balanço Hídrico das Unidades de Planejamento

Utilizando o PLIRHINE, apresenta-se na Tabela 1.2.1 o balanço hídrico das UPs, em valores médios anuais e nas unidades de mm/ano e de hm³/ano. Na Tabela 1.2.1 são mostradas as seguintes variáveis hidrológicas: precipitação, escoamento, coeficiente de escoamento, e evapotranspiração real + infiltração.

Constata-se, pela Tabela 1.2.1, maior pluviosidade nas UPs de números 1 a 6 – bacias maranhenses e do Paranaíba –, 15 e 16 – bacias litorâneas pernambucanas e alagoanas – 22 a 24 – bacias do sul da Bahia.

A Tabela 1.2.1 demonstra claramente a característica de regiões semi-áridas, qual seja baixos coeficientes de escoamento – variando de 0.06 a 0.26 e média de 0.13.

Através da utilização das normas meteorológicas do INMET, período de 1961-1990, obteve-se a evapotranspiração potencial de HARGREAVES das UPs.

Comparando a evapotranspiração potencial com a diferença entre a precipitação e o escoamento – evapotranspiração real _ infiltração –, de cada UP, obteve-se seu *déficit* de evapotranspiração. Esse *déficit* dividido pela precipitação de cada UP produziu um interessante índice de vulnerabilidade, denominado *déficit* de evapotranspiração relativo – DETPR, conforme mostrado na Tabela 1.2.2.

Regiões com valores de DETPR maiores que a unidade significam regiões de maior vulnerabilidade, do ponto de vista hídrico. Com relação às UPs analisadas, pode-se observar, pela Tabela 1.2.2, que aquelas mais críticas são as seguintes: ACARAU-COREAU (UP 7), CURU (UP 8), JAGUARI-BE (UP 10), APODI-MOSSORÓ (UP 11), PIRANHAS-AÇU (UP 12), LESTE POTIGUAR (UP 13), ORIENTAL DA PARAÍBA (UP 14), VAZA-BARRIS (UP 18) E ITAPECURU-REAL (UP 19).

1.3. Potencialidades e Disponibilidades Hídricas do Nordeste

A potencialidade dos recursos hídricos de cada UP é representada por seu escoamento natural médio.

As potencialidade totais e parciais (superficiais e subterrâneas) das UPs foram obtidas do PLIRHINE e estão apresentadas na Tabela 1.3.1.

A disponibilidade dos recursos hídricos superficiais de cada UP foi obtida como segue:



- b) No caso de existência de estudos de vazão regularizada, adotou-se os valores obtidos nesses estudos.
- c) No caso das UPs 1 a 5 (bacias do Maranhão) e 20 a 24 (bacias da Bahia), que possuem rios perenes, adotou-se suas vazões mínimas, fornecidas pelo PLIRHINE e
- d) No caso das UPs (P) e 17 (SÃO FRANCISCO), adotou-se a vazão regularizada das Barragens de Boa Esperança e de Sobradinho, respectivamente.

As disponibilidades hídricas subterrâneas foram estimadas a partir de uma apreciação estatística por “sistema aquífero” e distribuídas por bacia hidrográfica em valores anuais, tomando-se por base a disponibilidade real e não a de uso, que é absolutamente desconhecida e muito variável em função da demanda, do uso a que se destina e dos condicionamentos econômicos.

Na Tabela 1.3.1 são apresentadas as disponibilidades totais e parciais (superficiais e subterrâneas) das UPs.

A fim de possibilitar o confronto POTENCIALIDADE X DISPONIBILIDADE X CAPACIDADE DA AÇUDAGEM EXISTENTE das UPs, apresenta-se a Tabela 1.3.2, onde se pode observar que ainda há possibilidade de, em termos médios, duplicar a capacidade da açudagem existente no Nordeste.

Da Tabela 1.3.2, constata-se que as UPs 10 (JAGUARIBE) e 12 (PIRANHAS-AÇU) estão com suas capacidades de açudagem bastante próximas do máximo, hidrológicamente permissível, indicando a necessidade de futura transposição de vazão de outra(s) bacia(s) hidrográfica(s) possuidora(s) de excesso hídrico.

Na Tabela 1.3.3, pode-se constatar a capacidade da açudagem existente nos estados do Nordeste, onde se observa que o estado do Ceará lidera, seguido do estado da Bahia, isto, sem considerar as barragens das usinas hidrelétricas da CHESF.

1.4. Reservas dos Aquíferos do Nordeste

O primeiro estudo de avaliação das reservas hídricas subterrâneas data de 1966, efetuado pela SUDENE através de REBOUÇAS e GASPARY, publicado sob o título “As águas subterrâneas do Nordeste – estimativas preliminares”, tendo sido reeditado em 1971 (Série Hidrogeologia nº 6 – SUDENE).

O Quadro 1.4.1 sob o título “Possibilidades hidrogeológicas do nordeste do Brasil” mostra os valores calculados por Rebouças e Gaspary para a vazão de escoamento natural, reservas permanentes e reservas exploráveis, para cada tipo de aquífero.



UP.	DENOMINAÇÃO	ÁREA (KM²)	POTENCIALIDADE (HM³/ANO)		TOTALDISPONIBILIDADE (HM³/ANO)		TOTAL (HM³/ANO)	
			ESCOA-MENTO SUPER-FICIAL	ESCOA-MENTO SUBTER-RÂNEO	ESCOA-MENTO SUPER-FICIAL	ESCOA-MENTO SUBTER-RÂNEO		
1	TOCANTINS MARANHENSE	32.900	5.450.000	500.000	5.950.000	50.000	75.000	575.000
2	GURUPI	50.600*	15.250.000	2.510.000	17.800.000	2.510.000	84.000	2.594.000
3	MEARIM-GRAJAU-PINDARÉ	97.000	14.140.000	3.430.000	17.570.000	3.430.000	591.000	4.21.500
4	ITAPECURU	54.000	7.750.000	1.550.000	9.300.000	1.550.000	203.000	1.753.000
5	MUNIM-BARREIRINHAS	27.700	5.690.000	3.120.000	8.810.000	1.760.000	170.000	1.930.000
6	PARNAÍBA	330.000	31.090.000	9.030.000	40.120.000	8.087.040	977.000	9.064.040
7	ACARAÚ-COREAÚ	30.500	3.910.000	1.360.000	5.270.000	579.690	126.400	700.090
8	CURU	11.500	2.010.000	350.000	2.360.000	369.127	196.500	565.727
9	FORTALEZA	14.700	1.740.000	530.000	2.270.000	221.899	444.300	666.199
10	JAGUARIBE	72.000	3.340.000	810.000	4.150.000	1.837.000	141.300	2.078.300
11	APODI-MOSSORÓ	15.900	520.000	300.000	820.000	164.399	53.000	217.399
12	PIRANHAS-AÇU	44.100	2.130.000	590.000	2.720.000	1.525.525	30.000	1.555.525
13	LESTE POTIGUAR	24.440	950.000	730.000	1.680.000	114.564	105.300	219.864
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	23.760	1.290.000	900.000	2.190.000	261.899	102.000	363.899
15	ORIENTAL PERNAMBUCO	25.300	3.380.000	950.000	4.330.000	150.931	175.000	325.931
16	BÁCIAS ALAGOANAS	17.100	1.430.000	1.650.000	3.080.000	7.917	232.600	240.517
17	SÃO FRANCISCO	487.000*	24.440.000	15.700.000	41.100.000	64.385.280	452.600	64.837.880**
18	VAZÁ-BARRIS	23.300	810.000	390.000	1.200.000	75.608	35.200	110.808
19	ITAPICURU-REAL	46.100	1.200.000	880.000	2.080.000	163.442	48.500	211.942
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	81.560	4.215.000	4.205.000	8.420.000	1.700.000	56.060	1.756.060
21	CONTAS-JEQUIÊ	62.240	4.860.000	700.000	5.560.000	700.000	33.500	733.500
22	PARDO-CACHOEIRAS	42.000	5.920.000	1.240.000	7.160.000	795.000	22.000	817.000
23	JEQUITINHONHA	23.200*	5.570.000	540.000	6.110.000	540.000	8.500	548.500
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	27.300*	1.540.000	5.440.000	6.980.000	1.400.000	15.000	1.415.000
	NORDESTE (SUDENE)	1.663.230	148.625.000	58.405.000	207.030.000	92.929.381	4.372.300	97.301.681

TABELA 1.3.1 – Potencialidades e disponibilidades das unidades de planejamento

(*) Área da Unidade Planejamento dentro do Nordeste da SUDENE.

(**) Incluindo contribuição do Alto São Francisco fora do Nordeste da SUDENE.

U.P.	DENOMINAÇÃO	ÁREA	POTEN-CIALIDADE	DISPONI-BILIDADE	CAPACIDADE DA AÇUDAGEM
		(km²)	(hm³/ano)	(hm³/ano)	(hm³)
1	TOCANTINS MARANHENSE	32.900	5.950.000	575.000	0,790
2	GURUPI	50.600*	17.800.000	2.594.000	0,260
3	MEARIM-GRAJAU-PINDARÉ	97.000	17.570.000	4.021.500	10,260
4	ITAPECURU	54.000	9.300.000	1.753.000	2,440
5	MUNIM-BARREIRINHAS	27.700	5.510.000	1.930.000	1,570
6	PARNAÍBA	330.000	40.120.000	9.064.040	6.779,068
7	ACARAÚ-COREAÚ	30.500	5.270.000	700.090	1.825,652
8	CURU	11.500	2.360.000	565.727	1.196,531
9	FORTALEZA	14.700	2.270.000	666.199	850,245
10	JAGUARIBE	72.000	4.150.000	2.078.300	7.054,173
11	APODI-MOSSORÓ	15.900	820.000	217.399	657,597
12	PIRANHAS-AÇU	44.100	2.720.000	1.555.525	6.102,101
13	LESTE POTIGUAR	24.440	1.680.000	219.864	458,258
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	23.760	2.190.000	363.899	1.047,595
15	ORIENTAL PERNAMBUCO	25.300	4.330.000	325.931	603,725
16	BÁCIAS ALAGOANAS	17.100	3.080.000	240.517	31,669
17	SÃO FRANCISCO	487.000*	41.100.000	64.837.880	55.209,933
18	VAZÁ-BARRIS	23.300	1.200.000	110.808	302,430
19	ITAPICURU-REAL	46.100	2.080.000	211.942	653,766
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	81.560	8.420.000	1.756.000	1.691,652
21	CONTAS-JEQUIÊ	62.240	5.560.000	733.500	617,365
22	PARDO-CACHOEIRAS	42.000	7.160.000	817.000	28,460
23	JEQUITINHONHA	23.200*	6.110.000	548.500	1,560
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	27.300*	6.980.000	1.415.000	0,080
	NORDESTE (SUDENE)	1.663.230	207.030.000	97.301.681	85.127,298

TABELA 1.3.2 – Capacidade da açudagem das unidades de planejamento

(*) Área da Unidade Planejamento dentro do Nordeste da SUDENE.

TIPO DE AQUÍFERO	ÁREA (Km ²)	VAZÃO ESCOAMENTO NATURAL (m ³ /ano)	RESERVAS PERMANENTES (m ³)	RESERVAS EXPLORÁVEIS (**) (m ³ /ano)
TERRENOS CRISTALINOS	720.000	50 a 250.10	–	50 a 250.10
ALUVIÕES (CRIST.)	35.000	1.10	5.10	1.1 2.10
B. DO MARANHÃO	450.000	3.10	2.10	10
B. DE SÃO LUIZ/BARTREIRINHA	50.000	5.10	–	–
B. SÃO FRANCISCO	160.000	7.10	3.10	3.10
B. DO RIO JACARÉ	70.000	15.10	1.10	10
B. DO ALTO JAGUARIBE	11.500	40.10	2.10	10
B. DO RECÔNCAVO	10.000	5.10	21.10	2.10
B. DO TUCANO	40.000	1.10	1.10	10
B. DO JATOBÁ	6.000	10	1.10	10
B. DO POTIGUAR	22.000	–	75.10	75.10
B. DE COSTEIRAS	25.000	30.10	50.10	–
B. DO NORTE	8.000	–	–	–
TOTAIS		5.10	3.10	19.10

QUADRO 1.4.1 – Possibilidades Hidrogeológicas do Nordeste do Brasil

(**) Volume explorável num período de 50 anos.

A vazão de escoamento natural corresponde ao escoamento de base dos rios, ou seja, a reserva reguladora do sistema aquífero. Nos aquíferos de grande espessura nas bacias sedimentares, a reserva reguladora corresponde a um percentual, em média, da ordem de 0,06% das reservas permanentes, variando desde 0,23% na Bacia de São Francisco, até 0,001% na Bacia de Jatobá; no aquífero aluvial, de reduzida espessura, a reserva reguladora média é da ordem de 2,6%, porém para depósitos aluviais muito rasos (inferior a 2,0m) e com calha ativa profunda esse percentual pode passar dos 20%.

A recarga atual do aquífero – vazão de escoamento natural – é um importante dado para a avaliação das condições de exploração; a relação entre os volumes de recarga e as reservas permanentes é denominada de **coeficiente de realimentação**.

A realimentação será tanto mais ativa quanto mais elevado for esse coeficiente. Conforme os dados apresentados no Quadro 1.4.1, a realimentação dos aquíferos do Nordeste é de 10^{-4} (0,06%) em média, sendo nos aluviões, da ordem de 10^{-2} (2%).

Isso é fundamental para o cálculo das reservas exploráveis, sobretudo quando “estudos demonstraram que nos anos de pluviometria abaixo da média, não se verifica infiltração” (Rebouças, 1966).

As reservas exploráveis, como pode ser visto no Quadro 1.4.1, foram calculadas admitindo-se a utilização de uma parte das reservas permanen-



tes, durante um período de 50 anos. A soma das parcelas correspondentes às recargas anuais, mais um percentual das reservas permanentes perfazem, no total, apenas 0,5% das reservas totais. A depleção causada no nível das reservas permanentes é pois irrisória, podendo até mesmo ocorrer uma recuperação proporcional por recargas verticais ascendentes ou descendentes de um aquífero para o aquífero.

Um caso particular e específico na problemática de avaliação das reservas hídricas subterrâneas é o do aquífero fissural conhecido comumente como cristalino. Na avaliação procedida por Rebouças deixou de ser calculada a reserva total acumulada no aquífero fissural em função da descontinuidade das zonas aquíferas e da insuficiência de dados apesar de já existirem naquela época cerca de 15.000 poços perfurados no Nordeste, numa área de 720.000 km².

Entretanto, Rebouças observou alguns fatos que justificam a baixa potencialidade do aquífero fissural, dentre eles os seguintes:

- 1) o escoamento superficial difuso é bem mais forte sobre as formações cristalinas do que sobre os terrenos sedimentares, o que representa uma diminuição da infiltração;
- 2) no final das estações chuvosas os rios continuam a correr por restituição das águas acumuladas no subsolo, durante 33 dias nas zonas de rochas cristalinas, contra 85 dias nas zonas de terrenos sedimentares, ocorrendo freqüentemente nesses últimos uma restituição perene;
- 3) a infiltração é um fenômeno excepcional dos anos úmidos; nos anos de pluviometria média, a totalidade das águas que caem é consumida pela evapotranspiração e escoamento superficial.

Admitiu Rebouças que o valor médio de infiltração para as zonas aquíferas fissurais seria da ordem de 100 a 500 m³/km², o que resultaria para uma área de 720.000 km² representada por rochas cristalinas no Nordeste, uma realimentação anual entre 50 e 250, 10⁶m³. Considerando falta de condições para a acumulação de reservas profundas, como se verifica nas bacias sedimentares, o valor dessa realimentação representa o volume máximo explorável anualmente no embasamento cristalino do Nordeste.

Uma outra situação específica é a do aquífero aluvial, que apesar de limitado no espaço, possui uma considerável reserva permanente, sujeita à exploração anual de 20 a 40% desses recursos.

O Quadro 1.4.2 mostra uma análise comparativa entre os valores das reservas permanentes calculadas por Rebouças e Gaspary (1966), pelo próprio Rebouças em 1978 e por Chada em 1972.

BACIA	REBOUÇAS GASPARY SUDENE (1966)	REBOUÇAS CNPq (1978)	CHADA <i>et al</i> SUDENE (1972)	VALOR MÉDIO
PARNAÍBA	2,0.10 ¹²	10,5.10 ¹²	0,5.10 ¹²	5,4.10 ¹²
SÃO FRANCISCO	3,0.10 ¹²	–	–	3,0.10 ¹²
SALITRE/JACARÉ	1,0.10 ¹²	–	1,2.10 ¹²	1,1.10 ¹²
POTIGUAR	7,5.10 ¹²	2,3.10 ¹²	2,2.10 ¹²	1,4.10 ¹²
RN/PB/PE	5,0.10 ¹²	–	2,5.10 ¹²	2,5.10 ¹²
ALAGOAS/SERGIPE	–	1,0.10 ¹²	5,0.10 ¹²	7,5.10 ¹²
REC/TUC/JATOBÁ	1,3.10 ¹²	8,410 ¹²	1,0.10 ¹²	1,0.10 ¹²
ARARIPE	2,0.10 ¹²	1,1.10 ¹²	9,1.10 ¹²	4,0.10 ¹²
TOTAIS	3,8.10 ¹²	11,6.10 ¹²	1,9.10 ¹²	7,1.10 ¹²

QUADRO 1.4.2 – Reservas permanentes (em m³)

Nota-se que não houve uma considerável diferença entre os cálculos de Rebouças (1966) e Chada (1972) porém entre as duas avaliações do próprio Rebouças, houve um acréscimo de 200% motivado pela elevada taxa encontrada na Bacia do Parnaíba 10,5. 10¹² m³ na segunda avaliação, contra 2,0. 10¹² m³ da primeira (acrécimo de 5,25 vezes).

Face a grande diversificação entre os valores encontrados nas três avaliações fica sem resposta a confiabilidade dos resultados apresentados. Qual a avaliação mais precisa? É válido considerar a média dos valores?

Lamentavelmente, como já descrito no primeiro capítulo, os estudos regionais desenvolvidos nas décadas 60/70 não tiveram seqüência com estudos de detalhamento, mas, ao contrário, deixaram totalmente de existir.

1.5. Qualidade da Água

Os recursos hídricos da região Nordeste vêm sofrendo a ação degradadora do homem, já apresentando, muitos deles, condições indesejáveis de qualidade, com prejuízos para os seus usos.

Embora não existam muitos dados sobre a qualidade das águas dos mananciais hídricos da região, as informações disponíveis conduzem a conclusão que, em grande parte, os mananciais foram alterados pelas atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas.

Em grande parte da região, os problemas se tornam mais graves devido à intermitência dos cursos de água. Tendo vazão zero durante grande parte do ano, os mesmos não podem ser usados como diluidores de despejos. O lançamento de esgotos, mesmo tratados, significa o escoamento de águas com teores não recomendáveis de poluentes, pelas calhas dos cursos de água,



em determinados períodos do ano. Nesses casos, não se pode utilizar a capacidade de auto-depuração dos mananciais, para diluição de despejos.

Associado a este fato, encontram-se os problemas de salinização e assoreamento, como os principais responsáveis pela degradação da qualidade da água dos recursos hídricos da região.

Com respeito a salinização, estudos apontam o clima como o principal responsável pelo agravamento do fenômeno. Tem sido comprovado, através de algumas análises, que nos períodos em que as temperaturas são mais elevadas, as concentrações de sais aumentam consideravelmente, tendo em vista o crescimento das taxas de evaporação.

Assim, pesquisas realizadas pela SUDENE (1989) mostram que, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, onde a vulnerabilidade às secas é mais intensa, o processo de salinização tem sido mais agressivo, principalmente nos mananciais formados por açudes construídos sem as devidas especificações técnicas. Esta comprovação sugere o desenvolvimento de uma política de controle e uso das águas nessas regiões, de forma a evitar o agravamento do problema.

No tocante aos problemas de turbidez e assoreamento, os estudos têm mostrado estágios avançados do fenômeno, principalmente nas bacias do S. Francisco, algumas bacias do estado do Maranhão, notadamente nas bacias do Rio Anil e Bacanga, assim como nas bacias do Parnaíba, devido ao mau uso do solo, bem como ao desmatamento que tem ocorrido nessas regiões.

Outro grande problema que tem afetado a qualidade da água dos mananciais nordestinos diz respeito a poluição decorrente dos lançamentos de resíduos das atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas, principalmente provenientes de esgotos domésticos, esgotos industriais, matadouros, lixo, assim como fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Análises mostram que os problemas de poluição por esgotos domésticos estão mais presentes nos cursos d'água que atravessam áreas onde há maior concentração urbana. Como exemplo, podem-se citar as bacias litorâneas do estado de Pernambuco. Ali, os indicadores de poluição, como, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais, ultrapassam os limites máximos permitidos para as classes em que os determinados rios foram enquadrados. Situação semelhante é encontrada nas regiões metropolitanas de Fortaleza, São Luís e Teresina, onde os Rios Cocó, Anil, Bacanga e Parnaíba apresentam elevados índices de degradabilidade em seus cursos.

Todos esses aspectos servem para mostrar a necessidade de se desenvolver uma política de uso/ocupação do solo, a fim de se evitar maiores danos ao meio ambiente.

1.6. Demandas Hídricas do Nordeste

No presente trabalho foram considerados os seguintes tipos de demanda hídrica: populacionais urbana e rural, animal, de irrigação, agroindustrial, de distrito industrial e ecológica.

As demandas populacionais urbana e rural foram obtidas a partir dos dados do Censo Demográfico do IBGE, ano 1991, a nível municipal, utilizando os coeficientes de demanda do PLIRHINE. Esses coeficientes foram aqueles previstos, pelo PLIRHINE, para o ano de 1990. Na Tabela 1.6.1 são apresentados os referidos coeficientes.

DEMANDA	COEFICIENTE DE DEMANDA UTILIZADO	
	P* ≤ 5000	145 l/hab/dia
	5000 < P ≤ 10000	185 l/hab/dia
	10000 < P ≤ 20000	230 l/hab/dia
	20000 < P ≤ 100000	270 l/hab/dia
	100000 < P ≤ 500000	330 l/hab/dia
	P* ≥ 500000	480 l/hab/dia
RURAL	-	270 l/hab/dia
ANIMAL	-	50 lBEDA**/dia
IRRIGAÇÃO	-	18000m ³ /ha/ano, com 30% de água de retorno

TABELA 1.6.1 – Coeficientes de demanda hídrica utilizados

(*) População urbana

(**) BEDA = Bovinos + bubalinos + Eqüinos + Asininos + Muares + 0,2. Ovinos + 0,2. Caprinos + Suínos

A demanda animal foi obtida a partir dos dados da pesquisa Produção da Pecuária Municipal, do IBGE, ano 1988, utilizando a unidade BEDA, que define uma quantidade equivalente de animais, dada pela equação:

$$\text{BEDA} = \text{Bovinos} + \text{Eqüinos} + \text{Asininos} + \text{Muares} + 0,2 \times \text{Ovinos} + 0,2 \times \text{Caprinos} + 0,25 \times \text{Suínos}$$

O coeficiente de demanda animal, por unidade BEDA, está apresentado na Tabela 1.6.1.

A demanda de irrigação foi obtida através dos dados de área irrigada de 1985, por município e por microrregião, e dos dados de projeção de área irrigada para o ano de 1991, por microrregião. Esses dados foram fornecidos pelo consultor Prof. Hermínio Ramos de Souza, responsável pelo tema: AGRICULTURA IRRIGADA, do Projeto ÁRIDAS.

A demanda hídrica de irrigação, por município, para o ano de 1991, foi calculada da seguinte forma:



- a) determinou-se um coeficiente de projeção de área irrigada, por microrregião, através da divisão da área irrigada projetada para o ano de 1991 pela área irrigada de 1985;
- b) multiplicou-se a área irrigada de cada município, no ano de 1985, pelo coeficiente da microrregião – no item a) –, ao qual o município pertence, obtendo-se assim, a área irrigada do município, para o ano de 1991; e
- c) finalmente, obteve-se a demanda de irrigação, por município, utilizando o coeficiente de demanda de 18.000 m³/ha/ano, com 30% de água de retorno.

As demandas de irrigação dos municípios pertencentes à região norte de Minas Gerais foram obtidas a partir das áreas irrigadas constantes do PLANVASF e coeficiente de demanda de 18.000 m³/ha/ano, com 30% de água de retorno.

Nas Tabelas 1.6.2 e 1.6.3, são apresentadas as áreas irrigadas, para o ano de 1991, das UPs e Estados, respectivamente.

As demandas hídricas populacionais urbanas e rurais, animais e de irrigação dos municípios foram totalizadas por UP e por Estado e são apresentadas nas Tabelas 1.6.4 e 1.6.5, respectivamente.

U.P.	DENOMINAÇÃO	ÁREA IRRIGADA (ha)
1	TOCANTINS MARANHENSE	2.666
2	GURUPI	205
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	7.902
4	ITAPECURU	2.508
5	MUNIM-BARREIRINHAS	1.026
6	PARNAÍBA	44.429
7	ACARAÚ-COREAÚ	6.459
8	CURU	10.525
9	FORTALEZA	12.722
10	JAGUARIBE	44.620
11	APODI-MOSSORÓ	8.676
12	PIRANHAS-AÇU	16.219
13	LESTE POTIGUAR	10.894
14	ORIENTAL A PARAÍBA	13.063
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	61.860
16	BACIAS ALAGOANAS	18.924
17	SÃO FRANCISCO	155.968
18	VAZA-BARRIS	2.833
19	ITAPICURU-REAL	4.671
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	21.656
21	CONTAS-JEQUIÉ	31.208
22	PARDO-CACHOEIRAS	2.267
23	JEQUITINHONHA	59
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	10.327
	NORDESTE (SUDENE)	491.687

TABELA 1.6.2 – Área irrigada por unidade de planejamento



ESTADO	ÁREA IRRIGADA (ha)
MARANHÃO	31.996
PIAUÍ	21.734
CEARÁ	79.617
RIO GRANDE DO NORTE	21.224
PARÁIBA	22.923
PERNAMBUCO	113.165
ALAGOAS	19.798
SERGIPE	12.219
BAHIA	130.461
MINAS GERAIS (SUDENE)	38.550
NORDESTE (SUDENE)	491.687

TABELA 1.6.3 – Área irrigada por estado

U.P.	DENOMINAÇÃO	POPUL. URBANA	POPUL. RURAL	DEM. HID URBANA (hm ³ /ano)	DEM. HID RURAL (hm ³ /ano)	DEM. HID ANIMAL (hm ³ /ano)	DEM. HID IRRIG. (hm ³ /ano)	DEM. HID AGROIND. (hm ³ /ano)
1	TOCANTINS MARANHENSE	264.818	184.556	29.541	4.715	11.825	33.589	0,34
2	GUARUPI	192.304	386.480	15.792	9.874	15.970	2.580	0,000
3	MEARIM-GRAJAU-PINDARÉ	842.469	1.479.103	80.894	37.791	44.824	99.564	2,222
4	ITAPECURU	326.331	445.288	28.412	11.379	15.918	31.601	4,827
5	MUNIM-BARREIRINHAS	121.818	293.939	9,04	7,511	8,551	12,932	0,000
6	PARNAÍBA	1.741.594	1.617.872	191,191	41,333	124,238	559,804	34,691
7	ACARAÚ-COREAÚ	426.746	473.672	37,07	12,102	23,641	81,388	2,766
8	CURU	192.629	192.533	15,802	4,917	5,973	132,611	13,983
9	FORTALEZA	2.411.212	270.894	364,113	5,923	8,552	160,303	25,666
10	JAGUARIBE	975.770	992.114	88,379	25,352	57,329	562,218	26,165
11	APODI-MOSSORÓ	368.004	223.712	33,824	5,718	13,980	109,316	0,140
12	PIRANHAS-AÇU	684.734	560.677	54,324	14,324	25,323	204,358	0,531
13	LESTE POTIGUAR	1.145.863	539.203	142,419	13,778	15,167	137,264	45,538
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	1.519.834	605.283	156,846	15,460	26,040	164,599	54,831
15	ORIENTAL PERNAMBUCO	4.170.296	1.118.349	514,965	28,576	20,956	779,433	549,420
16	BACIAS ALAGOANAS	1.253.953	707.524	153,833	18,074	14,534	238,448	379,577
17	SÃO FRANCISCO	3.184.912	3.253.205	294,373	83,116	246,931	1.965,193	47,054
18	VAZA-BARRIS	755.582	263.655	77,269	6,734	16,441	35,690	33,271
19	ITAPICURU-REAL	517.118	892.025	42,442	22,792	62,244	58,859	3,830
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	3.480.425	1.233.761	471,963	31,523	69,165	272,860	39,882
21	CONTAS-JEQUIÉ	612.371	807.498	52,672	20,635	40,738	393,224	2,981
22	PARDO-CACHOEIRAS	909.008	475.229	93,164	12,143	27,369	28,564	4,000
23	JEQUITINHONHA	107.416	116.769	8,637	2,984	12,912	0,742	0,000
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	305.793	190.127	27,496	4,858	21,709	130,116	1,165
	NORDESTE (SUDENE)	26.511.010	17.323.468	2.983.661	442.612	930.310	6.196.256	1.272.880

TABELA 1.6.4 – Demandas hídricas das unidades de planejamento

(*) Considerou-se 18.000 m³/ha/ano, com 30% de água de retorno.

As demandas agroindustriais das UPs e dos Estados foram obtidas diretamente do PLIRHINE e são apresentadas nas Tabelas 1.6.4 e 1.6.5.

As demandas de distrito industrial, por UP e por Estado, foram obtidas das demandas populacionais urbanas, através de sua multiplicação pelo coeficiente 0,25, ou seja, considerou-se a demanda de distrito industrial como sendo igual a 25% da demanda populacional urbana. As Tabelas 1.6.4 e 1.6.5



ESTADO	POPUL. URBANA	POPUL. RURAL	DEM. HID URBANA (hm³/ano)	DEM. HID RURAL (hm³/ano)	DEM. HID ANIMAL (hm³/ano)	DEM. HID IRRIG. (hm³/ano)	DEM. HID AGROIND. (hm³/ano)
MARANHÃO	1.972.008	2.957.021	183.384	75.554	107.778	403.148	13.142
PIAUÍ	1.367.184	1.214.953	159.272	31.038	101.641	273.849	5.620
CEARÁ	4.162.007	2.204.640	517.944	56.331	109.075	1.003.075	91.909
RIO GRANDE DO NORTE	1.669.267	748.300	189.851	19.070	32.528	267.420	45.832
PARAÍBA	2.052.066	1.149.048	196.964	29.352	46.318	288.824	55.649
PERNAMBUCO	5.048.968	2.076.201	593.768	53.050	79.948	1.425.883	547.714
ALAGOAS	1.182.033	1.032.067	175.222	26.366	20.718	249.459	410.030
SERGIPE	1.002.877	488.9999	97.599	12.489	23.170	153.959	36.281
BAHIA	7.016.770	4.851.221	798.814	123.951	368.486	1.643.813	59.608
MINAS GERAIS (SUDENE)	736.830	603.018	71.043	15.411	42.648	485.730	7.295
NORDESTE (SUDENE)	26.511.010	17.323.468	2.983.661	442.612	930.310	6.195.256	1.272.880

TABELA 1.6.5 – Demandas hídricas dos estados

(*) Considerou-se 18.000 m³/ha/ano, com 30% de água de retorno.

apresentam as demandas de distrito industrial por UP e Estado, respectivamente.

As demandas ecológicas, por UP, foram obtidas diretamente do escoamento superficial disponível, através de sua multiplicação pelo coeficiente 0,10, isto é, a demanda ecológica corresponde a 10% do escoamento superficial disponível. Na Tabela 1.6.4 são apresentadas as demandas ecológicas das UPs.

A análise da Tabela 1.6.4 mostra que o Nordeste, área de atuação da SUDENE, possui uma demanda hídrica atual de 21.863,572 hm³/ano.

Na Tabela 1.6.4, vê-se que as maiores demandas totais, por UP, são aquelas referentes às UPs 6 (PARNAÍBA), 15 (ORIENTAL DE PERNAMBUCO), 17 (SÃO FRANCISCO) e 20 (PARAGUAÇU-SALVADOR).

A Tabela 1.6.5 mostra que os estados do Ceará, Pernambuco e Bahia são os de maiores demandas hídricas totais.

Verifica-se que a demanda para os diversos usos no Nordeste apresenta os seguintes percentuais médios:

Demanda para irrigação	37,2%
Demanda ecológica	37,2%
Demanda de abastecimento urbano	12,0%
Demanda agroindustrial	5,1%
Demanda de pecuária	3,7%
Demanda industrial	3,0%
Demanda de abastecimento rural	1,8%

A participação das águas subterrâneas no atendimento da demanda é apenas complementar, porém desempenha importante papel nos seguintes casos:

- a) no estado do Maranhão, 76,6% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas, com um consumo total da ordem de 85.10^6 m³/ano;
- b) no estado do Piauí, 84,3% das cidades consomem água subterrânea num total aproximado de 82.10^6 m³/ano;
- c) as capitais dos estados do Rio Grande do Norte e Alagoas, são abastecidas inteiramente por água subterrânea, com consumos anuais em torno de 65.10^6 m³/ano e 75.10^6 m³/ano, respectivamente;
- d) a Região Metropolitana do Recife atende 20% da sua demanda total, correspondendo a 63.10^6 m³/ano, com águas subterrâneas.

Fazendo-se uma comparação entre a potencialidade e a disponibilidade de água subterrânea (Tabela 1.3.1) e a demanda (Tabela 1.6.4) observa-se que:

- 1) com exceção das unidades de planejamento de Fortaleza, Jaguaribe, Oriental de Pernambuco e Contas-Jequié, todas as demais apresentam *potencialidade* de águas subterrâneas superior a *demanda* total;
- 2) em nenhuma das UPs a *disponibilidade* de águas subterrâneas supera a *demanda*;
- 3) a *potencialidade* total das águas subterrâneas – 58.10^9 m³/ano, é 2,3 vezes maior do que a *demanda* total de todas as unidades de planejamento;
- 4) a *disponibilidade* de águas subterrâneas – $4,3.10^9$ m³/ano, corresponde apenas a 17,4% das *demandas* totais.

CAPÍTULO 2

SUSTENTABILIDADE HÍDRICA ATUAL

Sendo a água um recurso natural escasso e vital, e incontestável a necessidade de ser planejado o seu uso, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, e a sua utilização com vistas a evitar as limitações ao desenvolvimento econômico e social em razão da escassez, quantitativa ou qualitativa, dos recursos hídricos.

São essenciais, portanto, a realização dos confrontos, que se convencionou chamar de Balanço, entre as demandas requisitadas pela



sociedade em termos atuais e prospectivos, e as disponibilidades dos mencionados recursos.

De acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), “desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer as habilidades das futuras gerações de satisfazerem suas necessidades”, M. Baroni (1992).

A sustentabilidade de uma região, no que tange aos recursos hídricos, está diretamente associada à limitada disponibilidade do recurso, em termos de quantidade e qualidade, e a capacidade de suporte permanente que pode oferecer as atividades humanas em geral.

Compatibilizar a oferta e a demanda d’água, em face de sua disponibilidade efetiva é, certamente, o caminho que conduz à desejada sustentabilidade dos recursos hídricos.

O presente estudo pretende apontar e avaliar as condições de sustentabilidade do desenvolvimento do semi-árido nordestino sob o ponto de vista dos recursos hídricos.

Na elaboração do presente estudo, tomou-se por base estudos existentes, utilizando-se, principalmente, os dados básicos do Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – PLIRHINE, elaborado em 1980, pela SUDENE.

2.1. Estudo da Oferta de Água

Da água precipitada, sobre uma zona ou bacia, parte de evapora ou evapotranspira, uma outra escoia imediatamente sob forma de escoamento superficial carregada aos rios e ainda outra parte se infiltra nos aquíferos, para constituir a recarga subterrânea. Esta, escoia de maneira muito lenta no seio do subsolo e acabará por ir ao mar, se o aquífero é costeiro, ou chegar aos rios, se o aquífero é interiorano, formando neste caso o escoamento de base, que se acrescenta ao escoamento superficial. A soma destas duas parcelas forma o escoamento total dos rios ou escoamento fluvial. Esse modelo global de circulação, é a essência do ciclo hidrológico.

Para facilitar a compreensão do presente estudo, considerou-se necessário conceituar: recursos, potencialidades e disponibilidades. Tendo em vista que a maioria dos dados básicos utilizados tem origem no PLIRHINE, utilizou-se a mesma conceituação apresentada no Relatório de Recursos Hídricos I, do PLIRHINE.

Os RECURSOS, segundo O’RIORDAN (1971), “são atributos do meio ambiente apreciados pelo homem como de valor ao longo do tempo, dentro



dos limites definidos pelas restrições institucionais, sociais, políticas e econômicas”.

As POTENCIALIDADES representam a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, em seu estado natural. Depende, portanto, de características geológicas, geográficas, climáticas e fisiográficas. O potencial de uma bacia é constituído pela soma dos escoamentos de superfície e de base.

As DISPONIBILIDADES representam a parcela das potencialidades ativadas pela ação do homem, por meio de barragens, poços, etc., para adequar as ofertas às necessidades ou demandas.

Os conceitos de potencialidade e disponibilidade estão intimamente relacionados aos recursos renováveis anualmente, segundo a imagem do ciclo hidrológico.

Para os estudos de águas subterrâneas é necessário conceituar também o que se entende por reservas.

As RESERVAS, são em geral, reservatórios subterrâneos, de grandes dimensões, que contêm volume de água acumulado durante tempo que remonta às origens geológicas das suas formações. As disponibilidades de água subterrânea têm o potencial como limite, podendo ser acrescidas das reservas, se um condicionamento sócio-econômico, inerente às demandas, assim o exigir.

2.1.1. Potencialidades dos recursos hídricos

Dentre os indicadores mais importantes dos Recursos Hídricos destaca-se a potencialidade. Informa, de imediato, o grau de ocorrência do recurso e sua alocação geográfica.

As potencialidades são representadas pelo escoamento médio passível de ocorrer, sem interferência humana, em qualquer parte da região em estudo.

As potencialidades das unidades de planejamento, foram extraídas dos relatórios de recursos hídricos do PLIRHINE, abrangendo os escoamentos de superfície e subterrâneo. Essas duas partes, consideradas de forma inseparável, oferecem, em conjunto, todos os elementos essenciais a caracterização dos recursos hídricos do Nordeste.

Na quantificação das potencialidades hidrogeológicas dos sistemas aquíferos sedimentares, o PLIRHINE admitiu que o escoamento médio no trimestre mais seco (onde a contribuição de precipitações à época é praticamente nula) corresponde à contribuição subterrânea anual ao escoamento total.



Na Tabela 1.3.1 foram indicadas as potencialidades dos recursos hídricos das unidades de planejamento.

Segundo o PLIRHINE, do total de chuva caída na região, apenas 12,0% escoam, sendo 8,6% por escoamento superficial e 3,4% por escoamento subterrâneo.

Com base nestes dados, será apresentada, a seguir, uma avaliação preliminar das principais parcelas do ciclo hidrológico do Nordeste.

Na área do Nordeste da SUDENE (inclui a região do norte de Minas Gerais), que corresponde uma área de 1.663.200 km², a precipitação média anual é de 1.140 mm, ou 1.730 bilhões de m³/ano. Deste volume médio anual de água:

- 1.523 bilhões de m³ (88,0%) se evaporam ou evapotranspiram;
- 149 bilhões de m³ (8,6%) se escoam como água de superfície;
- 58 bilhões de m³ (3,4%) se infiltram nos aquíferos para se transformarem e escoamento subterrâneo.

2.1.2. Disponibilidade dos recursos hídricos

Como as precipitações e, por conseqüência, os escoamentos apresentam variações no espaço e no tempo, o potencial hídrico não está sempre adaptado às demandas. O desenvolvimento dos recursos hídricos por meio de obras hidráulicas (barragens, diques, canais, poços, etc.) consiste em adequar as ofertas às demandas.

Os reservatórios, na Região Semi-Árida Nordestina constituem o principal equipamento de transformação, adaptação, das potencialidades em seu estado natural às demandas.

O PLIRHINE classificou os reservatórios de acordo com sua capacidade em: grandes, com capacidade de acumulação superior a 10 milhões de m³; médios, com capacidade de acumulação entre 3 e 10 milhões de m³; pequenos, com capacidade de acumulação inferior a 3 milhões de m³.

Considerou-se como disponibilidade hídrica de um reservatório aquele volume d'água que é efetivamente utilizável com determinado nível de garantia. A correspondência com a garantia é fundamental, visto que não há sentido em se estabelecer um volume sem imputar-lhe a freqüência em que estará disponível.

O nível de rendimento de um reservatório é definido como a relação entre o volume regularizável anual (a determinada freqüência) e a capacidade de acumulação do reservatório, e depende de uma série de fatores, fundamentalmente com respeito a (CEARÁ, 1992):



- dimensionamento hidrológico do reservatório, que traduz a razão entre sua capacidade e o volume anual médio afluente;
- maior ou menor nível de variabilidade do regime de escoamento, sendo a vazão regularizável (mantidos constantes os demais parâmetros) tende a aumentar significativamente para os regimes mais regulares;
- forma da bacia de acumulação, que influi decisivamente nas perdas hídricas por evaporação.

O nível de garantia mais utilizado no planejamento dos recursos hídricos é o de 90%. Para este nível de garantia, para açudes bem dimensionados e nas condições normais da região semi-árida, o nível de rendimento de um reservatório é de 20 a 30%.

No presente estudo, para efeito de avaliação, considerou-se que o volume disponível anual dos reservatórios situados em rios intermitentes, para uma garantia de 90%, corresponderia, em média, a um nível de rendimento de 25%.

Assim, o volume disponível anual para as unidades de planejamento formadas por bacias de rios intermitentes, corresponde a 25% da capacidade total de acumulação de água de seus reservatórios.

Para transformar o potencial de águas subterrâneas em disponibilidades, uma alternativa, é não explorar (por poços) os escoamentos de base, deixando-os ir aos rios e regularizar a totalidade do escoamento destes por meio de reservatórios. Esta alternativa não aproveita o potencial subterrâneo *in situ* deixando-o sair aos rios, desprezando, como bem colocou o PLIRHINE, as valiosas características deste potencial, que são: abrangência espacial, perdas mínimas por evaporação direta, flexibilidade no desenvolvimento permitindo o fracionamento dos investimento e, freqüentemente, a boa qualidade de suas águas.

Some-se a isto o fato de que os aquíferos costeiros, são drenados pelos rios costeiros, geralmente difíceis de serem regularizados, por falta de condições topográficas para construção de barragens, teriam quer ser, necessariamente, explorados através de poços.

No presente estudo, para efeito de avaliação, considerou-se uma descarga mínima para cada unidade de planejamento de rios perenes da região, que corresponde ao volume disponível anual mínimo das unidades de planejamento.

As potencialidades representam um limite, praticamente inatingível, de transformação em disponibilidades. Os fatores limitantes desta transformação são tanto econômicos como técnicos. O PLIRHINE considerou como sendo de 80% da potencialidade, o limite máximo factível para as disponibilidades.



2.1.3. Disponibilidade atual

A capacidade total de acumulação de água, foi obtida acrescentando-se às informações, fornecidas pelo PLIRHINE, para o ano de 1980, as informações disponíveis sobre os reservatórios construídos a partir de 1980, obtidas nos órgãos públicos federais e estaduais.

Como foram identificadas algumas inconsistências nos dados do PLIRHINE relativos à capacidade de acumulação de alguns reservatórios, foi realizada uma revisão destes dados.

Na Tabela 1.3.2, foi indicada, por unidade de planejamento, a capacidade total de acumulação de água dos reservatórios existentes. Os dados apresentados respondem à exigência de se ter para o Nordeste a avaliação da capacidade de acumulação, segundo as unidades de planejamento, de todos os reservatórios, independentemente de tamanho, existentes e programados. Note-se que tal objetivo não pode ser alcançado senão aproximadamente e impõe assim reservas no uso da informação que, entretanto, pela sua significação, compensa suas limitações.

Ressalte-se, que dos 85,127 bilhões de metros cúbicos de capacidade total de acumulação, 56,009 bilhões de metros cúbicos se referem a capacidades de acumulação do reservatório de Sobradinho (34,116 bilhões), Itaparica (11,782 bilhões), Xingó (3,800 bilhões), Moxotó (1,226 bilhão) e Boa Esperança (5.085 bilhões).

O DNOCS, construiu 295 açudes públicos na região semi-árida nordestina, com capacidade total de acumulação de 16,540 bilhões de metros cúbicos. Na Tabela 2.1.1, estão mostradas, por Estado, a quantidade e a capacidade de acumulação dos reservatórios públicos construídos pelo Órgão.

ESTADO	QUANTIDADE	CAPACIDADE (hm ³)
PIAUI	15	292
CEARÁ	76	8.036
RIO GRANDE DO NORTE	52	3.039
PARAÍBA	43	2.649
PERNAMBUCO	36	1.319
ALAGOAS	23	59
SERGIPE	11	20
BAHIA	35	1.044
MINAS GERAIS	4	83
TOTAL	295	16.541

TABELA 2.1.1 – Açudes públicos construídos pelo DNOCS

Fonte: DNOCS



Os açudes públicos construídos pelo DNOCS possibilitam a perenização de 3.320 km de rios intermitentes do semi-árido nordestino.

O DNOCS construiu, ainda, em regime de cooperação com particulares e prefeituras, 676 açudes, que podem acumular em seu conjunto, 1.431 bilhão de metros cúbicos. Na Tabela 2.1.2, estão mostradas, por Estado, a quantidade e a capacidade de acumulação dos reservatórios construídos em regime de cooperação.

ESTADO	QUANTIDADE	CAPACIDADE (hm ³)
PIAUI	01	0,7
CEARÁ	463	1.139,5
RIO GRANDE DO NORTE	64	104,8
PARAÍBA	43	110,1
PERNAMBUCO	36	50,5
ALAGOAS	23	1,0
SERGIPE	11	0,8
BAHIA	35	23,7
TOTAL	676	1.431,1

TABELA 2.1.2 – Açudes construídos pelo dnocs em regime de cooperação com particulares e prefeituras

Fonte: DNOCS

A partir das informações sobre a acumulação, foi estimado o volume disponível anual das águas de superfície para as unidades de planejamento formadas por bacias de rios intermitentes, que corresponde, como visto, a 25% da capacidade total de acumulação de água de seus reservatórios.

Na Tabela 2.1.3, a seguir, estão mostradas as disponibilidades atuais dos recursos hídricos superficiais das unidades de planejamento formadas por bacias de rios intermitentes.

Para as unidades de planejamento formadas por bacias de rios perenes, considerou-se como disponibilidade superficial, as descargas mínimas dos rios principais. Os valores da descarga mínima foram obtidos do PLIRHINE, e nem sempre coincidem com o total do escoamento subterrâneo da unidade de planejamento.

Utilizou-se como disponibilidade para a unidade de planejamento São Francisco (UP 17), a vazão regularizada de Sobradinho e para a unidade Parnaíba, a vazão regularizada de Boa Esperança.

Na Tabela 2.1.4 estão mostradas as disponibilidades superficiais consideradas para as unidades de planejamento formadas por rios perenes.



As disponibilidades atuais de água subterrânea das unidades de planejamento mostradas na Tabela 1.3.1.

U.P. DENOMINAÇÃO	DISPONIBILIDADE
07 ACARAÚ-COREAÚ	579,690
08 CURU	369,127
09 FORTALEZA	221,899
10 JAGUARIBE	1.937,060
11 APODI-MOSSORÓ	164,399
12 PIRANHAS-AÇU	1.525,525
13 LESTE POTIGUAR	114,564
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	261,899
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	150,931
16 BACIAS ALAGOANAS	7,917
18 VAZA-BARRIS	75,608
19 ITAPICURU-REAL	163,442
TOTAL	5.572,061

TABELA 2.1.3 – Disponibilidade atual* dos recursos hídricos superficiais das unidades de planejamento formadas por rios intermitentes

(*) Descarga regularizada com 90% de garantia dos reservatórios

U.P. DENOMINAÇÃO	Em hm³/ano DISPONIBILIDADE
01 TOCANTINS MARANHENSE	500,000
02 GURUPI(*)	2.510,000
03 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	3.430,000
04 ITAPECURU	1.550,000
05 MUNIM-BARREIRINHAS	1.760,000
06 PARNAÍBA	8.087,040
17 SÃO FRANCISCO(*)	64.385,280
22 PARAGUAÇU-SALVADOR	1.700,000
21 CONTAS DO JEQUIÉ	700,00
22 PARDO-CACHOEIRAS	795,000
23 JEQUITINHONHA (*)	540,000
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	1.400,000
TOTAL	87.357,000

TABELA 2.1.4 – Disponibilidade superficial considerada para as unidades de planejamento formadas por rios perenes

(*) Área da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

2.2. Estudo das Demandas

O estudo da demanda tem como objetivo determinar, na escala anual, as demandas atuais de água para os diversos usos.

Para efeito de planejamento dos recursos hídricos entende-se por demandas as quantidades de água, expressas em unidades de volume, que devem satisfazer aos diversos usos, sejam eles consuntivos ou não.

Uso da água se refere às maneiras pelas quais pode ser ela utilizada pelo homem. Os usos da água incluem: dessedentação, cozimento de alimentos, irrigação, aquecimento e processamento industrial, refrigeração, diluição de efluentes, geração de energia, navegação, pesca, paisagismo e outras atividades ou processos.

2.2.1. Abastecimento humano

Com o propósito de se estimar as demandas de água para a população consideraram-se duas grandes categorias:

- demanda para abastecimento urbano;
- demanda humana rural difusa.

Os dados básicos utilizados para realização do estudo foram os dados censitários do IBGE, por município, até 1991 e os coeficientes de demandas obtidos do PLIRHINE.

Os dados do Censo de 1991 indicaram que a população do Nordeste da SUDENE era de 43.834.483 habitantes.

A Tabela 2.2.1 mostra a população total, urbana e rural dos estados nordestinos, obtidas do referido censo.

A Região Semi-Árida Nordestina abrange áreas pertencentes a 9 Estados, incluindo o norte de Minas Gerais e excluindo o Maranhão. A população total residente na região semi-árida era de 26.336.297 habitantes, em 1991, sendo, o Ceará e a Bahia, os Estados com maior número de habitantes residentes nessa região.

A Tabela 2.2.2, mostra a população total, urbana e rural dos residentes na região semi-árida nordestina.

A população urbana residente na região semi-árida, em 1991, era de 14.924.334 habitantes, tendo apresentado uma taxa de crescimento anual elevada, na última década (4,01% ao ano), sendo superior inclusive a taxa de crescimento anual, no período, da população urbana do Nordeste, que foi de 3,53% ao ano.



A taxa de urbanização da região semi-árida foi de 56,67% em 1991. A tendência a médio e longo prazos é a do crescimento absoluto e relativo da influência das cidades na economia regional.

ESTADO	TOTAL	URBANA	RURAL
MARANHÃO	4.929.016	1.972.009	2.957.008
PIAUÍ	2.582.137	1.367.184	1.214.953
CEARÁ	6.366.641	4.162.007	2.204.634
RIO GRANDE DO NORTE	2.415.562	1.669.267	746.295
PARAÍBA	3.201.108	2.052.066	1.149.042
PERNAMBUCO	7.126.166	5.049.968	2.076.198
ALAGOAS	2.514.097	1.482.033	1.032.064
SERGIPE	1.491.875	1.002.877	488.998
BAHIA	11.867.969	7.016.769	4.851.199
MINAS GERAIS (*)	1.339.912	736.830	603.082
TOTAL	43.834.483	26.511.010	17.323.473

TABELA 2.2.1 – População Total, Urbana e Rural dos Estados Nordestinos em 1991

Fonte: IBGE – Censo Demográfico de 1991.

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE.

ESTADO	TOTAL	URBANA	RURAL
PIAUÍ	2.535.024	1.352.454	1.182.570
CEARÁ	6.321.142	4.145.384	2.175.758
RIO GRANDE DO NORTE	2.368.200	1.658.873	709.327
PARAÍBA	3.133.250	2.029.419	1.103.831
PERNAMBUCO	3.449.084	1.810.560	1.638.524
ALAGOAS	926.352	420.257	506.095
SERGIPE	497.561	228.269	269.292
BAHIA	5.765.770	2.542.288	3.223.482
MINAS GERAIS (*)	1.339.914	736.830	603.084
TOTAL	26.336.297	14.924.334	11.411.963

TABELA 2.2.2 – População Total, Urbana e Rural Residente na Região Semi-árida Nordestina em 1991

Fonte: IBGE – Censo Demográfico de 1991.

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE.

A crescente urbanização da região semi-árida corrobora para o aumento da concentração espacial dos habitantes. Esse fato, se por um lado facilita a adoção de políticas governamentais visando garantir o abastecimento de água para estas populações, por outro, provoca um aumento na demanda de água já que acarreta, também, uma mudança de costumes em relação ao uso d'água.

Entretanto, o aumento da população, atendida por sistemas de abastecimento de água, apresenta vantagens incontestes para a saúde e para o bem-estar das populações beneficiadas devido, sobretudo, à diminuição das doenças de veiculação hídrica.

O crescimento das cidades irá, certamente, demandar mais esforço na aplicação de recursos em infra-estrutura e serviços básicos, reconhecidamente deficientes na maioria das cidades nordestinas.

As populações urbana, rural e total, das unidades de planejamento, foram obtidas agregando-se os dados de população dos municípios componentes destas unidades.

A Tabela 2.2.3, mostra a população total, urbana e rural dos residentes nas unidades de planejamento.

UP	UNIDADE DE PLANEJAMENTO	TOTAL	POPULAÇÃO URBANA	RURAL
01	TOCANTINS MARANHENSE	449.374	264.818	184.556
02	GURUPI (*)	578.784	192.304	386.480
03	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	2.321.572	842.469	1.479.103
04	ITAPECURU	771.619	326.331	445.288
05	MUNIM-BARREIRINHAS	415.757	121.818	293.939
06	PARNAÍBA	3.359.466	1.741.595	1.617.872
07	ACARAÚ-COREAÚ	900.418	426.746	473.672
08	CURU	385.162	192.629	192.533
09	FORTALEZA	2.674.090	2.409.979	264.111
10	JAGUARIBE	2.021.552	982.511	1.039.041
21	APODI-MOSSORÓ	538.053	361.263	176.790
12	PIRANHAS-AÇU	1.245.411	684.734	560.677
13	LESTE POTIGUAR	1.693.082	1.147.096	545.986
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	2.140.124	1.528.240	611.884
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	5.273.638	4.161.890	1.111.748
16	BACIAS ALAGOANAS	1.961.477	1.253.953	707.524
17	SÃO FRANCISCO (*)	6.438.117	3.184.912	3.253.205
18	VAZA-BARRIS	1.019.247	755.592	263.655
19	ITAPICURU-REAL	1.409.143	517.118	892.025
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	4.714.186	3.408.425	1.233.761
21	CONTAS-JEQUIÉ	1.407.999	612.371	795.628
22	PARDO-CACHOEIRAS	1.396.107	909.008	487.099
22	JEQUITINHONHA (*)	224.185	107.415	116.769
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	495.920	305.793	190.127
	TOTAL	43.834.483	26.511.010	17.323.473

TABELA 2.2.3 – População Urbana, Rural e Total Residente nas Unidades de Planejamento em 1991

Fonte: IBGE – Censo Demográfico de 1991.

Nota: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.



2.2.1.1. Abastecimento de água de áreas urbanas

Por demanda de água para abastecimento urbano, se entende as necessidades de abastecimento dos habitantes urbanos.

Nas cidades e distritos situados na região semi-árida, para se dar uma sustentabilidade ao desenvolvimento, não basta apenas que sejam implantados sistemas de abastecimento de água. É preciso, antes de tudo, se ter certeza de que as fontes de água desses sistemas ofereçam a garantia suficiente para o atendimento nos períodos de seca que, costumeira e ciclicamente, acontecem.

Na verdade, este é um crucial problema, que enfrentam as cidades e distritos. Como exemplo da vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento de água em operação na região, durante a seca de 1993, até mesmo as grandes capitais do Nordeste, como Recife e Fortaleza, enfrentaram sérios problemas, o que implicou na necessidade de praticarem-se racionamentos na distribuição de água para uso das populações ali residentes.

Ressalte-se, que os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, não são banhados por rios perenes, o que dificulta sobre maneira o abastecimento de água de suas populações, que ficam a depender, primordialmente, das águas acumuladas em açudes e, secundariamente, das exíguas reservas de água subterrânea existentes.

Com base nas informações extraídas do Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – CADES, elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, para o ano de 1991, foi realizado um diagnóstico da situação atual do abastecimento urbano dos estados nordestinos.

A área total da Região Nordeste é de 1.556.000 km². Segundo dados do Censo realizado em 1991, abrigava uma população de 42.496.316 habitantes distribuídos em 1.547 municípios.

A população urbana do Nordeste correspondia a 60,65% da população total da Região.

Segundo o CADES, até 1991, tinham sido implantados 1.424 sistemas de abastecimento de água em sedes municipais e 1.125 sistemas em distritos, num total de 2.549 sistemas. Do total, as empresas estaduais de saneamento eram responsáveis pela operação de 1.708 sistemas, sendo que, 1.231 eram em sedes municipais e 477 em distritos. Em 1991, 123 sedes municipais na Região não contavam com sistema de abastecimento de água, o que corresponde a um índice de atendimento de 92,05% para as sedes municipais.

A população urbana total abastecida, em 1991, era de 20.376.773 habitantes, correspondendo a 79,05% da população urbana da Região. O Ceará é o Estado que apresenta o mais baixo percentual de atendimento, com apenas 59,55% da sua população urbana sendo atendida com sistema de abastecimento de água. Já o Estado do Piauí é o que apresentou o melhor desempenho, com 92,82% de sua população urbana sendo atendida por sistema de abastecimento de água.

Na Tabela 2.2.4 a seguir, está mostrada a situação, por Estado, do atendimento da população urbana, por sistema de abastecimento de água.

ESTADO	SEDES MUNICIPAIS ATENDIDAS (EM %)	POPULAÇÃO URBANA ATENDIDA (EM %)		
		TOTAL	CAPITAL	INTERIOR
MARANHÃO	100,00	84,40	79,88	59,88
PIAUI	95,14	92,82	100,00	100,00
CEARÁ	78,80	59,55	79,31	43,05
RIO G. DO NORTE	88,82	84,74	91,10	78,59
PARAIBA	90,64	97,28	91,38	98,11
ALAGOAS	100,00	75,52	81,44	68,50
SERGIPE	100,00	88,45	79,30	99,18
BAHIA	93,25	72,80	94,64	65,55
NORDESTE	92,05	79,05	87,99	76,24

TABELA 2.2.4 – População Urbana Nordestina Atendida com Sistema de Abastecimento de Água em 1991

Fonte: Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – CADES, elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES.

É importante chamar a atenção para o fato de atualmente nem todas as cidades contarem com sistema de abastecimento de água e as que contam, nem todas o possuem com suficiência para o atendimento pleno da população urbana municipal. Entretanto, sendo a água para o abastecimento humano o uso prioritário, deve-se reservar aprioristicamente tais demandas desde a situação atual.

Nas Tabelas 1.6.4 e 1.6.5, foram apresentados os valores estimados para as demandas de água para abastecimento urbano, relativos ao ano de 1991, para os Estados da Região e unidades de planejamento, respectivamente.

2.2.1.2. Demanda humana rural difusa

A demanda humana rural difusa corresponde a água a ser alocada ao atendimento das populações humanas que habitam o meio rural.

Segundo o PLIRHINE, estima-se que as populações de baixa renda e não servidas por sistemas de abastecimento demandam diariamente em torno de 70 a 100 l/hab/dia, conforme as dotações discriminadas a seguir:





DISCRIMINAÇÃO	NECESSIDADE 1/dia
BEBIDA	2 a 3
PREPARO DE ALIMENTOS	3 a 5
ASSEIO CORPORAL	25 a 32
LAVAGEM DE ROUPA	20 a 30
LIMPEZA DE CASA E UTENSÍLIOS DE COZINHA	20 a 30
TOTAL DIÁRIO	70 a 100

A população rural nordestina era de 17.902.156 habitantes em 1980, e passou para 17.323.473 habitantes em 1991, o que significa que houve um decréscimo na população residente no meio rural da Região no período. A taxa de crescimento da população rural foi de -0,32% ao ano.

É importante lembrar que o início da década de 80 coincidiu com uma das maiores e mais prolongadas secas ocorridas na Região, que foi a seca de 1979/83, seca esta que de certo deve ter provocado uma aceleração nos deslocamentos do campo para as cidades, embora esses deslocamentos tenham sido amortecidos pela recessão econômica, pelo fechamento das fronteiras agrícolas e pelas medidas emergenciais adotadas pelo Governo Federal no período.

A Tabela 1.6.4 apresenta a estimativa da demanda humana rural difusa das unidades de planejamento para o ano de 1991.

A Tabela 1.6.5 mostra a estimativa da demanda humana rural difusa dos Estados Nordestinos para o ano de 1991.

2.2.2 Demanda da pecuária

A demanda de água para pecuária corresponde ao somatório das demandas dos rebanhos animais domésticos de médio e grande portes.

Os coeficientes de demanda *per capita* para os rebanhos de animais domésticos são muito bem estudados pela literatura técnica.

Para efeito de cálculo de demandas os efetivos pecuários foram transformados em uma unidade hipotética proposta pelo PLIRHINE, denominada BEDA – bovinos equivalentes para demanda de água. Esta unidade agrega a projeções dos bovinos, eqüinos, ovinos, caprinos e suínos, ponderando o que cada espécie utiliza de água em relação ao bovino.

$$\Sigma \text{BEDA} = \Sigma \text{BOVINO} + \Sigma \text{EQÜINO} + \Sigma \text{ASININO} + \frac{\Sigma \text{OVINO} + \Sigma \text{CAPRINO} + \Sigma \text{SUÍNO}}{5} + \frac{\quad}{4}$$

Os principais rebanhos nordestinos são o bovino e o suíno.

Para o cálculo de demanda de água dos rebanhos aplicou-se o mesmo coeficiente de demanda selecionado pelo PLIRHINE, que admitiu que a demanda de água de um bovino é da ordem de 50 l/cb/dia.

Os efetivos pecuários foram obtidos da publicação do IBGE “Produção da Pecuária Municipal – 1988”.

O comportamento da população animal é diretamente relacionada com as condições vigentes no meio rural, em especial com a ocorrência de períodos de estiagem.

A ocorrência de estiagens prolongadas, nos últimos anos, provocou desfalques substanciais nos efetivos pecuários, devido a venda pelos produtores de grande parte de seus plantéis, principalmente, matrizes, dificultando a elaboração de projeto do efetivo pecuário da Região.

A solução encontrada para efeito de projeção da demanda para abastecimento pecuário, tendo em vista a desestruturação da pecuária regional provocada pelas grandes secas de 1979/83 e de 1990/93, foi admitir, no presente estudo, que o efetivo pecuário relativo ao ano de 1988, permaneceria constante até o ano de 2020, ou seja, considerou-se o efetivo pecuário relativo ao ano de 1988, como representativo do rebanho médio do período.

A Tabela 1.6.5 apresenta, para os estados da região, os valores de demandas de água para a pecuária.

Para as unidades de planejamento, as demandas são apresentados na Tabela 1.6.4.

2.2.3 Demanda na irrigação

Em função das deficiências de chuva, tanto em relação a quantidade quanto a distribuição, a irrigação e tecnologia indispensável a implantação, na região Nordeste, de uma agricultura moderna.

No entanto, o Nordeste e, no mundo, as regiões semi-áridas mais populosas a de menor proporção de área irrigada em relação a área total.

Considerou-se como irrigação pública a que se encontra circunscrita aos perímetros sob responsabilidade técnica e administrativa de órgãos públicos, sendo praticada tanto por colonos como por empresário.

Por sua vez, foi considerada como irrigação privada aquela desenvolvida pela iniciativa particular.





Inicialmente, procurou-se avaliar a evolução da área irrigada proposta pelo PLIRHINE.

Da análise da Tabela 2.2.6, constata-se que o PLIRHINE foi muito otimista na estimativa do ritmo de crescimento da área irrigada na região. Em vista disso, resolveu-se utilizar a projeção que foi preparada por consultor especializado do Grupo de Ordenamento do Espaço Regional e Agricultura do Projeto Áridas.

Segundo dados do Censo Agropecuário de 1985, do IBGE, eram irrigados na região apenas 366.826 ha.

A evolução da área irrigada dos estados nordestinos, no período 1970 a 1991, é apresentada na Tabela 2.2.7. Da análise dos dados, constata-se que a área irrigada da região passou de 115.972 ha em 1970, para 366.826 ha em 1985, ano de realização do último Censo Agropecuário do IBGE.

Entre 1985 e 1991, a área irrigada dos estados nordestinos aumentou em 86.311 ha, passando para 453.137 ha. Ressalte-se que foi a partir de 1985 que a irrigação passou a ter maior impulso na região, principalmente com o surgimento do Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE, em 1985 e, recentemente, com o aumento do volume de recursos para o setor, em decorrência da criação do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste – FNE. A área irrigada na região norte de Minas Gerais, incluída no nordeste da SUDENE, era de 38.850 ha em 1988.

De acordo com a Secretaria Nacional de Irrigação, do Ministério da Integração Regional (Tabela 2.2.8), a área irrigada do Nordeste, em 1991, era de 452.420 ha, incluindo áreas do PROVÁRZEAS/PROFIR, DNOCS, DNOS, CODEVASF, linhas de crédito e Decreto-Lei nº 2.032.

ANO	ÁREA IRRIGADA (HECTARE)	DEMANDA (hm ³ /ano)
1980	244.213	4.409
1985	424.612	7.585
1990	741.249	12.528
1995	1.209.099	20.103
2000	1.904.499	30.221

TABELA 2.2.6 – Projeção da Área Irrigada para o Nordeste Elaborada pelo PLIRHINE

Fonte: PLIRHINE



ESTADO	ÁREA IRRIGADA				
	1970	1975	1980	1985	1991
MARANHÃO	1.820	524	2.037	24.034	32.920
PIAUI	1.865	1.944	6.386	13.560	22.163
CEARÁ	25.484	29.887	63.599	67.304	71.750
RIO GRANDE DO NORTE	5.471	7.896	15.417	17.588	20.193
PARAÍBA	13.433	18.227	18.085	18.895	19.867
PERNAMBUCO	19.002	34.553	65.039	83.456	105.556
ALAGOAS	13.218	18.643	12.410	27.814	18.021
SERGIPE	8.639	10.678	3.163	7.121	11.871
BAHIA	27.042	41.007	70.602	107.054	150.796
NORDESTE	115.972	163.359	256.738	366.826	453.137

TABELA 2.2.7 – Evolução da Área Irrigada Implanta por Estado em Hectare

Fontes:1 – Até 1985, dados dos Censos Agropecuários do IBGE.

2 – Para 1991, estimativas do GT – organização do espaço regional e agricultura do Projeto Áridas.

EM HECTARE ESTADO	ÁREA IRRIGADA			
	1985	1987	1989	1991
MARANHÃO	11.450	17.375	24.685	26.748
PIAUI	26.822	35.200	45.086	46.406
CEARÁ	39.412	72.149	87.004	88.961
RIO GRANDE DO NORTE	10.538	21.292	27.381	28.589
PARAÍBA	22.933	27.703	29.757	30.735
PERNAMBUCO	41.449	82.538	68.477	71.953
ALAGOAS	4.398	8.496	12.560	13.290
SERGIPE	10.469	15.069	15.563	16.284
BAHIA	68.615	112.818	126.918	129.454
NORDESTE	236.086	372.640	437.431	452.420

TABELA 2.2.8 – Evolução da Área Irrigada Implantada por Estado

Fonte:Secretaria Nacional de Irrigação, incluindo áreas do PROVÁRZEAS/PROFIR, DNOCS, DNOS, CODEVASF, linhas de crédito e D.I. 2.032.

2.2.4 Demanda industrial

Os esforços de industrialização do Nordeste geraram os “Distritos Industriais” onde se localizam a grande maioria das indústrias modernas da região.

Os distritos industriais localizam-se em áreas urbanas situadas na periferia das cidades. Os seus sistemas de abastecimento de água todavia são, via de regra, independentes dos sistemas das cidades o que justifica uma consideração independente. Algumas indústrias chegam a ter sistemas independentes ou particulares de captação e tratamento de água.



O PLIRHINE observou que a evolução das demandas para os abastecimentos domésticos e distritos industriais apresentam ritmo de crescimento semelhantes. Da análise dos dados do PLIRHINE, observou-se que a demanda para o abastecimento dos distritos industriais equivaliam a cerca de 25% da demanda para o abastecimento urbano.

Assim, nesse estudo considerou-se a demanda para o abastecimentos dos distritos industriais como sendo equivalentes a 25% da demanda para o abastecimento urbano.

2.2.5 Demanda das agroindústrias

As agroindústrias enquadram-se na categoria de demandas, convencionadas como demanda rural concentrada, destacam-se no Nordeste não como grandes consumidoras de água, mas sobretudo pelos efeitos dos seus efluentes nos corpos de água receptores (poluição).

Como não se dispõe de informações mais atualizadas sobre as demandas de água para o abastecimento das agroindústrias, utilizou-se as informações do “Estudo de Demanda” do PLIRHINE.

Nos estudos do PLIRHINE, foram em número de 10 os tipos de agroindústrias consideradas:

- usina de açúcar;
- destilarias de álcool;
- óleos vegetais;
- laticínios;
- frigoríficos e matadouros;
- fecularias;
- curtumes;
- sucos e conservas vegetais;
- bebidas; e
- têxteis.

As demandas das agroindústrias foram calculadas através de utilização de coeficientes de demanda que relacionassem as produções de cada tipologia com demandas de água.

2.2.6 Demanda para usos não consuntivos

As demandas não consuntivas são ligadas às modalidades do tipo *in stream use*.

Os referidos usos englobam dentre outros, principalmente:

- geração hidroelétrica;
- navegação interior;

- pesca; e
- recreação e turismo.

As demandas para estes usos, embora não consuntivos podem apresentar restrições ou competições com os demais usos propiciando o surgimento de conflitos.

2.2.6.1 Geração hidroelétrica

A utilização da água para geração de energia elétrica é um uso não consuntivo dos recursos hídricos, embora provoque perdas por evaporação nos reservatórios, que são consideradas no estudo da disponibilidade hídrica.

As perdas por evaporação nos reservatórios de Três Marias e Sobradinho são segundo o PLANVASF, 30 m³/s e 190 m³/s, respectivamente, ou 6,9 bilhões de m³/ano.

Segundo dados da CHESF, cada 1 m³/s retirado do Rio São Francisco, equivale a uma perda de geração de 2,52 MW/ano.

A geração hidráulica de energia atua sobre a capacidade de armazenamento disponível, exigindo que um certo volume seja reservado para esse fim, muito embora ele seja repostado no rio mais a jusante.

No caso de usinas que trabalham na ponta há que considerar também a alteração que acarretam no padrão de variabilidade do escoamento a jusante.

Atualmente, o sistema elétrico da região Nordeste está ligado ao da região Norte, partir de Tucuruí.

Segundo informações do BNB (BNB, 1994), tem-se que:

- O consumo *per capita* de energia no Nordeste é o menor das regiões brasileiras, correspondendo a metade da média nacional e a um terço do consumo da região Sudeste.
- Uma grande parte da população rural nordestina ainda depende da lenha como principal fonte energética. Este fato unido ao uso da lenha com fins energéticos em algumas indústrias (aço e cerâmica) e pequenos negócios (olarias e padarias), representa um fator de deterioração da vegetação natural da região.
- A capacidade instalada do Nordeste é de 7.200 MW, que será adicionada em 3.000 MW com a entrada em operação de Xingó.
- A capacidade hidroenergética instalada no Nordeste corresponde, hoje, a 75% do total do potencial hidroelétrico.

Os estudos da CHESF, com base em projeções do crescimento da demanda, indicam que com a implantação de Xingó, o Nordeste tem energia garantida apenas até o ano 2002.



2.2.6.2 Navegação interior

A navegação fluvial constitui um uso não consuntivo, mas a necessidade de manter vazões mínimas para esse propósito constitui uma restrição ao emprego desse recurso hídrico para outros usos consuntivos.

De maneira geral, as principais exigências para que um rio seja navegável são: vazão mínima e declividade baixa.

Cada rio ou trecho de rio exige um estudo para a determinação da vazão mínima abaixo da qual não seja possível a navegabilidade em corrente livre. Caso se canalize um rio, desaparecem as limitações de vazão e declividade exigidas pela navegação em corrente livre.

Caso seja construída uma barragem ao longo de um rio, para garantir a navegação, é necessário também a construção de uma eclusa.

No Nordeste, sob o aspecto da navegabilidade destacam-se, os seguintes rios: Mearim e seus afluentes Pindaré e Grajaú, Itapecuru, Parnaíba e seu afluente Balsas, São Francisco e Tocantins.

2.2.6.3 Pesca

A pesca realizada em águas interiores (rios, lagos e açudes) não constitui um uso consuntivo dos recursos hídricos, mas implica numa restrição aos outros usos já que exige a manutenção de uma certa vazão ou volume de água com determinados padrões de qualidade que permitam a sobrevivência das espécies.

No presente estudo, se estabeleceu uma demanda mínima, chamada demanda ecológica, para cada unidade de planejamento, visando a manutenção da vida aquática.

2.2.6.4 Recreação e turismo

As atividades de recreação e turismo, no que diz respeito aos recursos hídricos se traduzirão especialmente na utilização de espelhos líquidos de lagos, reservatórios e mais raramente calhas dos rios, para o desenvolvimento das seguintes atividades principais:

- natação e esportes náuticos;
- vela;
- pesca e caça;
- balneário; e
- paisagismo.

Na região semi-árida nordestina, um espelho d'água representa um ponto de atração, possibilitando excelentes condições de lazer.



Esta modalidade de uso não tem expressão como demanda de água em termos quantitativos, exigindo todavia, padrões estéticos e sanitários adequados.

2.2.6.5 Demanda ecológica

Por demanda ecológica entende-se a quantidade de água mínima necessária para a manutenção da vida aquática nos rios.

No presente estudo, considerou-se que a demanda ecológica equivaleria a 10% da disponibilidade de água da unidade de planejamento.

Para as unidades de planejamento, os resultados foram apresentados na Tabela 1.6.4.

2.3 Indicadores de sustentabilidade dos Recursos Hídricos

A sustentabilidade do semi-árido nordestino, no que tange aos recursos hídricos, está diretamente associada à limitada disponibilidade desses recursos, em termos de quantidade e qualidade, e à capacidade de suporte que pode oferecer às atividades humanas, em geral.

A sustentabilidade de um sistema se evidencia através da análise da evolução das mudanças, ao longo do tempo, de um conjunto de indicadores individuais.

O conjunto de indicadores deve ser robusto, embora não exaustivo, Müller (1993). Robusto, no sentido de que os mesmos traduzam as condições por ele descritas e, ademais, que sejam sensíveis, com base estatística ou de medição suficiente. Não deve ser exaustivo, se não somente referir-se às categorias e elementos mais significativos do sistema em análise.

Os indicadores da sustentabilidade, no tocante aos recursos hídricos, estão ligados a quantidade, qualidade, confiabilidade e acessibilidade do elemento água.

O desenvolvimento sustentável requer que o *stock* de capital, que passa de uma geração a outra, se mantenha ou melhore.

Dentre os confrontos mais importantes, no estudo do Balanço dos Recursos Hídricos, se destaca aquele que se estabelece entre as potencialidades da oferta dos recursos hídricos e as respectivas demandas. Tal confronto oferece uma primeira idéia da carência ou da abundância desses recursos. Em decorrência, fornece uma primeira visão sobre quais providências poderão ser tomadas para alcançar, em primeira aproximação, o equilíbrio amplo, pois aí se consideram, essencialmente, os usos consuntivos.



As variáveis utilizadas nos cálculos dos indicadores são:

Qp – Potencial idade hídrica da unidade de planejamento. Representa a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, ou seja, em seu estado natural. O potencial de uma bacia ou de um conjunto de bacias é constituído pela soma dos escoamentos, de superfície e de base, sendo representado pelo escoamento médio anual.

Qo – Disponibilidade hídrica da unidade de planejamento, que é a parcela da potencialidade ativada pela ação do homem, por meio de barragens e poços. De uma maneira geral, as disponibilidades hídricas compreendem as parcelas dos recursos de água que podem ser prontamente aproveitadas e, portanto, disponíveis para diversos fins. O PLIRHINE, considerou como disponibilidade máxima factível a que corresponde ao nível de ativação de 80% da disponibilidade potencial. As disponibilidades hídricas superficiais de uma bacia hidrográfica nordestina são aqui representadas pelas parcelas das águas represadas nos açudes, possíveis de serem aproveitadas através de regularização ou retiradas. Para um reservatório, a disponibilidade é função da sua capacidade de acumulação e do nível de garantia adotado que, a rigor, depende do uso e do risco de falha socialmente aceito. A quantificação total das disponibilidades hídricas subterrâneas concentra-se no componente disponibilidades hídricas atuais, que é dado pela vazão total e anual de todos os poços de cada sistema de aquíferos em efetiva exploração.

Qd – Demandas de água. Para efeito de planejamento dos recursos hídricos entendem-se por demandas as quantidades de água, medidas em unidades de volume, que devem satisfazer a determinados usuários, sejam eles consuntivos ou não.

Os indicadores de sustentabilidade dos recursos hídricos, considerados no presente estudo, são:

- a) Qo/Qp – Índice de ativação da potencialidade (IAP). Representa o grau de ativação dos recursos hídricos da unidade de planejamento (constituída por uma ou mais bacias). Varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de um, mais ativados foram os recursos potenciais da unidade de planejamento.
- b) Qd/Qo – Índice de utilização da disponibilidade (IUD). Representa o grau de utilização da disponibilidade. Quando seu valor é menor que a unidade, significa dizer que a disponibilidade está sendo suficiente para satisfazer a demanda e, quando é maior que a unidade, significa que a disponibilidade não está sendo suficiente para atender a demanda, existindo uma demanda reprimida, o que implica na necessidade de construção de novos reservatórios ou na perfuração de mais poços.



- c) Q_d/Q_p – Índice de utilização da potencialidade (IUP). Representa o grau de utilização do potencial. Quanto mais próximo for seu valor de 0,8, mais próxima estará a unidade de planejamento de atingir o limite máximo possível da utilização do seu potencial.
- d) $Q_o - Q_d$, que é usado para representar o balanço tradicional entre a disponibilidade e a demanda. Quando seu valor é positivo, evidencia que as demandas estão sendo satisfeitas e, quando negativo, significa existir uma demanda insatisfeita, o que implica na necessidade de construção de novos reservatórios ou na da perfuração de mais poços.

Em termos de qualidade de água, a sustentabilidade está relacionada com a capacidade de um manancial de depurar uma carga poluidora nele lançada.

Com relação a poluição hídrica, é comum avaliar-se um manancial considerando-se sua capacidade de auto-depurar matéria orgânica pelo processo de decomposição por bactérias aeróbicas. Existem fórmulas e modelos matemáticos que permitem estudar o comportamento de um corpo de água, após receber determinada carga orgânica, através de oxigênio dissolvido presente na água.

A salinidade da água pode ser usada, também, como um indicador de sustentabilidade, uma vez que teores elevados da mesma prejudicam seus usos.

Assim, são propostos os seguinte indicadores de sustentabilidade, do ponto de vista de qualidade da água:

- Índice de Comprometimento com a Poluição.
- Capacidade de Auto-Depuração.
- Teor de Oxigênio Dissolvido.
- Salinidade da Água.

Índice de Comprometimento com a Poluição

$$\text{ICP} = \frac{\text{Vazão superficial Disponível (VD)}}{\text{Vazão Comprometida com a Poluição (VCP)}}$$

Determina-se este índice para cada Unidade de Planejamento do PLI-RHINE, a partir dos dados deste plano e das estimativas dos volumes disponíveis, para vários cenários.



Capacidade de Auto-Depuração

$$CA = \frac{\text{Vazão Mínima do Curso de Água (VMi)}}{\text{Vazão de Esgoto (VE)}}$$

De acordo com DACACH (1984), se a relação entre a vazão do corpo receptor e a vazão dos esgotos domésticos for igual ou superior a 40, dificilmente ocorrerão problemas de poluição. Se a proporção for de 20 ou menos para 1, os problemas fatalmente existirão.

Teor de Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) da água tem sido um indicador bastante utilizado. Teores de oxigênio dissolvido baixo revelam que um corpo de água encontra-se poluído por carga orgânica.

Salinidade da Água

Os aspectos de salinidade existentes nos mananciais hídricos são estudados e quantificados através de condutividade elétrica, CE, expressa em mhos/cm. O conhecimento desse parâmetro permite que se estabeleçam os níveis de salinização da água, para os mais diversos tipos de mananciais, como também possibilita que se estabeleça uma classificação deste corpo hídrico em relação aos riscos de salinização.

A análise destes indicadores, correspondentes à situação atual e planejada, retratarão a situação dos recursos hídricos da unidade de planejamento. A análise da evolução destes indicadores, ao longo do tempo, é que retratará a sustentabilidade dos recursos hídricos da unidade de planejamento.

Implicitamente, se considerou que as potencialidades dos recursos hídricos se manteriam constantes. Também, considerou-se que a perfuração de poços não seria reduzida, seja por assoreamento ou pela degradação da qualidade da água. Estas hipóteses foram revistas apenas quando se analisou a situação de mudança climática.

2.4. Análise da Sustentabilidade Atual

A tradicional realização de um balanço oferta x demanda, quando se utilizam valores médios para uma região como a nossa, tendo em vista os longos períodos de estiagem que, periodicamente, nela se estabelecem e inibem o desenvolvimento dos meios de produção, afetando, conseqüentemente, a qualidade de vida das populações que habitam no chamado “polígono das secas”, pode levar a visões distorcidas da realidade vivida no semi-árido nordestino.



O regime hidrológico dos rios intermitentes da região é bastante crítico, pois depende de um regime pluviométrico irregular, tanto ao nível mensal quanto anual, da natureza geológica das rochas, na grande maioria, cristalina, e de um clima megatérmico de alto poder evaporante.

A integração dos fatores acima é diretamente responsável pelas características extremadas do escoamento, ora se evidenciando cheias de grandes proporções contrapondo-se a períodos de demorada escassez, resultando na inadequabilidade do balanço tradicional entre a oferta e a demanda, dos recursos hídricos, na região semi-árida nordestina.

Além do mais, as disponibilidades hídricas se concentram nas margens dos açudes e dos rios perenes ou perenizados, fazendo com que as áreas mais afastadas das infra-estruturas hídricas, que representam a grande maioria da região, não tenham acesso a água, não se tendo, por isso, uma avaliação confiável do conflito “oferta x demanda” nessas áreas.

Estas afirmativas podem ser facilmente comprovadas, quando analisamos o caso do município de Orós, no estado do Ceará. Neste município foi construído, pelo Governo Federal, o Açude Orós, com 2,1 bilhões de metros cúbicos de capacidade. Entretanto, é comum em qualquer seca, a presença de carros-pipa e queda acentuada na produção agrícola do município, pois, a influência de um açude ou de um rio perene ou perenizado só é sentida até uma distância de 10 km dos mesmos.

A sustentabilidade dos recursos hídricos do semi-árido nordestino passa pela adoção de uma política para esses recursos que estabeleça níveis crescentes de proteção contra os efeitos das secas.

O abastecimento da população rural dispersa em toda a região, deve ser realizado, prioritariamente, através de poços, cacimbas e cisternas, como forma de garantir uma fonte de água permanente para o seu abastecimento, evitando com isso a freqüente utilização de carros-pipa para o abastecimento.

As aguadas, de regularização anual, são essenciais à distribuição geográfica da água, mas não oferecem nenhuma resistência às secas. São pontos de água para o gado, em anos de médios ou de pequenos *déficits*, que acontecem, segundo o PLIRHINE, em 80% do tempo. As aguadas são, portanto, importantes para dar sustentação a estrutura ocupacional, disseminada em todo espaço territorial da região.

O PLIRHINE fixou em 16 km² a área de atendimento de cada uma das aguadas. Essa fixação decorreu do fato de considerar-se a distância de 4 km, como o máximo percurso, recomendável para o gado.

Os pequenos e médios açudes, de regularização internada, de menor densidade geográfica do que as aguadas, são calculados normalmente para



enfrentar mais de um ano de estiagem, e são fundamentais a defesa contra as secas. Eles se destinam sobretudo ao abastecimento humano e agrícola, e são impotentes somente diante das secas prolongadas. Durante os últimos cem anos ocorreram seis períodos nos quais as secas foram plurianuais (dois ou mais anos consecutivos de seca).

Finalmente, os grandes açudes, de regularização, projetos para enfrentar vários anos consecutivos de seca, garantiriam a proteção adequada para as secas excepcionais. Estes açudes são destinados para fins múltiplos (abastecimento de cidades, irrigação em larga escala, controle de cheias, recreação, turismo, entre outros usos). Os grandes açudes normalmente estão associados ao desenvolvimento global da bacia onde se situam. Exercem, assim, um papel preponderante no balanço oferta x demanda dos recursos hídricos de uma bacia.

Para garantir a proteção contra as secas excepcionais, que duram vários anos, entretanto, estes grandes açudes pagam um tributo altíssimo. Como eles têm que guardar água dos anos normais para enfrentar os anos de seca, precisam ser mantidos sempre cheios, o que faz com que a sua disponibilidade média anual, para atendimento das demandas, seja muito baixa, cerca de 20 a 30% da sua capacidade de acumulação. Decorre disso, que os grandes açudes perdem por evaporação, que na nossa região atinge mais de 2.000 mm/ano, maioria de suas águas acumuladas.

A exigência de se manterem cheios, os grandes açudes, para se contar com reserva estratégica de água na região semi-árida do Nordeste, é mal compreendida pelo grande público, que vê no fato, um desperdício, dando a falsa impressão de que a região dispõe de muita água acumulada, e de que as mesmas são pouco exploradas.

O exemplo mais claro, de que dispomos sobre a importância da função dos grandes açudes como reserva hídrica estratégica, é o do abastecimento de água da cidade de Fortaleza. Em abril de 1993, com a confirmação de que a estação chuvosa tinha terminado e com os dados técnicos, indicando que os açudes que suprem Fortaleza somente teriam condições de abastecê-la até o mês de setembro, e assim mesmo, racionando em 50% o fornecimento de água a população, o governo do estado tomou a decisão de construir um canal de 115 km de extensão, em 90 dias, ligando os açudes que abastecem Fortaleza, ao rio Jaguaribe, perenizado pelas águas liberadas pelo açude de Orós.

O DNOCS, de pronto, concordou em aumentar a liberação de água do açude de Orós, utilizando para isso, a reserva estratégica de água mantida no mesmo, de modo a atender ao abastecimento de uma metrópole de mais de dois milhões de habitantes. Assim, devido à política adotada pelo DNOCS, com relação a operação de seus grandes reservatórios estratégicos, foi pos-

sível abastecer Fortaleza, de setembro de 1993 a maio de 1994, período em que entraram em colapso os mananciais que abastecem a capital do Ceará.

Os açudes constituem equipamentos de transformação e de adaptação das potencialidades naturais, às demandas. O número de reservatórios de uma região depende, portanto, da carência e da variabilidade no tempo e no espaço dos recursos hídricos. Daí a região semi-árida nordestina constituir-se na região com maior densidade de açudes no país.

Como se percebe, a maneira de se estabelecer a sustentabilidade dos recursos hídricos da região semi-árida nordestina, passa pela integração das políticas governamentais para construção de pequenos, médios e grandes açudes, e pela priorização do abastecimento das populações rurais, dispersas em toda a região, a partir de poços, cacimbas e cisternas.

Existe hoje um esforço, que está sendo desenvolvido pelos governos estaduais e pelo Governo Federal, de aumentar a utilização das águas acumuladas na região, garantindo o abastecimento das cidades situadas fora das margens de rios perenes e/ou perenizados, com a adoção de uma política agressiva de construção de adutoras regionais, que possibilitam o atendimento das populações urbanas, com água tratada de boa qualidade e de forma garantida.

São marcos significativos desta política, as adutoras construídas a partir do Rio São Francisco pelo governo de Sergipe, a adutora de Salgueiro, construída pelo governo de Pernambuco, a adutora da Ibiapaba construída pelo governo do Ceará e a adutora do oeste, em construção pelo DNOCS, no estado de Pernambuco.

O Projeto Chapéu de Couro, desenvolvido pelo governo de Sergipe, partiu do princípio que o homem do semi-árido nordestino pode conviver com a seca, desde que encarada como um fenômeno previsível, e não como inesperado ou imponderável.

Uma das premissas fundamentais em que se baseia o referido programa é o da elaboração de um elenco de soluções integradas, visando a, antes de mais nada, o abastecimento garantido de águas às comunidades.

A topografia do semi-árido sergipano não é ideal para a construção de grandes açudes. Diante disso, o Programa Chapéu de Couro partiu para a construção de aguadas, que são pequenos açudes, para a perfuração de poços artesianos e para a construção de adutoras.

A fonte de captação de água das principais adutoras construídas é o Rio São Francisco. Até 1993, tinham sido construídos 1.100 km de adutoras e estavam em execução mais 600 outros, totalizando 1.700 km de adutoras. A implantação dessas adutoras, transformou-se no meio mais eficiente de convivência com as secas, em Sergipe.



Quanto aos recursos hídricos subterrâneos, a explorabilidade de um aquífero ou a viabilidade de transformar seu potencial em disponibilidade, depende, não somente do custo da água bombeada mas, igualmente, do benefício derivado de seu uso, dentro de um contexto sócio-econômico determinado.

O processo de planificação implica numa abordagem de desenvolvimento integrado dos recursos naturais, em geral, e hídricos – superficiais e subterrâneos – em particular. O desenvolvimento integrado tende a aproveitar, ao máximo, as características próprias de cada uma das fontes de recursos.

A disponibilidade atual de recursos hídricos da região, da ordem de 97,3 bilhões de metros cúbicos por ano, se concentra basicamente nas águas de superfície, oriundas de rios perenes ou perenizados pela ação do homem.

Esta disponibilidade está regionalmente muito concentrada nas bacias dos Rios São Francisco (UP 17) e Parnaíba (UP 6), que representam 66,64% e 9,32%, respectivamente, da disponibilidade total da região.

A disponibilidade oriunda da exploração das águas subterrâneas, representam atualmente apenas 4,49% da disponibilidade total.

A exploração da água subterrânea na região é mais intensa nas unidades de planejamento Parnaíba (UP 6), Mearim-Grajaú-Pindare (UP 3), São Francisco (UP 17) e Fortaleza (UP 9).

A demanda total de água da região é atualmente da ordem de 21,87 bilhões de metros cúbicos por ano, dos quais, 9,29 bilhões de metros cúbicos (42,48%) correspondem a demanda ecológica. A demanda ecológica, como anteriormente apresentado, corresponde a 10% da disponibilidade dos recursos hídricos superficiais das unidades de planejamento.

A demanda de água para os usos consuntivos atualmente é da ordem de 12,58 bilhões de metros cúbicos, dos quais, a irrigação é responsável por 49,28%. O restante é assim distribuído: 23,74% para a demanda urbana, 10,12% para a demanda agroindustrial, 7,40% para a demanda pecuária, 5,94% para a demanda dos distritos industriais, 3,52% para a demanda humana rural difusa.

Como se percebe, a irrigação é o principal consumidor das águas da região. É na bacia do São Francisco (UP 17) que se encontra a maior área irrigada atualmente. O uso mais intenso, para irrigação, das águas do Rio São Francisco pode, no futuro, acarretar conflito com o Setor Elétrico, pois, é nessa bacia que se localiza o maior parque gerador de energia elétrica da região Nordeste. A CHESF argumenta que é de 2,52 MW.ano a perda de geração de energia no seu sistema para cada 1 m³/s de água retirada a montante de suas usinas.



A maior parte dos despejos provenientes de indústrias e núcleos urbanos situados no litoral ou próximos deste, são lançados diretamente no mar, prescindindo em princípio de recursos hídricos para diluição. Tal fato não minimiza a importância de medidas preventivas e corretivas da poluição nas cidades costeiras porque eventualmente comprometem a orla marítima com altos índices de poluição.

Com base nos dados para as disponibilidades e demandas atuais, foram calculados os índices de sustentabilidade para cada unidade de planejamento.

Na Tabela 2.3.1, estão apresentados os índices de sustentabilidade dos recursos hídricos para as unidades de planejamento para a situação atual.

Da análise dos índices de sustentabilidade, se constata que, na situação atual, já existe uma demanda reprimida nas unidades de planejamento Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Oriental de Pernambuco (UP 15), Bacias Alagoanas (UP 16), Vaza Barris - Real (UP 18) e Itapecuru (UP 19).

A análise dos indicadores da unidade de planejamento Fortaleza (UP 9) é o exemplo mais claro da importância da realização de análises deste tipo. Como as demandas atuais da UP 9 são pouco inferiores às disponibilidades, é de se esperar que esta unidade de planejamento apresente problemas para o atendimento das demandas nos anos de seca.

A principal demanda de água da UP 9 é a destinada ao abastecimento humano, responsável por 57,80% da demanda total, vindo em seguida, a demanda para irrigação com 17,72% e a demanda dos distritos industriais com 14,45%. Era natural, portanto, que o fornecimento de água para o abastecimento urbano apresentasse baixo nível de garantia, ou seja, trabalhasse com elevada probabilidade de falha no atendimento. Atualmente, somente foram ativadas 29% das potencialidades, e as demandas equivalem a apenas 29% das potencialidades da unidade de planejamento.

Assim, o grave problema de racionamento de água, que resultou na necessidade da importação de água da bacia do Jaguaribe (UP 10), que enfrentou a Região Metropolitana de Fortaleza, no período 93/94 poderia ter sido evitado, se tivesse havido um planejamento de longo prazo para os recursos hídricos, que identificasse problemas e antecipasse soluções, que, no caso dessa unidade de planejamento correspondia a ativação dos recursos hídricos locais, da própria unidade de planejamento.

Outro caso que merece destaque é o da unidade de planejamento Oriental de Pernambuco (UP 15). A UP 15 abrange grande parte do estado de Pernambuco e uma pequena faixa do norte de Alagoas. Os principais centros urbanos da unidade são as cidades situadas na Região Metropolitana de Recife e Caruaru. Para a UP 15, a demanda de água para irrigação é respon-



sável por 34,16% da demanda total da unidade. Em seguida vem, a demanda agroindustrial com 28,78% e a demanda para abastecimento urbano com 26,95%. O atendimento das demandas para abastecimento urbano é crítico, tendo Recife, recentemente, enfrentado um rigoroso racionamento no abastecimento d'água de sua população.

U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DISP./DEM. (HM ³)	DISP./POT. (IAP)	DEM./DISP. (IUD)	DEM./POT. (IUP)
1 TOCANTINS MARANHENSE	437	0.10	0.24	0.02
2 GURUPI	2.295	0.15	0.12	0.02
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	3.414	0.23	0.15	0.03
4 ITAPECURU	1.498	0.19	0.15	0.03
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1.714	0.22	0.11	0.02
6 PARNAÍBA	7.240	0.23	0.20	0.05
7 ACARAÚ-COREAÚ	493	0.13	0.30	0.04
8 CURU	337	0.24	0.40	0.10
9 FORTALEZA	36	0.29	0.95	0.28
10 JAGUARIBE	1.112	0.50	0.46	0.23
11 APODI-MOSSORÓ	83	0.27	0.62	0.16
12 PIRANHAS-AÇU	1.094	0.57	0.30	0.17
13 LESTE POTIGUAR	-154	0.13	1.70	0.22
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	-91	0.17	1.25	0.21
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	-1.583	0.08	5.86	0.44
16 BACIAS ALAGOANAS	-589	0.08	3.45	0.27
17 SÃO FRANCISCO	55.434	1.58	0.15	0.23
18 VAZA-BARRIS	-84	0.09	1.76	0.16
19 ITAPICURU-REAL	-11	0.10	1.05	0.11
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	622	0.21	0.65	0.13
21 CONTAS-JEQUIÊ	72	0.13	0.90	0.12
22 PARDO-CACHOEIRAS	535	0.11	0.35	0.04
23 JEQUITINHONHA	467	0.09	0.15	0.01
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	1.048	0.20	0.26	0.05
TOTAL	75.429	0.47	0.22	0.11

TABELA 2.3.1 – Índice de Sustentabilidade para Situação Atual

A necessidade do aumento da disponibilidade desta unidade, de forma a atender as demandas é urgente, e deverá ser feita através da construção de novos barramentos, mas mesmo assim não será suficiente para atender as demandas sendo portanto necessário aumentar a exploração dos recursos subterrâneos e a transferência de recursos de outras unidades de planejamento. Estudos detalhados da possibilidade de ativação das potencialidades da unidade de planejamento deverão ser promovidos, de forma a possibilitar a adoção de um plano de obras de longo prazo que enseje um permanente equilíbrio entre disponibilidade e a demanda d'água. É preciso também que se adotem medidas urgentes no sentido de se preservar a qualidade dos mananciais da unidade de planejamento, pois é grande a carga potencialmente poluidoras principalmente das usinas de açúcar, destilarias de álcool, de engenhos de aguardentes, do parque industrial e dos núcleos urbanos (ver adiante, a situação atual e futura da sustentabilidade, quanto à qualidade da água).

De todas as unidades de planejamento, é a Oriental de Pernambuco, a que apresenta as piores condições de sustentabilidade de seus recursos hídricos, o que poderá resultar num fator restritivo ao seu desenvolvimento sócio-econômico.

Finalmente, a utilização de águas residuárias (reuso de águas) tratadas com tecnologia adequada, é uma alternativa importante a ser estudada, devido a escassez e deterioração dos recursos hídricos da Região Nordeste.

2.5. Sustentabilidade e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos

Inicialmente, convém enfatizar o significado de alguns termos utilizados no planejamento hidrogeológico:

- **DISPONIBILIDADE** – volume diário que sistema poderá fornecer em função dos poços instalados, no regime máximo de bombeamento (24/24 hs);
- **POTENCIALIDADE** – volume máximo que o sistema aquífero poderá fornecer sem depleção; corresponde à vazão de escoamento natural – VEN do aquífero, ou em outras palavras, a reserva reguladora (recarga anual);
- **RESERVAS PERMANENTES** – volume de água contido no sistema aquífero que não sofre nenhuma influência da variação sazonal;
- **RESERVAS EXPLORÁVEIS** – volume anual que poderá ser explorado do aquífero sem que haja comprometimento irreversível das reservas permanentes, que atenda as condições de qualidade da água e de condicionantes técnicos e econômicos da construção de poços;
- **RESERVAS TOTAIS** – o volume máximo armazenado na zona de saturação, incluindo as reservas permanentes e as reservas reguladoras;
- **RESERVAS ESTRATÉGICAS** – parcela que pode ser consumida das reservas permanentes em períodos de extrema escassez hídrica, inclusive na ausência de uma recarga anual, em períodos de seca.

As reservas exploráveis, em condições normais de recarga anual, isto é, em anos de períodos chuvosos acima da média, devem ficar restritas às reservas reguladoras do aquífero, ou seja, a sua potencialidade.

As parcelas a serem utilizadas das reservas permanentes, devem ficar resguardadas como reservas estratégicas, para uso nos períodos de seca, ou de estiagem prolongada.

Nesse aspecto é que reside a reduzida vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos e, por conseguinte, o elevado nível de sustentabilidade no abastecimento d'água a partir dos mananciais do subsolo.



Com efeito, o “coeficiente de realimentação” médio dos aquíferos em bacias sedimentares do Nordeste, é de 0,06% ao ano o que significa dizer que a ausência de recarga durante 5 anos consecutivos – duração da seca mais prolongada ocorrida no Nordeste – implicaria num consumo depletivo das reservas permanentes de apenas 0,3%; os volumes retirados das reservas permanentes durante esses períodos de seca, poderiam ser rapidamente compensados nos anos mais chuvosos, além das trocas existentes no próprio sistema aquífero por drenança vertical ascendente ou descendente.

Pode-se então afirmar que, com exceção dos aquíferos aluviais e fissurais, os reservatórios de águas subterrâneas são praticamente *invulneráveis* às secas da região semi-árida nordestina.

Os índices de sustentabilidade já definidos, aplicados somente as disponibilidades subterrâneas, nos leva ao Quadro 2.5.1.

foi adotada uma simbologia com sinais positivos quando o índice de sustentabilidade é favorável, isto é, a sustentabilidade é elevada e negativo, quando desfavorável, ou de sustentabilidade baixa.

Para melhor distinguir os índices positivos e negativos entre si foi ainda adotada uma sub-divisão do índice como se segue:

- sustentabilidade elevada = (+)
- sustentabilidade muito elevada + (+) (+)
- sustentabilidade baixa = (-)
- sustentabilidade muito baixa = (-) (-)

Foi efetuada, por fim, uma classificação de *níveis de sustentabilidade*, tomando por base o conjunto dos três índices, da seguinte forma:

Nível de Classificação Predominante dos Índices

SUSTENTABILIDADE	IUP	IUD	IAP
I ELEVADO	(+)	(-)	(+)/(+) (+)
II BAIXO	(-)	(-)/(-) (-)	(+)

A interpretação dos níveis I e II de sustentabilidade deve levar em conta o significado dos índices de sustentabilidade (Quadro 2.5.2) que geraram esses níveis.

O Índice de Utilização da Disponibilidade, ou IUD, revela que a demanda total é, em geral, superior a disponibilidade das águas subterrâneas. Esse fato já havia sido constatado, quando se mostrou que o total da disponibilidade das águas subterrâneas representava apenas 17% das demandas totais atuais, ou seja, as águas subterrâneas na maior parte do Nordeste, excetuando-se os estados do Piauí e Maranhão e as áreas metropolitanas dos esta-



dos do Rio Grande do Norte e Alagoas, atuam como manancial complementar as águas superficiais.

Além disso, pode ser visto no Quadro 2.5.2 que cerca de 60% da área nordestina localiza-se em terrenos cristalinos e nessa área habita 30% da população do Nordeste (os outros 10% da população rural localiza-se em terrenos sedimentares dos estados do Piauí e Maranhão). Observa-se ainda que nas unidades de planejamento (bacias hidrográficas) 75% apresentam predominância de terrenos cristalinos sobre os sedimentares, com média de participação em área de 87,5%.

DENOMINAÇÃO DA UP	IDEP	IDED	IDIP	NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE
1 TOCANTINS MRRANHENSE	0,303 (+)	2,021 (-)	0,150 (+)	
2 GURUPI	0,119 (+)	3,574 (-)	0,033 (+) (+)	
3 MEARIM'GRAJAÚ-PINDARÉ	0,195 (+)	1,136 (-)	1,172 (+)	
4 ITAPECURU	0,172 (+)	1,319 (-)	0,131 (+)	I
5 MUNIM-BARREIRINHAS	0,071 (+) (+)	1,304 (-)	0,054 (+) (+)	
6 PARANAÍBA	0,226 (+)	2,095 (-)	0,108 (+)	
7 ACARAÚ-COREAÚ	0,190 (+)	2,158 (-)	0,088 (+) (+)	
8 CURU	0,774 (+)	1,377 (-)	0,560 (+)	
9 FORTALEZA	1,409 (-)	1,682 (-)	0,837 (+)	II
10 JAGUARIBE	1,506 (-)	8,652 (-)	0,714 (+)	
11 APODI-MOSSORÓ	0,783 (+)	6,113 (-)	0,176 (+)	
12 PIRANHAS-AÇU	0,936 (+)	18,400 (-)(-)	0,050 (+) (+)	I
13 LESTE POTIGUAR	0,629 (+)	4,371 (-)	0,143 (+)	
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	0,615 (+)	5,421 (-)	0,113 (+)	
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	2,496 (-)	13,542 (-)(-)	0,184 (+)	II
16 BACIAS ALAGOANAS	0,573 (+)	4,073 (-)	0,141 (+)	
17 SÃO FRANCISCO	0,623 (+)	23,039 (-)(-)	0,027 (+) (+)	
18 VAZA BARRIS	0,542 (+)	6,028 (-)	0,089 (+) (+)	
19 ITAPICURU-REAL	0,275 (+)	5,042 (-)	0,054 (+) (+)	
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	0,307 (+)	23,071 (-)(-)	0,013 (+) (+)	
21 CONTAS-JEQUIÉ	1,088 (-)	23,061 (-)(-)	0,047 (+) (+)	II
22 PARDO-CACHOEIRAS	0,225 (+)	12,727 (-)(-)	0,017 (+) (+)	
23 JEQUITINHONHA	0,151 (+)	9,647 (-)	0,015 (+) (+)	I
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	0,071 (+) (+)	25,866 (-)(-)	0,002 (+) (+)	

QUADRO 2.5.1 – Índices de Sustentabilidade Atual (1991)

Dessa maneira, a oferta de água com relação a demanda total não pode ser muito melhorada, todavia, o atendimento das águas subterrâneas em terreno cristalino deve atender, na maioria dos casos, a demanda difusa, representada pela demanda rural mais a demanda pecuária.

Verifica-se, também, que a disponibilidade de águas subterrâneas é superior a demanda difusa em 17 das 24 UPs, sendo inferior apenas na UP do Piranhas-Açu e nas UPs localizadas no estado da Bahia.

Pelo exposto, deduz-se que o IUD não é tão importante quanto os demais índices de sustentabilidade, principalmente o IUP, pois quando este índi-



DENOMINAÇÃO DA UP	POPULAÇÃO (hab)		ÁREA (km²) T. SEDIMENTAR	DISPONIBILIDADE T. CRISTALINO	POTENCIALIDADE	
	URBANA	RURAL			10 m³/ano	10 m³/ano
1 TOCANTINS MARANHENSE	254.818	184.556	32.900	—	75,00	500,00
2 GURUPI	192.304	386.480	50.600	—	84,00	2.510,00
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	842.469	1.479.103	97.000	—	591,00	3.430,00
4 ITAPECURU	326.331	445.288	54.000	—	203,00	1.550,00
5 MUNIM-BARREIRINHAS	121.818	293.939	27.700	—	170,00	3.210,00
6 PARAÍBA	1.741.594	1.617.872	283.140	46.860	977,00	9.030,00
7 ACARAÚ-COREAÚ	426.746	473.672	4.370	26.130	120,40	1.360,00
8 CURU	192.629	192.533	590	10.910	196,60	350,00
9 FORTALEZA	2.411.212	270.894	4.230	10.470	444,30	530,00
10 JAGUARIBE	975.770	992.114	14.400	57.600	141,00	810,00
11 APODI-MOSSORÓ	388.004	223.712	7.470	8.430	53,00	300,00
12 PIRANHAS-AÇU	684.734	560.677	5.070	39.030	30,00	590,00
13 LESTE POTIGUAR	1.145.863	539.203	9.290	1.150	105,30	730,00
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	1.519.834	605.283	2.380	21.380	102,00	900,00
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	4.170.298	1.118.349	3.800	21.500	175,20	950,00
16 BACIAS ALAGOANAS	1.253.953	707.524	3.420	13.680	232,60	1.650,00
17 SÃO FRANCISCO	3.184.912	3.253.205	14.610	472.390	452,60	16.700,00
18 VAZÁ BARRIS	755.592	283.655	7.040	15.280	35,20	390,00
19 ITAPICURU-REAL	517.118	892.025	16.520	29.580	48,50	880,00
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	3.480.425	1.233.761	35.080	46.480	56,00	4.205,00
21 CONTAS-JEQUIÉ	623.731	807.498	—	62.240	33,50	700,00
22 PARDO-CACHOEIRAS	909.008	475.229	1.630	40.370	22,00	1.240,00
23 JEQUITINHONHA	107.416	116.789	700	22.500	8,50	540,00
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	305.793	190.127	8.190	19.110	15,00	5.440,00
TOTAIS	26.511.010	17.323.468	684.130	979.100	4.343,20	58.405,00

QUADRO 2.5.2 - Disponibilidades e Potencialidades de Águas Subterrâneas por Baixa Hidrográfica

ce é negativo significa que se torna imprescindível a participação dos recursos hídricos superficiais, sob pena de se ter que explorar uma parte das reservas estratégicas.

Assim sendo, na situação atual de exploração e de demanda, apenas quatro UPs se classificam como de baixa sustentabilidade quanto as águas subterrâneas, quais sejam: Jaguaribe, Oriental de Pernambuco, Bacias Alagoanas e Contas-Jequié.

A bacia do Jaguaribe apresenta uma elevada demanda devido a população que habita o fértil Vale do Cariri no sopé da Chapada do Araripe: são as cidades de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Missão Velha, dentre outras, que somadas consomem quase toda a potencialidade de águas subterrâneas.

A UP Oriental de Pernambuco apresenta uma demanda elevada por conter a Região Metropolitana do Recife, que consome 20% da demanda de água servida a população, além de outras grandes cidades.

A UP Bacias Alagoanas tem na capital do estado, totalmente abastecida por água subterrânea, a elevada demanda, enquanto a UP Contas-Jequié apresenta um certo equilíbrio entre a demanda e a potencialidade de água subterrânea.

CAPÍTULO 3 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE FUTURA

3.1. Evolução da Disponibilidade

O Governo Federal, por intermédio da SUDENE, elaborou recentemente o Plano de Ação Governamental no Nordeste – PAG/NORDESTE. O Plano considerou como essencial, para o desenvolvimento do Nordeste, a execução de um programa permanente de fortalecimento da infra-estrutura hídrica regional com objetivo de aumentar a oferta de água notadamente por ocasião das secas.

Posteriormente, a SUDENE elaborou o Programa de Fortalecimento da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste. Dentre os objetivos específicos do programa pode-se destacar:

- a) utilização da água já acumulada;
- b) construção de novos reservatórios nos vazios hídricos de cada estado;
- c) uso racional e integrado da água, para o desenvolvimento de atividades econômicas, a nível de pequenos e médios produtores.

O Governo Federal, com a execução do programa, pretende criar melhores condições para a convivência do homem nordestino com as secas, um problema histórico que vem desafiando todas as administrações do país.

O tratamento histórico do fenômeno das secas se tem caracterizado por intervenções isoladas, descontínuas, sem ter sido concedida uma prioridade governamental para seu planejamento global, o que implica que, nem sempre, guardou correlação com os programas de desenvolvimento e que, por outro lado, não permitiu a execução de obras permanentes, em quantidade, localizações e usos adequados às necessidades da população, dos rebanhos e dos setores produtivos.

Na Tabela 3.1, a seguir, estão mostrados, por unidade de planejamento, a evolução da capacidade total de acumulação de água dos reservatórios da região até o ano 2020. Na sua elaboração considerou-se que todos os reservatórios atualmente programados estariam construídos até o ano 2000. Considerou-se ainda, que a partir do ano 2000, a tendência é para construção de açudes de menor porte para preenchimento dos vazios hídricos existentes na região, fazendo com que tivesse sido adotada a hipótese de que entre os anos 2000 e 2020, o crescimento da capacidade de acumulação da região seria equivalente ao atualmente programado para ser implementado nos próximos cinco anos. A exceção foram as unidades de planejamento Jaguaribe (UP 10), Apodi-Mossoró (UP 11) e Piranhas-Açú (12), para as quais não se previu a construção de novos reservatórios além dos atualmente programados.



UP	DENOMINAÇÃO CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO		
	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	0,790	0,790	0,790
2 GURUPI	0,260	0,260	0,260
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	10,260	10,260	10,260
4 ITAPECURU	2,440	2,440	2,440
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1,570	1,570	1,570
6 PARNAÍBA	9.312,268	10.578,868	11.845,468
7 ACARAÚ-COREAÚ	2.493,182	2.626,932	3.160,682
8 CURU	1.319,231	1.390,581	1.441,931
9 FORTALEZA	967,045	1.025,445	1.083,845
10 JAGUARIBE	12.794,973	12.794,973	12.794,973
11 APODI-MOSSORÓ	1.519,597	1.519,597	1.519,597
12 PIRANHAS-AÇU	7.735,601	7.735,601	7.735,601
13 LESTE POTIGUAR	458,256	458,256	458,256
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	1.453,195	1.665,995	1.193,325
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	898,525	1.045,925	1.193,325
16 BACIAS ALAGOANAS	31,669	31,669	31,669
17 SÃO FRANCISCO (*)	55.806,533	56.104,833	56.403,133
18 VAZA-BARRIS	302,430	302,430	302,430
19 ITAPICURU-REAL	653,766	653,766	653,766
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	1.698,652	1.702,152	1.705,652
21 CONTAS-JEQUIÉ	705,395	749,395	793,395
22 PARDO-CACHOEIRAS	28,490	28,490	28,490
23 JEQUITINHONHA	1,590	1,590	1,590
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	0,080	0,080	0,080
TOTAIS	98.195,798	100.611,898	103.027,998

TABELA 3.1 – Estimativa da Capacidade Total de Acumulação de Água dos Reservatórios, por Unidade de Planejamento até o ano de 2020

Nota: (*) Área da bacia dentro do Nordeste da Sudene.

A evolução da disponibilidade de água subterrânea foi estimada, partindo-se do princípio de que na atual década deverá haver uma maior solicitação desse recurso em função do *déficit* de abastecimento por águas superficiais, que poderá ser amenizado progressivamente no futuro.

Pode-se considerar que esse é um *cenário tendencial*, com uma taxa de crescimento da disponibilidade, da ordem de 10% entre 1991 e 2000, de 7,5% entre 2000 e 2010 e de 5% entre 2010 e 2020.

No caso específico das águas subterrâneas não poderá haver um *cenário desejável* diferente do tendencial, pois, conforme já analisado, a disponibilidade é sempre inferior à demanda e a potencialidade não se constitui um parâmetro sujeito a variações positivas, ao contrário, poderá diminuir nos anos de seca.

Os cenários tendenciais para 2000, 2010 e 2020 apresentam-se com perspectivas negativas, pois nesses decênios as taxas de aumento da demanda total de água foram respectivamente de 22,1%, 17,5% e 14,4%, contra aumentos da disponibilidade de 10,4%, 7,4% e 5,4% respectivamente, nesses decênios.

A partir das informações sobre a evolução da capacidade de acumulação da vazão mínima dos rios perenes e da disponibilidade de água subterrânea para cada unidade de planejamento, foi estimada a respectiva disponibilidade de recursos hídricos.

Na Tabela 3.3, estão mostradas as disponibilidades estimadas dos recursos hídricos das unidades de planejamento até o ano 2020.

DENOMINAÇÃO DA UP	1991	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	75,00	78,75	81,11	82,73
2 GURUPI	84,00	88,20	90,85	92,67
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	591,00	620,55	639,16	651,94
4 ITAPECURU	203,00	213,15	219,54	223,93
5 MUNIM-BARREIRINHAS	170,00	178,50	183,85	187,53
6 PARNAÍBA	977,00	1.055,16	1.107,92	1.141,15
7 ACARAÚ-COREAÚ	120,40	132,44	143,03	151,58
8 CURU	196,60	216,26	233,56	247,57
9 FORTALEZA	444,30	510,94	572,25	623,70
10 JAGUARIBE	141,00	157,92	173,71	185,86
11 APODI-MOSSORÓ	53,00	60,95	68,26	74,34
12 PIRANHAS-AÇU	30,00	33,60	36,96	42,76
13 LESTE POTIGUAR	105,30	121,09	135,62	147,80
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	102,00	117,30	131,37	143,23
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	175,20	201,48	225,65	245,90
16 BACIAS ALAGOANAS	232,60	267,49	299,58	326,56
17 SÃO FRANCISCO	452,60	506,91	557,60	596,63
18 VAZA BARRIS	35,20	38,72	41,82	44,31
19 ITAPICURU-REAL	48,50	53,35	57,62	61,06
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	56,00	61,60	66,53	70,50
21 CONTAS-JEQUIÉ	33,50	36,18	37,99	39,13
22 PARDO-CACHOEIRAS	22,00	23,76	24,95	25,70
23 JEQUITINHONHA	8,50	8,92	9,18	9,36
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	15,00	16,20	17,01	17,52
TOTAIS	4.343,20	4.799,42	5.155,12	5.433,46

TABELA 3.2 – Evolução das Disponibilidade se Água Subterrânea nas Unidades se Planejamento (10⁶ m³/ano)

3.2. Projeções das Demandas

3.2.1 Abastecimento Urbano

As projeções das demandas de água para o abastecimento urbano, foram realizadas aplicando-se para as demandas estimadas para 1991, as mesmas taxas de crescimento utilizadas nas projeções das populações urbanas.



EM HM³

UP	DENOMINAÇÃO		CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO		
	1991	2000	2010	2020	
1	TOCANTINS MARANHENSE	575,00	578,75	581,11	582,73
2	GURUPI (*)	2.594,00	2.596,20	2.600,85	2.602,67
3	MEARIM-GRAJAU-PINDARÉ	4.021,50	4.050,55	4.069,16	4.091,94
4	ITAPECURU	1.753,00	1.763,15	1.769,54	1.773,93
5	MUNIM-BARREIRINHAS	1.930,00	1.938,50	1.943,85	1.947,53
6	PARAIBA	9.064,04	9.142,20	9.194,96	9.228,19
7	ACARAÚ-COREAÚ	700,09	879,00	973,03	1.665,02
8	CURU	565,72	616,05	648,70	678,04
9	FORTALEZA	666,19	762,03	837,94	903,99
10	JAGUARIBE	2.078,36	3.530,18	3.545,97	3.558,12
11	APODI-MOSSORÓ	217,39	440,84	448,15	454,23
12	PIRANHAS-AÇU	1.555,52	1.967,50	1.970,86	1.976,66
13	LESTE POTIGUAR	219,86	235,65	250,18	262,36
14	ORIENTAL DA PARAIBA	363,89	480,59	545,36	607,92
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	325,93	426,11	487,13	544,23
16	BACIAS ALAGOANAS	240,51	275,40	307,49	334,47
17	SÃO FRANCISCO (*)	64.837,88	64.892,19	64.942,88	64.981,91
18	VAZA BARRIS	110,80	114,32	117,42	119,91
19	ITAPICURU-REAL	211,94	216,79	221,06	224,50
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	1.756,00	1.761,60	1.766,53	1.770,50
21	CONTAS-JEQUIÊ	733,50	736,18	737,99	739,13
22	PARDO-CACHOEIRAS	817,00	818,76	819,95	820,70
23	JEQUITINHONHA (*)	548,50	548,92	549,18	549,36
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	1.415,00	1.416,20	1.417,01	1.417,52
	TOTAIS	97.301,68	100.189,71	100.746,35	101.225,61

TABELA 3.3 – Evolução por Disponibilidade dos Recursos Hídricos, Unidade de Planejamento até o ano de 2020

Nota: (*) Área da bacia dentro do Nordeste da Sudene

Os resultados são apresentados na Tabela 3.4, para os estados nordestinos.

Para as unidades de planejamento, os resultados são apresentados na Tabela 3.5.

EM HM³/ANO

ESTADO	DEMANDA URBANA		
	2010	2010	2020
MARANHÃO	228,640	266,598	295,928
PIAUI	224,796	266,837	300,876
CEARÁ	657,233	775,314	881,882
RIO GRANDE DO NORTE	243,356	290,146	325,142
PARAIBA	257,203	308,332	352,428
PERNAMBUCO	755,964	889,421	998,200
ALAGOAS	236,978	273,876	301,148
SERGIPE	134,932	158,385	175,970
BAHIA	1.081,666	1.278,297	1.418,764
Minas gerais (*)	101,014	123,022	139,284
Nordeste	3.921,781	4.630,228	5.189,621

TABELA 3.4 – Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Urbano até o ano 2020 dos Estados do Nordeste

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE

EM HM³/ANO

UF UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DEMANDAS URBANAS		
	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	34,934	39,807	43,777
2 GURUPI (*)	20,346	24,070	26,872
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	102,676	120,661	14,350
4 ITAPECURU	35,234	40,959	45,411
5 MUNIM-BARREIRINHAS	11,918	14,244	15,964
6 PARNAÍBA	267,335	318,679	360,806
7 ACARAÚ-COREAÚ	53,408	67,717	80,619
8 CURU	22,328	28,032	33,177
9 FORTALEZA	432,733	490,817	543,283
10 JAGUARIBE	129,757	163,762	194,427
11 APODI-MOSSORÓ	45,061	54,022	60,734
12 PIRANHAS-AÇU	74,969	92,870	107,727
13 LESTE POTIGUAR	181,662	216,876	243,517
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	198,866	234,711	265,592
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	639,658	742,027	825,153
16 BACIAS ALAGOANAS	205,021	237,327	261,745
17 SÃO FRANCISCO (*)	425,969	520,956	592,282
18 VAZA-BARRIS	103,143	119,275	131,208
19 ITAPICURU-REAL	69,246	87,395	100,563
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	614,436	712,999	783,662
21 CONTAS-JEQUIÊ	79,123	97,385	110,357
22 PARDO-CACHOEIRAS	123,916	145,751	161,415
23 JEQUITINHONHA (*)	12,838	15,894	18,140
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	37,204	43,992	48,840
TOTAL	3.921,781	4.630,228	5.189,621

TABELA 3.5 – Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Urbano até o ano 2020 das Unidades de Planejamento

Nota: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE

3.2.2 Abastecimento Humano Rural Difuso

As projeções das demandas de água para o abastecimento humano rural difuso foram realizadas aplicando-se para as demandas estimadas do ano de 1991, as mesmas taxas de crescimento utilizadas nas estimativas da populações rurais.

Os resultados são apresentados na Tabela 3.6, a seguir, para os estados da região.

Para as unidades de planejamento, os resultados são apresentados na Tabela 3.7, a seguir.



EM HM³/ANO

ESTADO	DEMANDA HUMANA RURAL DIFUSA		
	2000	2010	2020
MARANHÃO	80,355	86,078	92,184
PIAUI	30,507	29,919	29,357
CEARÁ	51,202	46,041	41,417
RIO GRANDE DO NORTE	18,319	17,527	16,786
PARAÍBA	26,189	23,072	20,312
PERNAMBUCO	47,779	42,541	37,865
ALAGOAS	26,930	27,568	28,207
SERGIPE	11,855	11,165	10,527
BAHIA	125,144	126,498	127,878
MINAS GERAIS (*)	14,947	14,436	13,950
NORDESTE	433,226	424,845	418,483

TABELA 3.6 – Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Humano Rural Difuso até o ano 2020 dos Estados do Nordeste

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE

EM KM³/ANO

UF	UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DEMANDA RURAL		
		2000	2010	2020
1	TOCANTINS MARANHENSE	5,015	5,372	5,754
2	GURUPI (*)	10,502	11,250	12,048
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	40,194	43,056	46,111
4	ITAPECURU	12,100	12,962	13,882
5	MUNIM-BARREIRINHAS	7,988	8,557	9,164
6	PARNAÍBA	40,527	39,713	39,003
7	AÇARAÚ-COREAÚ	11,001	9,892	8,898
8	CURU	4,472	4,021	3,617
9	FORTALEZA	6,134	5,516	4,962
10	JAGUARIBE	24,132	21,699	19,520
11	APODI-MOSSORÓ	4,340	4,152	3,977
12	PIRANHAS-AÇU	13,034	11,752	10,610
13	LESTE POTIGUAR	13,189	12,408	11,695
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	13,946	12,286	10,817
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	25,584	22,779	20,276
16	BACIAS ALAGOANAS	17,958	17,882	17,850
17	SÃO FRANCISCO	81,197	79,320	77,699
18	VAZA BARRIS	6,537	6,323	6,127
19	ITAPICURU-REAL	22,688	22,585	22,508
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	31,827	32,171	32,522
21	CONTAS-JEQUIÉ	20,524	20,746	20,973
22	PARDO-CACHOEIRAS	12,504	12,572	12,644
23	JEQUITINHONHA (*)	2,930	2,871	2,816
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	4,905	4,958	5,012
	TOTAIS	433,228	424,843	418,485

TABELA 3.7 – Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Humano Rural Difuso até o ano de 2020 das Unidades de Planejamento

Nota: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE

3.2.3 Evolução da Demanda para Irrigação

Com base nos dados sobre a área irrigada dos estados e das unidades de planejamento, foram então estimadas as demandas de água para irrigação.

Para estimativa da demanda de água para irrigação considerou-se uma dotação média de 18.000 m³/ha/ano. Nos estudos, foi considerado que cerca de 30% deste volume volte a calha do rio, por drenagem dos terrenos irrigados.

Com base na estimativa da evolução da área irrigada preparada, como já mencionado, pelo Grupo de Ordenamento do Espaço Regional e Agricultura do Projeto Áridas, a área irrigada do Nordeste da SUDENE atingirá 1.151.631 ha no ano 2020, representando um aumento de cerca de 134% com relação a área irrigada de 1991.

Na Tabela 3.8, estão apresentados os dados da evolução da área irrigada, por estado, até o ano 2020.

A Tabela 3.9, preparada com base nas estimativas do Grupo de Ordenamento do Espaço Regional e Agricultura do Projeto Áridas, mostra a área irrigada das unidades de planejamento até o ano 2020.

Nas Tabelas 3.10 e 3.11, estão mostradas as demandas de água para irrigação para os estados e unidades de planejamento, respectivamente, até o ano 2020.

EM HM³/ANO

ESTADO	ÁREA IRRIGADA		
	2000	2010	2020
MARANHÃO	46.248	61.057	75.867
PIAUÍ	35.074	49.420	63.766
CEARÁ	78.419	85.829	93.239
RIO GRANDE DO NORTE	24.101	28.443	32.785
PARÁIBA	21.325	22.945	24.565
PERNAMBUCO	138.707	175.541	212.375
ALAGOAS	33.901	51.545	69.189
SERGIPE	18.995	26.911	34.827
BAHIA	216.410	289.314	362.218
Minas gerais (*)	86.895	134.780	182.800
Nordeste	700.075	925.785	1.151.631

TABELA 3.8 – Projeção da Área Irrigada dos Estados

Fonte: Projeções do GT – Organização do Espaço Regional e Agricultura do Projeto Áridas
Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE



EM HECTARE

U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	ÁREA IRRIGADA			
	1991	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	2.738	3.847	5.079	6.311
2 GURUPI	219	308	407	506
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	6.250	8.781	11.592	14.404
4 ITAPECURU	2.530	3.554	4.692	5.831
5 MUNIM-BARREIRINHAS	986	1.385	1.829	2.272
6 PARNAÍBA	45.689	67.086	90.861	114.636
7 ACARAÚ-COREAÚ	5.117	5.593	6.121	6.650
8 CURU	11.643	12.728	13.928	15.130
9 FORTALEZA	8.856	9.679	10.593	11.508
10 JAGUARIBE	42.804	46.782	51.203	55.624
11 APODI-MOSSORÓ	4.440	5.299	6.254	7.209
12 PIRANHAS-AÇU	15.964	18.004	20.271	22.538
13 LESTE POTIGUAR	8.772	10.440	12.293	14.146
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	10.883	11.882	12.570	13.457
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	51.743	67.994	86.049	104.105
16 BACIAS ALAGOANAS	17.819	32.050	47.861	63.672
17 SÃO FRANCISCO	176.178	280.550	391.021	501.627
18 VAZA-BARRIS	2.753	4.335	6.092	7.849
19 ITAPICURU-REAL	5.111	7.384	9.910	12.436
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	18.309	26.275	35.127	43.978
21 CONTAS-JEQUIÉ	36.594	52.517	70.209	87.901
22 PARDO-CACHOEIRAS	3.422	4.912	6.566	8.221
23 JEQUITINHONHA	104	149	199	249
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	13.060	18.743	25.057	31.372
NORDESTE (SUDENE)	491.987	700.075	925.785	1.151.631

TABELA 3.9 – Projeção da Área Irrigada por Unidade de Planejamento até o ano 2020

Fonte: Elaborado com base nas projeções do GT – Organização do Espaço Regional e Agricultura do Projeto Áridas.

Nota: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

EM HM³/ANO

ESTADO	1991	2000	2010	2020
MARANHÃO	414,792	582,725	769,318	955,924
PIAUI	279,254	441,932	622,692	803,452
CEARÁ	904,050	988,079	1.081,445	1.174,811
RIO GRANDE DO NORTE	254,432	303,673	358,382	413,091
PARAÍBA	250,324	268,695	289,107	309,519
PERNAMBUCO	1.330,006	1.747,708	2.211,817	2.675,925
ALAGOAS	227,065	427,153	649,467	871,781
SERGIPE	149,575	239,337	339,079	438,820
BAHIA	1.900,030	2.726,766	3.645,356	4.563,947
MINAS GERAIS (*)	489,510	1.094,877	1.698,228	2.303,280
NORDESTE	6.199,036	8.820,945	11.664,890	14.510,550

TABELA 3.10 – Projeção da Demanda de Água para Irrigação dos Estados Nordestinos até o ano 2020

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE.

EM HM³/ANO

ESTADO	DEMANDA PARA IRRIGAÇÃO			
	1991	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	35,504	48,473	63,995	79,518
2 GURUPI	2,764	3,884	5,127	6,371
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	78,753	110,637	146,064	181,493
4 ITAPECURU	31,878	44,784	59,124	73,465
5 MUNIM-BARREIRINHAS	12,423	17,452	23,041	28,630
6 PARNAÍBA	576,678	845,281	1.144,846	1.444,419
7 ACARAÚ-COREAÚ	64,478	70,471	77,130	83,789
8 CURU	146,706	160,342	175,493	190,644
9 FORTALEZA	111,583	121,954	133,478	145,001
10 JAGUARIBE	539,329	589,459	645,158	700,857
11 APODI-MOSSORÓ	55,945	66,772	78,801	90,831
12 PIRANHAS-AÇU	201,148	226,856	255,419	283,982
13 LESTE POTIGUAR	110,533	131,546	154,892	178,239
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	137,131	147,194	158,376	169,558
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	651,963	856,719	1.084,223	1.311,727
16 BACIAS ALAGOANAS	224,523	403,825	603,044	802,263
17 SÃO FRANCISCO	2.219,844	3.534,934	4.926,863	6.320,494
18 VAZA BARRIS	34,689	54,616	76,759	98,901
19 ITAPICURU-REAL	64,398	93,040	124,866	156,691
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	230,689	331,065	442,594	554,123
21 CONTAS-JEQUIÉ	461,086	661,713	884,630	1.107,548
22 PARDO-CACHOEIRAS	43,123	61,887	82,735	103,583
23 JEQUITINHONHA	1,308	1,877	2,510	3.142
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	164,561	236,164	315,723	395,282
TOTAIS	6.199,038	8.820,945	11.664,891	14.510,551

TABELA 3.11 – Projeção da Demanda de Água para Irrigação das Unidades de Planejamento até o ano 2020

Nota: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

3.2.4 Evolução das demandas de água para indústria

Na estimativa do crescimento da demanda de água para o abastecimento dos distritos industriais, considerou-se que o mesmo acompanharia o nível de crescimento da demanda para o abastecimento urbano, equivalendo a demanda para o abastecimento dos distritos industriais a sempre 25% da demanda para o abastecimento urbano.

Os resultados são apresentados nas Tabelas 3.12 e 3.13, a seguir, para a demanda dos distritos industriais por estado e por unidade de planejamento, respectivamente.



EM HM³/ANO

ESTADO	DEMANDA DISTRITOS INDUSTRIAIS			
	1991	2000	2010	2020
MARANHÃO	45,799	57,160	66,650	73,982
PIAUÍ	39,817	56,199	66,709	75,219
CEARÁ	130,006	164,308	193,829	220,471
RIO GRANDE DO NORTE	47,639	60,839	72,537	81,286
PARAÍBA	49,242	64,301	77,083	88,107
PERNAMBUCO	148,441	188,991	222,355	249,550
ALAGOAS	43,805	59,245	68,469	75,287
SERGIPE	24,400	33,733	39,596	43,392
BAHIA	200,120	270,416	319,574	354,691
MINAS GERAIS (*)	17,761	25,254	30,755	34,821
NORDESTE	747,027	980,445	1.157,557	1.297,405

TABELA 3.12 – Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento dos Distritos Industriais até o ano 2020 dos Estados do Nordeste

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE

EM HM³/ANO

UP UNIDADES DE PLANEJAMENTO	DEMANDA DISTRITOS INDUSTRIAIS			
	1991	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	7,338	8,734	9,952	10,944
2 GURUPI (*)	3,948	5,087	6,018	6,718
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	20,223	25,669	30,165	33,588
4 ITAPECURU	7,103	8,809	10,240	11,353
5 MUNIM-BARREIRINHAS	2,260	2,980	3,561	3,991
6 PARNAÍBA	47,797	66,834	79,670	90,202
7 ACARAÚ-COREAÚ	9,267	13,352	16,929	20,155
8 CURU	3,951	5,582	7,008	8,294
9 FORTALEZA	91,012	108,183	122,704	135,821
10 JAGUARIBE	22,723	32,439	40,941	48,607
11 APODI-MOSSORÓ	8,740	11,265	13,506	15,184
12 PIRANHAS-AÇU	13,582	18,742	23,218	26,932
13 LESTE POTIGUAR	35,455	45,416	54,219	60,879
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	39,104	49,717	58,678	66,398
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	128,599	159,915	185,507	206,288
16 BACIAS ALAGOANAS	38,458	51,255	59,332	65,436
17 SÃO FRANCISCO (*)	73,593	106,492	130,239	148,071
18 VAZA BARRIS	19,317	25,786	29,819	32,802
19 ITAPICURU-REAL	10,611	17,312	21,849	25,141
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	118,486	153,609	178,250	195,916
21 CONTAS-JÉQUIÉ	13,218	19,781	24,346	27,569
22 PARDO-CACHOEIRAS	23,212	30,979	36,438	40,354
23 JEQUITINHONHA (*)	2,159	3,210	3,974	4,535
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	6,874	9,301	10,998	12,210
TOTAIS	747,027	980,445	1.157,557	1.297,405

TABELA 3.13 – Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento dos Distritos Industriais para as Unidades de Planejamento até o ano 2020

Nota: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

3.2.5. Demanda das agroindústrias

Como o PLIRHINE superestimou a evolução das áreas irrigadas, que abasteceriam as agroindústrias, no presente estudo, considerou-se que as projeções do PLIRHINE para as demandas agroindustriais relativas ao ano 2000, somente seriam atingidas no ano 2020.

Para os estados da região, os resultados são apresentados na Tabela 3.14, a seguir.

Para as unidades de planejamento, os resultados são apresentados na Tabela 3.15.

EM HM³/ANO

ESTADO	DEMANDA DAS AGROINDÚSTRIAS			
	1990	2000	2010	2020
MARANHÃO	13,142	15,577	18,013	20,448
PIAUI	5,620	6,855	8,089	9,324
CEARÁ	91,909	99,007	106,105	113,203
RIO GRANDE DO NORTE	45,632	49,340	53,048	56,756
PARAIBA	55,649	59,062	62,475	66,888
PERNAMBUCO	547,714	572,197	569,710	621,224
ALAGOAS	410,030	425,866	441,703	457,533
SERGIPE	36,281	38,874	41,468	44,061
BAHIA	59,608	72,307	85,007	97,706
MINAS GERAIS (*)	7,326	10,481	13,635	16,790
NORDESTE	1.272,880	1.349,566	1.426,253	1.502,939

TABELA 3.14 – Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento das Agroindústrias até o ano 2020 dos Estados do Nordeste

Nota: (*) Região do norte de Minas, incluída no Nordeste da SUDENE.

3.2.6 Demanda ecológica

Considerando-se a hipótese, já mencionada, de que a demanda ecológica equivaleria a 10% da disponibilidade, os resultados de sua projeção, para as unidades de planejamento, até o ano 2020, estão mostrados na Tabela 3.16, a seguir.



EM HM³/ANO

UP	UNIDADES DE PLANEJAMENTO	DEMANDA DAS INDUSTRIAIS			
		1990	2000	2010	2020
1	TOCANTINS MARANHENSE	0,340	0,535	0,729	0,924
2	GURUPI (*)	0,000	0,000	0,000	0,000
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	2,222	3,384	4,546	5,708
4	ITAPECURU	4,827	5,699	6,571	7,443
5	MUNIM-BARREIRINHAS	0,000	0,000	0,000	0,000
6	PARNAÍBA	34,691	36,966	39,240	41,515
7	ACARAÚ-COREAÚ	2,766	3,438	4,106	4,778
8	CURU	13,983	14,626	15,268	15,911
9	FORTALEZA	25,666	28,322	30,978	33,634
10	JAGUARIBE	26,165	28,461	30,756	33,052
11	APODI-MOSSORÓ	0,140	0,140	0,140	0,140
12	PIRANHAS-AÇU	0,531	0,702	0,872	1,043
13	LESTE POTIGUAR	45,538	49,251	52,963	56,676
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	54,831	57,910	60,989	64,068
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	549,420	573,206	596,993	620,744
16	BACIAS ALAGOANAS	379,577	394,203	408,828	423,454
17	SÃO FRANCISCO (*)	47,054	57,957	68,859	79,762
18	VAZA BARRIS	33,271	34,969	36,668	38,366
19	ITAPICURU-REAL	3,830	5,240	6,651	8,061
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	39,882	43,848	47,809	51,773
21	CONTAS-JEQUIÊ	2,981	3,747	4,512	5,278
22	PARDO-CACHOEIRAS	4,000	5,258	6,517	7,775
23	JEQUITINHONHA (*)	0,000	0,000	0,000	0,000
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	1,165	1,710	2,256	2,801
	TOTAIS	1.272,880	1.349,568	1.426,251	1.502,939

TABELA 3.15 – Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento das das Agroindústrias para as Unidades de Planejamento até o ano 2020

EM HM³/ANO

UP	UNIDADES DE PLANEJAMENTO	DEMANDA ECOLÓGICA			
		1991	2000	2010	2020
1	TOCANTINS MARANHENSE	50,000	50,000	50,000	50,000
2	GURUPI (*)	251,000	251,000	251,000	251,000
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	343,000	343,000	343,000	343,000
4	ITAPECURU	155,000	155,000	155,000	155,000
5	MUNIM-BARREIRINHAS	176,000	176,000	176,000	176,000
6	PARNAÍBA	808,704	808,704	808,704	808,704
7	ACARAÚ-COREAÚ	57,969	74,657	83,000	91,344
8	CURU	36,913	39,980	41,514	43,048
9	FORTALEZA	22,190	25,110	26,570	28,030
10	JAGUARIBE	193,706	337,226	337,226	337,226
11	APODI-MOSSORÓ	16,44	37,990	37,990	37,990
12	PIRANHAS-AÇU	152,553	193,390	193,390	193,390
13	LESTE POTIGUAR	11,456	11,456	11,456	11,456
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	26,190	36,330	41,400	46,470
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	15,093	22,463	26,148	29,833
16	BACIAS ALAGOANAS	0,792	0,792	0,792	0,792
17	SÃO FRANCISCO (*)	6.438,528	6.438,528	6.438,528	6.438,528
18	VAZA BARRIS	7,561	7,561	7,561	7,561
19	ITAPICURU-REAL	16,344	16,344	16,344	16,344
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	170,000	170,000	170,000	170,000
21	CONTAS-JEQUIÊ	70,000	70,000	70,000	70,000
22	PARDO-CACHOEIRAS	79,500	79,500	79,500	79,500
23	JEQUITINHONHA (*)	54,000	54,000	54,000	54,000
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	140,000	140,000	2,256	2,801
	TOTAL	9.292,936	9.539,031	1.426,251	1.502,939

TABELA 3.16 – Projeção da Demanda Ecológica para as Unidades de Planejamento até o ano 2020

Fonte: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

3.2.7. Demanda total

Na Tabela 3.17, estão apresentados os dados da evolução da demanda total para as unidades de planejamento até o ano 2020.

 EM HM³/ANO

UP	UNIDADES DE PLANEJAMENTO	DEMANDA TOTAL			
		1991	2000	2010	2020
1	TOCANTINS MARANHENSE	138,073	159,516	181,680	202,742
2	GURUPI (*)	299,350	306,789	313,435	318,979
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	607,705	670,384	732,316	789,074
4	ITAPECURU	254,515	277,544	300,774	322,472
5	MUNIM-BARREIRINHAS	215,784	224,889	233,954	242,300
6	PARNAÍBA	1.823,834	2.189,885	2.555,090	2.908,887
7	ACARAÚ-COREAÚ	207,291	249,966	282,416	313,222
8	CURU	224,246	253,303	277,309	300,664
9	FORTALEZA	629,798	730,988	818,615	899,283
10	JAGUARIBE	956,690	1.198,803	1.296,871	1.391,018
11	APODI-MOSSORÓ	134,701	179,528	202,570	222,815
12	PIRANHAS-AÇU	461,788	553,016	602,844	649,007
13	LESTE POTIGUAR	373,919	447,687	517,981	577,630
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	455,345	530,002	592,480	648,943
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	1.908,831	2.298,501	2.678,633	3.035,012
16	BACIAS ALAGOANAS	829,790	1.087,588	1.341,738	1.586,074
17	SÃO FRANCISCO (*)	9.403,440	10.892,008	12.411,696	13.903,767
18	VAZA BARRIS	195,284	249,053	292,846	331,406
19	ITAPICURU-REAL	222,663	286,114	341,934	391,552
20	PARAGUAÇU-SALVADOR	1.133,888	1.413,948	1.652,988	1.857,161
21	CONTAS-JEQUIÉ	661,224	895,626	1.142,357	1.382,483
22	PARDO-CACHOEIRAS	282,495	341,413	390,882	432,640
23	JEQUITINHONHA (*)	81,997	87,787	92,161	95,545
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	366,664	450,993	539,636	625,854
	TOTAL	21.872,914	25.975,308	29.793,203	33.428,527

TABELA 3.17 – Projeção da Demanda Total para as Unidades de Planejamento até o ano 2020

Fonte: (*) Parcela da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

3.3. Análise da sustentabilidade futura segundo o cenário tendencial

Com base nos dados para as disponibilidades e demandas projetadas considerando o cenário tendencial, foram calculados os índices de sustentabilidade para cada unidade de planejamento.

As Tabelas 3.18 a 3.20, estão apresentados os índices de sustentabilidade dos recursos hídricos para as unidades de planejamento para os anos 2000, 2010 e 2020, respectivamente.

Da análise dos índices de sustentabilidade, se constata que, a situação já existente de demanda reprimida nas unidades de planejamento Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Oriental de Pernambuco (UP 15), Bacias Alagoanas (UP 16), Vaza Barris-Real (UP 18) e Itapecuru (UP 19), tende a se agravar. Começa a haver demanda reprimida também nas unidades de planejamento Paraguaçu-Salvador (UP 20) e Contas - Jequié (UP 21).



Para a unidade de planejamento Oriental de Pernambuco, a situação se tornará crítica, já que para atendimento das demandas programadas para o ano 2000, seria preciso ativar 70% das potencialidades da unidade de planejamento, o que técnica e economicamente é uma tarefa muito difícil.

A situação é também preocupante para as unidades Jaguaribe (UP 10), Apodi-Mossoró (UP 11) e Piranhas-Açu (UP 12), tendo em vista que para as mesmas estão previstas uma ativação muito alta das suas disponibilidades até o ano 2020 e, caso não ocorra, deixarão estas unidades numa situação crítica.

Analisando-se, isoladamente, a situação das águas subterrâneas, a Tabela 3.21 mostra que a evolução do IDEP no cenário tendencial para 2000, 2010 e 2020 acusou uma situação decrescentemente progressiva. Assim, no ano de 1991 haviam 20 unidades de planejamento, ou seja, 83,3% enquadradas no Nível I de sustentabilidade, contra apenas 4 UPs, ou 16,7% no Nível II; no ano 2000, as UPs nos níveis de sustentabilidade I e II passaram respectivamente a 75% e 25%: no ano de 2010 essas proporções eram de 70,8% e 29,8% e no ano de 2020 passaram a 62,5% contra 37,5% respectivamente.

U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DISP. - DEM. (HM ³)	DISP. - POT. (IAP)	DEM. - DISP. (IUD)	DEM. - POT. (IUP)
1 TOCANTINS MARANHENSE	419	0.10	0.28	0.03
2 GURUPI	2.291	0.15	0.12	0.02
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	3.380	0.23	0.17	0.04
4 ITAPECURU	1.486	0.19	0.16	0.03
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1.714	0.22	0.12	0.03
6 PARNAÍBA	6.952	0.23	0.24	0.05
7 ACARAÚ-COREAÚ	629	0.17	0.28	0.05
8 CURU	363	0.26	0.41	0.11
9 FORTALEZA	31	0.34	0.96	0.32
10 JAGUARIBE	2.331	0.85	0.34	0.29
11 APODI-MOSSORÓ	261	0.54	0.41	0.22
12 PIRANHAS-AÇU	1.414	0.72	0.28	0.20
13 LESTE POTIGUAR	-212	0.14	1.90	0.27
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	-49	0.22	1.10	0.24
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	-1.872	0.10	5.39	0.53
16 BACIAS ALAGOANAS	-812	0.09	3.95	0.35
17 SÃO FRANCISCO	54.000	1.58	0.17	0.27
18 VAZA-BARRIS	-135	0.10	2.18	0.21
19 ITAPICURU-REAL	-69	0.10	1.32	0.14
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	348	0.21	0.80	0.17
21 CONTAS-JEQUIÊ	-159	0.13	1.22	0.16
22 PARDO-CACHOEIRAS	477	0.11	0.42	0.05
23 JEQUITINHONHA	461	0.09	0.16	0.01
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	965	0.20	0.32	0.06
TOTAL	74.214	0.48	0.26	0.13

TABELA 3.18 – Índice de Sustentabilidade para o Cenário Tendencial – Ano 2000

U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DISP. – DEM. (HM ³)	DISP. – POT. (IAP)	DEM. – DISP. (IUD)	DEM. – POT. (IUP)
1 TOCANTINS MARANHENSE	399	0,10	0,31	0,03
2 GURUPI	2,287	0,15	0,12	0,02
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	3,337	0,23	0,18	0,04
4 ITAPECURU	1,469	0,19	0,17	0,03
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1,710	0,22	0,12	0,03
6 PARNAÍBA	6,640	0,23	0,28	0,06
7 ACARAÚ-COREAÚ	691	0,18	0,29	0,05
8 CURU	371	0,27	0,43	0,12
9 FORTALEZA	19	0,37	0,98	0,36
10 JAGUARIBE	2,249	0,85	0,37	0,31
11 APODI-MOSSORÓ	246	0,55	0,45	0,25
12 PIRANHAS-AÇU	1,368	0,72	0,31	0,22
13 LESTE POTIGUAR	(268)	0,15	2,07	0,31
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	(47)	0,25	1,09	0,27
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	(2,192)	0,11	5,50	0,82
16 BACIAS ALAGOANAS	(1,034)	0,10	4,36	0,44
17 SÃO FRANCISCO	52,531	1,58	0,19	0,30
18 VAZA-BARRIS	(175)	0,10	2,49	0,24
19 ITAPICURU-REAL	(121)	0,11	1,55	0,16
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	114	0,21	0,94	0,20
21 CONTAS-JEQUIÊ	(404)	0,13	1,55	0,21
22 PARDO-CACHOEIRAS	429	0,11	0,48	0,05
23 JEQUITINHONHA	457	0,09	0,17	0,02
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	877	0,20	0,38	0,08
TOTAL	70,953	0,49	0,30	0,14

TABELA 3.19 – Índice de Sustentabilidade para o Cenário Tendencial – Ano 2010

U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DISP. – DEM. (HM ³)	DISP. – POT. (IAP)	DEM. – DISP. (IUD)	DEM. – POT. (IUP)
1 TOCANTINS MARANHENSE	380	0,10	0,35	0,03
2 GURUPI	2,284	0,15	0,12	0,02
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	3,293	0,23	0,19	0,04
4 ITAPECURU	1,451	0,19	0,18	0,03
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1,705	0,22	0,12	0,03
6 PARNAÍBA	6,319	0,23	0,32	0,07
7 ACARAÚ-COREAÚ	752	0,20	0,29	0,06
8 CURU	377	0,29	0,44	0,13
9 FORTALEZA	5	0,40	0,99	0,40
10 JAGUARIBE	2,167	0,86	0,39	0,34
11 APODI-MOSSORÓ	231	0,55	0,49	0,27
12 PIRANHAS-AÇU	1,328	0,73	0,33	0,24
13 LESTE POTIGUAR	(315)	0,16	2,20	0,34
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	(41)	0,28	1,07	0,30
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	(2,491)	0,13	5,58	0,70
16 BACIAS ALAGOANAS	(1,252)	0,11	4,74	0,51
17 SÃO FRANCISCO	51,078	1,58	0,21	0,34
18 VAZA-BARRIS	(211)	0,10	2,76	0,28
19 ITAPICURU-REAL	(167)	0,11	1,74	0,19
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	(87)	0,21	1,05	0,22
21 CONTAS-JEQUIÊ	(643)	0,13	1,87	0,25
22 PARDO-CACHOEIRAS	388	0,11	0,53	0,06
23 JEQUITINHONHA	454	0,09	0,17	0,02
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	792	0,20	0,44	0,09
TOTAL	67,797	0,49	0,33	0,16

TABELA 3.20 – Índice de Sustentabilidade para o Cenário Tendencial – Ano 2020





DENOMINAÇÃO DA UP	1991	2000	2010	2020
1 TOCANTINS MARANHENSE	0,303 (+)	0,352 (+)	0,403 (+)	0,452 (+)
2 GURUPI	0,119 (+)	0,123 (+)	0,125 (+)	0,128 (+)
3 MEARIM-GRAJAU-PINDARÉ	0,195 (+)	0,219 (+)	0,243 (+)	0,265 (+)
4 ITAPECURU	0,172 (+)	0,189 (+)	0,206 (+)	0,222 (+)
5 MUNIM-BARREIRINHAS	0,071 (+) (+)	0,074 (+) (+)	0,078 (+) (+)	0,081 (+) (+)
6 PARNAÍBA	0,226 (+)	0,268 (+)	0,311 (+)	0,351 (+)
7 ACARAÚ-COREAÚ	0,190 (+)	0,247 (+)	0,300 (+)	0,351 (+)
8 CURU	0,774 (+)	0,997 (+)	1,234 (-)	0,471 (-)
9 FORTALEZA	1,409 (-)	1,733 (-)	2,045 (-)	2,345 (-)
10 JAGUARIBE	1,506 (-)	2,094 (-)	2,534 (-)	2,972 (-)
11 APODI-MOSSORÓ	0,738 (+)	1,080 (-)	1,320 (-)	1,554 (-)
12 PIRANHAS-AÇU	0,936 (+)	1,222 (-)	1,452 (-)	1,676 (-)
13 LESTE POTIGUAR	0,629 (+)	0,795 (+)	0,965 (+)	1,121 (-)
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	0,615 (+)	0,777 (+)	0,938 (+)	1,091 (-)
15 ORIENTAL DE PERNAMBUCO	2,495 (-)	3,103 (-)	3,724 (-)	4,318 (-)
16 Bacias alagoanas	0,573 (+)	0,693 (+)	0,808 (+)	0,916 (+)
17 SÃO FRANCISCO	0,623 (+)	0,748 (+)	0,874 (+)	0,999 (+)
18 Vaza barrisq	0,542 (+)	0,674 (+)	0,782 (+)	0,874 (+)
19 ITAPICURU-REAL	0,275 (+)	0,348 (+)	0,412 (+)	0,470 (+)
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	0,307 (+)	0,383 (+)	0,449 (+)	0,508 (+)
21 CONTAS-JEQUIÊ	1,088 (-)	1,420 (-)	1,768 (-)	2,108 (-)
22 PARDO-CACHOEIRAS	0,225 (+)	0,269 (+)	0,306 (+)	0,335 (+)
23 JEQUITINHONHA	0,151 (+)	0,161 (+)	0,168 (+)	0,174 (+)
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	0,071 (+) (+)	0,086 (+) (+)	0,101 (+)	0,115 (+)

TABELA 3.21 – Evolução da IUP (Demanda/Potencialidade/) nos Cenários

Imagina-se ser a bacia do Rio São Francisco onde provavelmente, ocorrerão os principais conflitos de uso d'água na região. Resolveu-se fazer uma análise do seu comportamento, baseada nos dados do PLANVASF.

A bacia do São Francisco (UP 17) é a maior unidade de planejamento em estudo, ocupando uma área de 640.000 km², dos quais, 487.000 km² dentro do Nordeste da SUDENE.

A demanda de água para irrigação, na área em estudo, assume papel preponderante, por constituir-se no principal uso consuntivo.

Segundo o PLANVASF, a área irrigada na Bacia do São Francisco 1988 é estimada em 209.400 ha. O Programa de Irrigação proposto pelo PLANVASF prevê a implantação até o ano 2000, de 170 projetos, com uma área total de 593.821 ha, totalizando uma área irrigada em operação no ano 2000, de 803.221 ha.

Embora o PLANVASF tenha afirmado que o programa, previsto para ser implantado de 1989 a 2000, não oferece perigo de incompatibilidade com o setor de geração de energia elétrica não é esta a visão do sistema elétrico sobre o assunto.

O setor elétrico entende que a retirada de água para irrigação na bacia do São Francisco poderá vir a ter uma significativa influência nas condições de atendimento ao mercado de energia elétrica, na medida em que contribuirá para redução da disponibilidade de geração de usinas hidrelétricas, já que o desvio de água para irrigação, a montante de um aproveitamento hidrelétrico, redundará em perda de energia, ao longo da cascata a jusante.

Ressalte-se, que as usinas hidrelétricas da CHESF foram concebidas, fundamentalmente, para aproveitar a água na geração de energia elétrica.

O trabalho intitulado “Avaliação do impacto dos programas de irrigação na oferta de energia elétrica da Região Nordeste”, elaborado por Soares *et alii* (1992), afirma que:

“Até o ano de 1986, não se considerava nenhuma retirada de água para irrigação nos estudos de Planejamento da Geração do Setor Elétrico.

A instituição do PROINE em janeiro de 1986, com metas de irrigar 1 milhão de hectares no período 1986-1991, na região Nordeste, dos quais cerca de 550 mil hectares localizados na bacia do São Francisco levou o setor elétrico e, particularmente a CHESF, a considerar as retiradas de água para irrigação nos estudos de Planejamento Decenal da Geração do sistema Interligado Norte/Nordeste, a partir do Ciclo de Planejamento de 1987”.

O conflito potencial de uso entre a atividade de irrigação e o setor elétrico, assume atualmente, novos contornos, com a disposição do Governo Federal de implementar o Projeto da Transposição de Águas do Rio São Francisco para algumas bacias dos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, já que surge um novo conflito potencial para a utilização das águas do Rio São Francisco que é o de irrigar, dentro ou fora da bacia.

Um ponto que merece também ser focado diz respeito às previsões de implantação de novas áreas irrigadas.

É importante se ter em mente que se a previsão da implantação de novas áreas irrigadas não se desenvolver conforme o previsto, pode levar o setor elétrico a antecipar investimentos desnecessários; por outro lado, se houver uma aceleração não prevista na implantação de novas áreas irrigadas na bacia, pode vir a acarretar um aumento da probabilidade de *déficits* no suprimento de energia (racionalmente).

Admitindo uma demanda unitária de 20.750 m³/ha/ano, como o PLAN-VASF considerou, a demanda total de água requerida, abrangendo as áreas atualmente irrigadas e as projetadas, num total de 803.221 ha, será de 16,7 bilhões de m³/ano. Admitindo também que 30% desse volume volta ao rio, por drenagem dos terrenos irrigados, o consumo efetivo será cerca de 11,7 bilhões de m³/ano, que corresponde a cerca de 12,5% da vazão anual do Rio São Francisco em Traipu.

Como se observa, o principal conflito de uso da bacia do Rio São Francisco é entre um uso consuntivo (irrigação) e um não consuntivo (geração de energia elétrica).



A apresentação de situação da bacia do Rio São Francisco bem evidencia, como os principais setores envolvidos (elétrico e irrigação) desenvolvem suas programações sem que exista um esforço maior de compatibilizar os interesses conflitantes envolvidos.

3.3.1. Cenário Tendencial Quanto à Qualidade da Água

Se os condicionantes presentes forem projetos para os anos 2000, 2010 e 2020, existirão probabilidades muito grandes de se obter um colapso generalizado em várias microrregiões nordestinas, em decorrência de suas extremas fragilidades no tocante a recursos hídricos e, em conseqüência, no tocante a outros recursos naturais. Indicadores apontam para um crescimento do setor industrial, fato este que demandara enormes recursos energéticos, os quais terão de vir de setores da própria região. Por outro lado, o cenário presente projeta para o cenário tendencial futuro, uma redução nas atividades agropecuárias, além de uma forte retração na presença do homem do campo. Com isso, perceber-se-á a tendência de se ter uma explosão na população urbana, comprometendo ainda mais o modelo de desenvolvimento atual. As pressões de demanda serão extremamente fortes e certamente haverá um campo bem desfavorável ao desenvolvimento sustentável. Em outras palavras, haverá forte comprometimento da qualidade ambiental em parte da zona rural, em decorrência do abandono do homem ao campo, como também da zona urbana, pela própria incapacidade de assimilação ambiental.

Se a este cenário forem acrescentados fatores decorrentes de mudanças climáticas, a situação poderá tornar-se ainda mais crítica, pois as perspectivas que têm sido apresentadas, neste momento, apontam para um recrudescimento dos períodos de estiagens com um impacto extremamente forte nas zonas de baixa capacidade pluviométrica. Neste caso, os cenários apontam para uma redução na unidade do solo, provocando assim grandes prejuízos em sua estrutura. Este fato terá certamente um grande impacto nos aspectos de salinização, se for considerado o clima como o principal responsável por este fenômeno. Quanto aos aspectos de poluição por efluentes provenientes de esgotos domésticos e industriais, tem que se buscar formas de controlar essas emissões, pois, neste cenário de mudanças climáticas, os corpos de água perderão consideravelmente suas capacidades de assimilação. Tudo isto mostra que medidas fundamentais terão que ser tomadas com o objetivo de reverter o quadro de degradabilidade que o modelo atual de desenvolvimento está cenarizando. Há uma necessidade muito forte de se desenvolver políticas sérias, que contornem os atuais problemas, e ofereçam uma perspectiva real de uma contração na vulnerabilidade às secas, e, em conseqüência, o estabelecimento de condicionantes consistentes que conduzam o Nordeste semi-árido ao desenvolvimento sustentável.

Em termos objetivos, o único indicador de sustentabilidade, estimado numericamente e projetado para os horizontes 2000, 2010 e 2020, foi o Índice de Comprometimento com a Poluição – ICP.

Nos Quadros 3.1, 3.2 e 3.3 a seguir são apresentados, respectivamente, as Vazões Comprometidas com Poluição, os Volumes Disponíveis Superficiais Anuais, e os Índices de Comprometimento com a Poluição (com seus mapas de áreas críticas).

UNIDADE de PLANEJAMENTO	VAZÕES COMPROMETIDAS COM A POLUIÇÃO (hm ³ /ano)			
	1990 (1)	2000 (3)	2010 (3)	2020 (2)
1	272	351	430	509
2	103	125	147	169
3	1.619	2.226	2.914	3.561
4	2.297	3.095	3.892	4.690
5	593	103	112	122
6	3.362	4.014	4.667	5.319
7	1.373	1.841	2.309	2.777
8	245	275	304	334
9	4.906	6.003	7.101	8.198
10	2.344	3.317	4.291	5.264
11	2.554	3.133	3.711	4.290
12	2.706	4.204	5.702	7.200
13	2.935	3.560	4.184	4.809
14	4.956	5.753	6.549	7.346
15	27.003	37.123	47.242	57.362
16	14.826	18.421	22.016	25.611
17	6.722	9.457	12.193	14.928
18	7.863	9.857	11.850	13.844
19	1.281	2.224	3.167	4.110
20	20.808	24.366	27.925	31.483
21	3.351	4.106	4.862	5.617
22	2.033	2.454	2.876	3.297
23	46	47	47	48
24	674	868	1.063	1.257

QUADRO 3.1 – Vazões Comprometidas com Poluição, por Unidade de Planejamento do Plirhine, de 1990 a 2020

- OBS. (1) De acordo com o PLIRHINE
 (2) Previsão feita pelo PLIRHINE, mas que deverá ser alcançada em 2020
 (3) Calculado por interpolação linear





UNIDADE DE PLANEJAMENTO	VAZÕES COMPROMETIDAS COM A POLUIÇÃO (hm³/ano)			
	1990	2000	2010	2020
1	500	500	500	500
2	2.510	2.510	2.510	2.510
3	3.430	3.430	3.430	3.430
4	1.550	1.550	1.550	1.550
5	1.760	1.760	1.760	1.760
6	8.087	8.087	8.087	8.087
7	580	747	830	913
8	369	400	415	430
9	222	251	266	280
10	1.937	3.372	3.372	3.372
11	164	380	380	380
12	1.526	1.934	1.934	1.934
13	115	115	115	115
14	262	363	414	465
15	151	225	261	298
16	8	8	8	8
17	64.385	64.385	64.385	64.385
18	76	76	76	76
19	163	163	163	163
20	1.700	1.700	1.700	1.700
21	700	700	700	700
22	795	795	795	795
23	540	540	540	540
24	1.400	1.400	1.400	1.400

QUADRO 3.2 – Vazões Disponíveis por Unidade de Planejamento do Plirhine, de 1990 a 2020

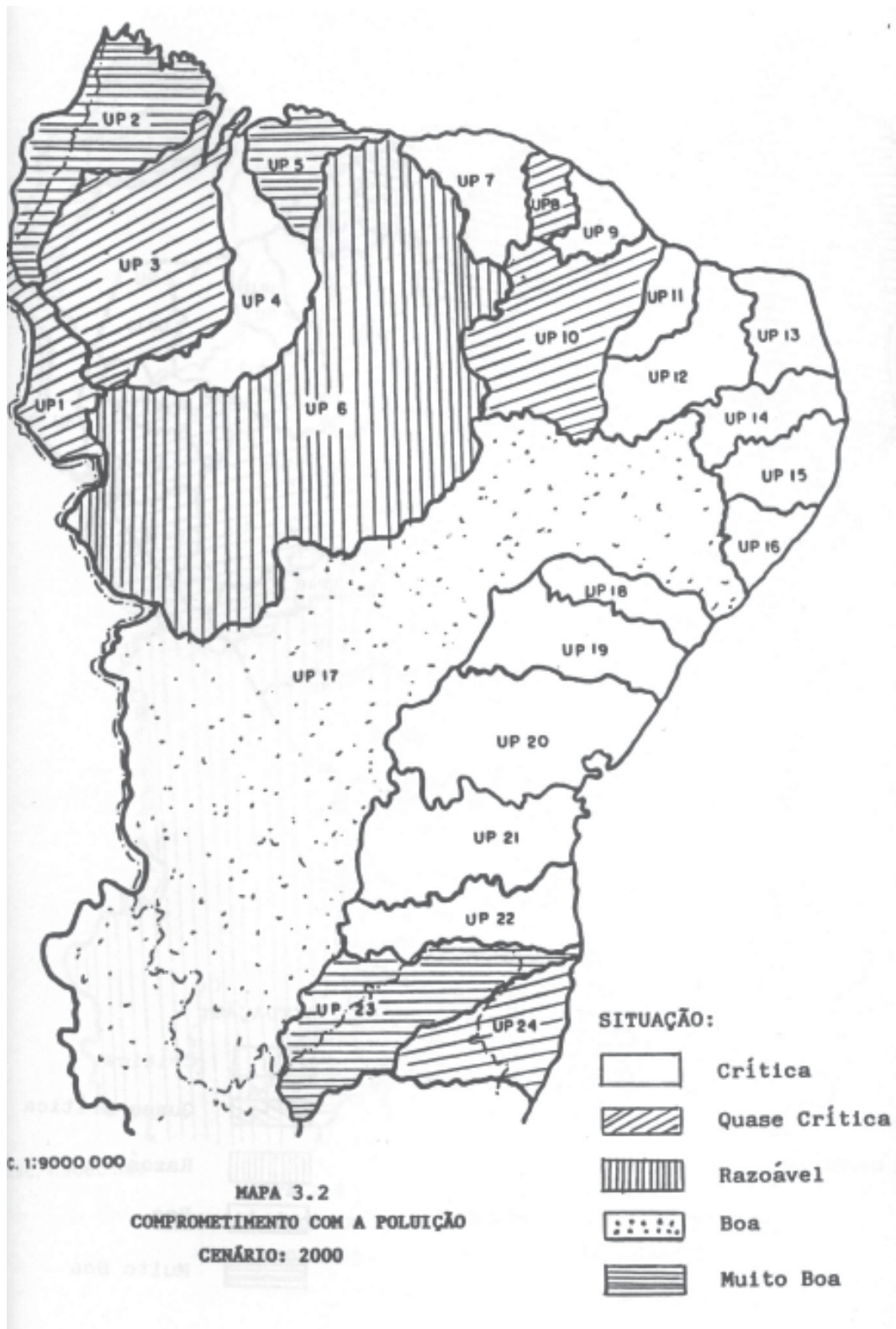
UNIDADE DE PLANEJAMENTO	VAZÕES COMPROMETIDAS COM A POLUIÇÃO (hm³/ano)			
	1990	2000	2010	2020
1	1.8382	1.4245	1.6228	0.9823
2	24.3689	20.0800	17.0748	14.8521
3	2.1186	1.5135	1.1772	0.9632
4	0.6748	0.5009	0.3982	0.3305
5	18.9247	17.1429	15.6677	14.4262
6	2.4054	2.0145	1.7329	1.5204
7	0.4224	0.4058	0.3595	0.3288
8	1.5061	1.4563	1.3636	1.2874
9	0.0453	0.0418	0.0375	0.0342
10	0.8264	1.0165	0.7859	0.6406
11	0.0642	0.1213	0.1024	0.0886
12	0.5639	0.4600	0.3392	0.2686
13	0.0392	0.0323	0.0275	0.0239
14	0.0529	0.0631	0.0632	0.0633
15	0.0056	0.0061	0.0055	0.0052
16	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003
17	9.5783	6.8079	5.2806	4.3130
18	0.0097	0.0077	0.0064	0.0055
19	0.1272	0.0733	0.0515	0.0397
20	0.0817	0.0698	0.0609	0.0540
21	0.2089	0.1705	0.1440	0.1246
22	0.3910	0.3239	0.2765	0.2411
23	11.7391	11.5714	11.4085	11.2500
24	2.0772	1.6123	1.3174	1.1138

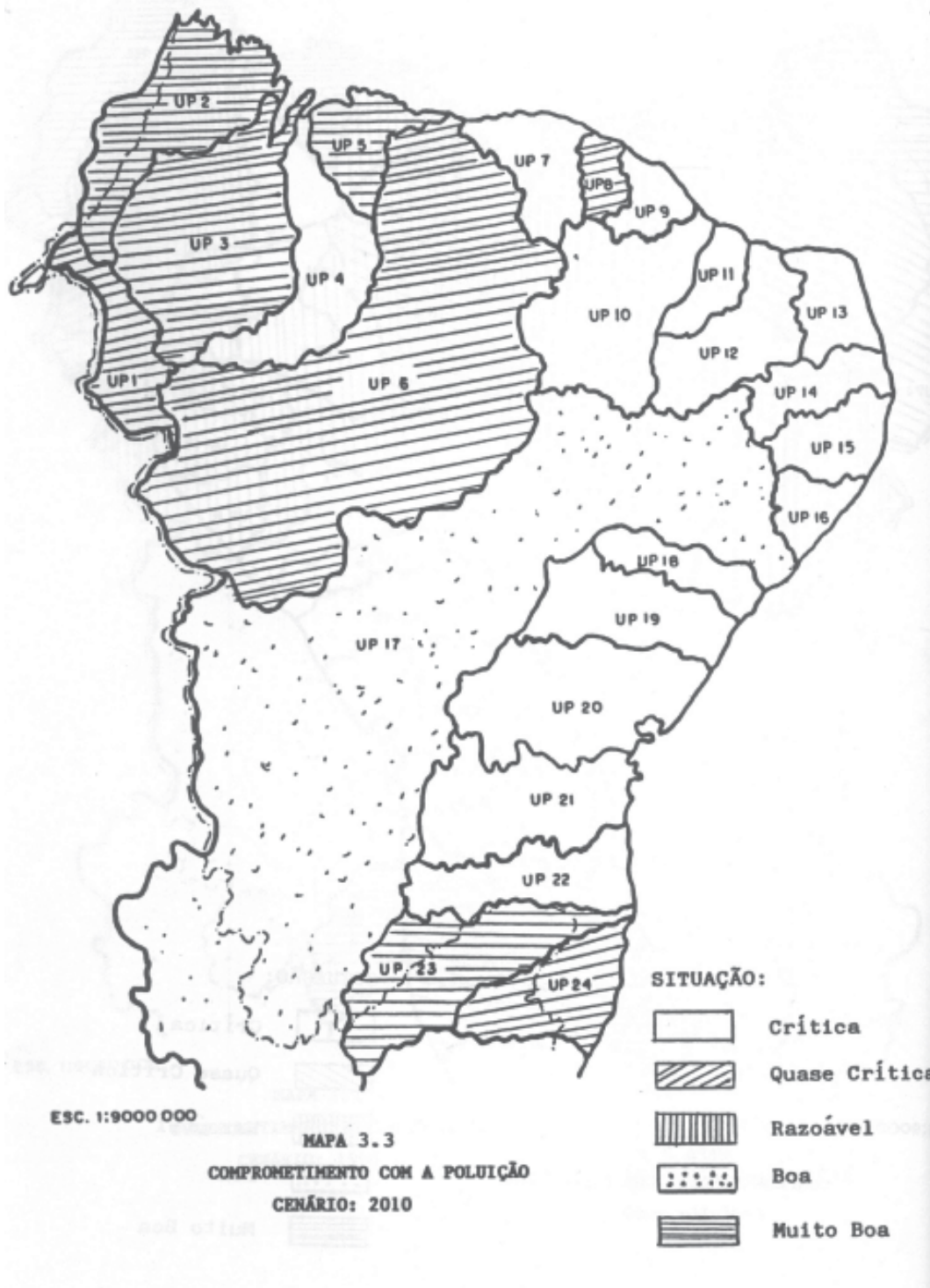
QUADRO 3.3 – Índice de Comprometimento por Unidade de Planejamento do PLIRHINE, de 1990 a 2020

ICP = VAZÃO SUPERF. DISPON./VAZÃO COMPR. C/POLUIÇÃO

- ICP < 1 – SITUAÇÃO CRÍTICA
- ICP < 2 – SITUAÇÃO QUASE CRÍTICA
- 1 < ICP < 5 – SITUAÇÃO RAZOÁVEL
- 2 < ICP < 10 – SITUAÇÃO BOA
- ICP > 10 – SITUAÇÃO MUITO BOA









3.4. Análise de Sustentabilidade Futura Segundo o Cenário de Mudança Climática na Região

Se ocorrer mudanças climáticas na região Nordeste, estas afetarão o projeto, a construção e a operação de seus sistemas de abastecimento de água para os diversos usos.

O cenário mais desfavorável, elaborado por Nobre (1994), para desvios de temperatura, precipitação e umidade de solo sobre o Nordeste do Brasil, nos anos 2000, 2010 e 2020, devido ao aquecimento global decorrente do acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, está apresentado na Tabela 8.1.

VARIÁVEL	Ano		
	2000	2010	2020
TEMPERATURA (°C)	0,6	1,7	2,9
UMIDADE DO SOLO (mm)	-3,4	-10,3	-17,1
PRECIPITAÇÃO (%)	-2,1	-6,4	-10,7

TABELA 3.22 – Cenário para Desvios de Temperatura, Precipitação e Umidade do Solo sobre o Nordeste do Brasil nos anos 2000, 2010 e 2020 devido ao Aquecimento Global Decorrente do Acúmulo de Gases e de Efeito Estufa na Atmosfera

Fonte: Cenário de mudanças climáticas sobre o Nordeste, Projeto Áridas, 1994.

Segundo ainda Nobre (1994), há indicações, também, no sentido de que as chuvas sobre as regiões tropicais se tornariam mais intensas e episódicas, o que traria conseqüências para a quantidade dos recursos hídricos, umidade e erosão do solo, inundações, entre outras.

Quanto a probabilidade de ocorrência de seca sobre o Nordeste que, com base nos registros históricos sobre a ocorrência de seca sobre a região nos últimos 400 anos, se situa em torno de 20% (Magalhães, 1994), estimando-se que aumentará na mesma proporção em que aumente a temperatura do ar, ocasionando maior número de secas agrícolas.

Numa análise preliminar, a ocorrência deste cenário, poderá vir a provocar os seguintes efeitos sobre os recursos hídricos da região:

- aumento da demanda de água para irrigação na região, devido à diminuição da umidade no solo e à elevação da evapotranspiração da vegetação;
- diminuição da disponibilidade de água dos reservatórios construídos



na região, provocada pelo aumento das sangrias devido ao aumento na intensidade das precipitações e a diminuição do total anual de chuvas, e pelo aumento da evaporação nos espelhos líquidos dos reservatórios decorrentes do aumento da temperatura do ar à superfície.

Poderá haver ainda um aumento no coeficiente de escoamento superficial –*run of*– decorrente do aumento da intensidade das precipitações.

Ressalte-se, que mesmo considerando que a variabilidade internada do clima sobre a região Nordeste do Brasil permaneça inalterada, durante os próximos vinte e cinco anos, existem vários fatores antrópicos que poderão vir a afetar a disponibilidade dos recursos hídricos para as atividades humanas, agrícolas e industriais na região. Assim, é possível que a disponibilidade de água venha a diminuir em função da redução da cobertura vegetal provocada pela ação antrópica.

Um solo com pouca vegetação costuma ser mais impermeável, concorrendo para que as chuvas possam causar fortes erosões e para a diminuição da alimentação do lençol freático.

Um desflorestamento, além de acentuar as condições de erosão da bacia, pode causar maior irregularidade na distribuição dos deflúvios, o que pode ser compensado com a construção de reservatórios de regularização de enchentes e de estiagens.

O aumento da erosão na bacia, tenderá a provocar aumento no assoreamento dos reservatórios existentes, diminuindo suas capacidades de acumulação, e por conseguinte, seus volumes disponíveis anuais e de suas vidas útil.

A degradação da qualidade das águas provocadas principalmente pelo retorno das águas de irrigação e pelo lançamento de efluentes industriais e domésticos também provocará uma diminuição na disponibilidade de água, devido a restrição de seu uso.

Assim, na análise da sustentabilidade futura dos recursos hídricos, é fundamental que se leve em conta, também, o fator antrópico de degradação ambiental.

No presente estudo, para avaliação da sustentabilidade dos recursos hídricos da região, num cenário de mudança climática e de ação antrópica desfavoráveis, procurou-se fazer uma avaliação da sensibilidade dos indicadores da sustentabilidade dos recursos hídricos, para duas hipóteses:

- aumento de 5% nas demandas, combinado com a correspondente redução, também, de 5% nas disponibilidades;

- aumento de 10% nas demandas, combinado com a redução também, de 10% nas disponibilidades.

Com base nos dados para as disponibilidades e demandas projetadas, considerando o cenário de ocorrência de uma mudança climática na região, foram calculados os índices de sustentabilidade para cada unidade de planejamento relativos as duas hipóteses apresentadas.

Nas Tabelas 3.23 e 3.24, estão apresentados os índices de sustentabilidade dos recursos hídricos para as unidades de planejamento para o ano de 2020, para as duas hipóteses apresentadas.

Da análise dos índices de sustentabilidade para a hipótese de aumento nas demandas em 5% e diminuição nas potencialidades e disponibilidades em 5%, se constata, como era de se esperar, que a situação já existente de demanda reprimida nas unidades de planejamento Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Oriental de Pernambuco (UP 15), Bacias Alagoanas (UP 16). Vaza Barris - Real (UP 18) e Itapecuru (UP 19), tende se agravar. Começa a haver demanda reprimida também nas unidades de planejamento Fortaleza (UP 9), Paraguaçu-Salvador (UP 20) e Contas - Jequié (UP 21).

Para a unidade de planejamento Oriental de Pernambuco, a situação se tornará crítica, o que implicaria na necessidade de transposição de água de outras unidades de planejamento, onde houve-se disponibilidade. Outras soluções, seriam a de inibir o aumento de demandas, através de medidas restritas à implantação de novas áreas irrigadas, e o estímulo ao reuso das águas, por exemplo.

Para a hipótese de aumento nas demandas em 10% e diminuição nas potencialidades e disponibilidades em 10%, a situação de demanda reprimida deverá ser agravada nas unidades de planejamento já deficitárias.

O que preocupa mais, é que se para o cenário tendencial, no ano 2020, apenas para a unidade de planejamento Oriental de Pernambuco (UP 15), as demandas programadas atingiriam mais de 30% das potencialidades da unidade, neste cenário, as unidades Fortaleza (UP 9), Apodi - Mossoró (UP 11), Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Bacias Alagoanas (UP 16), São Francisco (UP 17) e Vaza Barris (UP 18) também atingiriam este patamar.

O conflito de uso entre irrigação e geração de energia na bacia do São Francisco (UP 17), deverá ser agravado, em decorrência do possível aumento nas demandas para irrigação e da diminuição das disponibilidades.





U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DISP. – DEM.	DISP. – POT. IAP	DEM. – DISP. IUD	DEM. – POT. IUP
1 TOCANTINS MARANHENSE	341	0,10	0,38	0,04
2 GURUPI	2,138	0,15	0,14	0,02
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	3,049	0,23	0,21	0,05
4 ITAPECURU	1,347	0,19	0,20	0,04
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1,596	0,22	0,14	0,03
6 PARNAÍBA	5,712	0,23	0,35	0,08
7 ACARAÚ-COREAÚ	683	0,20	0,33	0,07
8 CURU	328	0,29	0,49	0,14
9 FORTALEZA	(85)	0,40	1,10	0,44
10 JAGUARIBE	1,920	0,86	0,43	0,37
11 APODI-MOSSORÓ	198	0,55	0,54	0,30
12 PIRANHAS-AÇU	1,196	0,73	0,36	0,26
13 LESTE POTIGUAR	(357)	0,16	2,43	0,38
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	(104)	0,28	1,18	0,33
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	(2,670)	0,13	6,16	0,77
16 BACIAS ALAGOANAS	(1,348)	0,11	5,24	0,57
17 SÃO FRANCISCO	47,134	1,58	0,24	0,37
18 VAZA-BARRIS	(234)	0,10	3,05	0,31
19 ITAPICURU-REAL	(198)	0,11	1,93	0,21
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	(268)	0,21	1,16	0,24
21 CONTAS-JEQUIÊ	(749)	0,13	2,07	0,27
22 PARDO-CACHOEIRAS	325	0,11	0,58	0,07
23 JEQUITINHONHA	422	0,09	0,19	0,02
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	689	0,20	0,49	0,10
TOTAL	61,064	0,49	0,36	0,18

TABELA 3.23 – Índice de Sustentabilidade para o Cenário de Mudanças Climáticas com Aumento de 5% nas Demandas e Diminuição de 5% nas Potencialidades e Disponibilidades

U.P. UNIDADE DE PLANEJAMENTO	DISP. – DEM. (HM ³)	DISP. – POT.	DEM. – DISP.	DEM. – POT.
1 TOCANTINS MARANHENSE	301	0,10	0,43	0,04
2 GURUPI	1,992	0,15	0,15	0,02
3 MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	2,906	0,23	0,24	0,05
4 ITAPECURU	1,242	0,19	0,22	0,04
5 MUNIM-BARREIRINHAS	1,486	0,22	0,15	0,03
6 PARNAÍBA	5,106	0,23	0,39	0,09
7 ACARAÚ-COREAÚ	614	0,20	0,36	0,07
8 CURU	280	0,29	0,54	0,16
9 FORTALEZA	(176)	0,40	1,22	0,48
10 JAGUARIBE	1,672	0,86	0,48	0,41
11 APODI-MOSSORÓ	164	0,55	0,60	0,33
12 PIRANHAS-AÇU	1,065	0,73	0,40	0,29
13 LESTE POTIGUAR	(399)	0,16	2,69	0,42
14 ORIENTAL DA PARAÍBA	(167)	0,28	1,30	0,36
15 ORIENTAL PERNAMBUCO	(2,849)	0,13	6,82	0,86
16 BACIAS ALAGOANAS	(1,444)	0,11	5,80	0,63
17 SÃO FRANCISCO	43,190	1,58	0,26	0,41
18 VAZA-BARRIS	(257)	0,10	3,38	0,34
19 ITAPICURU-REAL	(229)	0,11	2,13	0,23
20 PARAGUAÇU-SALVADOR	(449)	0,21	1,28	0,27
21 CONTAS-JEQUIÊ	(856)	0,13	2,29	0,30
22 PARDO-CACHOEIRAS	263	0,11	0,64	0,07
23 JEQUITINHONHA	389	0,09	0,21	0,02
24 EXTREMO SUL DA BAHIA	587	0,20	0,54	0,11
TOTAL	54,332	0,49	0,40	0,20

TABELA 3.24 – Índice de Sustentabilidade para o Cenário de Mudanças Climáticas com Aumento de 10% nas Demandas e Diminuição de 10% nas Potencialidades e Disponibilidades

CAPÍTULO 4

VULNERABILIDADE ÀS SECAS

O Nordeste Semi-Árido tem sido caracterizado, desde o início de sua história, pelo estigma da seca. A primeira marca, que antecede a ocupação da região das caatingas pelos colonizadores portugueses, conforme Souza (1979) é relatada por Fernão Cardin o qual referindo-se ao ano de 1583 informa:

“Houve uma grande seca e esterilidade na província (Pernambuco) e desceram do sertão, socorrendo-se aos brancos cerca de quatro ou cinco milênios.”

Igualmente, Paulino (1992) analisando o problema das secas, apresenta a seguinte citação do professor João de Deus de Oliveira:

“Os primeiros colonizadores lusos testemunharam por certo, a luta tremenda, dentro das selvas, dos Tabajaras, dos Kariris, indígenas sertanejos, estes últimos acossados pelos efeitos das secas, famintos errantes, em contínuos entrechoques de raças do Jaguaribe do Apodi, e do Açu, ao Norte, as ribeiras do São Francisco Sul e Leste”.

Demonstram essas narrativas que mesmo em condições de baixa densidade demográfica, em áreas sem degradações antrópicas, na ausência de uma infra-estrutura de preservação de águas, a seca, desde quando se conhece o Nordeste, tem resultado em movimentos migratórios.

As condições adversas do Nordeste, incluindo as secas periódicas, retardaram muito o início da ocupação portuguesa da região. Até a primeira metade do século XVII o domínio das áreas secas do interior do nordeste de Pernambuco ao Ceará era dos índios. A partir de então e de forma bastante lenta tem início o processo de ocupação com o

“desenvolvimento da pecuária, única atividade possível na região das caatingas.” (Paulino, 1992).

4.1 Secas: Definições e Efeitos

O conceito de seca está intimamente relacionado ao ponto de vista do observador. Embora a causa primária das secas resida na insuficiência ou irregularidade das precipitações pluviais, existe uma seqüência de causas e efeitos na qual o efeito mais próximo de uma seca torna-se causa de um outro efeito e esse efeito passa a ser denominado também de seca. Assim, para



citar as mais comuns, pode-se definir as secas climatológica (causa primária ou elemento que desencadeia o processo), edáfica (efeito da seca climatológica) “seca” (social?), (efeito da seca edáfica), a seca hidrológica ou nas disponibilidades de água (efeito dos baixos escoamentos nos cursos d’água e/ou do sobreuso das disponibilidades), etc...

A seca climatológica refere-se a ocorrência, em um dado espaço e tempo, de uma deficiência no total de chuvas em relação aos padrões normais que determinaram as necessidades. Esse tipo de seca tem causas naturais da circulação global da atmosfera e pode resultar em redução na produção agrícola e no fornecimento de água para cidades e outros usos.

A seca edáfica tem como causas básicas a insuficiência ou distribuição irregular das chuvas e pode ser identificada como uma deficiência da umidade, em termos do sistema radicular das plantas, que resulta em considerável redução da produção agrícola. Esse tipo de seca, associado a agricultura de sequeiro, e a que maiores impactos causa no Nordeste Semi-Árido. Os efeitos são severas perdas econômicas e grandes transtornos sociais como: fome, migração, desagregação das famílias, etc.

Por sua vez, a seca hidrológica, ou de suprimento de águas, pode ser entendida como a insuficiência de águas nos rios ou reservatórios para atendimento das demandas de águas já estabelecidas em uma dada região. Essa seca pode ser causada por uma seqüência de anos com deficiência no escoamento superficial ou, também, por um mal gerenciamento dos recursos hídricos acumulados nos açudes. O resultado desse tipo de seca é o racionamento, ou colapso, em cisternas de abastecimento d’água das cidades ou das áreas de irrigação.

A qualidade das estações chuvosas de 1991 a 1994 no Nordeste pode ser tomado como exemplos para os diversos tipos de seca. Em 1991 ocorreu, em grande parte do território do Nordeste semi-árido, pluviosidade bem abaixo da média. A região foi atingida por secas climatológica e edáficas; contudo as reservas em água, acumuladas nos grandes reservatórios foram suficientes para atender as demandas durante o ano de 1991. Em 1992, com a repetição da seca climatológica, começaram os primeiros problemas de seca hidrológica. Recife foi a primeira grande cidade atingida tendo sido submetida a um racionamento no abastecimento de água. Em 1993, a grande maioria dos pequenos açudes do Semi-Árido secaram. Os grandes açudes atingiram níveis críticos. Em maio de 1993, a cidade de Fortaleza, com seus 1,5 milhão de habitantes, chegou a três meses de um colapso no sistema de abastecimento de águas.¹

¹ Essa situação resultou na construção, em regime de emergência, de um canal com cerca de 100 quilômetros, ligando as águas do Jaguaribe, regularizadas pelo sistema Orós; Banabuiú; Pedras Brancas.



A estação chuvosa no ano de 1994 foi de todo, peculiar. No geral as precipitações pluviais foram acima da média. O litoral nordestino foi privilegiado por estação chuvosa bastante prolongada. No sertão cearense, especialmente no Alto Jaguaribe, as chuvas ocorreram em quantidade suficiente para a produção agrícola. Não ocorreu seca climatológica ou edáfica. Contudo, como essas chuvas ocorreram, predominantemente, com baixa intensidade e distribuídas em um longo intervalo de tempo, o escoamento superficial resultante foi muito baixo. Esse fato, aliado a situação crítica em que se encontravam os reservatórios resultaram em um ano de baixa disponibilidade de águas. Como exemplo, o Orós terminou a estação chuvosa com um volume acumulado de cerca de 500 milhões de metros cúbicos. Essa reserva é insuficiente para atender a demanda existente às margens do Rio Jaguaribe. O quadro atual é de racionamento. O perímetro irrigado do Icó que recebe águas do Orós estava até o final de setembro. Motivado por esse fato, um grupo de irrigantes do Icó se deslocou até o açude Orós e fechou a válvula dispersora que alimenta os irrigantes das ribeiras do Jaguaribe. Esse é um conflito gerado pela atual seca hidrológica daquele vale. Uma grande diferença entre essa seca e a seca agrícola reside nas condições sócio-econômicas das populações atingidas: os camponeses da agricultura de sequeiro não dispõem de reservas financeiras que lhes permitam sobreviver durante a ocorrência da seca.

Em resumo, os efeitos mais graves das secas decorrem de um descompasso momentâneo entre a oferta de água, provida irregularmente pela natureza, e as necessidades para uma determinada atividade gerada pela sociedade. R. BARNASH e R. FERRAL (1973) analisam que

“a seca não deve ser considerada como uma condição seca, mas uma condição de secura anormal em relação as necessidades. Em qualquer área, a natureza geralmente produz uma vegetação em harmonia com o ciclo de umidade disponível para o crescimento da planta. O homem freqüentemente viola essa harmonia introduzindo culturas de pouca adaptação e a crença de seca e aumentada como mau uso da terra.”

4.1.1. Os potenciais hidráulicos localizado e móvel

Considerando-se uma região hidrográfica como um sistema que é alimentado pelas precipitações fluviais. Em termos médios, o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica pode ser representado por

$$P = (Es + Et_0 + (R + I_p)) (I)$$

onde

P representa a precipitação pluvial média na bacia;

Es, a evaporação a partir da superfície do solo, das superfícies dos vegetais e dos planos de águas livres;



E, representa a parte da infiltração que fica retida nas camadas superficiais do solo e é evapotranspirada;

I_p , representa o escoamento superficial que forma os riachos e rios.

O conjunto ($E_s + E_t$), denominado potencial hidráulico localizado, só pode ser utilizado no local onde acontece a precipitação. Por outro lado, o conjunto ($R + I_p$), denominado potencial hidráulico móvel, representa a parte das águas que se movimenta e pode ser utilizada em local diverso daquele onde aconteceu a chuva.

O conhecimento de como ocorrem as chuvas, de como elas se distribuem entre o potencial localizado e potencial móvel, são de grande importância ao entendimento da seca e vulnerabilidade de uma dada região a esse fenômeno. Dessa forma a seca edáfica dá-se no domínio do potencial hidráulico localizado enquanto a seca hidrológica dá-se no domínio do potencial hidráulico móvel.

4.1.2. Seca no potencial hidráulico localizado: seca edáfica

O potencial hidráulico localizado, como definido, consiste na parte da precipitação pluvial que fica retida contra a ação da gravidade, nas camadas superficiais do solo, a nível do sistema radicular das culturas, sob a forma de umidade. Esse potencial só pode ser utilizado através do processo de sucção das raízes vencendo as forças que mantêm as águas nos vazios do solo.

Analisando-se a evolução do teor de umidade no solo ao longo de uma estação de chuvas, nota-se que existem períodos em que o mesmo mantém um teor de umidade acima do ponto de murchamento, alternando com períodos onde a umidade fica igual ou abaixo desse teor de umidade. Dessa maneira para gerenciar o potencial hidráulico localizado é importante que se conheça, pelo menos no sentido estatístico, datas de início e durações dos períodos úmidos. O conhecimento desses períodos irá proporcionar elementos para melhor selecionar culturas e datas de plantio que a eles se adaptem. Quanto mais eficiente for o gerenciamento, menores serão os efeitos negativos dos períodos deficitários ou secas.

Considera-se que ocorreu uma seca edáfica, em um determinado ano, para um cultivo de uma certa duração do ciclo vegetativo (DCV), quando o espaço de tempo em que o solo mantém continuamente água a disposição das culturas e inferior a DCV. A frequência de ocorrência de secas pode ser estimada pelo conceito de Ciclo Máximo anual Contínuo de Umidade – CMA-CU (Campos, 1983; Campos e Lima 1992). O CMA-CU representa o número máximo de dias, em um dado ano, no qual o solo mantém, a nível do sistema radicular das culturas, o teor de umidade acima do ponto de murcha permanente. O CMA-CU é uma variável aleatória que pode ser estimada através do



balanço hídrico do solo, em locais onde se disponha de séries de chuvas diárias de durações suficientemente longas.

4.1.2.1. Determinação do ciclo Máximo Anual Contínuo de Umidade (CMACU)

Executando-se, em um dado ano hidrológico, o balanço diário de umidade no solo, obtém-se uma série de períodos contínuos de dias onde o solo se mantém úmido alternado por períodos de solo seco. Define-se Ciclo Máximo Anual Contínuo de Umidade como a duração em dia do maior período do ano em que o solo mantém, continuamente, umidade disponível para as culturas. O CMACU pode ser pensado como um indicador do período mais apropriado para o cultivo de culturas inverno.

4.1.2.2. Conceito de Inverno/Seca Agrícola

Diz-se que em um dado ano ocorreu uma seca agrícola para uma cultura de duração do ciclo vegetativo DCV em um solo de capacidade de retenção S se, naquele ano, a duração do Ciclo Máximo de Umidade for inferior ao ciclo vegetativo da cultura considerada; caso contrário diz-se que ocorreu um “inverno.” Isto é:

INVERNO @ CMACU \geq DCV

SECA @ CMACU < DCV

4.1.2.3 Probabilidade de Ocorrência de Seca

Dispondo-se, em um determinado local, de uma série histórica de precipitações diárias de n anos, pode-se, através do balanço hídrico, obter n valores correspondentes ao CMACU. Passa-se assim a dispor de amostra da população. Ajustando-se em seguida essa amostra a uma dada função de probabilidade é possível calcular a probabilidade de ocorrência de uma seca para uma cultura de ciclo vegetativo de duração DCV através da fórmula:

$$Pr \{SECA\} = Pr \{CMACU < DCV\}$$

Por sua vez, o período de retorno de secas é igual a:

$$Tr \{SECA\} = 1/Pr\{CMACU < DCV\}$$

Obviamente o modelo descrito não representa em toda sua complexidade a dinâmica solo x água x planta o que aliás não é o objetivo. Entretanto, o CMACU pode ser pensado como uma variável indicativa da aptidão de um dado local para produção de culturas de inverno.

No momento, o estudo de determinação de frequência de secas a partir dessa definição está restrito ao estado do Ceará. As Figuras 2 e 3 (Anexo A) mostram as isolinhas dos valores médios dos CMACU para solos com capa-



cidade de retenção igual a 80mm e 120mm respectivamente. Observe-se que na parte sudoeste do Estado, em áreas com solo de 80mm o ciclo médio de umidade no solo está em torno de 80-90 dias. Significa que plantar culturas com ciclo vegetativo de duração superior a 90 dias, nesse tipo de solo, o risco de seca é muito elevado.

4.1.3. A ocorrência de secas no potencial hidráulico móvel

Os rios, segundo os seus regimes de escoamento podem ser classificados em perenes, intermitentes e efêmeros. Os perenes são aqueles que apresentam escoamento durante o ano todo, todos os anos; os intermitentes são os que escoam durante uma parte do ano em que ocorrem as chuvas; os efêmeros são aqueles de pequeno porte nos quais o escoamento acontece imediatamente após as chuvas.

Nos rios perenes as secas ocorrem e são estudadas a partir do regime de vazões mínimas. Estuda-se nesses rios seqüências de vazões mínimas decendiais, semanais ou de outro número de dias. A demanda nesses rios estabelece-se em função desse regime de vazões mínimas. Os reservatórios superficiais são introduzidos como forma de elevar essas vazões mínimas.

Nos rios intermitentes, em condições naturais, pouca demanda pode ser estabelecida. As águas remanescentes da estação úmida para a estação seca resumem-se àquelas armazenadas nos pacotes aluviais. Nas regiões com substrato cristalino, onde as disponibilidades hídricas ficam restritas às reservas acumuladas nos pacotes aluviais, somente a construção de reservatórios superficiais plurianuais permitem o atendimento de significativas. Nessas regiões, a seca passa a ser uma decorrência de um sobreuso ou mau uso dos açudes ou de seqüências de anos secos não previstas quando do estabelecimento das regras de operação dos reservatórios.

Os rios efêmeros, por sua pequena importância, não permitem em suas margens que se estabeleçam demandas importantes. A ocupação dessas áreas com atividades consumidoras de água só é justificável, no sentido econômico, caso haja um potencial que justifique a importação de água de bacias vizinhas. Nessas regiões, a seca passa a ser uma condição crônica (anual) ou como decorrência de secas na região exportadora de água.

4.2. Vulnerabilidade dos Sistemas Hídricos

Sucedendo ao relatório Nosso Futuro Comum (Comissão Mundial sobre o Meio ambiente e Desenvolvimento, 1987) muitas pesquisas e metodologias foram elaboradas com vistas à busca de um desenvolvimento para a humanidade que não implicasse na prática do sobreuso da capacidade de depuração da natureza. Esse tipo de desenvolvimento, cuja definição varia segundo a ótica dos diferentes atores sociais, tem sido denominado de Desenvolvimento Sustentável. A “paternidade” (ou maternidade) do conceito é

objeto de disputa entre segmentos da sociedade como os ecologistas e os desenvolvimentistas (o lado *soft*.)

O conceito está em contraposição, ou em atenuação, ao atual modelo de desenvolvimento que consiste, em grandes linhas, em concentração da população em centros urbanos e utilização despreocupada dos recursos naturais.

Os aglomerados e as atividades industriais se, por um lado, representam a possibilidade de aumentar, a um menor custo financeiro, o conforto de parte da população do planeta, por outro lado, pode pagar o preço de concentrar a poluição em uma quantidade acima da capacidade de depuração da natureza. Entretanto, qualquer que seja o tipo de desenvolvimento, a oferta de águas, na quantidade requerida e na qualidade desejável, é de fundamental importância para a sobrevivência dos aglomerados humanos. A sensibilidade da sociedade a essa questão faz com que uma grande parte dos esforços dispendidos em pesquisas sejam direcionados a questão do gerenciamento das águas. Uma ênfase especial tem sido dada a questão das secas. Várias regiões do mundo, especialmente as regiões de climas semi-áridos, têm se mostrado muito sensíveis a esse fenômeno.

4.2.1 Conceituação de vulnerabilidade

No sentido venacular, vulnerável é o designativo do lado fraco de um assunto, questão ou sistema ou ainda do ponto onde uma pessoa ou sistema podem ser atacados e feridos ou danificados. Essa conceituação tem sido utilizada no que se refere aos sistemas de fornecimento de água de uma região.

Ao se edificar uma cidade cria-se a necessidade de um fornecimento água de boa qualidade. Essa cidade, ao crescer, pode, rapidamente, esgotar as disponibilidades hídricas das áreas circunvizinhas. Por sua vez, a concentração de atividades poluentes degradam a qualidade dos lençóis subterrâneos. Como resultado desse processo, torna-se praticamente inviável a solução individual. A construção de um sistema confiável de abastecimento de água de boa qualidade e de um sistema de esgotamento sanitário tomam-se indispensáveis à manutenção de uma cidade saudável. Um raciocínio semelhante pode ser feito com relação a empreendimentos agrícolas no meio rural.

Nas grandes cidades, a dependência de suas populações ao fornecimento de água torna-se tão intensa que o colapso do sistema pode se ocasionar um verdadeiros caos. Por exemplo, a proximidade do esgotamento do suprimento de águas da cidade de Buenos Aires, fez com que as autoridades públicas desenvolvessem um plano de retirada da cidade. Dessa forma, no desenvolvimento de projetos de sistemas hídricos é de toda conveniência que esses sistemas sejam analisados quanto à vulnerabilidade.



4.2.2. Características desejáveis dos sistemas hídricos

Todo projeto é feito para o futuro, porém o futuro, dentro de certos limites determinados pela história, é imprevisível. Os sistemas hídricos são acentuadamente sujeitos a esse tipo de imprevisibilidade. O processo de projetar obras hidráulicas inicia por observar os eventos do passado e com base nessas observações estabelecer as faixas de previsibilidade, de imprevisibilidade e o grau de vulnerabilidade dessas obras. O bom projeto deve ser aquele não muito caro, portanto ao alcance da sociedade, e pouco vulnerável a falha, portanto não desconfortável para a sociedade.

Do ponto de vista físico, Matalas e Fiering (1977) apontam a “resiliência” e robustez como características desejáveis aos projetos de sistemas hídricos. Definem eles como sistemas resilientes aqueles cujo desempenho, em uma determinada faixa de condições, é tal que o valor presente de custo de falha é presumivelmente inferior ao custo de evitar a falha modificando o projeto original. Por sua vez, sistemas robustos são aqueles pouco sensíveis a erros, aleatórios ou não.

A preocupação em introduzir a resiliência e a robustez em projetos de sistemas hídricos não tem sido uma constante no Nordeste ou no Brasil em seu todo. Há de ter em mente, todavia, que a variabilidade dos afluxos aos sistemas hídricos influi significativamente na busca de um projeto ideal (resiliente e robusto). As regiões semi-áridas, no geral, apresentam uma variabilidade hidrológica bem maior que as regiões úmidas ou sub-úmidas, e por conseqüência torna-se mais difícil idealizar um projeto resiliente.

No Semi-Árido Nordeste, uma grande parte do sistema de obras hídricas foi projetado e construído em uma base de informações não compatíveis com a variabilidade hidrológica da região e antecedem ao próprio desenvolvimento teórico desses conceitos. Não há de se esperar, em conseqüência, que os sistemas existentes sejam resilientes ou robustos. Contudo, a maneira de operar esses sistemas, a organização da oferta, a disciplina do consumo podem influenciar diretamente na vulnerabilidade da obra existente no projeto. Daí a importância de bem entender estudar esses conceitos.

4.2.3. Classificação da vulnerabilidade dos sistemas

Gleick *op cit* classifica a vulnerabilidade dos sistemas hídricos em três categorias: as vulnerabilidades meteorológicas e climatológicas; e as vulnerabilidades sociais e geográficas; as vulnerabilidades hidrológicas e de projeto.

As vulnerabilidades meteorológicas e climatológicas englobam, principalmente, a magnitude e duração das cheias – relacionadas aos extravasores das barragens e sistemas de drenagem; e as freqüências, durações e

intensidades das secas – relacionadas aos colapsos no fornecimento de águas pelos sistemas hídricos.

Como exemplo, durante o período 1989-1993, ocorreu uma sucessão de anos secos que resultaram em severos racionamentos, ou colapsos em alguns casos, de sistemas de abastecimento de cidades de pequeno e médio porte. Fortaleza e Recife são exemplos de grandes cidades que sofreram prolongados racionamentos. Em todo o Semi-Árido, as cidades e distritos abastecidas a partir das águas superficiais de pequenos e, em alguns casos, médios, reservatórios, sofreram colapsos em seus sistemas de abastecimento e permaneceram abastecidas por caminhões pipas.

Na região, grosso modo, só ficaram imunes a esse mal apenas as cidades abastecidas com águas do São Francisco ou aquelas abastecidas por águas subterrâneas de aquíferos sedimentares (excluídas, nesses casos, os aquíferos aluvionais sobre substrato cristalino). O período explicitou a vulnerabilidade de diversos sistemas de águas superficiais no Semi-Árido.

4.2.4. Indicadores da vulnerabilidade dos sistemas hidrológicos

Adotou-se no presente trabalho cinco estimadores da vulnerabilidade dos sistemas hídricos regionais, a saber: insuficiente capacidade de acumulação; demanda crescente por água; sobre-exploração das reservas subterrâneas; alta variabilidade interanual dos deflúvios e intermitência dos cursos d'água. A justificativa desses indicadores e o que eles representam está descrita a seguir.

- a) Relação entre a capacidade de acumulação e o suprimento renovável:
 S/Q

A razão entre a capacidade de acumulação total de água nos reservatórios de uma dada área e o volume médio anual escoado superficialmente nessa bacia é um indicador da capacidade da área resistir a secas hidrológicas prolongadas. Com uma grande capacidade de acumulação é possível em uma dada região atravessar um período deficitário nos deflúvios. Devido às peculiaridades do Semi-Árido, rios intermitentes com uma estação seca de duração superior a seis meses e altas taxas de evaporação, os pequenos açudes cuja profundidade média seja da ordem de grandeza da lâmina anual evaporada (2,40m), são incapazes de prover uma regularização uma interanual, pouco contribuem para a capacidade diminuir a vulnerabilidade às secas mais prolongadas.

No Nordeste, por razões históricas, têm-se admitida que uma relação SQ em torno de 2,0 e de bom tamanho. Contudo, estudos recentes mostram que esse número não é absoluto. É possível que uma relação superior a 2,0 seja recomendável para muitas regiões. Contudo uma relação menor que 2,0

indica um baixo uso do potencial de acumulação. A Tabela 1.1 mostra alguns valores desse estimador de vulnerabilidade.

b) Relação entre o uso consuntivo e os recursos hídricos renováveis D/Q

Em regiões onde o uso consuntivo é alto em relação ao total escoado superficialmente estão, obviamente, suscetíveis a crises acentuadas. Uma questão de particular importância é a determinação do índice a partir do qual essa razão torna-se crítica. Szestay (1970), citado por Gleick, considera que para regiões em desenvolvimento uma relação D/Q igual ou superior a 0,20 é crítica. É evidente, contudo, que o valor da relação crítica depende fortemente da capacidade da região em regularizar eficientemente o potencial de escoamento superficial. Em uma região como o Nordeste com alta variabilidade anual dos deflúvios, com uma taxa de evaporação e uma prolongada estação seca dos rios é de se esperar que o valor da relação crítica seja dos mais baixos em todo o planeta. Infelizmente, ao que parece, não foram desenvolvidos estudos nesse sentido para a região Nordeste. Para efeito do presente trabalho adotar-se-á como indicativo de vulnerabilidade, uma relação igual a 0,10 (metade do valor preconizado por Gleick).

c) Variabilidade dos deflúvios anuais: CV^2

A capacidade de regularização de um reservatório depende preponderantemente da variabilidade interanual dos volumes escoados anualmente aos reservatórios. Quanto maior o coeficiente de variação maior a capacidade requerida por um reservatório para regularizar uma certa quantidade de água. Por exemplo, para regularizar 50% do volume escoado em uma dada bacia hidrográfica em um açude com fator de evaporação igual a 0,20 em um rio intermitente com coeficiente de variação igual a 0,60 é necessário que o reservatório tenha uma capacidade de acumulação igual uma vez o volume afluente médio anual; nas mesmas condições um rio com coeficiente de variação igual 1,4 necessitaria acumular cerca de oito vezes o deflúvio médio anual. Por sua vez, se o coeficiente de variação fosse igual a 1,5 o máximo regularizável por um reservatório, de capacidade infinita que não permitisse transbordamento seria de 49% do volume escoado.³ Apesar da importância desse indicador não existe mapa para o Nordeste com isolinhas de CV^4 .

² Gleick mede a variabilidade dos deflúvios através da relação entre a vazão quantitativamente excedido em 05% do tempo ($Q_{0,05}$) e a quantitativamente excedida 95% do tempo ($Q_{0,95}$). Essa grandeza não é apropriada para rios intermitentes como os do Nordeste e, dessa forma, optou-se por adotar no presente estudo o coeficiente de variação dos deflúvios anuais.

³ Valores obtidos pelo método de diagrama triangular de regularização – Campos (1990).

⁴ Os valores constantes no PLIRHINE são muito elevados e optou-se por não reproduzi-los no presente documento.



d) Relação entre as vazões mínima e máxima (Q_{min}/Q_{max})

Esse indicador permite detectar a intermitência de um rio. A intermitência é um indicativo da necessidade de preservação de águas para permitir uma oferta confiável. Assim em um rio perene sem variabilidade interanual, o uso contínuo das águas escoadas no leito desse rio fictício poderia se dar sem necessidade de construção de qualquer reservatório. Por sua vez, se o rio fosse intermitente, com duas estações de igual duração, mantidas as demais condições, o uso das águas do rio iria requerer um reservatório de capacidade igual a metade do volume médio escoado. Se, como é mais comum no Nordeste, o uso das águas se desse predominantemente na estação seca, a capacidade de acumulação seria aproximadamente igual ao volume médio escoado. Esse seria o valor mínimo de capacidade para permitir uma regularização intra-anual.

4.2.5. Valores dos indicadores de vulnerabilidade: situação atual

Os estudos dos sistemas hidrológicos, por conveniência e tradição, tomam como unidade de análise e planejamento agrupamento de bacias hidrográficas. No presente caso o grupo de recursos hídricos optou por adotar a mesma unidade definida no PLIRHINE.

a) Valores do indicador S/Q

O valor desse indicador reflete, principalmente, as ações do Governo Federal no Nordeste. De uma maneira geral, os locais de maiores valores de S/Q estão nas regiões mais áridas. Esse indicador não deve ser considerado isoladamente sob pena de transmitir uma falsa imagem de invulnerabilidade. Os valores altos de S/Q estão associados a regiões altamente vulneráveis as secas em condições naturais.

Note-se que na situação atual – horizonte de 1991 – apresentado na Tabela 4.1, os maiores valores de S/Q correspondem a bacia do Piranhas-Açu – 2,24 – devido a presença da barragem do Armando Ribeiro Gonçalves maior reservatório do Nordeste em um rio intermitente. Em segundo lugar aparece a bacia do Jaguaribe com S/Q igual a 1,70, número resultado da ação do DNOCS com que construiu reservatórios de grande porte como o Orós e o Banabuiú. A bacia do São Francisco, rio perene, o valor relativamente elevado de S/Q – 1,34 – é explicado pela presença dos reservatórios do sistema energético – entre esses o de Sobradinho, maior reservatório do Nordeste.

O Maranhão – UPs 01 a 05 e parte da Bahia – UPs 22, 23 e 24 – apresentam os menores valores de S/Q. No Maranhão a presença de rios perenes e a relativamente pequena demanda explicam esses baixos índices. Na Bahia, embora as disponibilidades dos rios perenes são suficientes para suprir as demandas.

A título de comparação, esse mesmo indicador foi calculado por Gleick *op cit* para algumas regiões dos Estados Unidos. Gleick encontrou os seguintes valores: Baixo Colorado – 4,22; Alto Colorado 2,61; Rio Grande 1,89; Nova Inglaterra 0,15. Nos Estados Unidos como no Nordeste Brasileiro, observa-se que nas regiões semi-áridas há uma demanda por acumulação de águas em reservatórios. Observe-se que o maior valor desse indicador nos Estados Unidos (4,22) é mais de uma vez e meia o maior valor do Nordeste (2,24).

b) Valores do indicador Q_{min}/Q_{max}

Esse indicador estima, de algum modo, a variabilidade dos deflúvios. Eles permitem também detectar as UPs cuja fonte de água advém de rios intermitentes – UPs com $Q_{min}/Q_{max} = 0$. Os valores apresentados referem-se a normas hidrológicas (1930-1961). No PLIRHINE as UPs: 03 – Mearim, Grajaú e Pindaré; 04 – Munim, Barreirinhas; 05 – Paranaíba; 17 – São Francisco; 20 – Paraguaçu – Salvador e Recôncavo; 21 – Contas e Jequié; e 22 – Pardo e Cachoeira, foram divididas em sub-unidades. Dessa forma os valores apresentados referem-se ao mínimo e ao máximo dessas sub-unidades.

c) Valores do indicador D/Q -

Esse indicador mede o comprometimento dos recursos renováveis, deflúvio médio anual escoado, com o atendimento as demandas estabelecidas – consuntivas ou não consuntivas, não existe estudo no Nordeste que determine o nível crítico desse indicador. Gleick *op cit* considera que uma relação (uso consuntivo)/(recursos renováveis) superior a 0,20 e indício de que a situação é crítica. É razoável supor que uma relação D/q superior a 0,30 seja indicador de condição crítica.⁵

Analisando-se os valores da Tabela 4.1, pode-se notar que a UP 15 – região Oriental de Pernambuco – com D/Q igual a 0,55 é a região mais crítica do Nordeste. Em segundo lugar vem a UP 09 de Fortaleza com D/Q igual a 0,33⁶. Outras UPs que apresentam valores elevados para esse indicador são as bacias: Jaguaribe com 0,30; Apodi-Mossoró com 0,29; Leste potiguar com 0,27; Oriental da Paraíba com 0,26; Bacias Alagoanas com 0,31 e São Francisco com 0,25.

As bacias do Maranhão e Piauí ainda apresentam valores relativamente baixos para esse indicador todos menores que 0,5). No Ceará a bacia do Coreaú-Acaraú também apresentam um valor bastante baixo (0,05), valor explicado pela pouca disponibilidade de reservatórios na bacia do Coreaú que resulta em não estabelecimento de demanda.

⁵ É importante que no futuro haja um estudo específico para o Nordeste dos limites críticos desse indicador. A adoção da demanda total e não a consuntiva pode mascarar alguns resultados principalmente onde houver grande demanda para fins de geração elétrica. Nesse caso as águas turbinadas podem ser usadas também para irrigação.

⁶ A cidade de Fortaleza já vem importando água na bacia do Jaguaribe para atendimento de consumo industrial e domiciliar.



UP	DENOMINAÇÃO	S/Q	D/Q	QMIN/QMAX
1	TOCANTINS MARANHENSE	< 0,01	0,03	0,08
2	GURUPI	< 0,01	0,02	0,14
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	< 0,01	0,04	0,13-0,23
4	ITAPECURU	< 0,01	0,03	0,10-0,30
5	MUNIM-BARREIRINHAS	< 0,01	0,03	0,20
6	PARNAÍBA	0,16	0,05	0,04-0,17
7	ACARAÚ-COREAÚ	0,35	0,05	0,0
8	CURU	0,51	0,12	0,0
9	FORTALEZA	0,37	0,33	0,0
10	JAGUARIBE	1,70	0,30	0,0
11	APODI-MOSSORÓ	0,80	0,29	0,0
12	PIRANHAS-AÇU	2,24	0,20	0,0
13	LESTE POTIGUAR	0,27	0,27	0,0
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	0,48	0,26	0,0
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	0,14	0,55	0,0
16	BACIAS ALAGOANAS	0,01	0,31	0,0
17	SÃO FRANCISCO	1,34	0,25	0,00-0,26
18	VAZA-BARRIS	0,25	0,18	0,0
19	ITAPICURU-REAL	0,31	0,12	0,0
20	PARAGUAÇU-SALVADOR-RECÔNCAVO	0,20	0,15	0,08-0,31
21	CONTAS-JEQIÉ	0,11	0,14	0,06-0,15
22	PARDO-CACHOEIRAS	< 0,01	0,04	0,00-0,20
23	JEQUITINHONHA	< 0,01	0,01	0,09
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	< 0,01	0,06	0,20

TABELA 4.1 – Valores de Indicadores de Vulnerabilidade no ano de 1991 nas Diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

Fonte: Qmin/Qmax – PLIRHINE – normal hidrológica, demais valores, estimados o estudo

4.2.6. Sistemas de água e esgoto nos estados

O nível de atendimento em serviços de água e esgoto é um indicador importante de vulnerabilidade. É fato de todos conhecidos que esses níveis de atendimento são extremamente baixos nos estados do Nordeste. Um levantamento abrangente e importante foi realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental que resultou na publicação do Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, anteriormente mencionado.

4.2.7. Vulnerabilidade dos reservatórios-barragens

As características físicas e climáticas do Nordeste Semi-árido fazem com que a presença d açudagem seja condição *sine qua non* para habitação da região por um contingente razoável de habitantes. A história da açudagem no Nordeste antecede a colonização portuguesa. Tomás Pompeu Sobrinho.

Filosoficamente, um açude pode ser entendido como um sistema que transporta água ao longo do tempo. Esse processo de transporte temporal consiste em armazenar os excedentes, em água dos períodos úmidos, para uso nos períodos de estiagem. Dessa maneira, a variabilidade do rio é reduzido e parte dos efeitos das secas podem ser mitigados.



Nesse transporte o açude atua como um sistema de transformação. As águas oriundas dos deflúvios naturais, recebidas e armazenadas pelo reservatório, são transformadas em três partes: a sangria; a evaporação e o consumo.

A sangria forma a parte dos deflúvios que o reservatório, devido ao seu tamanho limitado, não consegue controlar. Obviamente, se o açude tivesse uma capacidade infinita, todas as águas que lhe afluíssem seriam controladas e não haveria sangria. Em contrapartida o custo desse açude seria demasiadamente elevado para que a sociedade estivesse disposta a pagá-lo. A sangria constitui a parte das águas que retornam ao leito do rio e, na ausência de outro reservatório a jusante, transformam-se em perdas da bacia hidrográfica para o oceano.

As águas evaporadas a partir do lago consistem em perdas irreversíveis da bacia hidrográfica. As águas da superfície do açude são transferidas para a atmosfera para, em algum outro lugar não previsível, retornarem a superfície da terra sob alguma forma de precipitação.

Entretanto, uma análise mais profunda do processo, mostrará que, no caso específico do Nordeste, os açudes não introduzem as perdas por evaporação, mas, simplesmente, fazem com que elas ocorram em um lugar distinto daquele onde fatalmente elas ocorreriam. Na hipótese de não existissem açudes, as águas dos rios caminhariam para o mar, encontrariam pouco uso⁷ nesse percurso, e a partir deles evaporariam.

As águas regularizadas constituem a parte dos deflúvios naturais, controladas pelo açude que proporcionam benefícios a sociedade. A regularização pode ser entendida como um ajustamento da oferta à demanda. A demanda em água se dá em um determinado local, em tempo específico, com um dado padrão de qualidade. No Nordeste, a quase totalidade da demanda ocorre na segunda metade do ano, enquanto que as disponibilidades naturais acontecem na primeira metade. Essa regularização de águas é que torna possível a sobrevivência de razoáveis contingentes humanos no Sertão Semi-Árido. Buscar regularizar a máxima quantidade de água dentro das limitações da natureza e da economia do País deve se construir um objetivo dos planejadores de recursos hídricos do Semi-Árido.

4.2.7.1 Parâmetros de vulnerabilidade dos reservatórios

São definidos os seguintes parâmetros de vulnerabilidade dos reservatórios:

CV – Coeficiente de variação dos deflúvios anuais; quanto maior o CV maior a capacidade requerida para uma regularização interanual das águas;

⁷ Em rios intermitentes, não perenizados por açudes, não se instalam atividades consumidoras de águas.



- fE – fator adimensional de evaporação; mede o efeito da evaporação no desempenho do reservatório – agrupa os efeitos da intensidade da evaporação; da forma da bacia hidráulica e da capacidade do reservatório de tomar água; obtido da equação adimensional do balanço hídrico (Campo, 1987), é igual a $(3a^{00}Ex^{00})$, onde EI representa a lâmina evaporada durante a estação seca, a^8 o fator de forma da bacia hidráulica e m o volume médio afluente ao reservatório;
- fg – fator adimensional de capacidade – mede a capacidade que o reservatório tem de acumular água nos anos de excedentes para uso nos anos com deficiência;
- PE – probabilidade de esvaziamento – embora não propriamente um parâmetro do reservatório e sim um risco de esvaziamento assumido pelo planejador, a probabilidade de esvaziamento reflete a chance do reservatório encontrar-se vazio em uma dada unidade de tempo; assim, em uma escala anual uma probabilidade de esvaziamento de 10% significa que o açude seca 10% dos anos.

4.2.7.2. Definindo a regra de operação do açude

Um dos dilemas enfrentados no Nordeste à adoção de uma regra de retiradas de água dos açudes:

- se for retirada uma pequena quantidade de água relativamente ao volume afluente médio anual aumenta-se a segurança na capacidade de fornecer água nos períodos de crise, contudo aumenta-se o tempo médio de permanência das águas acumuladas nos açudes (tempo de oportunidade para as águas acumuladas evaporem) e reduz-se os benefícios gerados nos anos de disponibilidades;
- se for retirada uma grande quantidade de água haverá um decréscimo das perdas por evaporação, um aumento dos benefícios nos bons anos porém, em contrapartida, as “secas” se amiarão.

Inicialmente, adotando uma estratégia de segurança, a SUDENE preconizou, durante a elaboração dos estudos de base do Vale do Jaguaribe, para os grandes açudes, a adoção de uma retirada na qual não houvesse falha caso a série de vazões no futuro repetisse a série observada no passado.

Um primeira análise em busca de definir o ponto de equilíbrio de uma retirada ótima foi desenvolvida no âmbito do Programa Plurianual de Irriga-

⁸ A forma da bacia hidráulica do lago pode ser representada pela equação $Z(h) = ah^3$; onde $Z(h)$ denota o volume da reserva quando a superfície do lago encontra-se na altura h ; h é medido em relação ao ponto mais profundo do açude, isto é: $Z(0) = 0$. O adimensional a , fator de forma, pode ser obtido a partir da regressão linear, passando pela origem, de $Z(h)$ vs h^3 .

ção (PPI) elaborado pelo Grupo de Executivo de Desenvolvimento Agrícola (GEIDA). O método, baseado apenas em considerações econômicas e restringindo-se ao uso para irrigação indicou que a retirada “ótima” seria aquela na qual a frequência de falhas, ou secas, fosse de dez meses em cada cem.

Dando prosseguimento aos trabalhos da SUDENE no Vale do Jaguaribe, o DNOCS adotou em um estudo de seis açudes de porte meio no Ceará⁹ uma política de estratificação do reservatório para diferentes níveis de garantia. Assim era garantida um volume no açude a partir do qual a retirada seria reduzida e destinada somente a preservação de usos mais nobres.

A idéia do GEIDA, frequência de falhas com garantia em 90% dos meses, teve uma certa predominância sobre as demais. Todavia, simulações mostraram que essa frequência de falhas de 10% poderia significar em alguns casos, uma seqüência de dezoito meses sem água. Ora um episódio de dezoito meses de falhas e muito mais grave que dezoito episódios isolados de um mês de falha. Esse fato alertou os planejadores de recursos hídricos da região que retornaram ao conceito de serva de segurança.

Vale ressaltar também a proposta de técnicos do Bureau of Reclamation, contratados pelo Ministério de Irrigação para assessorar o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste): O Bureau considera que a vazão retirada deve ser aquela obtida da simulação de uma série histórica na qual no ano mais crítico o *déficit* acumulado não supera a 65% da demanda anual; no biênio mais crítico o *déficit* acumulado não supera a 100% da demanda no período; nos dez anos consecutivos mais críticos o *déficit* acumulado não supera a 200% da demanda no período. O critério preconizado pelo Bureau, comparado com o do GEIDA, conduz a uma segurança maior no fornecimento d'água e, em conseqüência, uma retirada menor. Contudo sua aplicação ainda não foi bem avaliada.

Há de se resumir a análise em alguns pontos como:

1. a frequência de secas hidrológicas, ou de falha no atendimento de água a partir dos reservatórios de superfície, é uma decisão do planejamento da operação dos açudes.
2. a evaporação das águas acumuladas nos açudes do Nordeste não significa, necessariamente, que elas estão sub-utilizadas; a evaporação é um preço pagar pela segurança.

4.2.7.3. A seleção de uma seca crítica

Na terminologia científica as secas são caracterizadas pelas seguintes grandezas:

⁹ Contrato entre DNOCS e SCET-INTERNATIONAL e SIRAC, para os estudos do aproveitamento hidroagrícola dos açudes Aires de Sousa, Forquilha, Várzea do Boi, Cedro e riacho do Sangue.



1. início, que delimita no tempo o instante em que a seca começa produzir efeitos;
2. duração, intervalo de tempo que vai desde o início ao final da seca;
3. intensidade, grandeza que busca medir o grau de desconforto causado pela seca;
4. abrangência, define a área afetada pela seca.

A história da hidrologia do Nordeste brasileiro apresenta um grande número de anos secos. Contudo, até meados do século XIX, quando a rede pluviométrica da região era altamente deficiente, a intensidade das secas era avaliada mais em função de seus impactos sociais do que propriamente das anomalias climáticas.

Contudo, devido a grande deficiência em estações pluviométricas e fluviométricas, não se pode afirmar que, nesse aspecto, a seca de 1877/79 tenha tido maior ou menor intensidade do que as ocorridas no presente século. A tragédia ocorrida de 1977 a 1879 pode ser atribuída mais a vulnerabilidade das estruturas existentes para conviver com o fenômeno do que a deficiência pluvial. Dessa forma, por falta de medições não é possível adotar essa seca como seca crítica. Fica a ela reservada o papel de “seca crítica social.”

No início do século, com a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas teve início o processo de medição sistemática das variáveis climatológicas e hidrológicas. Alguns estudos recentes elaborados por consultores do Bureau of Reclamation para o DNOCS determinaram que a seca crítica do presente século correspondia ao período 1974-1983. Esse período inicia com anos com deflúvios fracos (1975-1978) sucedido por 5 anos de secas (1979-1983).

Para estudar esse período selecionou-se o Rio Caxitore no local do açude de mesmo nome. A operação simulada do açude foi executada cobrindo o período de 1912 a 1988 (77 anos). Analisaram-se duas regras de operação: a primeira equivalente a uma frequência de falhas de 10% mensais e a segunda correspondendo a uma frequência de falhas de 10% anuais. O objetivo foi de verificar como as falhas se distribuem ao longo dos meses.

Operação do açude com frequência de falhas de 10% anual

nessa hipótese o açude Caxitoré regulariza 45 hm³/ano que corresponde a cerca de 36,5% dos 126,0 hm³ escoados, em média, na bacia. Na operação ocorreram três períodos de falha: um de dois meses, dois de cinco meses e um de 21 meses (Figura 4.1). Conclui-se que a ocorrência de períodos críticos tendem a concentrar as falhas em uma longa seqüência de meses. A dificuldade consiste em ultrapassar o período crítico.





Operação do açude com frequência de falhas de 10% mensal

Nessa hipótese o açude Caxitoré regulariza cerca de 66 hm³ por ano que representam aproximadamente 52,3% do escoamento anual. Esse valor também representa um acréscimo de cerca de 44% do volume regularizado com uma frequência de falha de 10% anual. Contudo o grave nesse aspecto é a maneira como as falhas se distribuem ao longo do tempo (Figura 4.2). A operação simulada mostrou que no período mais crítico, 1979 a 1984, ocorreram 4 seqüências de períodos sem oferta d'água com durações de: de 20 meses, de 5 meses, de 2 meses e de 22 meses, respectivamente. Esses números representam 49 meses, alternados, sem água em um período total de 67 meses.

Da operação simulada do açude pode-se extrair as seguintes conclusões:

- 1) a adoção de uma regra de operação de um açude com menor garantia resulta em um menor tempo de oportunidade para evaporação a partir do lago do reservatório e, em conseqüência, em grandes ganhos do volume regularizado;
- 2) o contraponto a esse ganho em volume regularizado é a ocorrência de longos períodos sem oferta de água que podem ser insuportáveis para consumos mais nobres, como o abastecimento humano, ou mesmo para irrigantes de pequenas áreas que não possibilitam a acumulação de reservas financeiras para vencerem as crises.

DURAÇÃO DA FALHA (MESES)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	DURAÇÃO DA FALHA (MESES)	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS
2	2	8	1
1	1	10	1
5	4	20	1
7	1	22	1

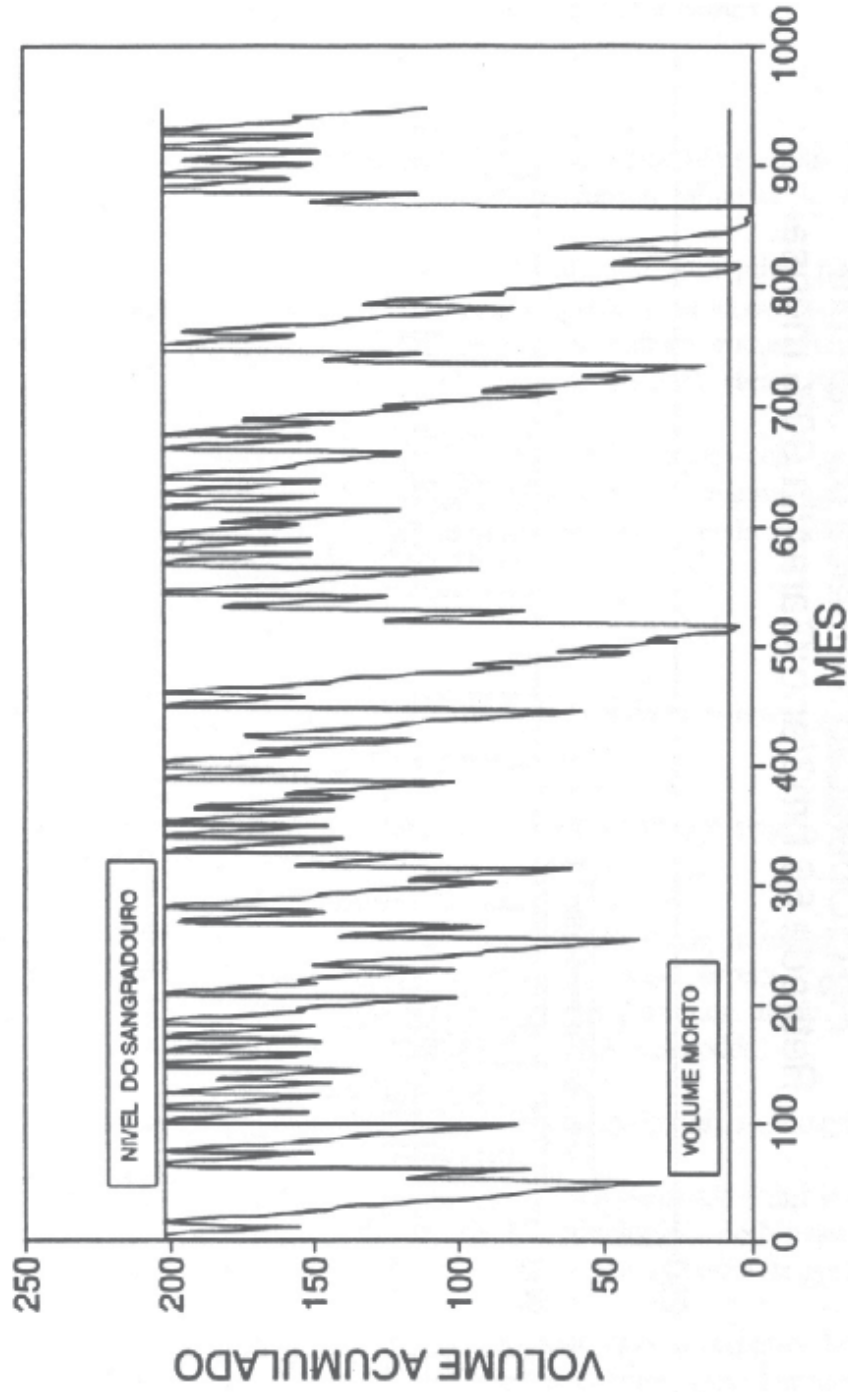
TABELA 4.2 – Quadro de falhas do Açude Caxitoré em uma gestão simulada com garantia em 90% dos meses

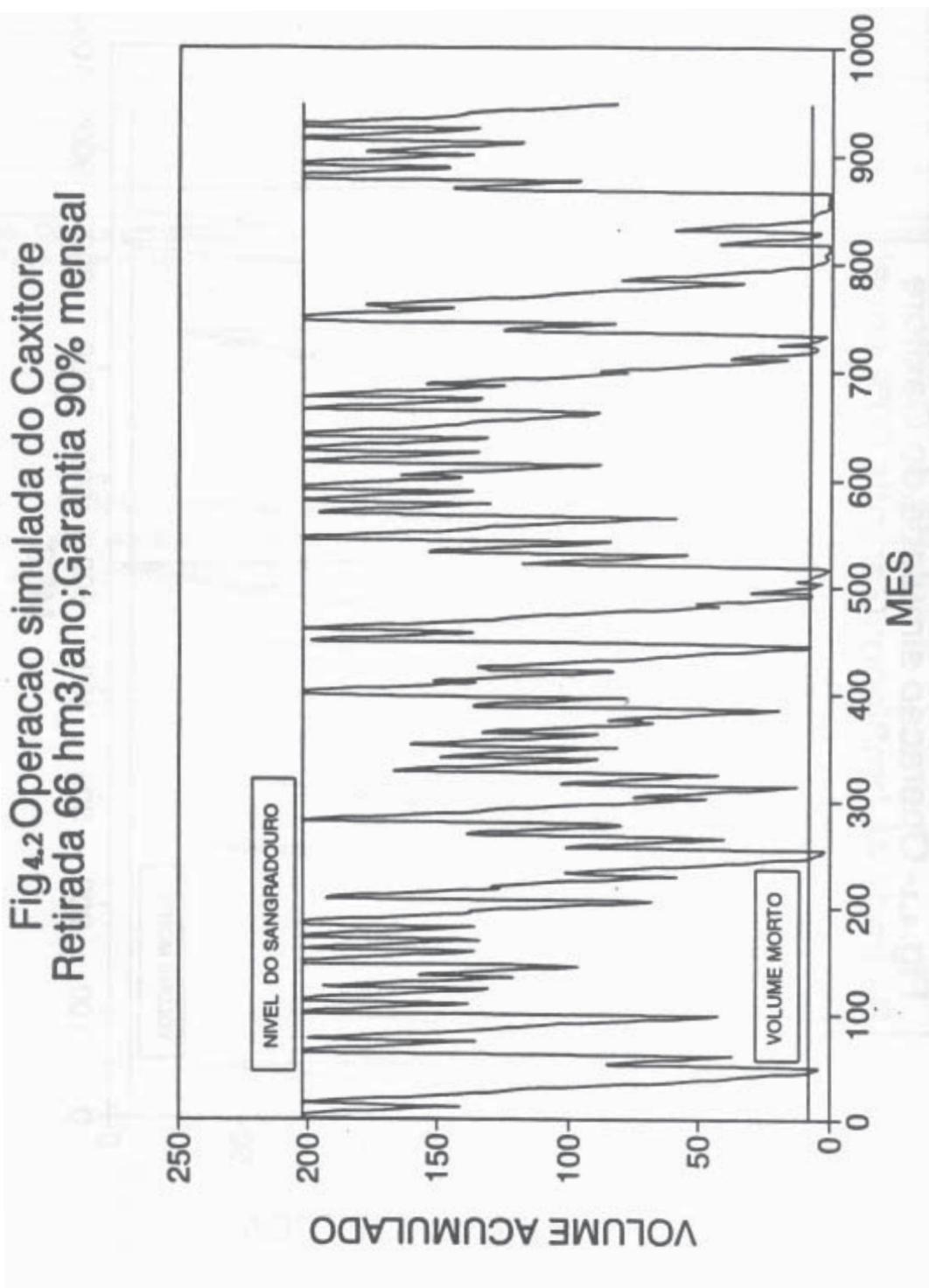
Obs.: Ocorrências e duração dos períodos sem fornecimento de água no açude Caxitoré para uma frequência de falhas de 10% dos meses em uma gestão simulada de 948 meses (1912-1988) com uma retirada de 66 hm³/ano.

Pode-se resumir do que foi discutido e analisado nessa seção que as altas perdas por evaporação a partir dos lagos formados pelos açudes do Nordeste podem ser entendidas como um preço a pagar para uma maior segurança na obtenção de águas.



Fig.4.1- Operação simulada do Caxitore
Retirada 46 hm³/ano; Garantia 90% anual





CAPÍTULO 5

VULNERABILIDADE FUTURA

No tocante ao cenário tendencial da vulnerabilidade às secas – entendidas nos aspectos hidráulicos – deve-se fazer a análise sob as óticas da seca edáfica e da seca hidrológica.

A seca edáfica:

A frequência de ocorrência de secas edáficas é comandada pelo regime pluvial, nos aspectos quantitativos, de distribuição espacial e temporal; pela capacidade de retenção de umidade dos solos, e pelo tipo de culturas explorada.

Pondo-se a parte os aspectos da variabilidade climática, o regime pluvial pode ser considerado estacionário, não se podendo esperar como consequência dele, uma tendência ao agravamento das secas. Mantido também a qualidade dos solos¹⁰ e os tipos de cultura tradicionais da região na agricultura de inverno, não há porque esperar um agravamento na frequência de secas. A análise da série histórica das secas, corroboram com essa assertiva.

Contudo, a gravidade com que as pessoas são atingidas pelas secas depende mais da vulnerabilidade sócio-econômica dos grupos atingidos do que propriamente do regime de secas. O grupo atingido normalmente são pessoas que não conseguem, nos anos normais e de bom inverno, formar reservas econômicas para enfrentar as secas que fatalmente ocorrem.

A seca hidrológica:

A seca hidrológica, como foi definida, é decorrente da falta de água nos açudes reservatórios durante épocas críticas. Essa seca pode ser gerada por três principais motivos:

1. o sobreuso do reservatório por falta de conhecimentos para gerenciar corretamente suas reais disponibilidades;
2. um risco assumido, estrategicamente, pelo “gerente” do açude, fazendo uso mais rápido das águas usando parte das águas que seriam evaporadas; espera-se que o ganho em água seja transformado em reservas econômicas que permitam ultrapassar a época de crise – um mínimo de reserva deve ser mantido para esses períodos.

¹⁰ Nesse aspecto é que alguns práticas de solo resultam em seu empobrecimento e podem conduzir ao agravamento das secas



3. por falta de informações hidrológicas que possibilitassem um correto planejamento.

No Semi-Árido, nos últimos anos houve um aumento da demanda e um lento crescimento na infra-estrutura hidráulica. Além do mais, a coleta de informações hidrológicas no Nordeste também tem sido bastante prejudicada o que dificulta o estabelecimento de um sistema eficiente de gerenciamento das águas.

Pode-se dizer, no que tange a secas hidrológicas que o cenário tendencial é de estabelecimento de novas crises como as que ocorreram em grandes cidades como Fortaleza e Recife em 1993.

No que concerne aos valores dos indicadores de vulnerabilidade, anteriormente definidos, serão a seguir calculados para os horizontes 2000, 2010 e 2020.

- a) Indicador S/Q

Os valores assumidos por S/Q, foram projetados, tabelas 5.1, 5.2 e 5.3, com base nos programas dos Governos Estaduais e instituições federais que atuam no Setor Hídrico do Nordeste. Nos valores projetados, observa-se que o maior índice S/Q passará a ser o vale do Jaguaribe com 3,08 diante da expectativa de se construir o reservatório do Castanhão. O segundo maior valor passará a ser o da bacia do Piranhas-Açu – 2,84. Esses índices projetados ainda se mostram inferiores aos da Região Semi-Árida dos Estados Unidos.

- b) Indicador Q_{min}/Q_{max}

No que refere-se às projeções para os horizontes 2000 a 2020, considerou-se que dentro de um cenário lento de mudanças climáticas – escala de tempo da vida humana – os valores pertencem a uma série estacionária. Em consequência os índices se repetem nos horizontes de 2000, 2010 e 2020.

- c) Indicador D/Q-

As projeções para os horizontes 2000, 2010 e 2020 não são otimistas. No horizonte 2020, mantidas as tendências, prevê-se um valor de 0,94 para Região Oriental de Pernambuco¹¹. Além dessa situação crítica sete UPs apresentam D/Q superior a 0,40 que denota situações críticas – principalmente as bacias de rios intermitentes onde predomina o uso consuntivo das águas.

¹¹ Esse valor é praticamente “insustentável”. A menos de importação de águas de outras regiões a demanda prevista não poderá ser estabelecida.



UP	DENOMINAÇÃO	S/Q	D/Q	QMIN/QMAX
1	TOCANTINS MARANHENSE	< 0,01	0,03	0,08
2	GURUPI	< 0,01	0,02	0,14
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	< 0,01	0,04	0,13-0,23
4	ITAPECURU	< 0,01	0,03	0,10-0,30
5	MUNIM-BARREIRINHAS	< 0,01	0,03	0,20
6	PARNAÍBA	0,22	0,06	0,04-0,17
7	ACARAÚ-COREAÚ	0,47	0,06	0,0
8	CURU	0,56	0,15	0,0
9	FORTALEZA	0,43	0,40	0,0
10	JAGUARIBE	3,08	0,37	0,0
11	APODI-MOSSORÓ	1,85	0,37	0,0
12	PIRANHAS-AÇU	2,84	0,25	0,0
13	LESTE POTIGUAR	0,27	0,35	0,0
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	0,66	0,32	0,0
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	0,21	0,68	0,0
16	BACIAS ALAGOANAS	0,01	0,37	0,0
17	SÃO FRANCISCO	1,36	0,30	0,00-0,26
18	VAZA-BARRIS	0,25	0,22	0,0
19	ITAPICURU-REAL	0,31	0,15	0,0
20	PARAGUAÇU-SALVADOR-RECÔNCAVO	0,20	0,19	0,08-0,31
21	CONTAS-JEQUIÊ	0,13	0,18	0,06-0,15
22	PARDO-CACHOEIRAS	< 0,01	0,05	0,00-0,20
23	JEQUITINHONHA	< 0,01	0,01	0,09
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	< 0,01	0,07	0,20

TABELA 5.1 – Valores de Indicadores de Vulnerabilidade no ano de 2000 nas diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

Fonte: Qmin/Qmax – PLIRHINE – normal hidrológica, demais valores, estimados o estudo

UP	DENOMINAÇÃO	S/Q	D/Q	QMIN/QMAX
1	TOCANTINS MARANHENSE	< 0,01	0,03	0,08
2	GURUPI	< 0,01	0,02	0,14
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	< 0,01	0,04	0,13-0,23
4	ITAPECURU	< 0,01	0,03	0,10-0,30
5	MUNIM-BARREIRINHAS	< 0,01	0,03	0,20
6	PARNAÍBA	0,25	0,07	0,04-0,17
7	ACARAÚ-COREAÚ	0,54	0,07	0,0
8	CURU	0,58	0,07	0,0
9	FORTALEZA	0,45	0,18	0,0
10	JAGUARIBE	3,08	0,48	0,0
11	APODI-MOSSORÓ	1,85	0,46	0,0
12	PIRANHAS-AÇU	2,84	0,46	0,0
13	LESTE POTIGUAR	0,27	0,30	0,0
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	0,76	0,38	0,0
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	0,24	0,82	0,0
16	BACIAS ALAGOANAS	0,01	0,43	0,0
17	São FRANCISCO	1,37	0,36	0,00-0,26
18	VAZA-BARRIS	0,25	0,25	0,0
19	ITAPICURU-REAL	0,31	0,18	0,0
20	PARAGUAÇU-SALVADOR-RECÔNCAVO	0,20	0,23	0,08-0,31
21	CONTAS-JEQUIÊ	0,13	0,22	0,06-0,15
22	PARDO-CACHOEIRAS	< 0,01	0,05	0,00-0,20
23	JEQUITINHONHA	< 0,01	0,02	0,09
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	< 0,01	0,08	0,20

TABELA 5.2 – Valores de Indicadores de Vulnerabilidade no ano de 2010 nas diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

Fonte: Qmin/Qmax – PLIRHINE – normal hidrológica, demais valores, estimados o estudo

UP	DENOMINAÇÃO	S/Q	D/Q	QMIN/QMAX
1	TOCANTINS MARANHENSE	< 0,01	0,04	0,08
2	GURUPI	< 0,01	0,02	0,14
3	MEARIM-GRAJAÚ-PINDARÉ	< 0,01	0,05	0,13-0,23
4	ITAPECURU	< 0,01	0,04	0,10-0,30
5	MUNIM-BARREIRINHAS	< 0,01	0,03	0,20
6	PARNAÍBA	0,30	0,08	0,04-0,17
7	ACARAÚ-COREAÚ	0,60	0,08	0,0
8	CURU	0,61	0,22	0,0
9	FORTALEZA	0,48	0,55	0,0
10	JAGUARIBE	3,08	0,55	0,0
11	APODI-MOSSORÓ	1,85	0,54	0,0
12	PIRANHAS-AÇU	2,84	0,35	0,0
13	LESTE POTIGUAR	0,27	0,49	0,0
14	ORIENTAL DA PARAÍBA	0,85	0,44	0,0
15	ORIENTAL DE PERNAMBUCO	0,28	0,94	0,0
16	BACIAS ALAGOANAS	0,01	0,49	0,0
17	SÃO FRANCISCO	1,37	0,41	0,00-0,26
18	VAZA-BARRIS	0,25	0,29	0,0
19	ITAPICURU-REAL	0,31	0,20	0,0
20	PARAGUAÇU-SALVADOR-RECÔNCAVO	0,20	0,25	0,08-0,31
21	CONTAS-JEQUIÊ	0,14	0,27	0,06-0,15
22	PARDO-CACHOEIRAS	< 0,01	0,06	0,00-0,20
23	JEQUITINHONHA	< 0,01	0,02	0,09
24	EXTREMO SUL DA BAHIA	< 0,01	0,09	0,20

TABELA 5.3 – Valores de Indicadores de Vulnerabilidade no ano de 2020 nas diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

Fonte: Qmin/Qmax – PLIRHINE – normal hidrológica, demais valores, estimados o estudo

5.1. Vulnerabilidade às secas em um cenário de mudanças climáticas

Nos meios científicos muito se tem falado sobre uma prospectiva mudança climática no Planeta, como resultado das emissões de dióxido de carbono e de outros gases. Embora não haja uma certeza de como a biosfera irá responder à acumulação desses gases, grande parte da comunidade científica internacional acredita na elevação da temperatura média do globo e do nível das águas dos oceanos.

Um aumento médio, entre 1° e 5°C, na temperatura do globo é considerada provável de ocorrer nos próximos 50 anos (Chang, L.H., C. Hunsaker e J. Draves, 1992). Ao lado dessa idéia predominante, existe praticamente um consenso de que haverá também uma modificação no regime pluvial em muitas regiões. Contudo, a incerteza predomina quando se deseja saber se, em um determinado local haverá acréscimo ou decréscimo na pluviosidade média.

Segundo informações do Grupo de Recursos Naturais há indícios de que possam ocorrer os seguintes processos:

- aumento do regime de evaporação;
- modificação do regime de pluvial com perspectivas das;
- chuvas tornarem-se mais intensas e com maior variabilidade interanual.

Contudo, poucos cientistas arriscam calcular como esse processo será distribuído especialmente sobre o globo terrestre: uma previsão quantitativa, para uma determinada região, envolve uma grande incerteza. Nesse cenário de incerteza, optou-se por estudar como as modificações de certos parâmetros climáticos influenciam a periodicidade de ocorrência das secas. Assim, o estudo foi dividido em duas partes: 1) na seca edáfica, segue-se a metodologia desenvolvida por Campos, Studart e Lima (1994) que busca determinar qual o percentual de aumento na pluviosidade para contrabalançar um aumento na evapotranspiração sem alterar a frequência de secas edáficas; 2) na seca hidrológica buscou-se determinar qual a influência da modificação de parâmetros hidrológicos do regime de escoamento influenciam na capacidade de regularização dos açudes.

5.1.1. As secas edáficas no cenário de mudanças climáticas

- Determinação da ocorrência de seca agrícola. Diz-se que em um dado ano ocorreu uma seca agrícola para uma cultura de duração de ciclo vegetativo DCV em um dado solo com capacidade de retenção S se, naquele ano, a duração do CMACU for inferior ao ciclo vegetativo da cultura considerada.

$$\text{SECA} \text{ @ } \text{CMACU} < \text{DCV}$$
$$\text{INVERNO} \text{ @ } \text{MCMACU}^3 \text{DCV}$$

- Determinação da probabilidade de ocorrência de seca CMACU é uma variável aleatória cujos parâmetros estatísticos ser facilmente determinados. Ajustando-se a amostra de n valores a uma função distribuição de probabilidade conhecida, pode-se calcular a probabilidade de ocorrência de uma seca para uma cultura de ciclo vegetativo de duração DCV, como se segue:

$$\text{Pr} \{ \text{seca} \} = \text{Pr} \{ \text{CMACU} < \text{DCV} \},$$

conseqüentemente, o período de retorno da seca e,

$$\text{Tr} \{ \text{seca} \} = 1 / \text{Pr} \{ \text{CMACU} < \text{DCV} \}$$

O estudo referido selecionou três postos pluviométricos do estado do Ceará: Crato, Saboeiro e Fortaleza. Esses postos representam três diferentes regimes pluviais: o de Crato, que representa a região do Cariri, sul do Ceará, cuja estação chuvosa é determinada por dois sistemas poucos distintos – as frentes frias e a ZCIT; o de Saboeiro, representando os sertões dos Inhamuns, região mais seca do estado do Ceará, onde o regime pluvial é devido quase que exclusivamente a descida da Zona de Convergência; e finalmente o de Fortaleza, que além da ZCIT, e influenciado pelas brisas do litoral.

Os resultados (Figuras 5.1, 5.2 e 5.3) mostraram que, nas três localidades estudadas e nos dois tipos de solos examinados, para que não haja um incremento na frequência das secas no Nordeste brasileiro é necessário que o aumento na pluviosidade seja superior ao aumento da taxa de evapotranspiração. Somente uma melhor repartição temporal das chuvas, que os modelos parecem não indicar, é que contrabalançariam os impactos negativos de



um provável aumento no total evaporado mesmo na hipótese de igual aumento na pluviosidade.

Resumindo, na situação de aumento de evaporação, em um determinado local, para que a periodicidade das secas não seja agravada é necessário a pluviosidade aumente em um percentual maior a evaporação. Esses resultados podem ser explicados da seguinte maneira: se a evapotranspiração e a pluviosidade aumentam ambas de $x\%$, para que a periodicidade das secas não seja agravada seria necessário que todo o acréscimo da chuva fosse armazenado pelo solo e ficasse a disposição das culturas. Essa situação é praticamente impossível pois o acréscimo de chuvas de grande lâmina por certo encontrarão o solo saturado e serão percoladas ou escoadas superficialmente. Dessa forma, a conclusão obtida numericamente para os três postos do estado do Ceará pode ser extrapolada para o restante do Nordeste Semi-Árido onde se pratica a agricultura de sequeiro.

Deve-se observar que alguns modelos indicam uma redução no total precipitado. Ora, se na situação de iguais aumentos nas lâminas evaporadas e precipitadas o efeito é o agravamento da periodicidade das secas, caso haja redução a perspectiva torna-se mais grave.

5.1.2. As secas hidrológicas em um cenário de mudanças climáticas

A ocorrência de secas hidrológicas no Nordeste Semi-Árido de rios intermitentes decorre, como foi anteriormente descrito, da operação dos reservatórios superficiais. Dessa maneira, as tendências de aumentar ou diminuir a vulnerabilidade as secas hidrológicas podem ser estimadas indiretamente examinando-se como a alteração de certos parâmetros hidrológicos afeta as eficiências dos reservatórios superficiais.

Analisaram-se os seguintes cenários:

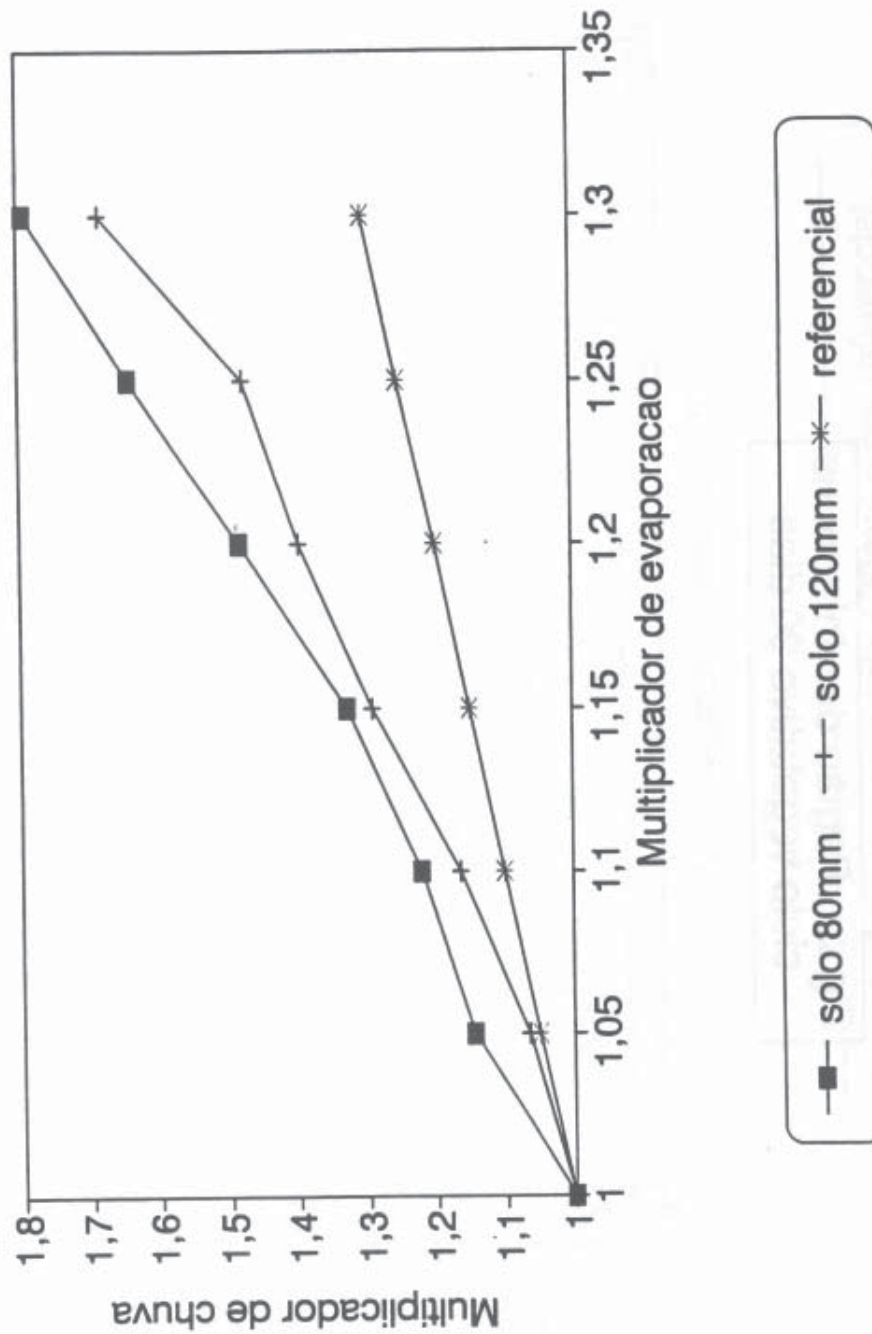
1. em um cenário de aumento de variabilidade dos deflúvios anuais, mantidas as demais condições constantes, como será alterada a eficiência dos açudes;
2. Em um cenário de aumento da lâmina de evaporação e deflúvio afluente médio anual, em iguais proporções, mantida a variabilidade interanual, como será alterada a eficiência dos açudes.

Caso 1 – Eficiência dos reservatórios e a variabilidade interanual dos deflúvios:

Nessa análise utilizou-se o modelo do Diagrama Triangular de Regularização (Campos, 1990). Uma descrição sucinta do método é apresentada no Anexo B. A análise partiu das seguintes condições: adotou-se para o fator adimensional de evaporação o valor de 0,20 que representa um número médio para o Nordeste; para o fator adimensional de capacidade adotou-se o valor de 2,0; o coeficiente de variação dos deflúvios anuais variaram de 0,60 a 1,60 em intervalos de 0,1. Para cada valor do coeficiente de variação calcu-

lou-se: o percentual regularizado pelo açude; o percentual sangrado do açude e o percentual evaporado. Os valores constam nas Tabelas 5.4 e 5.5 e figuras 5.4 e 5.5.

Fig.5.1- Região do Cariri
ciclo vegetativo 90 dias





RECURSOS HÍDRICOS E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO



Ministério da
Integração Nacional

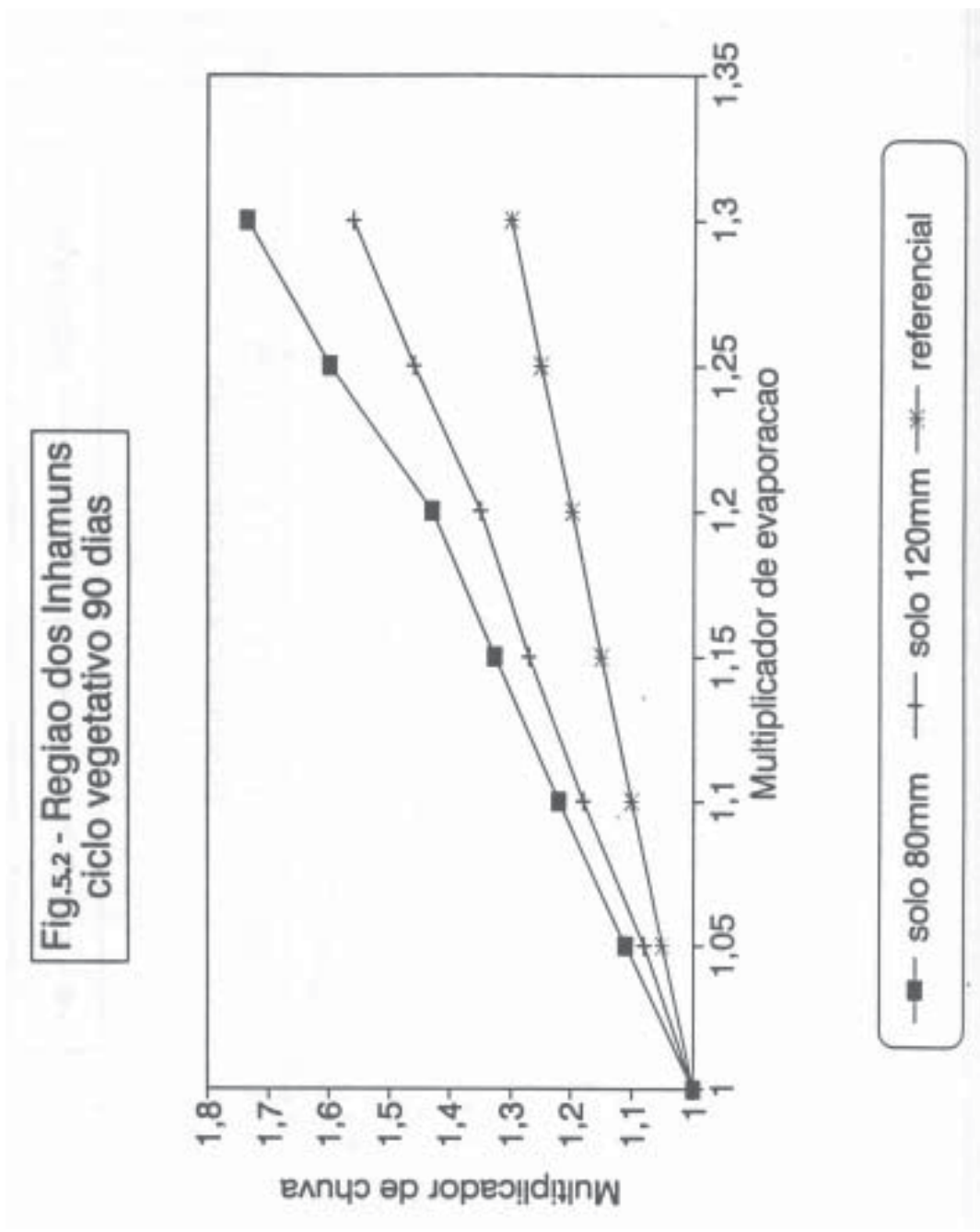
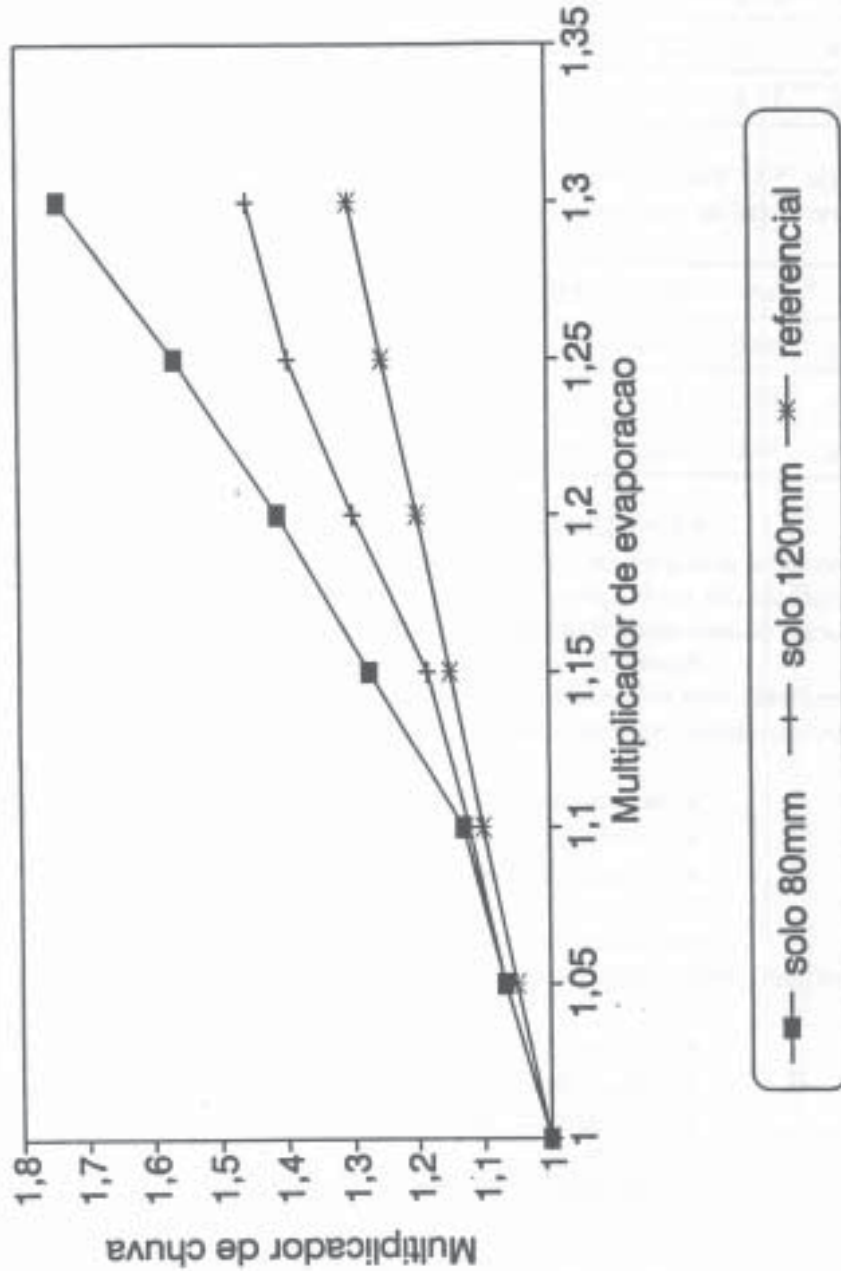


Fig.5.3 Região do Litoral
ciclo vegetativo 90 dias



	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
reg	63,2	60,0	53,2	49,0	46,0	42,0	38,0	35,0	32,5	29,0	26,5
eva	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21	21	21	21,5	21,5
san	15,8	19,0	25,8	30,0	33,0	37,0	41,0	44,0	46,5	49,5	52,0

TABELA 5.4 – Valores dos Percentuais Sangrado, Evaporado e Regularizado por um Açude com Fator Adimensional de Evaporação igual a 0,2 e Fator Adimensional de Capacidade igual a 2.0

	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
reg	48,0	45,0	40,0	38,0	33,5	30	26	24	20,5	19	18
eva	13,0	13,0	13,0	14,0	13	13,0	13	13,0	14,0	13	14
san	39,0	42,0	47,0	48,0	53,5	56,5	61,0	65,5	65,0	68,0	68,0

TABELA 5.5 – Valores dos Percentuais Sangrado, Evaporado e Regularizado por um Açude com Fator Adimensional de Evaporação igual a 0,2 e Fator Adimensional de Capacidade igual a 1.0

CONCLUSÕES

Em resumo, o aumento da variabilidade dos deflúvios anuais de um reservatório resulta em uma transferência do volume anual regularizado para volume de sangria. Como não incremento das perdas por evaporação, poder-se-ia imaginar que as perdas não são irrecuperáveis pois o aumento da capacidade do açude reverteria o processo. Seja o exemplo:

Em um rio com deflúvio médio anual(m) igual a 100 u.v. (unidades volumétricas) existe um reservatório, como fator adimensional de evaporação (f=) igual 0,20 que acumula 200 u.v. Nessas condições esse reservatório apresenta o seguinte desempenho:

- volume anual regularizado 46 u.v.
- volume anual evaporado 21 u.v.
- volume anual sangrado 33 u.v. • volume anual

Se nesse local o coeficiente de variação passar para 1,2, mantidas as demais condições constantes, o reservatório passará a ter o desempenho:

- volume anual regularizado 38 u.v.
- volume anual evaporado 21 u.v.
- volume anual sangrado 41 u.v.

Conseqüência do acréscimo de CV

O volume regularizado decresceu em 8 u.v.; o volume sangrado cresceu em 8 u.v. e o volume evaporado permaneceu constante. Poder-se-ia imaginar que, como não houve perdas irreversíveis, as 8 u.v. seriam recuperáveis com o aumento da capacidade do reservatório. Analise-se o que acontece.

Fig. 5.4 Regularização x CV(defluvios)
valores para $f_k = 2,0$ e $f_e = 0,20$

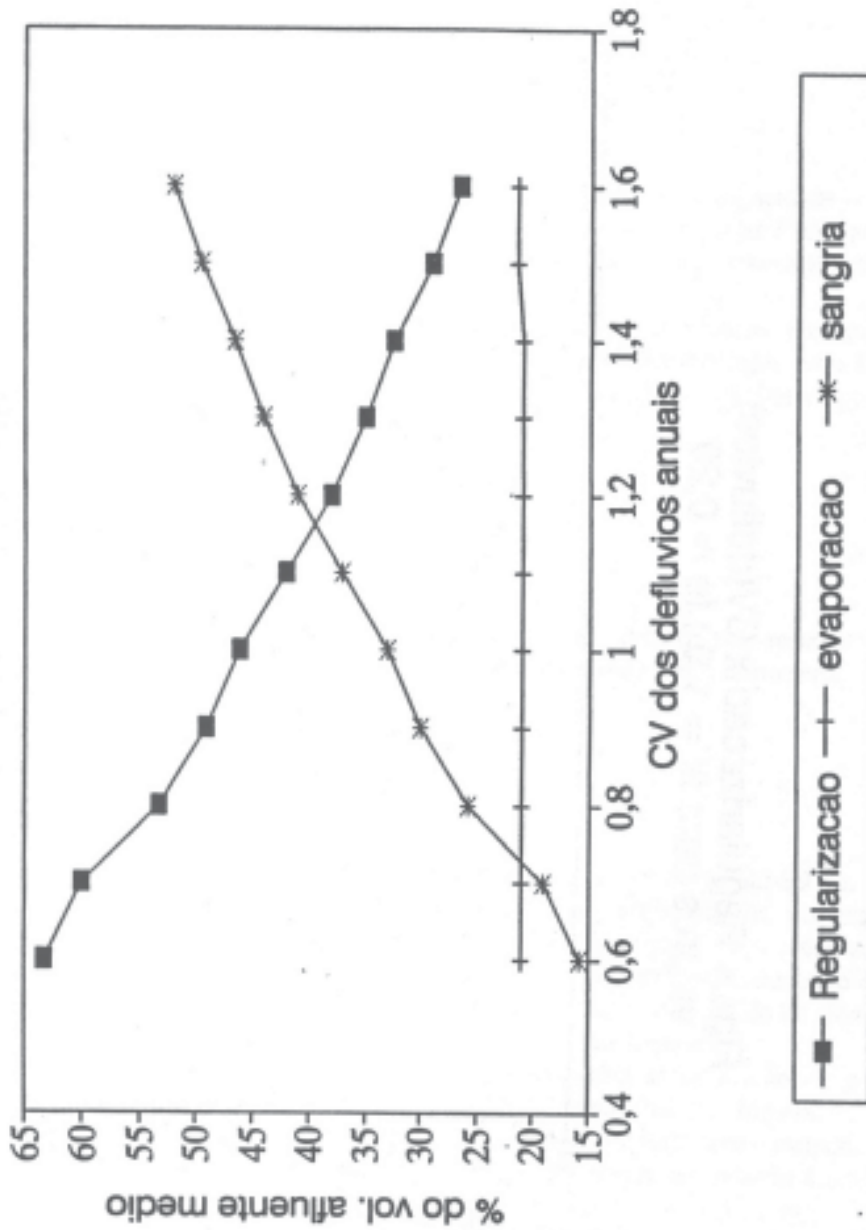
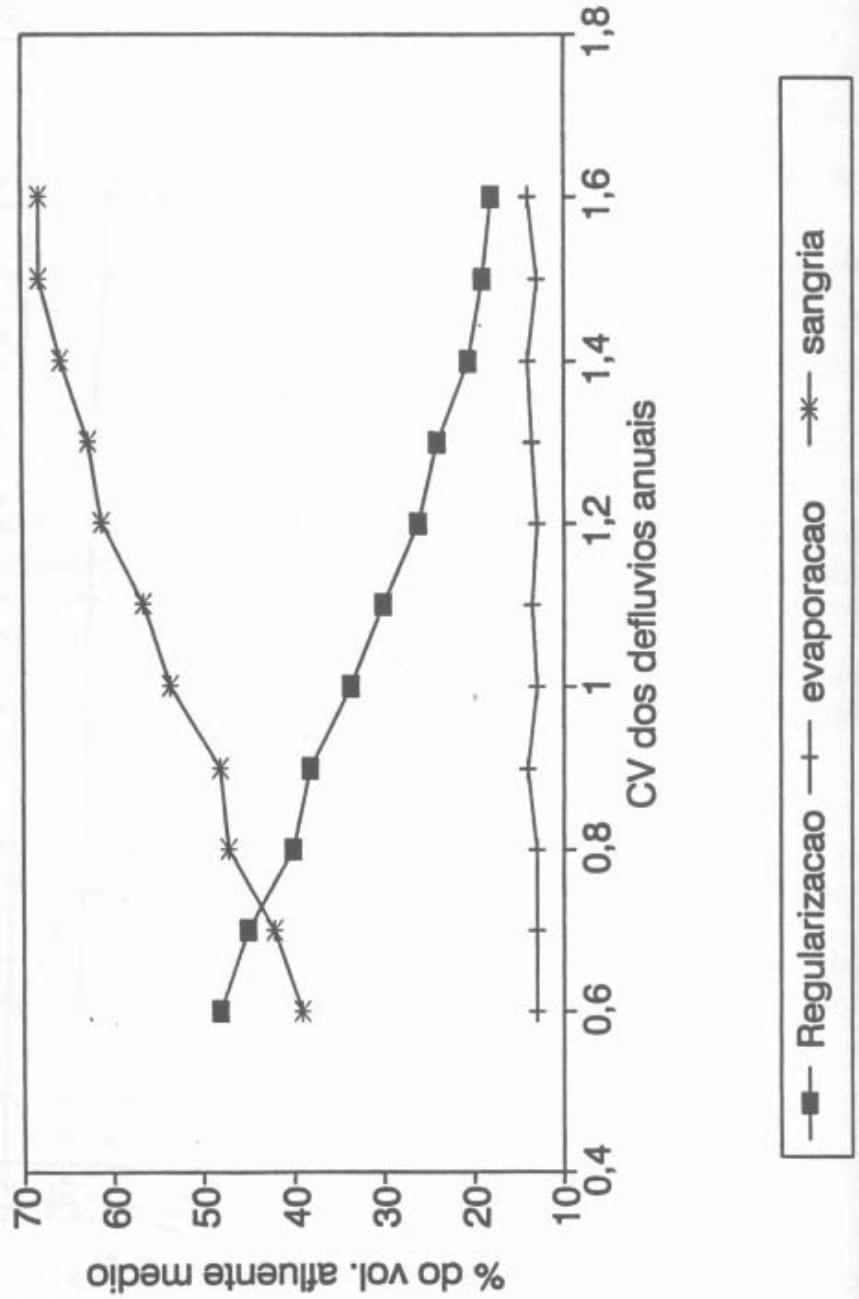




Fig.5.5 Regularizacao x CV(defluvios)
valores para $f_k = 1,0$; $f_e = 0,20$



Ação para recuperar as perdas em regularização

Para recuperar as 8 u.v. a capacidade do reservatório de ser acrescida para 300 u.v. e o reservatório passará a ter o seguinte desempenho:

- volume anual regularizado 46 u.v.
- volume anual evaporado 29 u.v.
- volume anual sangrado 25 u.v.

Resultado final

O resultado final do acréscimo de evaporação e da ação de aumentar a capacidade do açude para recuperar as perdas de regularização seria, além do dispêndio financeiro, de transportar 8 u.v. que eram extravasadas do açude, parcialmente regularizáveis a jusante, em 8 u.v. de perdas por evaporação, portanto irreversíveis para o sistema.

Deve-se ter em mente, todavia, que existem muitas situações práticas em que essa recuperação não é possível: elas referem-se a valores mais elevados do fator de evaporação e/ou fator de capacidade. Por exemplo se no problema anterior o valor de fg fosse 0,40 e o fk fosse 2,0 o desempenho do reservatório seria:

- volume anual regularizado 34 u.v.
- volume anual evaporado 49 u.v.
- volume anual sangrado 17 u.v.

Entretanto se o CV passasse para 1,2 a máxima regularização provida pelo reservatório, se fosse possível construí-lo com tamanho infinito, seria de 32 u.v. O desempenho do reservatório seria:

- volume anual regularizado 32 u.v.
- volume anual evaporado 68 u.v.
- volume anual sangrado 0 u.v.

Caso 2 – Cenário de aumento da lâmina de evaporação e precipitação pluvial em iguais proporções, mantida a variabilidade interanual; admite-se que 25% do acréscimo na pluviosidade transformar-se-á em lâmina de escoamento. Esse valor é razoável visto que nas condições o coeficiente de escoamento médio varia entre 10 e 15% da altura de chuva. Como esse rendimento aumenta com o aumento da pluviosidade uma transformação de 25% do incremento em chuvas parece ser de razoável para otimista. Ademais, dentro do atual cenário de incertezas a hipótese torna-se bem aceitável.

Desse forma optou-se por analisar a seguinte situação: um reservatório abastecido por um deflúvio anual de 100 u.v., com coeficiente de variação 1,0; fator adimensional de evaporação 0,20, capacidade de acumulação de 200 u.v. Estudou-se o comportamento desse reservatório com a evaporação, e a

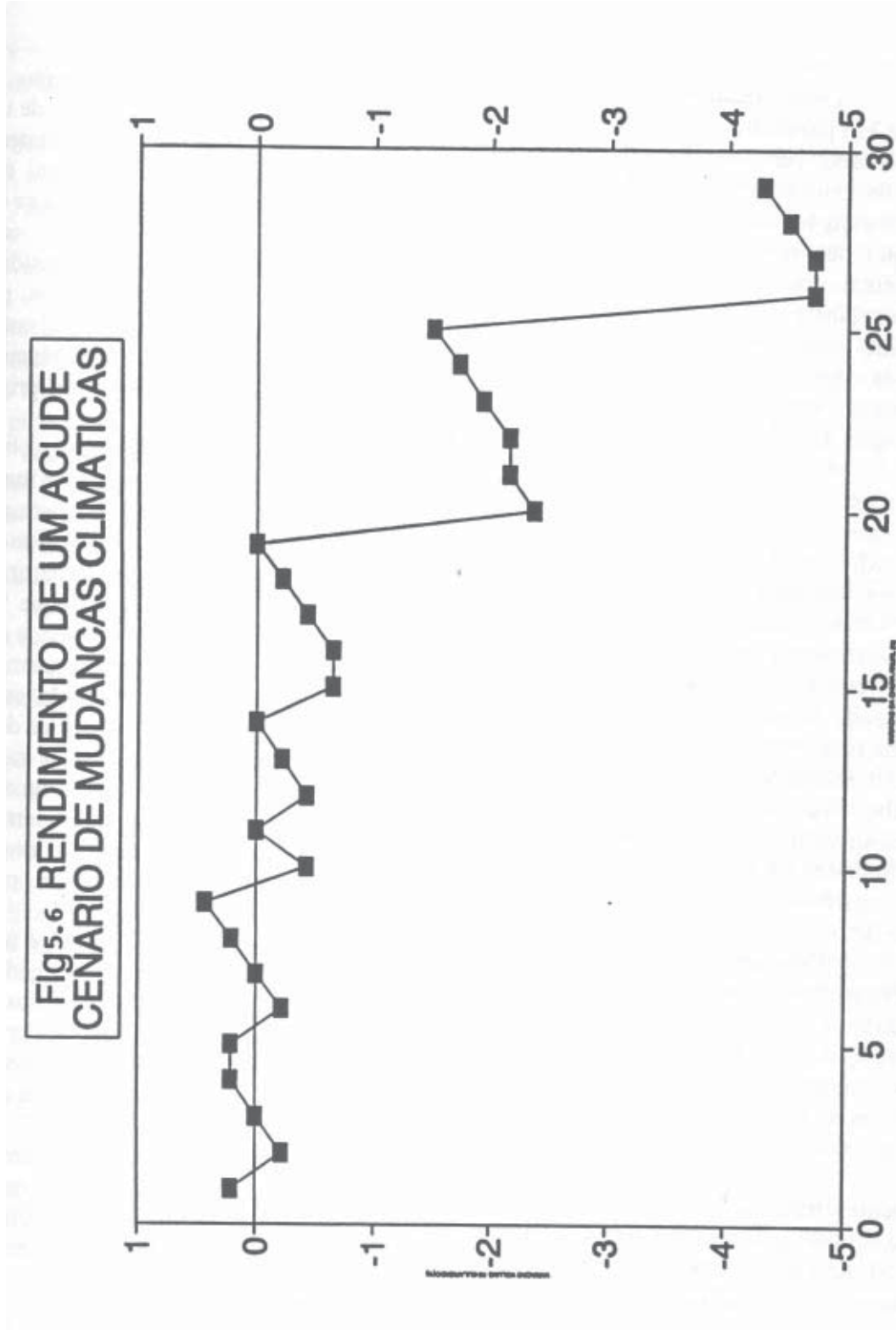


precipitação, variando de 0 até 30% positivamente em intervalos de 1% sempre em relação à condição original.

Nesse caso, a pequena sensibilidade dos fatores adimensionais de evaporação e capacidade impossibilitaram o uso do método do Diagrama Triangular de Regularização. Optou-se então por utilizar a versão analítica que deu origem ao método do DTR (Campos, 1987). O método analítico consiste na aplicação da teoria estocástica dos reservatórios, método da matriz de transição de Moran, adaptada para as condições dos rios do Semi-Árido. Esse método, por tratar os volumes de forma discreta apresenta pequenas flutuações numéricas, porém, como será visto, permite detectar as tendências no comportamento da eficiência do reservatório.

Os resultados (Figura 5.6), mostram que:

1. o rendimento do reservatório, na hipótese considerada, é pouco sensível a pequenos incrementos (até 15%) simultâneos, e em iguais proporções, da evaporação e da pluviosidade – considerando que 25% do incremento de chuva transforma-se em escoamento superficial;
2. a partir dos 15% no aumento da evaporação/pluviosidade, o decréscimo no rendimento do reservatório torna-se mais acentuado;
3. o aumento simultâneo, e em iguais proporções, da evaporação e da pluviosidade, é desfavorável ao rendimento hidrológico dos reservatórios barragens do Nordeste do Brasil.





CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DAS POLÍTICAS

Desde os meados do século passado, o problema do Desenvolvimento rural do Nordeste e, em particular, das secas e suas causas, conseqüências e soluções, foi objeto de um amplo debate, colocando sempre a questão dos recursos hídricos, sua ocorrência e seu aproveitamento, como o âmago da problemática. A grande irregularidade das precipitações tanto interanual quanto no decorrer da estação chuvosa, que se reduz a 4 meses aproximadamente, leva o homem a se empenhar na captação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, contando para isso com ações governamentais mediante políticas e programas que privilegiam obras públicas e subsidiam obras particulares. Nas regiões onde não existem abundantes recursos hídricos subterrâneos, procura-se reter a água superficial, por intermédio de uma açudagem largamente disseminada; entretanto, captação das águas subterrâneas nos aluviões e riachos-fenda também têm sua importância. Pode-se afirmar que nos últimos 100 anos tem-se adotado uma política de recursos hídricos que privilegiam a oferta de água, em detrimento do seu aproveitamento racional.

É propósito deste trabalho analisar sucintamente as várias políticas voltadas para captação e uso dos recursos hídricos do Nordeste semi-árido, especialmente no período mais recente, quando vários programas foram implementados, destacando-se, com certa permanência o PROGRAMA DE IRRIGAÇÃO. Esforços também foram realizados por governos estaduais com políticas e programas que envolveram ações no campo dos recursos hídricos, pois a partir do fim da década 1970-80, com os primeiros sinais de resultados positivos, da irrigação pública federal, os governos estaduais passaram a assumir uma posição incentivadora da irrigação privada, e reforçaram as obras públicas de abastecimento d'água singelo, construindo poços e mesmo açudes, dessedentando homens e animais. Para isso criaram-se ou ampliaram-se as empresas estaduais de engenharia rural, estruturadas seja nas Secretarias de Agricultura, quanto nas Secretarias de Recursos Hídricos, constituídas em alguns Estados. Os esforços despendidos em obras, quase nunca foram acompanhados de medidas sobre o regime de posse e uso da terra indispensáveis a uma utilização eficaz dos investimentos feitos, dando-lhes um verdadeiro sentido social, valorizando terras férteis e recursos hídricos escassos, muitas vezes sem uso; pelo contrário, poços públicos e mesmo alguns açudes construídos pelo estado e municípios foram apropriados pelo grande proprietário constituindo reserva de valor e/ou instrumento de dominação política.

Considerando as condições de semi-aridez de grande parte do Nordeste, é fundamental que a concepção do uso dos recursos hídricos seja fundamentada no conhecimento cada vez mais aprofundado e abrangente de

sua ocorrência, repartição e manejo, com ênfase nos principais componentes do ciclo hidrológico, mediante o monitoramento de bacias hidrográficas. Por outro lado, uma coordenação e um consenso nas decisões deverão se instalar entre os usuários e órgãos interessados no uso da água, a fim de assegurar o emprego melhor repartido dos recursos disponíveis, entre as atividades produtivas e não produtivas.

A água é um recurso natural escasso e vital, com disponibilidades limitadas, com conseqüente oferta inelástica e demanda crescente, assim, sem dúvida alguma, em regiões semi-áridas, o conflito potencial ou mesmo atual de seu uso, é uma realidade projetada na vulnerabilidade tendencial, na maioria das bacias hidrográficas de rios temporários, e mesmo em alguns trechos de rios como o São Francisco.

6.1. Conceituação de Política de Recursos Hídricos

A política de Recursos Hídricos é aqui conceituada como o conjunto de dispositivos legais, normas, diretrizes e demais instrumentos que formulam objetivos, delineiam e orientam a atuação de uma ou mais entidades no sentido do atingimento desses objetivos.

Sendo assim, não se pode dizer que existe uma política específica para recursos hídricos desde que o setor sendo dividido entre vários usos e usuários tais como saneamento, energia, irrigação, meio ambiente e outros, não possui uma coordenação efetiva entre eles. O projeto de lei do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, encontra-se ainda na fase de discussão, sabendo-se da sua importância para o desenvolvimento dos recursos hídricos, e sua associação intrínseca ao desenvolvimento sustentável.

A gestão dos recursos hídricos significa equacionar e resolver as questões de escassez relativa desses recursos. Ao ponto de vista conceitual a gestão se configura a partir de pelo menos três elementos básicos. O primeiro é a **Política de recursos Hídricos** que define os princípios, as diretrizes e os objetivos que se busca alcançar. Em seguida, o **Planejamento dos Recursos Hídricos** que virá preceder a avaliação projectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios sociais, além de equacionar os aspectos relativos a sua proteção e controle. Finalmente, a **Administração dos Recursos Hídricos**, que define o conjunto de ações necessárias para tornar efetivo o planejamento, com os devidos suportes técnicos, administrativos e jurídicos. Em regiões de balanço deficitário demanda x disponibilidade é evidente que se tem de elaborar um plano regional e mesmo estadual, que contenha uma **política** e preveja a instituição de um **Sistema Operacional** voltado para sua implantação. Assim, o plano e o sistema deverão resolver as questões de escassez de recursos hídricos, evitando conflitos entre uso e usuários, estabelecendo linhas de relacionamento entre estados vizinhos, quando se tratar de bacias federais.



Por sua natureza, a política de recursos hídricos deveria ser concebida a nível central, embora os processos de manutenção e implantação possam incluir a participação da sociedade civil, embora deva considerar ambos aportes de insumos e aspirações originados em todos os envolvidos, tem seu caráter central na necessidade de um agente que escolha todos esses elementos e os compatibilize da melhor maneira possível em busca de objetivo maior, que é a utilização nacional dos recursos hídricos pela sociedade. Já a administração deveria ser realizada de modo descentralizado. Sua finalidade principal é tornar efetivo o que foi planejado, entretanto, ela representa fatos essenciais na realimentação do processo de gestão e no fornecimento de dados da realidade física e sócio-econômica para que se produzam os planos e se desenvolvam as políticas.

6.2. As políticas adotadas e instrumentos legais

6.2.1. A nível federal

O propósito deste capítulo é analisar as várias políticas de recursos hídricos adotadas especialmente nos anos recentes, sabendo-se que muitas delas estão incorporadas a programas e projetos que destinavam ou se destinam a superar os problemas que afetam o desenvolvimento econômico do Nordeste Semi-Árido. De fato, não se pode desvincular qualquer diretriz ou linha de ação referente aos recursos hídricos, de outras ações que objetivam assegurar a produção agropecuária e as condições mínimas de saúde pública, através dos sistemas de saneamento.

As secas freqüentes que se abatem sobre a região, fruto da irregularidade das precipitações pluviais, agravadas pela intensa evaporação que ocorre nas latitudes baixas, atinge vigorosamente o seguimento produtivo de gêneros agrícolas de primeira necessidade, em particular os pequenos e médios agricultores, podendo assumir dimensões de calamidade social, pela vastidão da área que assola.

A questão da água na sua abrangência tem sido identificada por várias administrações federais e estaduais como o âmago da problemática ao se constatar os apavorantes dramas causados pelo flagelo das estiagens prolongadas. Por isso, os governos empenharam-se, sobretudo nas áreas de recursos hídricos subterrâneos, escassos em quantidade e qualidade, sem rios perenes por conseqüências, em reter as águas superficiais torrenciais, que se escoam num período curto de 3 a 5 meses no ano.

As propostas políticas de combate aos efeitos das secas refletem naturalmente o contexto histórico no qual elas foram elaboradas, assim como concepções que as lideranças políticas e intelectuais possuíam, e em parte ainda possuem, da problemática do Nordeste.



Reduziu-se a problemática da seca à falta de água. E na primeira década do corrente século que a proposta de uma política de água tomou forma e se incorporou às decisões de governo. Surgem as primeiras providências no sentido de dotar o Semi-Árido de uma estrutura hidráulica capaz de combater os efeitos das secas; foram criadas pelo então ministro Lauro Müller as comissões de **Açudes e Irrigação, de Estudos e Obras Contra os Efeitos das Secas**, e finalmente a comissão de **perfuração de poços**; esses órgãos fizeram apenas alguns estudos de açudes. Em 1909 fica criada a Inspetoria de Obras Contra as Secas, que passou a chamar-se Inspetoria Federal – IFOCS – a partir de 1919, e finalmente DNOCS, em 1945.

As atribuições do IFOCS, que iam desde o estudo dos recursos naturais da região semi-árida, até a construção de barragens, poços, estradas de rodagem e ferrovias, além de atividades hidro-agrícolas, demonstram que aquele órgão teve papel decisivo na política dos recursos hídricos, pelo menos até o advento da SUDENE, com sua criação em 1959. As ações do DNOCS foram sempre intermitentes, sujeitas a disponibilidade de recursos financeiros que só recebiam aumento substancial nos períodos de fortes estiagens. A Lei 3.965/19 regulamentou a construção de obras de irrigação, mediante uma caixa especial. Por esta lei ficava o Governo Federal autorizado a contrair empréstimos no exterior até certo limite. Com isto se pretendia construir grandes barragens e canais de irrigação.

Para construir os grandes açudes o IFOCS contratou empresas americanas e inglesas que, além de trazerem *know how*, capacitaram os quadros técnicos daquele órgão. Em 1921-22 os dispêndios, quase todos vinculados a obras, atingiram 15% da receita total do país. Em 1931, priorizou-se a açudagem nas bacias do Acaraú e Jaguaribe, no Ceará, Alto Piranhas, na Paraíba, Baixo Piranhas, no Rio Grande do Norte; além disso concentraram-se as ações do DNOCS na açudagem e irrigação, e retirou de sua alçada a construção de ferrovias.

A constituição de 1934 determinou no seu artigo 5º que competia à União “organizar defesa permanente contra os efeitos da seca nos estados do Norte”. O combate às secas deixava de ser um favor do Governo Federal para ser uma obrigação constitucional (4% da receita da União). A década de cinquenta foi pontilhada de secas, destacando-se a de 1958; apesar de já existirem até aquele ano 200 açudes públicos, repetiam-se as tragédias anteriores, deixando rastro de fome, miséria, morte dos rebanhos e emigração em massa. Foi portanto a seca de 1958 que estimulou uma mudança de rumo da política de combate às secas, quando o governo procedeu a um reequacionamento da questão regional, fazendo prevalecer os objetivos de desenvolvimento econômico e social.

A SUDENE nas suas diretrizes, expressas nos quatro Planos Diretores, já reconhecia a importância da irrigação, como forma de estabilizar as condi-



ções de vida de parcela significativa das populações rurais. Entretanto, as ações empreendidas pela SUDENE não foram além de alguns estudos básicos em bacias hidrográficas ou áreas específicas e a implantação de dois projetos de irrigação, de caráter piloto.

A criação do Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrícola – GEIDA – em 1968, subordinado diretamente ao Ministério do Interior, constituiu um plano importante para a decisão política de instituir o Programa Plurianual de Irrigação (PPT), em 1971, com metas propostas até 1980.

A idéia de irrigar as terras do Semi-Árido é tão antiga quando o DNOCS, quando já em 1911 o Deputado Federal Eloy de Souza apresentou projeto de lei sobre a irrigação do Nordeste, que somente no governo de Epitácio Pessoa, recebeu atenção do Executivo mediante o Decreto 3.965 de 25/12/1919, que regulamentou a construção e operação de projetos públicos de irrigação, mantendo para esse fim uma conta de caixa especial. Na prática pouco se fez entre 1919 e 1930. No período de 1950 e 1950, houve um maior avanço da irrigação, registrando-se em 1958 uma área irrigada de 15.000 ha. com um total de 17 projetos.

A retomada do programa de irrigação no Nordeste dá-se em 1985 com a criação do POINE – Programa de Irrigação do Nordeste – constituindo-se uma Comissão Interministerial com a finalidade de elaborar, acompanhar e avaliar o PROINE. Os trabalhos técnicos do PROINE foram conduzidos pela Coordenadoria de Irrigação da SUDENE e o Núcleo de Irrigação do MINTER, tendo suas conclusões apresentadas à comissão para análise e sugestões. Era propósito da comissão integrar o PROINE às estratégias básicas a serem executadas dentro do I Plano Nacional de Desenvolvimento. As metas preconizavam irrigar em cinco anos um milhão de hectares acrescentando-os aos 260.000 ha. atualmente irrigados, 60% dessa meta seria atingida pela iniciativa privada, mediante linhas de crédito, ressarcimento de investimentos, assistência técnica e infra-estrutura auxiliares a produção e capacitação. A participação da iniciativa privada compreenderia 600.000 ha; os projetos públicos deveriam cobrir um área de 400.000 ha.

Outro componente da política das águas para combater os efeitos das secas, foi a perfuração de poços. Desde o século passado um decreto da Regência dizia que o governo mandara abrir fontes artesianas, isso em 1831. 73 anos depois o ministro Lauro Müller criou a Comissão de Perfuração de Poços, com sede em Natal. Em 1958 o DNOCS já possuía 62 perfuratrizes, empregadas na construção de poços públicos e privados. Estes eram construídos por solicitação dos particulares, que pagavam a mão-de-obra e o combustível e o governo fornecia suas equipes técnicas. Estimativa da SUDENE indica que estão perfurados, no Nordeste, mais de 150.000 poços. Infelizmente a questão principal do meio rural é a operação e manutenção destes poços, estimando-se que mais de 30% deles estão permanentemente desativados.



Merece destaque o fato do Governo Federal ter criado, por ocasião da grande estiagem de 1970, o Programa de Integração Nacional – PIN, que dava ênfase a irrigação pública e lançava mão de 50% dos incentivos fiscais administrados pela SUDENE.

As ações do governo no âmbito da utilização dos Recursos Hídricos, levam-nos a conclusão que os programas foram concebidos sob o impacto dos efeitos das estiagens prolongadas, porém sem contar com instrumentos financeiros e institucionais que assegurassem a continuidade daquelas ações.

Com relação aos aspectos legais dos recursos hídricos, constata-se posicionamento refratário de governantes e legisladores à introdução de normas legais necessárias à disciplina das águas. Quase nada se evoluiu após o Código de Águas de 1934. Aliás, o próprio código não pôde ser aplicado na sua totalidade, pois muitas de suas disposições, que deveriam ter sido objeto de leis especiais regulamento, não o foram. Caso típico, é o artigo 5º que prevê tratamento especial para zonas periodicamente associadas pelas secas.

O Código de Águas estabelece, no caso do Semi-Árido do Nordeste, o uso comum das águas públicas, em função de sua escassez. Assim, o Polígono das Secas teve todas as águas consideradas públicas de uso comum. Apesar da amplitude do dispositivo legal, foram declaradas públicas de uso comum, as águas subterrâneas na área da SUDENE, cuja captação fosse realizada por entidade pública federal (art. 6º da Lei 4.869/65).

A Constituição Brasileira de 1988 manteve-se, em matéria de recursos hídricos, centralizadora e com grandes lacunas. Emendas sobre questões específicas, relativas, por exemplo, ao domínio hídrico, são de suma importância. Assim, é que foi mantida a competência exclusiva da União para legislar sobre águas (art. 22, IV), em lugar de estabelecer a possibilidade dos estados legislarem supletiva e complementarmente; entretanto, declarou que lei federal, mediante a especificação do conteúdo e termos do exercício, poderia autorizar os estados a legislarem sobre a matéria (art. 22, parágrafo único). Quanto ao domínio hídrico o artigo 20.III fixa que são bens da União, os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países..., bem como os potenciais de energia hidráulica (artigo 20 VIII). O art. 26.I estabelece que são do domínio dos estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes e emergentes e em depósito. A questão da competência para outorgar concessões para uso das águas públicas ainda é motivo de conflito, desde que o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, mediante a Lei 4.904/65 tem a incumbência de assegurar a execução do Código de Águas, quanto a Lei 6.662/72 regulamentada pelo Decreto nº 89.496,84, que trata da lei da irrigação, atribui ao Ministério do Desenvolvimento Regional a outorga das concessões ou autorizações para o uso das águas públicas, superficiais



e subterrâneas, do domínio da União e dos Territórios para a irrigação e atividades decorrentes.

A questão da delegação de competência aos estados para legislar sobre Recursos Hídricos está parcialmente encaminhada com o Decreto 1.044 de 14/01/94 que institui o Programa Nacional de descentralização. Entretanto, as unidades federadas estarão sujeitas a que eventuais outorgas e possíveis revogações dessa competência ocorram ao sabor dos interesses políticos e administrativos da União, nem sempre coincidentes com os estaduais. O ideal seria que a competência estadual derivasse diretamente da Constituição Federal.

O Poder Executivo encaminhou ao Congresso Projeto de Lei nº 2.249, de 1991 que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esse projeto de lei vem sendo discutido na Câmara dos Deputados, já tendo recebido proposta substitutiva.

6.2.2. A nível dos estados

Os estados do Nordeste iniciaram suas ações no campo dos recursos hídricos, sempre voltados para o abastecimento humano, concentrando suas atividades nas empresas de saneamento e nas instituições responsáveis pela perfuração de poços e construção de pequenas e médias barragens; esses últimos foram sempre localizados nas Secretarias de Agricultura.

Iniciativas do DNOCS e SUDENE estimularam a participação das administrações estaduais, também na irrigação pública e privada, especialmente a partir de meados de 1980, com o advento dos programas de desenvolvimento rural, tipo SERTANEJO, PROHIDRO e PAPP. Surgiram aí as primeiras iniciativas de criação de Secretarias Estaduais de Recursos Hídricos, (Bahia, Paraíba e posteriormente Ceará) e empresas de desenvolvimento de recursos hídricos (Sergipe e Piauí).

O contexto em que estavam situadas essas ações diziam respeito a diretrizes e instrumentos financeiros de programas federais, aos quais os estados se associavam como executores, de acordo com a ação descentralizada, preconizada pelos programas federais.

De todas as iniciativas citadas consolidaram-se apenas aquelas iniciadas no Ceará e na Bahia, valendo destacar aqui a experiência que vem sendo vivenciada no Ceará, atribuindo-se esse fato à continuidade administrativa que se vem obtendo nesses dois estados nos últimos anos.

A promulgação da Constituição Estadual do Ceará, de 1989, favoreceu a criação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do Estado, cabendo ao Plano Estadual de Recursos Hídricos ser o instrumento gerenciado. A con-

figuração institucional e legal vem sendo procedida pelo governo estadual atribuindo a Secretaria dos Recursos Hídricos o papel de promover o aproveitamento dos recursos hídricos do estado, coordenar, gerenciar e operacionalizar estudos, pesquisas, programas, projetos e obras de recursos hídricos, articulando-se com instituições estaduais do setor, com os federais e municipais.

A lei 11.996/92 estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH. Um passo importante para implementação do Sistema Estadual foi a criação da companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH, responsável pela gerência da oferta de água, vinculada à Secretaria de Recursos Hídricos. Três instrumentos do gerenciamento já estão sendo implementados: a outorga do direito de uso, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o cadastramento dos usuários.

Além disso, o estado já celebrou convênio com o DNOCS objetivando a administração e o gerenciamento conjunto dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Estado do Ceará.

Constata-se, no entanto, certa superposição de atividades ou atribuições entre a COGERH e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, que saiu da órbita da Secretaria de Recursos Hídricos e ficou vinculada à Secretaria de Ciência e Tecnologia. Essa superposição dar-se-ia no monitoramento dos recursos hídricos.

6.3. Os conflitos de uso de recursos hídricos

Os conflitos de uso de recursos hídricos coloca-se no âmbito da sustentabilidade e da vulnerabilidade. A sustentabilidade confronta a oferta com a demanda, enquanto que a vulnerabilidade ocorre em alguns, ela torna-se mais sensível, no caso da sustentabilidade se encontrar no seu limite. Assim, a política de alocação de recursos hídricos deve tratar das ações relacionadas com a distribuição de determinadas quantidades de água para os grupos de usuários específicos. Os conflitos de uso surgem inicialmente no confronto entre oferta e demanda, que caracterizam o conflito atual e potencial, especialmente dentro do horizonte do Projeto Áridas. No entanto, existem conflitos de ordem qualitativa que devem ser considerados: enchentes nas áreas rurais e urbanas, os problemas de erosão dos solos e transporte de sedimentos e a conservação da água ameaçada pelos processos de poluição, com o lançamento de efluentes poluídos nas calhas fluviais e nos reservatórios no meio rural.

Entendemos por conflito a situação de não atendimento de uma exigência e/ou demanda inerente ao aproveitamento e/ou controle dos recursos hídricos. Com exceção das cheias, os conflitos têm como característica a defi-



ciência hídrica que ocorre no confronto entre demandas e disponibilidades, para uma determinada bacia ou sub-bacia. O Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste – PLIRHINE, estabelece categorias de conflitos, havendo prioridades no atendimento das demandas: as demandas rurais difusas; as demandas das pequenas cidades; e finalmente as demandas de vulto associadas aos grandes aproveitamentos, normalmente de usos múltiplos.

Algumas áreas do Nordeste semi-árido já apresentam coeficiente de atendimento nos níveis de demanda difusa e de cidades de pequeno porte com incidência de conflito, especialmente quando se considera o lançamento de efluentes e, portanto uma reserva hídrica para saneamento rural. Já são bastante sensíveis os conflitos de irrigação nas bacias do SALITRE e VERDE PEQUENO, afluentes do São Francisco. Nos grandes reservatórios aparece nítido o conflito com atenuação de cheias para o que não projetados reservatórios como ORÓS, BANABUIÚ, SOBRADINHO, ITAPARICA e ARMANDO RIBEIRO GONÇALVES. As questões de superação dos problemas de *déficits* e possível transposição de bacias serão tratadas em outros relatórios.

6.4 Avaliação dos programas de governo

6.4.1 Programas Estaduais

PROJETO ASA BRANCA

Antecedentes

O PROJETO ASA BRANCA foi lançado em outubro de 1979, numa iniciativa do governo de Pernambuco para aumentar a capacidade de acumulação e uso da água no semi-árido pernambucano, com a ampliação e melhoramento da infra-estrutura de apoio às atividades produtivas, notadamente do setor primário. As ações do projeto beneficiariam áreas em 17 vales, abrangendo assim, cerca de 80% do estado de Pernambuco.

O projeto foi concedido com base na premissa de que, a partir da oferta adicional de água, o desenvolvimento do processo de irrigação dar-se-ia através dos mecanismos espontâneos da economia, restringindo-se o apoio governamental à implantação de uma infra-estrutura viária e de eletrificação, e ao fornecimento de assistência técnica e creditícia.

Objetivos

O PROJETO ASA BRANCA tinha por objetivo, basicamente, o fortalecimento da economia agrícola do Agreste e do Sertão, dando ênfase à questão do semi-árido, através da oferta às comunidades rurais de equipamentos capazes de cumprir forte impulso à atividade econômica e, por consequên-



cia, contribuiria para fixação do homem à terra, proporcionando-lhes melhores condições de bem estar.

Visando caracterizar melhor seus objetivos o projeto esperava obter:

- melhor organização social de produção, como decorrência de uma infra-estrutura mais resistente aos efeitos advindos do fenômeno da estiagem;
- crescimento das atividades geradoras de emprego e renda;
- expansão da área produtiva até o limite de viabilidade das pequenas unidades de produção;
- emprego de técnicas de irrigação que fossem assimiláveis pela maioria dos agricultores.

Impactos sócio-econômicos

Do ponto de vista sócio-econômico, consideradas as estimativas efetuadas sobre os incrementos da área cultivada, produtividade agrícola e valor da exportação agrícola, concluiu-se que o projeto se caracterizou por reunir importante intervenção para as regiões beneficiárias, porém, com limitadas repercussões sociais.

Verificou-se que o projeto não estabeleceu estratégias diferenciadas de atuação para os problemas diferenciados das áreas. Esses problemas não podem ser tratados como se o problema do grande produtor fosse similar ao do pequeno produtor ou daqueles que não têm terra.

Destacou-se também que, aproximadamente, 80% da força de trabalho da região não possui terras. Por outro lado, o projeto não mencionava quais as ações capazes de permitir a essas populações a sua inserção no mercado de trabalho e, por conseguinte no fluxo de renda, visando assegurar-lhes uma maior mobilidade social.

As barragens construídas em propriedades privadas não garantiram a utilização pública da água armazenada.

O projeto não define que tipo de atividade devam ser desenvolvidas através do aproveitamento dos recursos hídricos.

Conclusões

O Projeto Asa Branca caracterizou-se por ser uma importante intervenção do Governo do Estado, no semi-árido pernambucano, voltada, fundamentalmente, para a aplicação da acumulação e água, através da perenização de rios.

O modelo de intervenção adotado, não alterou a estrutura fundiária existente nas áreas circunvizinhas às barragens construídas.



Com relação às metas físicas e financeiras alcançadas até abril de 1982, constatou-se ter havido um bom desempenho referente à aplicação de recursos num total de 91% do programado. Quanto aos aspectos físicos, registrou-se um bom desempenho com relação s atividades de construção de barragens de grande porte (foram consideradas aquelas com mais de $30 \times 10^6 \text{ m}^3$) e barragens sucessivas (60% das metas previstas foram atingidas). No que concerne à área irrigada, não se constatou a implantação de nenhum hectare irrigado, de uma área programada de 7.200 ha.

Com relação a perenização de rios o estado de Pernambuco foi pioneiro, utilizando nesse processo uma nova tecnologia de barramentos (estrutura flexível ou em gabião), construídos em vales com rios de regime torrencial.

Verificou-se que o filtro geotêxtil, utilizado nestas barragens, com o passar do tempo tende a perder a sua propriedade filtrante, devido ao acúmulo de pequenas partículas, que tenderão a vedar seus orifícios.

Do ponto de vista de engenharia das barragens sucessivas e duas particularidades hidráulicas (reduzida profundidade), previu-se a possibilidade de que, tais barragens fossem associadas, formando-se a montante, solos aluvionais.

Constatou-se também, que as barragens sucessivas e duas particularidades hidráulicas (reduzida profundidade), previu-se a possibilidade de que, tais barragens fossem associadas, formando-se a montante, solos aluvionais.

Constatou-se também, que as barragens sucessivas foram construídas sem a conclusão dos projetos finais de engenharia.

Com relação a gerência de recursos hídricos, foi constatada em alguns vales, a ocorrência de conflitos, quanto ao uso da água entre grupos de usuários, o que sugere a necessidade de se desenvolver de imediato, estudos com vistas a implantação de um mecanismo de operação e manutenção dos sistemas de perenização de rios, com forte gerenciamento com sistemas de outorga e fiscalização.

Lições obtidas

Diante dos indícios e evidências verificadas ao longo da execução do projeto, alguns aspectos devem ser considerados em ações futuras, para obtenção de maiores benefícios, sendo obtidas as seguintes lições:

- orientar as ações tendo em vista uma maior adequação entre as ações de irrigação e de reestruturação fundiária;
- adotar uma política hidráulica que dê prioridade aos aspectos agrônômicos sobre as obras de engenharia, e ênfase aos aspectos de defesa e conservação de solo e água;



- realizar estudos sobre a possibilidade de implantação de agroindústrias conexas às áreas de intervenção;
- introduzir a construção de barragens subterrâneas em vales onde a espessura do aluvião for igual ou superior a 5,0 m;
- evitar a construção de barramentos próximos a foz dos rios, tendo em vista o fato de que as águas represadas podem vir a apresentar alto grau de salinização;
- implantar nos pequenos vales, afluentes dos grandes rios, barragens rígidas de pequeno e médio porte.

PROJETO CANAÃ

Antecedentes

A expansão do desemprego, o declínio das atividades produtivas, a redução dos níveis de renda e a baixa produtividade da economia como um todo, diminuindo o padrão de vida das populações do semi-árido paraibano, estimularam um novo governo estadual a desenvolver atividades agressivas de infra-estrutura.

Dentro deste contexto, problemático e desafiante e que surgiu o projeto Canaã, como um projeto-programa de ações concentradas no fator hidro-agrícola, que visava modificar, efetivamente, o quadro econômico e social, do semi-árido da Paraíba.

Visando atenuar os problemas das estiagens prolongadas, com falta d'água para o abastecimento humano e animal e para agricultura é que, o Projeto Canaã foi concentrado no aproveitamento regional dos recursos hídricos e de solos das 4 grandes bacias fluviais existentes na região semi-árida do Piranhas, no alto e médio Paraíba, do Curimataú e do Jacu.

Objetivos

Geral

Promover o desenvolvimento sócio-econômico da região semi-árida do Estado, visando alcançar a auto-suficiência da região na produção de alimentos e a erradicação da pobreza absoluta através da identificação e implantação de novas oportunidades de ocupação produtiva para os pequenos produtores rurais, com o sem terra, tendo, como base, um aproveitamento mais racional dos recursos de água e solo.

Específicos

- a) Determinar a disponibilidade dos recursos de cada bacia hidrográfica, definindo as demandas atuais e potenciais bem como seu racional aproveitamento, mediante a elaboração de planos diretores de bacia.



- b) Fomentar e construir açudes, poços e implúvios para irrigação e o abastecimento rural e urbano.
- c) Implantar e/ou ampliar sistemas de abastecimento d'água para atendimento das comunidades incluídas no espaço de intervenção do Propil.
- d) Promover a adequação da estrutura fundiária das áreas de intervenção, em função da política de aproveitamento hidro-agrícola.

Análise do programa e lições obtidas

Apesar do Canaã pretender ser instrumento de desenvolvimento hidro-agrícola, não atingiu esse objetivo pela desvinculação institucional da Secretaria de Agricultura do estado, sendo um programa só voltado para a infraestrutura hídrica; também não atingiu suas metas fundiárias pelas mesmas razões. Entretanto, a promoção de estudos das bacias hidrográficas serviu de base ao planejamento dos recursos hídricos do estado. A vida do programa foi efêmera permanecendo durante 4 anos de governo, sendo extinto no governo seguinte.

6.4.2 PROGRAMAS FEDERAIS

PROGRAMA DE APROVEITAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

Antecedentes

A necessidade de dar uma prioridade maior aos aspectos hídricos no planejamento regional, levou a SUDENE a apresentar ao MINTER, atual Integração Regional, o Plano de Aproveitamento de Recursos Hídricos do Nordeste, como colaboração, nessa área, para elaboração do III PND.

Esse plano, após análise do MINTER e SEPLAN, fundamentou a fase estratégica do Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos – PROHIDRO, que foi instituído em 12/09/79, mediante a aprovação, pelo Presidente da República, da Exposição de Motivos nº 10 do Conselho de Desenvolvimento Econômico.

Objetivos

Constituíram-se objetivos gerais do Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos – PROHIDRO:

- a) elevar a disponibilidade de água para abastecimento humano e animal;
- b) dar suporte hídrico à irrigação, e,
- c) fortalecer economia das unidades agrícolas de produção.

Como se verifica, a ênfase principal do PROHIDRO, foi instalar no semi-árido um suporte hídrico permanente para a estabilização das atividades

agrícolas. Com as ações previstas, o programa buscou alcançar o aumento da produção de alimentos e matérias-primas, visando assim criar oportunidades de emprego e uma maior segurança econômica e social à população da região nordestina.

Impactos sócio-econômicos

O Projeto de Aproveitamento de Recursos Hídricos – PROHIDRO, foi bem aceito pelas entidades públicas da região e sua importância foi reconhecida como gerador de condições favoráveis de acesso à água das populações da região semi-árida.

O programa deu uma contribuição efetiva, ainda que pouco expressiva, no sentido de elevar a disponibilidade de água para consumo humano e animal, aumentar o suporte hídrico à irrigação e fortalecer a economia das unidades agrícolas de produção, dotando-as assim, de uma infra-estrutura hídrica capaz de torná-las mais resistentes à seca. Foram executadas, no período 1980-1982, 21.743 obras, parte delas públicas, com recursos a fundo perdido, e parte privada através do Crédito Rural, numa média global de 7.247 obras por ano.

As citadas obras beneficiaram pequenas comunidades rurais com oferta de água para consumo humano e animal, populações ribeirinhas dos rios perenizados, com água para abastecimento e irrigação.

Foram atendidas 11.378 propriedades rurais, através do crédito rural; sendo, cerca de 52% na faixa de área de 100 ha. Com relação ao volume de recursos aplicados, constatou-se que 84% destinaram-se as propriedades com área até 500 ha.

Verificou-se assim, que os recursos de crédito rural do PROHIDRO, beneficiaram basicamente um público considerado de baixa renda, contribuindo assim, para a redução da pobreza absoluta, nas condições do semi-árido nordestino.

Sugestões e lições obtidas

Com a execução do PROHIDRO chegou-se às seguintes conclusões, para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos no semi-árido.

Deve-se formular uma política de recursos hídricos para a região, visando orientar a execução de obras públicas, para um melhor aproveitamento desses recursos, levando em conta os problemas específicos e potencialidades das bacias hidrográficas.

Dentro dessa linha, devem ser definidas diretrizes, estratégias e ações diferenciadas que permitam o planejamento, programação, construção, ope-



ração, manutenção e exploração das obras da captação e armazenamento d'água.

Adoção de um sistema de planejamento com uma coordenação regional acoplada e uma estrutura estadual de recursos hídricos, visando permitir uma melhor sincronização das ações com os demais programas e projetos federais, estaduais e municipais, para um melhor aproveitamento de recursos hídricos regionais. A articulação institucional do PROHIDRO foi um fator importante nos resultados obtidos.

PROGRAMA DE APOIO AO PEQUENO PRODUTOR RURAL – PAPP

Antecedentes

A experiência acumulada pelos programas POLONORDESTE, SERTANEJO, PROCANOR e PROHIDRO, com diferentes tipos de intervenções no meio rural, levou à necessidade de elaborar e propor um novo estilo de política buscando assim, melhorar o desempenho da ação do governo orientada para o desenvolvimento rural nordestino.

Em 1984, após intenso trabalho realizado, envolvendo especialistas, representantes dos pequenos produtores rurais e integrantes de outros segmentos da sociedade, foi elaborada uma nova política – *a proposta do Projeto Nordeste*. Esta nova concepção foi formulada tendo em vista que o desenvolvimento econômico e social da região, necessitava de um conjunto de políticas mais objetivas, tanto para o meio rural como para o meio urbano.

A nova concepção política, aprovada pelo Decreto nº 91.178, de 01/04/1985, estabeleceu o Programa de Desenvolvimento da Região Nordeste – PROJETO NORDESTE. Ainda, na mesma data através do Decreto nº 91.179 foi definida a estratégia de desenvolvimento rural para pequenos produtores, ficando criado desse modo, o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural – PAPP.

No início de sua execução, ou seja, em 1985 operou com recursos nacionais, passando depois a contar com recursos do Banco Mundial – BIRD, através dos contratos de empréstimo firmados com os estados de Sergipe e Rio Grande do Norte e com os demais estados a partir de 1986.

Dentro dessa nova política desenvolvimentista, o PAPP, procurou o aumento da produtividade, da produção e da renda das famílias dos pequenos produtores rurais, promovendo o acesso à terra e à água, as tecnologias de produção, ao mercado de insumos e de produtos, e ao crédito rural.

Para tanto, o PAPP contou com vários instrumentos de ação como: Ação Fundiária, Recursos Hídricos, Geração e Difusão Controlada de Tecnologia, Assistência Técnica e Extensão Rural, Crédito Rural, Comercialização, Apoio a Pequenas Comunidades rurais e Capacitação.

Objetivos

O objetivo geral da política de Recursos Hídricos do PAPP era proporcionar o acesso à água, promovendo a sua utilização no conjunto de atividades básicas nos imóveis rurais dos pequenos produtores.

Dentro dessa linha destacam-se abaixo os objetivos específicos na área de recursos hídricos:

- promover o abastecimento de água para o consumo humano, preservando os princípios de quantidade e qualidade;
- promover o fornecimento de água para o consumo animal;
- dinamizar e ampliar a utilização da água na produção agrícola, através da atividade de irrigação, assegurando uma renda de dois salários mínimos para o pequeno produtor rural;
- promover o manejo nacional dos recursos de água e solo no âmbito do desenvolvimento rural da Região Nordeste.

Impactos sócio-econômicos

As ações desenvolvidas pelo PAPP, mais especificamente através do componente Recursos Hídricos, evidenciaram importantes resultados, revelando o potencial do PAPP como indutor dos avanços quantitativos e qualitativos no setor produtivo no meio rural.

O PAPP foi o primeiro programa governamental com a participação efetiva dos pequenos produtores rurais em todas as decisões e nos diversos níveis. O programa procurou apoiar, a organização e fortalecimento de atividades comunitárias, conduzidas pelos próprios produtores a organização e fortalecimento de atividades comunitárias, conduzidas pelos próprios produtores rurais.

No que se refere à geração de empregos e população beneficiada, as ações de recursos hídricos contribuíram na ocupação da mão de obra rural, proporcionando a criação de mais de 29 mil empregos diretos, 57 mil empregos indiretos e uma população beneficiada de 172 mil habitantes, na agricultura irrigada.

Em relação as medidas que amenizaram os efeitos das secas na região foi dada ênfase às obras de captação, armazenamento e distribuição de água nas áreas mais carentes. Assim, construíram-se 2.932 sistemas de abastecimento d'água com atendimento de 2.440 comunidades e beneficiando 120.718 famílias, proporcionando a melhoria quantitativa e qualitativa do abastecimento d'água da região.



O programa desenvolveu ainda, atividades de piscicultura, com ampliação significativa da renda familiar, principalmente com a ocupação da mão de obra ociosa nos períodos de entressafra da região. Em apoio à piscicultura houve 1.911 açudes peixados e a distribuição de 9.182 x 10³ alevinos.

Conclusões e recomendações

Todos os programas de desenvolvimento rural visando o aproveitamento de recursos hídricos da região, sempre foram elaborados sem uma política de água para o Nordeste. Com o surgimento do Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste – PLIRHINE, foram definidos os elementos fundamentais para a estruturação de um programa de aproveitamento integrado de recursos hídricos da região.

A experiência no desenvolvimento dos trabalhos e os resultados alcançados na área de recursos hídricos do PAPP, indicaram a necessidade de alguns ajustes ou direcionamento nas ações. Assim, é de fundamental importância considerar as seguintes questões, a partir da experiência vivida pelos estados e pela SUDENE.

QUANTO AO ABASTECIMENTO D'ÁGUA

Uma das lacunas do programa é o atendimento das necessidades de água para o consumo humano nos imóveis rurais. Ficou evidenciado a necessidade da construção de cisternas individuais ou mesmo coletivas financiadas pelo PAPP, a fundo perdido, como estava na proposta original.

Outro ponto que mereceu atenção na implantação de sistemas de abastecimento d'água no meio rural, é a aplicação de um modelo de gestão (operação e manutenção), que possa assegurar uma maior participação das comunidades nessa gestão, podendo assim, assumir parcial ou totalmente os custos de operação e manutenção.

QUANTO À IRRIGAÇÃO PÚBLICA ESTADUAL

As ações de irrigação do PAPP, dirigidas em áreas de ação fundiária que redundou em lento processo de implementação da irrigação, sendo inclusive, o principal responsável pelo atraso significativo no cumprimento das metas. Assim, seria indicado priorizar as áreas potenciais que necessitem de uma ação fundiária mínima, com basicamente pequenos arranjos, seja de caráter técnico, seja no que diz respeito a superfície irrigada com cada agricultor.

A política de irrigação na região, deve estar voltada para o fortalecimento das atividades agrícolas, visando assim, a um desenvolvimento auto-sustentado visando o bem estar das comunidades rurais.

A expansão da irrigação em regiões agrícolas já ocupadas ou de fronteira agrícola com boas condições de solos, clima e recursos hídricos, deve constituir uma linha prioritária, pois aí desenvolver-se-á um processo de tecnificação e capitalização, visando um aumento de produção.

Ao lado dessas sugestões, deve-se reconhecer a necessidade da irrigação no conjunto dos instrumentos da política agrícola e de desenvolvimento rural, sendo recomendável a articulação entre diversos órgãos, federais e estaduais, objetivando apoiar os seguintes aspectos:

- a) fortalecimento dos mecanismos de preços mínimos;
- b) adotar um amplo programa de crédito compatível com as particularidades da agricultura irrigada;
- c) formular um modelo próprio para a agricultura irrigada nas atividades de pesquisa, treinamento de pessoal técnico e assistência aos produtores;
- d) estimular a ampliação do uso de insumos modernos.

ASPECTOS INSTITUCIONAIS

O aproveitamento dos recursos hídricos no Nordeste, está associado às características intrínsecas desses recursos naturais. Estes recursos auto-renováveis, tem uma oferta inelástica. Assim, estes recursos devem ser controlados e preservados mediante o planejamento do seu aproveitamento, e o gerenciamento do seu uso.

As atividades de revisão e complementação da legislação de água, com vistas a sua adequação e atendimento ao Nordeste, torna-se necessário, para melhor atender ao aproveitamento nacional dos recursos hídricos.

No âmbito do Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste – PLIRHINE, deve-se dar continuidade à Fase 1 do PLIRHINE, com sua revisão, atualizando as informações sobre potencialidades e disponibilidade de recursos hídricos, adaptando-se às novas condições de demanda, levando em conta uma estratégia de desenvolvimento rural da região como um todo.

Deve-se ter um projeto de monitoria dos recursos hídricos das bacias hidrográficas indicadas para a intervenção de diversos usos.

PROJETO SERTANEJO

Antecedentes

Reconhecendo que as intervenções governamentais voltadas para a solução dos problemas do semi-árido nunca atingiram o desejável caráter de prevenção, é que, em 1976, pelo Decreto 76.299, de 23.08.76, o Governo



Federal instituiu o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste – Projeto Sertanejo.

A exposição de motivos do Programa destacava que “O Projeto Sertanejo, se alinha com o POLONORDESTE, com os programas de irrigação, agroindústria e trópico semi-árido, e está orientado para a organização e a consolidação da pequena e média propriedade agrícola do Nordeste, com ênfase a uma política de água a nível de unidade de produção (pequena e média açudagem e poços), orientando-a, porém para o seu aproveitamento econômico em atividades produtivas e para cumprimento da função social de beneficiar o maior número possível de famílias”.

Assim, o Projeto Sertanejo procurou, de um lado, a normalização e modernização do processo produtivo e, de outro, a criação de emprego, visando reduzir as repercussões sociais provocadas pelo fenômeno das secas. Trata-se, portanto, do estabelecimento de formas e modelos de produção que levariam em conta as secas, como uma “constante” no modelo de transformação e valorização do Nordeste semi-árido.

Objetivos

O principal objetivo do Projeto Sertanejo, foi fortalecer a economia das unidades de produção agropecuária, sobretudo, pequenas e médias, da região semi-árida, tornando-as mais resistentes aos efeitos das secas, a partir de núcleos de prestação de serviços e de assistência técnica.

Destacaram-se a partir deste objetivo geral, alguns objetivos específicos:

- a) organizar ou reorganizar as unidades produtivas, para normalizar o processo de produção e assegurar o nível de emprego, a fim de reduzir as repercussões sociais das secas;
- b) dotar as propriedades de resistência aos impactos das secas mediante associação da agricultura irrigada à agricultura de sequeiro, adaptando as intervenções à ecologia da região;
- c) dar aos imóveis rurais padrão produtivo e capacidade de emprego semelhantes, pelo menos, aos alcançados em lotes de colonos nos projetos de irrigação pública;
- d) promover a valorização hidro-agrícola das pequenas e médias propriedades, mediante construção de açudes e poços, para armazenamento de água;
- e) disseminar modernas técnicas agrônômicas para lavouras xerófilas.

Impactos sócio-econômicos

A avaliação do impacto do Projeto Sertanejo foi medida através dos seguintes indicadores:

- Redistribuição de renda.
- Aumento de produção e produtividade.
- Aumento de renda.
- Geração de emprego.
- Melhoria de resistência à seca.
- Organização do público beneficiado.

Para avaliar o impacto, na forma proposta, foram utilizadas informações e relatórios disponíveis na SUDENE, alguns deles de circulação interna.

AUMENTO DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Não foi possível obter a quantificação desse indicador por não haver informações sistematizadas, no prazo oportuno, com respeito ao previsto nos projetos elaborados ou contratados.

Por esse motivo, deixou-se de estimar o impacto do programa no que se relaciona com o aumento de renda dos beneficiários.

GERAÇÃO DE EMPREGOS

O Projeto Sertanejo, até dezembro de 1982, proporcionou condições para que se ofertassem na região, oportunidades de quase 129 mil empregos, sendo, 30 mil permanentes e 99 mil temporários.

Essa previsão, embora expressiva frente o tempo de funcionamento do programa e as suas limitações financeiras, representou pouco mais de 2,7% da população economicamente ativa engajada em atividades primárias no Nordeste, do Piauí à Bahia, em 1980.

MELHORIA DE RESISTÊNCIA À SECA

Essa contribuição foi estimada com base nos investimentos programados com o objetivo de minimizar os efeitos das estiagens, constante dos programas de inversão dos projetos contratados até dezembro de 1982. Para tanto, foram selecionados alguns indicadores; constatou-se que o programa, em seus cinco anos de funcionamento (1978-82), proporcionou condições para que a área irrigada do Nordeste fosse ampliada em 13.334 hectares, que representa quase 1/3 do total irrigado na Região do DNOCS e CODEVASF (estimado em aproximadamente 41 mil hectares), até 1982.

Não seria correto comparar a irrigação executada pelo Sertanejo com aquela desenvolvida pelo DNOCS e CODEVASF. É que, no caso do Projeto Sertanejo, a área irrigada por estabelecimento agrícola é, via de regra, pequena e o detalhamento técnico torna-se bem mais simplificado que aquele desenvolvido na irrigação pública realizada pelo DNOCS e CODEVASF, onde o planejamento técnico se faz para grandes áreas.



Na área específica dos recursos hídricos, o Projeto Sertanejo contribuiu para a construção de 7.160 pequenos e médios açudes, incluindo aí, barreiros e aguadas, ampliando assim em mais de 166 milhões de metros cúbicos a acumulação de água na região. Construíram-se também 964 poços profundos, 3.171 poços amazonas, 3.493 cisternas e fez-se investimento em 4.609 conjuntos de irrigação, que representa um apoio substancial tanto à produção de alimentos como ao abastecimento de água para a população do semi-árido nordestino.

ORGANIZAÇÃO DO PÚBLICO BENEFICIADO

As ações do Sertanejo referentes a esse indicador, foram sem dúvida de pouca expressão. Conforme constatado nas ações de assistência técnica e extensão, o Projeto Sertanejo não conseguiu congregiar, com 426 sessões grupais, mais que 5.700 produtores rurais em todo o período de execução do programa.

AVALIAÇÃO

Resulta da avaliação que o Projeto Sertanejo na quase totalidade de suas ações, não chegou a produzir resultado que pudessem ser considerados satisfatórios, tendo em vista as do programa.

A área de abrangência, foi de 474,5 mil km², ou seja 54% do semi-árido nordestino, enquanto a superfície realmente trabalhada não correspondeu mais de 3,8% desse total.

Vale ressaltar que, o programa foi orientado para uma faixa de população de baixa renda (62% das operações de crédito foram de proprietários com menos de 100 ha).

Entretanto, constatou-se a marginalização dos produtores sem terra, pois, apenas 146 operações de crédito fundiário foram registradas durante a execução do programa.

Os proprietários de imóveis com mais de 500 ha, foram excluídos dos benefícios do programa, sendo esta uma decisão espontânea dos próprios produtores, tendo em vista as exigências que lhes foram impostas.

Ao que refere-se as ações de assistência técnica, os resultados não foram muito diferentes em termos quantitativos, pois houve indícios de que o público beneficiado com assistência técnica foi praticamente, o mesmo assistido com créditos de investimento.

Em termos estratégicos, o impacto do Sertanejo, foi mais significativo principalmente quanto à sua contribuição para a melhoria de resistência às secas e para a geração de empregos, o que estaria ajustado aos objetivos do programa.

Merece destaque a contribuição do programa na área de recursos hídricos, principalmente no que se refere à ampliação da capacidade de acumulação de água, com a construção de pequenas barragens e perfuração de poços e da implantação da área irrigada. No tocante a irrigação, o Projeto Sertanejo conseguiu, em cinco anos, criar condições para ampliação da área irrigada correspondente a um terço da área que o DNOCS e CODEVASF, implantaram até aquele ano.

Com relação à aplicação financeira do programa, constatou-se que o apoio recebido em crédito rural foi pouco expressivo, não sendo suficiente, sequer para o pleno aproveitamento do esforço desenvolvido pelas equipes, o que acarretou um baixo nível de eficiência do programa, em termos de custos, principalmente, de elaboração de projetos. Resultando que apenas 66% dos projetos elaborados foram contratados pela rede bancária e destes, apenas 47% conseguiram concluir os investimentos programados até fins de 1982.

A situação de crédito, imposta pelas autoridades monetárias, levou o programa a um custo social muito elevado, pois para cada cruzeiro aplicado em crédito rural, o governo teve que gastar quase a mesma quantia a fundo perdido.

A estratégia de ação do programa foi alicerçada no crédito rural subsidiado que, mesmo representando um eficiente instrumento de política econômica, não funcionou a contento.

PROGRAMA DE IRRIGAÇÃO DO NORDESTE

Histórico

Em 1960, a SUDENE constituiu o Grupo de Irrigação do São Francisco – GISF e o Grupo do Vale do Jaguaribe – GVJ com as respectivas funções de estudar as possibilidades de irrigação no sub-médio São Francisco, com a implantação de dois projetos em caráter piloto: Bebedouro - PE e Mandacaru - BA e no Vale do Jaguaribe o projeto Jaguaruana, também em caráter piloto. Estes estudos receberam assistência técnica da FAO, no sub-médio São Francisco, e do Governo Francês, no Vale do Jaguaribe.

Em 1968, a criação do Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrícola – GEIDA, motivou forte interesse oficial para os aproveitamentos hidroagrícolas. Em 1971, foi aprovado o Programa Plurianual de Irrigação – PPI.

Dada a necessidade de se estabelecer um suporte legal para implementação da irrigação, foi aprovada em 25 de junho de 1979 a Lei nº 6.662, que dispõe sobre a política nacional de irrigação, regulamentada em março de 1974, que representou um esforço coordenado dos ministérios e entidades interessadas. O diploma legal, contém os objetivos, diretrizes e normas



de procedimentos necessários à implantação de agricultura irrigada; nesse sentido a lei estabelece disposições relativas ao planejamento, implementação e operação de perímetros irrigados e consolida dispositivos legais vigentes, resguardando ao mesmo tempo os principais do código de água.

Organização Institucional

No que diz respeito à Organização Institucional da Irrigação, a execução do Programa de Irrigação do Nordeste é de responsabilidade do Ministério da Integração Regional, através da Secretaria Nacional de Irrigação, cabendo à Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF e ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, a parte executiva dos perímetros federais.

ESTRUTURA DE DECISÃO E ARTICULAÇÃO

Para análise institucional, constata-se a existência de três níveis no desenvolvimento da agricultura irrigada na região Nordeste:

- a) **Nível Político – Estratégico:** Com a participação dos Ministérios da Irrigação Regional, através da Secretaria Nacional de Irrigação, Agricultura e o de Minas e Energia, na definição de linhas de atuação política, e o Ministério da Fazenda e Ministério do Planejamento, no planejamento, aprovação e liberação de recursos;
- b) **Nível Estratégico – Operativo:** Conta com a participação de entidades e órgãos de caráter Nacional e Regional, como a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA, que tratam da definição do planejamento, execução, acompanhamento e avaliação do Programa de Irrigação do Nordeste.
- c) **Nível Operativo:** A esse nível o programa conta com diferentes órgãos ou entidades, com suas infra-estruturas locais para operacionalização das políticas de irrigação, como: Coordenações Regionais da CODEVASF, Diretorias Regionais do DNOCS, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido – CPATSA, Empresas Estaduais de Pesquisas Agropecuárias – EMPA'S, Companhias de Eletricidades, e Entidades Estaduais de Controle de poluição e Meio Ambiente.

Cresce gradativamente a participação dos estados do Nordeste, nesses três níveis institucionais, que poderá construir um esforço conjugado com a ação federal.

Análise do programa de irrigação

Os projetos de irrigação pública no Nordeste, foram implantados com vistas a se constituírem centros de polarização de desenvolvimento agropecuário. Contudo, apesar dos esforços do Governo Federal, vários fatores contribuíram para que os objetivos, assim delineados, não fossem alcançados plenamente.

Além disso, o governo procurou incentivar o desenvolvimento da irrigação pelo setor privado (irrigação privada), empregando para isso mecanismo financeiro, tipo FINOR.

ENTRAVES QUE LIMITAM O DESENVOLVIMENTO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação tem se constituído, no Nordeste Semi-Árido, num instrumento para viabilizar a exploração agrícola, tendo em vista que, áreas de terras aptas para a agricultura, naquela região só poderão ser incorporadas aos processo produtivo, através da irrigação.

Essa atividade, exige ações complementares, tendo em vista que a irrigação não se encerra em apenas planejar e implementar projetos de irrigação. Implica também, no uso e manejo adequado da água, dos solos e outros insumos, bem como de um agressivo processo de capacitação de recursos humanos.

No desempenho das ações da irrigação na Região Nordeste, pode-se identificar vários fatores que são restritivos e que têm contribuído de forma significativa, para insatisfatório desenvolvimento da agricultura irrigada. Entre outros destacamos os seguintes fatores:

- 1) inexistência de uma política fundiária, voltada para promover o acesso dos produtores sem terras, às áreas potencialmente irrigáveis;
- 2) falta de eletrificação rural, em locais onde existem solo e água em condições de pronta utilização;
- 3) crédito insuficiente e inoportuno, para as condições dos produtores nordestinos;
- 4) baixa eficiência dos sistemas de irrigação, ocasionado pelo acompanhamento técnico deficiente;
- 5) ausência de uma assistência técnica, dirigida para agricultores irrigantes na estruturação atual do sistema de extensão;
- 6) ausência de uma política de comercialização dirigida para as áreas irrigadas;
- 7) falta de capacitação técnica, particularmente nas tecnologias de irrigação e drenagem. Os projetos necessitam de extensionista especializado em irrigação.



CUSTOS DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

As informações sobre os custos de projetos de desenvolvimento de agricultura irrigada, em diferentes países são abundantes, porém, não é muito clara a composição desses custos. Inicialmente é óbvio considerar que, o projeto de irrigação envolve um conjunto de obras civis, às vezes complexas, constituídas por atividades de planejamento, estudo, execução, operação, manutenção e avaliação, sempre em função de uma população a ser beneficiada pelas obras. Essa população precisa e exige serviços básicos de saneamento ambiental, eletricidade, educação, saúde e lazer, e muitas vezes moradia, instalações cooperativas para comercialização, comunicações e outros, que não são estritamente investimentos no setor agrícola.

Na definição dos custos dos projetos de irrigação, é necessário diferenciar, portanto, os investimentos que os Governo Federal ou Estadual devem realizar, para implantar a infra-estrutura básica de apoio daqueles investimentos feitos, geralmente pelo setor privado, na implantação da agricultura irrigada propriamente dita, a nível de propriedade rural.

Por outro lado, apresentam-se grandes diferenças entre projetos, em função das características das obras de captação e distribuição (basicamente se ocorre bombeamento ou não).

A nível mundial, o custo médio dos projetos de irrigação, sem incluir a infra-estrutura social e de apoio à produção, se encontra na faixa de US\$ 2.000 até US\$ 10.000 por ha. O nível do custo depende, principalmente, das características fisiográficas do país e da experiência em matéria de desenvolvimento da irrigação. Na América Latina, o custo médio dos projetos públicos de irrigação é da ordem de US\$ 6.000/ha.

No Brasil, os custos desses projetos de irrigação realizados pelo setor público, devem ser diferenciados daqueles feitos pelo setor privado.

Pelas características desses projetos os custos de implantação incluem:

- estudos básicos (aspectos físicos e sócio-econômicos);
- elaboração do projeto;
- desapropriação das terras;
- implantação de obras de armazenamento, captação, condução e distribuição;
- construção de obras de infra-estrutura tais como: rodovias internas, postos de saúde, escolas, habitação e instalação de fonte de energia.

Os investimentos para irrigação privada são restritos aos seguintes aspectos:

- estudo econômico-financeiro do projeto;
- análise técnico-agrícola, que pode fazer parte do item anterior;
- implantação dos equipamentos de irrigação e sistema de drenagem.



Nos projetos executados pela CODEVASF, empregando na sua maior parte a irrigação de superfície, os custos da infra-estrutura de irrigação variam em função da dimensão do projeto e da forma de exploração: se é colonização, pequenas empresas, médias empresas e grandes empresas.

A Tabela 6.1 a seguir, retrata a estimativa de custos de investimentos por ha/irrigado, em projetos da CODEVASF.

TIPO DE USUÁRIO	ÁREA DO PROJETO			
	<2.000 HA	2 A 5.000 HA	5 A 10.000 HA	> 10.000 HA
INVEST. PRODUTORES	6.923	6.245	6.018	5.793
1.1. Obras Principais	5.653	4.974	4.748	4.523
- Colonos	5.653	2.261	2.261	1.181
- Médias empresas	-	-	1.809	2.714
- Grandes empresas	-	-	678	678
1.2. Obras na parcela	1.270	2.271	1.270	1.270
INVEST. SOCIAIS	4.296	3.617	3.392	3.166
- Colonos	4.296	1.718	1.719	859
- Médias empresas	-	1.889	1.266	1.900
- Grandes empresas	-	-	407	407
TOTAL	11.219	9.862	9.410	8.959

TABELA 6.1 – Estimativa de Custos de Investimentos US\$/Ha/Irrigado

Fonte: Missão FAO/Banco Mundial – Dez/87.

Para a estimativa dos custos da tabela acima, levou-se em consideração que:

- projetos com menos de 2.000 ha sejam explorados inteiramente por colonos;
- projetos entre 2 a 5.000 ha teriam 40% de sua área ocupada por colonos e 60% por médias empresas (arrendatários);
- os projetos com áreas de 50 a 10.000 ha, teriam sua exploração realizada por colonos (40%), médias empresas (40%) e grandes empresas (20%);
- projetos com mais de 10.000 ha seriam ocupados por colonos (20%), médias empresas (60%) e grandes empresas (20%).

No caso dos projetos executados pelo DNOCS, os custos estão estimados em US\$ 9.855,00/ha, conforme Tabela 6.2.



CUSTOS	US\$/HA/IRRIGADO
1. Desapropriação	212,45
2. Obras de irrigação	5.706,98
3. Obras complementares	927,62
4. Obras de transformação social	2.245,79
5. Obras de infra-estrutura geral	762,68
TOTAL	9.855,52

TABELA 6.2 – Custos de Investimento US\$/Ha/Irrigados Projetos do DNOCS

Fonte: Antônio A. Noronha – Serviços de Engenharia S/A – Dez/87

No que respeita aos custos dos projetos privados de irrigação, a média está em torno de US\$ 2.000, de acordo com o tamanho da área irrigada e as características da fonte d'água. Tais projetos são realizados em áreas onde a disponibilidade de água se encontra garantida ou com baixo custo de operação, e existe infra-estrutura básica disponível.

Recomendações gerais

A política de irrigação no Nordeste, deve estar voltada para o fortalecimento das atividades agrícolas, visando a um desenvolvimento auto-sustentado e que tem por objetivo síntese o bem estar das comunidades rurais.

A ação governamental deverá estimular a participação da iniciativa privada nas atividades de irrigação, suplementando-a ou apoiando-a quando necessário, especialmente no que diz respeito à pequena irrigação, procedendo a difusão da irrigação, empregando instrumentos como o Decreto 2.032/83.

Nas grandes áreas potenciais a ação de poder público deve ser mais direta, nos estudos, execução e operação dos projetos, com envolvimento cada vez maior das instituições estaduais. Deverá ser sempre estimulada a participação gradativa dos irrigantes, mediante à organização em formas associativas de gerenciamento, empregando-se treinamento de mão-de-obra nos diferentes níveis e funções existentes nos projetos.

6.5. Qualidade e conservação da água nas políticas atuais

Conforme já ressaltado, as ações desenvolvidas até agora, visando ao aproveitamento dos recursos hídricos da região, têm sido realizadas, de um modo geral, sem haver a necessária integração dos aspectos qualitativos e quantitativos.

As políticas relacionadas com a qualidade e conservação da água estão a cargo dos órgãos de controle ambiental, enquanto que as diretrizes para a utilização dos mananciais são estabelecidas pelos órgãos responsáveis pelos recursos hídricos, sem haver a necessária integração entre os mesmos.

Os programas desenvolvidos, de um modo geral, não consideram a limitada disponibilidade da água, na região, em termos de quantidade e qualidade.

Os planos de aproveitamento de recursos hídricos têm se preocupado, por exemplo, com as vazões disponíveis para os diversos usos dos recursos hídricos, sem considerarem que a qualidade da água é um fator limitante à sua utilização. Alguns aspectos importantes não têm sido considerados, tais como, qual vazão mínima para garantir a diluição dos despejos e as condições de sobrevivência da vida aquática. Também, nem sempre é levado em conta o aspecto de que a maior parte dos recursos hídricos da região são intermitentes, permanecendo secos durante grande período do ano, o que impossibilita a depuração de cargas poluidoras neles lançadas.

Da mesma forma, não são consideradas algumas características regionais que têm reflexos na qualidade da água: evaporação intensa da água, contribuindo para a salinização dos reservatórios; condições de clima, vegetação e solo favorecendo à erosão e conseqüente assoreamento dos mananciais, situação que é agravada pela ação degradante do homem; salinidade da água subterrânea em grande extensão da região; importância da cobertura vegetal, e, em especial, da mata ciliar, para a proteção dos recursos hídricos.

Os programas de proteção dos recursos hídricos têm, geralmente, limitando-se ao controle da poluição de água. São poucos os planos que procuram associar o uso do solo da bacia hidrográfica à qualidade dos recursos hídricos que a integram. Embora ressaltada sempre, a gestão de recursos hídricos considerando toda a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, de um modo geral não tem ocorrido na prática. Como conseqüência, agravam-se os problemas de degradação dos recursos hídricos, aumentando os problemas de salinização, assoreamento e poluição, com prejuízos para os seus usos.

Tem faltado aos planos atuais associar o planejamento territorial à conservação dos recursos hídricos, assim entendida a sua utilização racional, de modo a obter-se com rendimento, garantindo-se sua renovação ou sua auto-sustentação.

Concluindo, pode-se dizer que as políticas atuais têm falhado ao não considerarem a sustentabilidade dos recursos hídricos da região, associada aos aspectos de quantidade e qualidade da água.





CAPÍTULO 7

CENÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A conceituação de um cenário desejável para o desenvolvimento sustentável, sob o ponto de vista dos recursos hídricos, está essencialmente ligada ao atendimento permanente das crescentes demandas sociais.

Assim, considerando as variáveis-chaves Potencialidade, Disponibilidade e Demanda, o que se almeja é a satisfação da inequação.

POTENCIALIDADE > DISPONIBILIDADE > DEMANDA

Com a condição adicional dessa disponibilidade atender à QUALIDADE ADEQUADA.

A forma objetiva de se colocar a questão é estabelecer padrões de sustentabilidade e vulnerabilidade, consentâneos com as condições acima, a partir dos indicadores qualificados para tal.

Padrões de Sustentabilidade

IAP < 0,8

IAP < 1

IAP < 0,8

DE > 0

ICP >> 1

CA > 40

[6 mg/1	CLASSE 1
	OD >5 mg/1	CLASSE 2
	4 mg/1	CLASSE 3

CE < 250 mhos/cm

Padrões de Vulnerabilidade

DEPT << PRECIPITAÇÃO

DEPTR << 1

S/Q > 2

IUP < 0,3 (rios intermitentes)

IV > 0

Esses padrões estão, naturalmente sujeitos a discussões e aprimoramentos, em função das peculiaridades locais, do grau de aprofundamento das análises e do desenvolvimento de novos estudos.

O atingimento e manutenção dos padrões dependem de ações voltadas, de um lado para a racionalização das demandas e otimização dos usos, e de outro para a ampliação da oferta de águas superficiais e subterrâneas de boa qualidade.

7.1. Sustentabilidade futura

Os dados da situação atual do abastecimento d'água de áreas urbanas, mostram que existem ainda 123 sedes municipais da região que não contam com sistemas de abastecimento de água.

Se somarmos a estes números, as cidades que contam com sistemas ligados a fontes hídricas que entram em colapso sempre que ocorrem anos de inverno irregular, a situação do abastecimento de água das cidades nordestinas é uma questão por resolver.

Ressalte-se que até mesmo as grandes cidades da região, como Recife e Fortaleza, ainda não resolveram de forma adequada seus problemas de abastecimento.

Nas cidades atendidas com sistemas de abastecimento de água, o coeficiente de atendimento, definido como a relação população atendida/população urbana das cidades, é em média de 79,05% para a região. O coeficiente de atendimento médio das capitais de 87,99% e o das cidades do interior é de 76,24%.

Destaque-se que o coeficiente de atendimento das cidades do interior do Ceará é de apenas 43,05%, o que explica, em parte, a necessidade constante de utilização de carros-pipas mesmo em anos de precipitações normais.

Quanto o índice de faturamento, relação entre o volume de água faturado e o volume de água produzido, é baixo, para as companhias estaduais de saneamento sendo, em média, da ordem de 50,24%, o que indica um elevado nível de perdas, estas que podem ser em muito reduzidas com a maciça implantação de equipamentos micromedidores.

Assim, é fundamental que haja um esforço conjunto dos Governos Federal, Estaduais e Municipais, visando a reverter esta situação, levando água, na quantidade e qualidade adequadas, para todas as cidades da região. Ressalte-se, que sendo prioritário o uso da água para o abastecimento humano deve-se reservar desde antes as demandas para este abastecimento, em qualquer cenário a ser considerado.



O abastecimento da população rural, dispersa em toda a região, deve ser realizado, prioritariamente, através de poços, cacimbas e cisternas, como forma de garantir a existência de um ponto d'água permanente para o abastecimento dessa população, tornando menos freqüente a utilização de carros-pipas para seu atendimento. É preciso que o atendimento dessa demanda seja objeto de preocupação dos vários níveis de governo, no sentido de se priorizar a perfuração de poços públicos nas regiões que utilizam com maior freqüência, os carros-pipa.

A irrigação é a atividade mais consumidora de água na região, seja na situação atual, como na situação projetada.

A demanda anual de água para irrigação, considerada no presente estudo, foi de 18.000 m³/ha, admitindo-se que 305 desse volume volte ao rio, pela drenagem dos terrenos irrigados.

No cenário tendencial é prevista que a área irrigada da região passe dos atuais 491.987 ha para 1.151.631 ha, no ano 2020, ou seja, que cresça 134%.

Embora esta meta seja modesta, implicará na necessidade de ampliação da disponibilidade atual dos recursos hídricos, para seu atingimento.

No presente estudo, não se utilizou o coeficiente redutor de área cultivada nas projeções das demandas para irrigação. O coeficiente redutor de área cultivada é a relação entre as áreas efetivamente ocupadas e as potencialmente disponíveis. O valor indicado para este coeficiente pelo PLANVASF é de 0,75. Entretanto, estudos realizados tem indicado valores entre 0,30 e 0,52 para a área irrigada na bacia do São Francisco. Com a utilização deste coeficiente as demandas para irrigação são efetivamente menores.

Finalmente, é importante fazer-se a revisão da programação de implantação de novos reservatórios, pois segundo o cenário tendencial atual, haverá demanda reprimida em muitas unidades de planejamento no ano 2020, para as quais, ainda pouco ativadas foram suas potencialidade.

7.2. Vulnerabilidade futura

O cenário desejável, no lado da seca hidrológica, dentro dos limites da natureza, é entendido como aquele em que as crises na oferta d'água só ocorrem dentro dos limites planejados e aceitos pela sociedade para os quais a sociedade está convenientemente preparada. Para que se atinja esse futuro é necessário que haja:

1. mudanças culturais nos hábitos das pessoas; todos têm que ter a convicção da água como um bem econômica a ser preservado e



- protegido;
2. elevado grau de conhecimento da hidrologia regional para permitir um melhor planejamento do uso das águas e uma antevisão das crises com a preparação da sociedade para enfrentá-la;
 3. ampliação da infra-estrutura hidráulica para atendimento das demandas que se implantam rapidamente;
 4. manejo dos sistemas hidráulicos em uma visão multidisciplinar, não se pode perder de vista que quantidade e qualidade das águas são indissociáveis – a demanda se dá por uma certa quantidade de água, em um dado tempo, em um certo local e com um desejado padrão de qualidade.

No aspecto seca edáfica

Nesse aspecto poucas medidas têm mostrado uma real eficácia no aumento da produtividade das culturas de inverno de modo a tornar os agricultores menos vulneráveis às secas. As medidas possíveis são:

1. distribuição de sementes selecionadas que aumentam a produtividade nos anos bons e normais;
2. orientação do agricultor sobre a melhor época de efetuar o plantio – esse programa envolve riscos devido a aleatoriedade da ocorrência de chuvas e deve ser melhor analisado;
3. manejo do solo de modo a aumentar sua capacidade de retenção de umidade a nível das raízes;
4. desenvolvimento de culturas menores ciclos vegetativos diminuindo a frequência das secas.

Muitas dessas práticas vêm sendo praticadas em alguns lugares do Nordeste. Por vezes elas se mostram anti-econômicas, por vezes elas resultam em aumentar a produtividade. Contudo, no aspecto geral, as medidas e técnicas disponíveis têm se mostrado insuficiente para que os agricultores gerem um excedente de produção que possam transformar em reservas econômicas para que sejam vencidas as inevitáveis secas onde aquelas medidas são inócuas.

7.3. Cenário desejável, quanto a qualidade e conservação da água

Como já foi abordado anteriormente, o atual modelo de desenvolvimento experimentado pelo Nordeste brasileiro tem apresentado, com relação aos aspectos de qualidade e conservação da água, uma tendência pouco otimista para os próximos 25 anos. Estudos, ainda que escassos, têm mostrado resultados que permitem detectar bacias com avançados níveis de degradação. Isto vem comprovar a necessidade de se estabelecer políticas que pos-



sibilitem a interrupção do atual processo de degradação ambiental, bem como permitam projetar um cenário com significativo padrão de sustentabilidade em seu desenvolvimento.

Neste contexto, é de fundamental importância a aplicação de políticas de conservação que assegurem, ao meio ambiente um padrão de qualidade compatível com um modelo de desenvolvimento sustentável para a região. Para atingir esse grau de expectativa, os seguintes aspectos deverão ser observados:

- Os mananciais das principais bacias hidrográficas deverão possuir um nível de qualidade que permita a classificação dessas águas sempre inferior à classe 03, da Resolução CONAMA nº 20/86.
- As nascentes deverão ser preservadas, de modo que as mesmas se enquadrem na classe especial ou, no máximo, na classe 1.
- Os trechos intermediários dos rios que compõem determinada bacia, deverão ter suas águas, de preferência, enquadradas em classes iguais ou inferiores à classe 2.
- Os rios próximos às áreas urbanas mais intensos deverão ter suas águas controladas de modo a mantê-las em uma classificação inferior ou igual à classe 3.
- Os mananciais usados para o abastecimento urbano deverão ser classificados em um nível, de preferência, superior à classe 2.
- As águas para irrigação, em solos não permeáveis, deverão ter um padrão de qualidade, em relação a salinização, nunca superior à classe C_2S_2 (Condutividade Elétrica, $CE < 750$ mhos/cm, e Relação de Adsorção de Sódio, $SAR < 2,05$).
- O saneamento básico deverá atingir um nível de desenvolvimento de modo que 80% da população total seja abastecida com água tratada. Da mesma forma, este grau de desenvolvimento deverá garantir que 60% da população urbana seja servida por sistema de esgoto sanitário.
- Visando à proteção dos recursos hídricos, deverão ser definidos, para todas as bacias, macrozoneamentos, de modo a disciplinar o uso e a ocupação do solo, respeitando as características do meio ambiente.
- O controle do assoreamento deverá ser intensificado, com a aplicação da legislação existente sobre faixas de proteção dos mananciais.
- Deverão ser desenvolvidas políticas de controle do uso e ocupação das áreas de recarga de aquíferos, de modo a preservar os potenciais hídricos subterrâneos.

Deve ficar claro que, para se atingir este cenário futuro desejado, um esforço muito grande, por parte de toda a sociedade nordestina, deverá ser posto em prática.

7.4. Quanto à água subterrânea

Para a definição do cenário **tendencial** no que respeito aos recursos hídricos subterrâneos, foi feita a hipótese de que na atual década a disponibilidade crescerá em torno de 10%, na década de 2000/2010 7,5%, e entre 2010 e 2020 apenas 5%.

No caso específico das águas subterrâneas não poderá haver um **cenário desejável** diferente do tendencial, pois, conforme já analisado, a disponibilidade não se constitui um parâmetro sujeito a variações positivas, ao contrário poderá diminuir nos anos de seca.

CAPÍTULO 8

FORMULAÇÃO DE UMA NOVA POLÍTICA

Uma análise dos capítulos anteriores caracteriza um estado desordenado da utilização da água nas diferentes atividades da sociedade nordestina, especialmente no Semi-Árido. Essa análise revela a necessidade de um conjunto de ações nos campos do planejamento, execução de obras, acompanhamento e controle dos recursos hídricos.

Essas ações devem fazer parte de um contexto mais amplo do GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS do Nordeste, em cada um dos Estados.

Nas condições de semi-aridez de grande parte do espaço do Nordeste é fundamental que a formulação dos aproveitamentos dos recursos hídricos passe por um rigoroso processo de coordenação e articulação entre os atores, a fim de se assegurar a forma ótima de emprego dos recursos disponíveis, com o máximo de eficiência. Assim sendo, a água, recurso natural escasso, tem que ter seu uso devidamente planejado, levando em conta ser esse um meio para atingir os objetivos do desenvolvimento econômico e o bem estar social.

A SUDENE, em 1979, apresentou à discussão o PLIRHINE, que pretendia ser um instrumento para o estabelecimento de uma política de águas para o Nordeste. Esse plano, que já necessita de uma revisão e atualização, poderia ser considerado muito avançado para a época em que foi concebido, pois encontrou os estados despreparados para uma discussão e aprofundamento da fase II do Plano.

Assim, as estratégias aqui formuladas estão coerentes, nas suas grandes linhas, com aquelas indicadas no PLIRHINE, incorporando-se as experi-



ências positivas dos programas especiais gerados a partir de 1980, e levando em consideração os pressupostos de um desenvolvimento sustentável. Por isso, incorporaram-se linhas e diretrizes dos programas e políticas que obtiveram algum sucesso.

8.1. Os objetivos que fundamentam a estratégia

Os objetivos da estratégia a ser implementada apontam para a garantia do desenvolvimento sustentável, naquilo em que os recursos hídricos são considerados insumos básicos, seja no setor produtivo, como no abastecimento das comunidades e na própria vida aquática e equilíbrio dos ecossistemas. Assim, pode-se discriminar os seguintes objetivos principais:

Quanto à demanda difusa:

- Dotar os imóveis rurais, coletivos ou individuais, de infra-estrutura hídrica que garanta, em caráter *permanente*, o abastecimento para consumo humano e animal.
- Incorporar ao processo produtivo, mediante a irrigação e piscicultura, aproveitamento de recursos hídricos em caráter *sazonal*.

Quanto à demanda concentrada:

- Gerenciar oferta dos médios e grandes aproveitamentos, especialmente aqueles que têm uso múltiplo, priorizando o uso humano sobre todos os demais.
- Implantar uma política de manejo e preservação dos recursos de água e solos.
- Estruturar um sistema de gestão dos recursos hídricos para planejar, coordenar, implantar, acompanhar e avaliar os projetos de aproveitamento dos recursos hídricos.

8.2. Estratégia geral

Medidas técnicas

DEMANDA DIFUSA

- Captação e armazenamento de água em cisternas coletivas e individuais, mediante construção de implúvios e áreas cobertas, para consumo humano (consumo médio 5 (1/pessoa.dia));
- construção de poços tubulares ou amazonas para atendimento animal e uso sanitário. O emprego de dessalinizadores poderá assegurar consumo humano;
- construção de pequenos açudes para irrigação de culturas de ciclo curto, piscicultura semi-intensiva e culturas de vazantes.



Essas medidas técnicas, reservadas ao atendimento da demanda difusa, serão empregadas quando os aquíferos locais não respondem às condições de qualidade e vazão exigidas. Essas ações só poderão responder satisfatoriamente a critérios de vulnerabilidade, quando foram desenvolvidas simultaneamente, promovendo garantia de fonte permanente de água para consumo humano e animal, reservas sazonais de água para produção agrícola e piscicultura.

Independente dessas medidas, devem ser incorporadas técnicas que aproveitem os recursos hídricos localizados (água precipitada) nas atividades de sequeiro, aumentando ao máximo a precipitação efetiva e conservando a água nos solos.

DEMANDA CONCENTRADA

- A estratégia consiste em garantir o suprimento de água a nível da sustentabilidade dentro do horizonte do projeto, em quantidade e na qualidade requeridas, para as áreas urbanizadas, ou seja, assegurar uma oferta com um mínimo de vulnerabilidade e grande eficiência hídrica;
- coloca-se em plano secundário o atendimento à demanda dos grandes perímetros de irrigação, públicos ou privados, apesar da sua importância no desenvolvimento rural, e que sejam supridos de forma concentrada. Por isso mesmo, e levando em conta o USO CONSUNTIVO nas atividades de irrigação, todos os grandes reservatórios, que destinam parte de sua acumulação à irrigação, devem manter um sistema moderno de monitoria e operação;
- monitoria dos recursos hídricos de superfície e subterrâneos, através da planificação e racionalização de uma rede básica de informações hidrometeorológicas: precipitação, vazões líquidas e sólidas, evaporação, qualidade das águas, e outros elementos do ciclo hidrológico. Essa monitoria inclui os reservatórios já construídos, os aquíferos explorados, como emprego de modelos que reconstituam os escoamentos naturais, apesar das interceptações existentes ou regularizações produzidas por obras hidráulicas. Essa monitoria, organizada por bacia hidrográfica, será fundamental ao gerenciamento, e portanto, na tomada de decisão a partir da oferta dos recursos hídricos, assegurando limites de outorga de uso, solução de conflitos, prognosticando a relação oferta-demanda, estabelecendo níveis de vulnerabilidade e patamares de sustentabilidade;
- Desenvolvimento de Planos Diretores de recursos hídricos por bacia hidrográfica ou “províncias hidrográficas”, empregando o sistema de monitoria hidrológica e modelos prospectivos de demanda. Esses Planos Administrativos devem ser incorporados a um Processo de Decisão, isto é, os Planos Diretores devem estar associados a um Processo Permanente de “Revisão e Atualização” de decisão, no

confronto entre oferta e demanda, levando em conta variáveis políticas, tecnológicas e sociais.

Atualmente são empregados métodos dinâmicos que consideram os recursos hídricos como uma das seqüências contínuas de recursos naturais para os quais o planejamento e a gestão têm que projetar ou conceber seqüências de contínuos serviços capazes de modificar o comportamento dos mesmos, de acordo com os objetivos fixados, apesar de mutáveis. Assim, nesta análise, os métodos dinâmicos exigem que o planejamento atenda aos objetivos a qualquer instante dos horizontes ou patamares do Plano Diretor. A abordagem assim feita torna-se complexa, exigindo-se tanto no planejamento quanto na gerência (simultânea ou posterior) a aplicação de técnicas como análises de sistemas.

As ofertas e as demandas de água passam a ser subsistemas, dados de entrada do modelo de desenvolvimento de recursos hídricos. Estes permitem tentativas de otimização em diversos níveis ou processos de simulação de casos para tomadas de decisão. Uma infra-estrutura específica para análise desses problemas, como se inicia no estado do Ceará, permitirá uma permanente realimentação de informação dos sistemas, levando a uma “correção de trajetória” a qualquer instante.

Essa abordagem sistêmica dos Planos Diretores, se realizada em um conjunto de bacias, poderá também tratar com maior realismo as possibilidades de transferência de bacias, especialmente quando se pensa transferir “blocos de água” de uma bacia úmida (caso do Tocantins), com abundância de água de superfície e com SALDO, para um região com DÉFICIT crônico de água.

Algumas dificuldades foram vencidas nos últimos anos para o emprego dessas soluções técnicas: operação de sistemas fluviais (reservatórios, canais, etc) integrados e de múltipla finalidade, principalmente aqueles de grande porte, como é o caso da irrigação em larga escala. Entretanto, dever-se-ia considerar as dificuldades construtivas e operacionais inerentes a obras de porte fora do comum, o que implica, no mínimo em prazo longo de implantação das obras, e em custos crescentes para aumento das disponibilidades. Isso, no entanto, não constituirá restrição às transposições de bacias, quando a possibilidade mobilização do potencial, transformando-o em disponibilidade atingir seu limite sem atender as demandas, em uma dada bacia hidrográfica.

Reconhece-se que as transposições exigirão um planejamento cuidadoso, pois, existem algumas dificuldades negativas nos seus aspectos físicos: Impactos causados ao meio ambiente, de difícil avaliação prévia e correção, após o início de operação do sistema de transferência (vida animal e vegetal, degradação fluvial e morfológica, transporte de sedimentos, erosão e assoreamento, entre outros). No aspecto econômico-financeiro: registra-se



custo elevado das obras hidráulicas, pelo porte que costumam compor o desvio de grandes bacias (da ordem de bilhões de dólares), e custos de operação, especialmente de energia elétrica.

Além disso, há dificuldades irremovíveis com relação a avaliação de benefícios dessa transferência, principalmente no que se refere aos indiretos, pondo em dúvida a viabilidade, dificultando a captação de recursos financeiros de instituições estrangeiras e internacionais.

Nos aspectos políticos e sociais registram-se conflitos entre áreas beneficiadas e áreas que cedem a água, envolvendo autoridades estaduais, instituições e mesmo organizações não governamentais. Por outro lado, constata-se, nos casos ocorridos em outros países, dificuldades do poder público em atingir os objetivos pretendidos, em decorrência de problemas estruturados e de inadaptação das comunidades (questões culturais, organização, falta de tradição tecnológica) às mudanças repentinas. Para efeito de referência, em 4 projetos de transferência de bacia nos Estados Unidos da América, o menor custo foi de US\$ 0,15/m³ e o maior fica por US\$ 0,70/m³, isto é, custo unitário 4,5 vezes maior.

No âmbito das práticas de melhoria de eficiência dos recursos hídricos escassos, o que aumenta as disponibilidades, deverá ser encarada a questão da “reutilização de águas”. Trata-se do reaproveitamento de águas residuárias (servidas) municipais, como uma solução para a redução do *déficit* crescente ou em potencial em áreas com forte escassez de oferta de água.

Águas servidas poderão ser usadas em irrigação, abastecimento industrial e, em certos casos, para recarga de aquíferos. Encontram-se exemplo de áreas que usam águas servidas na irrigação, a partir das cidades do México, Melbourne e Salisbury.

Essas águas fertilizam o solo com nutrientes e suprem as necessidades de água das culturas.

O reuso das águas utilizadas na irrigação, mediante o sistema de drenagem, significará reincorporar à oferta, cerca de 25 a 50% dos volumes destinados à irrigação. A reutilização de águas servidas como águas potáveis ainda têm tratamento dispendioso, terciário, eliminando-se amônia, nitratos e fosfatos, componentes tóxicos e substâncias orgânicas, etc. Seu emprego tem sido reduzido, inclusive pelos aspectos psicológicos negativos. Onde se aplica, correspondente, em geral, a injeções de misturas inferiores a 1/3 do volume utilizado no abastecimento. O custo desse tratamento nos Estados Unidos da América varia entre US\$ 0,25/m³ (tratamento primário) a US\$ 1,50/m³ (tratamento terciário). Quando existem águas residuárias e efluentes em grandes comunidades o custo unitário no tratamento terciário pode atingir US\$ 7,00/m³.



Uma das questões técnicas colocadas nas estratégias de oferta de água no semi-árido é o uso alternativo de mananciais de superfície ou subterrâneos. Na proposta aqui colocada, verifica-se que apela-se para os graus de complementariedade e competitividade, sendo as decisões tomadas baseadas em aspectos econômicos e na vulnerabilidade. Sabe-se que a qualidade das águas subterrâneas, sob o ponto de vista bacteriológico, é em geral superior àquela das águas superficiais, ocorrendo o contrário quando analisadas sob o ponto de vista químico.

Ao compararmos os grandes aproveitamentos dessas duas formas de mananciais constatamos o seguinte no Nordeste Semi-Árido:

- A exploração dos recursos hídricos de superfície exige um grande investimento inicial, mesmo que se faça por etapas, enquanto as águas subterrâneas podem ter seus sistemas expandidos à medida das necessidades sem grandes investimentos iniciais. Por outro lado, a variabilidade dos recursos hídricos de superfície é bem maior, aliada à evaporação intensa dos reservatórios, levando a uma eficiência operacional baixa (O DNOCS estima a disponibilidade efetiva anual de seus reservatórios em 1/5 de sua capacidade de acumulação).

A exploração das águas subterrâneas apresenta outras vantagens:

- Não criam reservatórios, alterando as condições do ecossistema;
- eliminam-se quase totalmente as perdas por evaporação;
- não sofrem eutrofização;
- são fontes mais permanentes com baixa vulnerabilidade.

Entretanto apresentam algumas desvantagens:

- Mais facilmente contamináveis, sem que ocorra uma identificação imediata;
- atingem mais rapidamente seu limite de exaustão;
- custos de bombeamento proporcionalmente maiores.

Sem dúvida, as águas subterrâneas serão mais atrativas para pequenas concentrações de população e áreas irrigáveis de pequeno e médio porte.

O cotejo econômico envolverá portanto a questão da captação (capacidade de armazenamento e vazão retirada) e da adução aos pontos de consumo (distância, desníveis e profundidades) entre as diversas fontes, para um determinado nível de atendimento, em quantidade e padrões de qualidade, com certa garantia.

MEDIDAS FINANCEIRAS

É indispensável para dar sustentação às ações de recursos hídricos, envolvendo, gerenciamento, planejamento, fortalecimento da infra-estrutura

hídrica especialmente à nível dos imóveis rurais, a manutenção de instrumentos financeiros que assegurem as atividades de monitoramento, controle e implementação de obras com certo grau de subsídio ou incentivo. Assim, propomos os seguintes instrumentos:

- Financiamento através de crédito rural de obras hídricas a nível dos imóveis rurais, individuais ou coletivas, que assegurem uma fonte permanente de abastecimento para consumo humano e animal, simultaneamente com uma fonte sazonal que garanta a produção agrícola e da piscicultura. A fonte permanente deve ter um “rebatimento” de 100%, isto é, o programa assumirá os custos relativos à oferta de água para o consumo humano, pelo menos, como ocorre no México, por exemplo.
- Financiamento dos projetos de irrigação a nível do produtor rural utilizando instrumentos semelhantes ao decreto 2032/83, que trabalhava dentro de limites orçamentários, sem contribuir para o processo inflacionário.
- Criação de um fundo especial para monitoramento dos recursos hídricos, a partir da cobrança de uma tarifa de água bruta.
- Desenvolvimento de um conjunto de mecanismos que assegurem um mercado de direitos de água, principalmente onde o direito ao uso já se tornou uma tradição, como ocorre na região do Cariri, no Ceará, e nas bacias do Rio Contas e Paraguaçu, na Bahia. Esse mercado poderá ser mais vantajoso para o pequeno produtor, que geralmente é o mais exposto perder o acesso à água no caso de escassez e o que menos dispõe de recursos. No caso de direitos bem definidos ter-se-á menor número de conflitos entre os atuais e novos usuários. Às vezes é preferível comprar os direitos de água de produtores que a usam em irrigação, para atender crescentes demandas urbanas, do que dotar a região de legislação específica que priorize a água para consumo humano. Na recente crise de abastecimento de água da região metropolitana do Recife, tentou-se estabelecer dispositivos jurídicos que obrigasse os agricultores de Natuba a reduzir a irrigação para que se desviasse um parte dos deflúvios para a cidade do Recife.

8.3. Políticas de conservação da água

Uma política de controle da qualidade da água, dentro de uma proposta de desenvolvimento sustentável, não pode ser dissociada dos aspectos quantitativos.

A qualidade de um determinado manancial depende da quantidade de água disponível, uma vez que a concentração de um poluente em um recurso hídrico é função da capacidade de diluição deste. A autodepuração de um



manancial depende diretamente do seu volume de armazenamento ou de sua vazão de escoamento.

As políticas propostas visam possibilitar, à região, passar do estado de vulnerabilidade e de não sustentabilidade, atual, para a condição de desenvolvimento sustentável, no cenário futuro do projeto.

De forma mais específica, estas políticas têm como objetivos:

- o aproveitamento racional dos recursos naturais, garantindo-se a proteção dos ecossistemas relacionados com o meio hídrico;
- a utilização adequada dos recursos hídricos, mantendo-se a qualidade e quantidade necessárias aos seus diversos usos, nos cenários atual e futuro;
- o manejo adequado do solo, de forma a minimizar seus impactos sobre os recursos hídricos;
- o controle preventivo e corretivo da poluição;
- a conservação da diversidade ecológica e a manutenção do equilíbrio natural;
- a recuperação de áreas degradadas;
- a definição de um sistema institucionalizado, para a implantação das medidas de controle;
- o envolvimento da população na adoção das medidas conservacionistas.

Em resumo, são as seguintes as políticas a serem adotadas visando à conservação da água na região semi-árida, dentro de um programa de desenvolvimento sustentável:

- Levantamento Sanitário das Bacias Hidrográficas – o objetivo principal é elaborar um diagnóstico da qualidade das águas dos mananciais hídricos, identificando as principais fontes de poluição dos mesmos, bem como seus usos e capacidades de autodepuração, de forma que seja feito o enquadramento dos corpos de água nas classes definidas pela legislação específica.
- Disciplinamento do Uso/Ocupação do Solo – o qual deve considerar os aspectos naturais do meio físico que possam ter influência sobre os recursos hídricos. Será proposto o macrozoneamento de cada bacia hidrográfica.
- Controle do Assoreamento – o qual associado às medidas de combate à erosão do solo, que integram as políticas apresentadas em outra parte deste estudo, notadamente no capítulo relativo aos recursos naturais e meio ambiente.
- Controle da Poluição – que consiste, entre outras providências, na implantação de sistemas de esgotamento, composto de redes coletoras e de estações de tratamento de efluentes, bem como do controle da disposição do lixo, e do uso de agrotóxicos.



- Controle de Salinização – em que uma estratégia de monitoramento deve ser desenvolvida visando a um rigoroso controle de concentração dos sais solúveis, nos mananciais, principalmente nos períodos de secas.

Proteção das Nascentes – através do estabelecimento de medias para a proteção das florestas existentes nas nascentes, observando os dispositivos legais existentes (Lei Federal nº 7.754).

- Proteção das Águas Subterrâneas – obtida através do controle da execução dos sistemas de disposição de resíduos sólidos e líquidos, no solo, tais como, fossas, aterro sanitário, lagoa de estabilização, entre outros, bem como por meio do disciplinamento do uso do solo nas áreas de recarga.
- Suporte Jurídico-Institucional – o qual deverá disciplinar a aplicação de todas as políticas, através de órgãos qualificados e de legislação eficaz.
- Controle de Perdas e Desperdícios – o qual objetiva reduzir as perdas e desperdícios nos sistemas de abastecimento da água, devendo ser de responsabilidade dos órgãos públicos e de toda a comunidade.
- Educação Ambiental – através da qual se espera conseguir que a população da região adote práticas conservacionistas na utilização e manejo dos recursos naturais.

8.4. Política específica de águas subterrânea

Conquanto na política de recursos hídricos seja indissociado o tipo de água, se superficial ou subterrânea, detalharemos algumas estratégias referentes às águas subterrâneas, distribuídas em distintas áreas: pesquisas, obras, recursos humanos e institucional/legal.

a) **Em pesquisas, estudos e projetos**

- aprimorar os conhecimentos sobre as reservas e recursos exploráveis das províncias hidrogeológicas do Nordeste, tendo em vista a definição das reais potencialidades e a elaboração de política de exploração dos aquíferos regionais;
- desenvolver novas metodologias para locação de poços em terrenos cristalinos, visando diminuir as taxas de insucesso relativas a poços secos e com águas salinizadas;
- pesquisar novas tecnologias para dessalinização de águas, a custos mais acessíveis e com volumes de água dessalinizada mais elevados;
- pesquisa novas tecnologias para construção e completção de poços visando proporcionar maior eficiência fraturadas;
- estudar o problema de recarga dos aquíferos aluviais no sentido de assegurar vazão regularizada nos sistemas de captação neles



instalados, sobretudo para o abastecimento d'água de pequenas comunidades;

- incentivar a pesquisa de novos materiais de revestimento e filtros de poços no sentido de diminuir os elevados custos do poço, sem afetar a qualidade e eficiência dos mesmos;
- pesquisar fontes alternativas de energia para cisternas simplificados de bombeamento de poços;
- pesquisar metodologia apropriada para projetos de barragens subterrâneas e barragens de assoreamento, visando melhor aproveitamento dos depósitos aluviais;
- desenvolver estudos de salinização de aquíferos costeiros, isto é, pesquisa da interface água doce/água salgada em aquíferos que já estejam sendo intensamente explorados na região costeira;
- pesquisar a poluição potencial e real em aquíferos, nas áreas urbanas, industriais ou irrigáveis;
- planejamento para uma política de uso racional dos recursos hídricos subterrâneos, em consonância com a potencialidade do aquífero, economicidade do sistema – custo do meio cúbico e água – proteção ambiental e relacionamento com as águas superficiais e meteóricas.

b) **Em obras de captação**

- perfuração de novos poços em rochas cristalinas e sedimentares, mediante a locação tecnicamente correta e o emprego de métodos de perfuração adequados a cada formação geológica;
- recuperação de poços abandonados através da estimulação do aquífero nos casos de baixa vazão, da manutenção corretiva do equipamento do bombeio quando danificado, ou da instalação de dessalinizadores quando a água for salinizada;
- instalação de equipamentos de bombeamento nos poços já perfurados, preferencialmente que não requeiram energia elétrica ou combustível par acionamento de moto-bomba, como, por exemplo, o uso de catavento;
- execução de poços rasos em áreas aluviais, do tipo mais adequado para cada caso: poço tubular, poço amazonas, poço coletor com dreno radial, galeria filtrante, etc;
- construção de barragens subterrâneas utilizando o tipo mais adequado de septo para cada caso ou região: parede de pedra, septo de argila, lona plástica, estacas justapostas, etc;
- construção de barragens de assoreamento visando aumentar o volume de aluviões e acumular água mais facilmente explorável.

c) **Em recursos humanos**

- treinamento técnico para formação de equipes de nível médio, para auxiliarem os geólogos nos estudos e acompanhamentos de obras de captação;

- treinamento a nível de pós-graduação, em cursos de atualização concentrados, para melhoramento do nível de conhecimentos dos técnicos de nível superior;
 - divulgação de campanhas de formação de opinião pública para melhor aproveitamento e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.
- d) **Nas áreas institucional jurídica**
- aprovar a lei federal e subseqüentes leis estaduais de conservação e preservação das águas subterrâneas;
 - elaborar a regulamentação e normatização dessas leis a fim de se tornarem aplicáveis, inclusive os critérios técnicos e legais para a outorga e a cobranças das águas subterrâneas;
 - adequar em equipamentos, instalações e recursos humanos os órgãos gestores de recursos hídricos em cada estado do Nordeste a fim de possibilitar o eficaz cumprimento das leis de proteção das águas subterrâneas, fiscalizar a execução de obras de captação e acompanhar a implantação de projetos.

8.5. Modelo de Gerenciamento de Recursos Hídricos

A operacionalização de um modelo de gerenciamento de recursos hídricos para o Semi-Árido do Nordeste deverá estar calcado em instrumentos administrativos, institucionais, legais e financeiros. É indiscutível o esforço ora realizado por várias instituições e segmentos da sociedade no sentido de se estabelecer no país um “Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos” – SINGREH. Conflitos com o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, e mesmo com o Sistema de Irrigação (Lei 6.662/79) e até com Sistema de Saneamento (Projeto de Lei 199/93) complicam o encaminhamento de uma solução negociada dos conflitos legais.

Uma proposta do Poder Executivo transita no Congresso (PL 2.249/91), bem como um substitutivo de 02/06/93.

A questão predominante no gerenciamento dos recursos hídricos passou a ser o arranjo institucional, face a própria característica do recurso natural “água” que configura vários candidatos ao seu uso. A postergação das soluções legislativas está associada à divisão de poder entre ENERGIA, MEIO AMBIENTE E IRRIGAÇÃO.

Qualquer proposta a nível federal está fadada ao fracasso, pelas posições radicais que colocam o poder setorial acima de qualquer ação concertada. Por isso, torna-se complexo proceder-se a uma análise das propostas atuais, colocadas no âmbito de um desenvolvimento sustentável. A experiência do estado do Ceará parece ser interessante, entretanto, a conjuntura política (continuidade político-partidária) nada garante que uma mudança de lado





político não venha a alterar profundamente o quadro institucional, como se tem verificado em outros estados e até mesmo a nível federal, que tem encaminhado as questões institucionais e legais como se fosse uma administração de transição.

Mesmo no caso do estado do Ceará, constata-se a importância que é dada pela equipe técnica às pressões do Banco Mundial, mediante contrato de financiamento a um programa estadual de recursos hídricos.

Alguns pontos básicos parecem constituir consenso em todas as discussões:

- A nível federal é indispensável a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, prevista na Constituição Federal de 1988, com uma estrutura colegiada interministerial e a constituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas.
- A nível estadual é recomendável a criação da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, naqueles estados onde não existe, e a implantação dos Sistemas Integrados de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com estrutura colegiada de coordenação e os comitês estaduais de bacias hidrográficas.
- Processo de outorga e fiscalização das concessões de uso de águas superficiais e subterrâneas, bem como cobrança da tarifa de água bruta, são questões consensuais, havendo divergências apenas na forma de aplicação e cálculo de valores. As questões ligadas ao mercado de água e repartição de custos em obras de múltiplos fins demandarão, talvez uma discussão mais ampla pela experiência praticamente nula existente na região e mesmo no país.

Do conjunto das propostas e discussões emergem algumas questões que sugerimos encaminhamento de curto prazo:

- As áreas científicas e técnicas deveriam, em curto prazo, serem articuladas, envolvendo universidades e órgãos estaduais e regionais de investigação, pesquisa e coleta de dados básicos, identificando-se os centros emergentes de excelência em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Esses centros deverão ter atuação regional nas questões para as quais tendem possuir excelência ou deverão ser estimulados e orientados para suprir algumas lacunas identificadas, mediante formação a nível de doutoramento e pós-doutoramento. Qualquer cooperação técnica de universidades estrangeiras deverá atuar nessa linha. Destaque-se aqui a questão da “Gestão dos Recursos Hídricos”.
- Formação dos quadros nos órgãos estaduais e regionais de investigação e avaliação de recursos hídricos, envolvendo pessoal de nível médio e pessoal de nível superior especializado. Nessa

- proposta, caberá aos órgãos estaduais aplicar metodologias desenvolvidas ou adaptadas pelos centros de excelência, proceder suas avaliações, e manter um sistema permanente de demanda de novos métodos, em função dos problemas encontrados.
- Estímulo ao desenvolvimento de formação de pós-graduação a nível de aperfeiçoamento e mestrado, nas áreas de excelência identificadas pelas comunidades técnicas.

8.6. Linhas de ação e programa

Tendo em vista que os objetivos gerais da nova política estão associados à obtenção e manutenção de *padrões desejáveis* de sustentabilidade e de *padrões toleráveis* de vulnerabilidade, podemos distinguir cinco grandes linhas de ação, desdobradas em programas específicos

Linhas de Ação

- Preservação hidro-ambiental e conservação da água
- Controle e uso Otimizado das Disponibilidades
- Ampliação Racional da Oferta
- Capacitação de Recursos Humanos
- Desenvolvimento Tecnológico
- Institucionalização de um Sistema Regional de Gestão

Preservação hidro-ambiental e conservação da água

- proteção dos ecossistemas e do hidro-ambiente
- Manejo adequado do solo, de forma a minimizar seus impactos sobre os recursos hídricos
- Controle corretivo e preventivo da poluição
- Conservação da diversidade ecológica e manutenção do equilíbrio natural
- Recuperação das áreas degradadas
- Minimização do processo de desertificação
- Disciplinamento do uso e ocupação do solo
- Controle da erosão e do assoreamento
- Controle da salinização dos mananciais
- Proteção das nascentes
- Controle de perdas e desperdícios
- Educação ambiental

Controle e Uso Otimizado das Disponibilidades

- Aproveitamento sazonal das disponibilidades hídricas, no atendimento à *demanda difusa*.
- Aproveitamento racional e otimizado dos grandes mananciais, em





usos múltiplos, melhorando a eficiência e ampliando a disponibilidade efetiva dos recursos hídricos.

- Priorizar o suprimento de água às populações urbanas e rurais, em caráter permanentes.
- Monitoramento dos recursos hídricos de superfícies e subterrâneos, através da planificação e racionalização de uma rede básica de informações hidrometeorológicas e do controle dos açudes construídos e aquíferos explorados.
- Adoção, para os reservatórios de regularização, de níveis de garantia elevados, especialmente para o abastecimento humano e animal e para a irrigação de culturas permanentes.
- Destinação prioritária das águas subterrâneas, de boa qualidade, para fins mais nobres, mantendo sua exploração sempre que possível ao nível de sua capacidade de recarga.
- Desenvolvimento de agricultura irrigada de alta eficiência hidrológica, com sistemáticos planos de reutilização das águas de retorno.
- Manutenção preventiva e corretiva de açudes e equipamentos hidromecânicos, com vistas ao bom funcionamento e segurança das obras hidráulicas.

Ampliação Racional da Oferta

- Dotar os imóveis rurais, coletivos ou individuais, de infra-estrutura hídrica que garanta, em caráter permanente, o abastecimento para consumo humano e animal.
- Desenvolver um processo de planejamento de médio e longo prazo, para ampliar a oferta de água em função da identificação das demandas prospectivas, especialmente aquelas de caráter social. O que deverá implicar na ampliação da infra-estrutura de grandes barragens e poços profundos, bem como possíveis importações de vazões intra ou inter-regionais.
- Recuperar poços e barragens existentes com vistas ao seu plano de funcionamento.
- Reexaminar os objetivos dos grandes açudes e seu sistema de operação, dando-lhes racional e plena utilização.
- Promover, sempre que viável, a dessalinização de poços no cristalino.
- Construir, onde apropriado, barragens subterrâneas e promover a utilização conjunta de águas superficiais e subterrâneas.

Capacitação de Recursos Humanos

- Articulação entre as áreas técnicas e científicas, envolvendo universidades e órgãos estaduais e regionais de investigação, pesquisa e coleta de dados básicos.
- Formação de quadros nos órgãos estaduais e regionais de investigação, avaliação e desenvolvimento de recursos hídricos, envolvendo pessoal de nível médio e nível superior especializado.

- Estímulo à preparação de recursos humanos especialmente voltados para o planejamento e gestão de recursos hídricos, com a formação de equipes multidisciplinares.
- Estímulo à formação de pessoal pós-graduado, a nível de especialização, mestrado e doutorado, em áreas de interesse direto ou indireto do setor de recursos hídricos, através dos centros de excelência existentes ou emergentes na região.
- Desenvolvimento de programas de educação ambiental, de caráter formal, informal ou não-formal.

Desenvolvimento Tecnológico

- Implementação de um Sistema de Informação Geográfica, adequado à realidade do Semi-Árido, e que possua efetiva facilidade de acesso e comunicação em rede, especialmente no que se refere aos dados e informações hidrológicas.
- Desenvolvimento de modelos de monitoramento e gestão de bacias, adaptáveis às peculiaridades regionais, e sobretudo técnica e administrativamente eficazes.
- Modernização técnico-científica da rede hidrometeorológica e hidrométrica da região.
- Adaptação de dessalinizadores, economicamente viáveis, à região.
- Realização de estudos e pesquisas, com vistas ao melhor conhecimento da “Hidrologia do Semi-Árido” e, conseqüentemente, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas à região.

Institucionalização de um Sistema Regional de Gestão

- Criação de uma Comissão Regional de Águas, já prevista no Projeto de Lei 2.243/91, com participação da União e Estados do Nordeste.
- Instalação gradativa de Comitês de Bacias Hidrográficas, seja em bacias federais, seja em bacias estaduais.
- Estímulo à formação de Rede de Bacias, associadas por região ou por estado.
- Desenvolvimento de modelos de gerenciamento de bacias apropriadas ao Semi-Árido, associando, indissolúvelmente, o monitoramento hidro-ambiental ao monitoramento climático, de forma a estabelecer sistemas de alerta voltados tanto para as cheias quanto para as secas.
- Adoção de mecanismos de cooperação eficazes entre Estados e União, de forma a viabilizar, sem perda da autonomia dos Estados, a atuação atribuída pela própria Constituição ao Governo Federal, mormente nas áreas de calamidades.
- Promoção da regulamentação da Constituição Federal e Constituições Estaduais, no que diz respeito aos recursos hídricos e sua gestão.



- Implantação do princípio do usuário-pagador e do poluidor-pagador, bem como a instalação de um *mercado de direitos de água*, compatível com o valor econômico dos recursos hídricos e com o caráter social que representa no atendimento às necessidades básicas da população carente do Nordeste.
- Criação de fundo especial para gerenciamento hídrico, a partir de cobrança de tarifa de água.

8.7. Programas prioritários

Apresentamos a seguir alguns programas, considerados absolutamente prioritários para a busca da sustentabilidade hídrica e do conseqüente desenvolvimento sustentável do Semi-Árido:

- Programa de Desenvolvimento Institucional.
- Programa de Capacitação de Recursos Humanos.
- Programa de Preservação Hidro-ambiental e Conservação da Água.
- Programa de Monitoramento e Controle de Sistemas Hídricos.
- Programa de Aproveitamento Integrado das Disponibilidades Hídricas Superficiais e Subterrâneas.
- Programa de Ampliação da Oferta Hídrica Rural para o Abastecimento Humano.
- Programa de Ampliação do Abastecimento e Esgotamento Sanitário Urbano.
- Programa de Irrigação para o Pequeno Produtor.
- Programa de Irrigação Empresarial.
- Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1. No campo do planejamento

Da análise dos indicadores de sustentabilidade para a situação atual e para os cenários tendencial, desejável e de mudanças climáticas, constatou-se a existência de várias unidades de planejamento, unidades estas que são constituídas por uma bacia ou conjunto de bacias, que apresentam situações de insustentabilidade dos seus desenvolvimentos, em razão de restrições de natureza hídrica quantitativas. Este quadro com certeza será agravado quando forem incorporadas restrições qualitativas para o uso dos recursos hídricos.

Ressalte-se a necessidade dos Governos Federal e Estadual desenvolverem esforços maiores para a ampliação do abastecimento d'água das cidades da região tendo em vista que em 1991, ainda existiam 123 sedes municipais que não contavam com sistema de abastecimento de água.

O estudo da sustentabilidade do desenvolvimento da região Nordeste, do ponto de vista dos recursos hídricos, bem mostram a necessidade da região dispor de um "Plano de Recursos Hídricos" de longo prazo.

O plano proposto, deverá ser detalhado a nível de estado, com a elaboração pelos Governos Estaduais de seus "Planos Estaduais de Recursos Hídricos".

O PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil, elaborado pela SUDENE em 1980, com financiamento da Secretaria de Planejamento da Presidência da República – SEPLAN, através da Financiadora de Estados e Projetos – FINEP, deve ser considerado como um marco de referência par a elaboração deste Plano e dos Planos Estaduais.

O objetivo principal do PLIRHINE estava relacionado com o equilíbrio e ordenação das demandas e disponibilidades de recursos hídricos, dentro do horizonte de planejamento considerado (ano 2000).

O plano a ser elaborado, deverá orientar o processo de tomada de decisões com base em alternativas de ações que busquem o equilíbrio quantitativo e qualitativo do balanço demanda x disponibilidade, evitando que os recursos hídricos venham se converter em um fator limitante ao desenvolvimento econômico e social da região Nordeste, incorporando os princípios básicos do desenvolvimento sustentável na sua elaboração.

O desenvolvimento dos recursos hídricos deverá ser portanto suficiente para alocar tais recursos, oportunamente, no tempo e no espaço, de modo a atender as solicitações das demandas projetadas.

Finalmente, o Plano Regional deverá também detalhar as ações que ficarão na responsabilidade do Governo Federal e as que ficarão na responsabilidade dos Governos Estaduais.

9.2. No campo do gerenciamento

Os resultados dos estudos indicaram que: 1) que em diversas regiões do Semi-Árido a demanda por água está em situação crítica; 2) que a tendência atual é aumentar o número de regiões críticas; 3) que apesar das ações federais na construção de açudes na região, na denominada fase hidráulica, ainda existe um potencial a explorar nesse campo; 4) que no cenário de mu-



danças climáticas, como prognosticado, haver um aumento da frequência das secas edáficas e uma redução na capacidade de regularização das águas dos açudes; 5) que o Semi-Árido requer uma quantidade maior de informações hidrológicas que as regiões úmidas; para conhecimento da hidrologia; 6) que apesar dessa maior demanda, existe deficiência de informações hidrológicas e climatológicas estão a necessitar maior atenção por parte da administração pública.

A reversão do cenário tendencial diagnosticado para um cenário desejado deve se dar através de dois tipos de ações principais: primeiro em ações na infra-estrutura hídrica reforçando-a, antevendo seus impactos e realizando um monitoramento ambiental e operacional; segundo, atuando fortemente no campo do gerenciamento dos recursos hídricos, aumentando a eficiência do uso das águas.

No campo do gerenciamento das águas, várias são as diretrizes recomendadas, como:

- participação da sociedade nos processos de decisão de construção e operação da infra-estrutura hidráulica;
- realizar estudos prospectivos da evolução da disponibilidade dos açudes tendo em vista ações antrópicas que podem resultar em decréscimo da eficiência dos açudes – como assoreamento da bacia hidráulica;
- ampliar e reorganizar a rede de coletas de informações hidrometeorológicas;
- aumentar o nível de exigência dos estudos hidrológicos e ambientais que precedem a implantação de novas obras hidráulicas – barragens entre essas – incluindo interferência das obras novas com as já existentes;
- aprofundar os estudos relativos aos efeitos das possíveis mudanças climáticas sobre as secas e os sistemas hídricos do Semi-Árido;
- redefinir o papel dos órgãos federais no Nordeste;
- ampliar a cooperação União/Estados e entre os ministérios setoriais envolvidos na gestão dos recursos hídricos;
- estabelecer mecanismos de outorga a cobrança pelo uso da água, bem como implantar, de forma gradativa, um sistema de mercado de direitos da água, sem prejuízo do atendimento às necessidades básicas das populações carentes;
- desenvolver a nível regional e estadual sistemas integrados de gerenciamento dos recursos hídricos, com estabelecimento de prioridades de uso, rateio de custos e modelos de gestão compartilhada de bacias.



9.3. Quanto à qualidade e conservação da água

- Foi reconhecido como crucial o problema do saneamento básico e a necessidade de um programa agressivo para reverter o quadro de extrema carência que atinge vasto contingente populacional.
- Evidenciou-se a estreita relação entre água, solo e planta, bem como a indissociabilidade entre gestão hídrica e gestão ambiental.
- Enfatizou-se que uma política de preservação passa por programas de controle do desmatamento, da erosão e do assoreamento dos corpos d'água.
- Reconheceu-se a importância do zoneamento econômico-ecológico, associado a uma política de ocupação e uso do solo, no controle e conservação dos recursos hídricos.

ANEXO

TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO

1. Introdução

A idéia de transposição de águas do Rio São Francisco vem sendo levantada desde meados do século passado. Entre 1980 e 19900 o assunto foi objeto de estudos realizados pelo extinto DNOS, os quais servem de base para o presente relatório.

2. Importações de água da Bacia do Tocantins

Para dirimir dúvidas, foi inicialmente executado por Hidroplan Engenharia S.A. (1982) um estudo preliminar sobre a transposição de águas da bacia do Rio Tocantins para o Nordeste, abrangendo seis alternativas.

As cinco primeiras alternativas contemplam a captação de água no reservatório de uma barragem prevista para instalação de usina hidrelétrica no Rio Tocantins, em local próximo à cidade de Carolina - MA.

O sistema adutor é constituído por canais em quase toda sua extensão, com várias estações de bombeamento para vencer desníveis.

A alternativa mais longa atinge as bacias do Acaraú e do Jaguaribe, no estado do Ceará, passando pelas bacias de afluentes do Rio Parnaíba. A descarga total desta alternativa é de 200 m³/s, seu custo total estimado é equivalente a US\$ 9.000 x 10⁶ e o custo de água foi avaliado em US\$ 0,22/m³.



As demais alternativas seguem a mesma diretriz, mas são mais curtas, só atingindo bacias de tributários do Rio Parnaíba, no estado do Piauí, e aduzindo menos água. A mais econômica forneceria água a um custo de US\$ 0,13/m³.

A sexta alternativa consiste na transposição de águas de rios formadores do Rio Novo, da bacia do Rio do Sono, afluente do Rio Tocantins, para o Rio Sapão, tributário do Rio Preto, da bacia do Rio Grande, afluente do Rio São Francisco. Do Rio Preto as águas são transferidas para a bacia do Rio Gurguéia, e desta para o Rio Taueiras, ambos da bacia do Rio Parnaíba.

Prevê-se retirar 65,5 m³ da bacia do Rio Novo e 20,0 m³/s da bacia do Rio Preto, destinando-se 60,0 m³/s para o vale do Gurguéia e 25,5 m³/s para o vale do Itaueiras. Os investimentos para atingir a bacia do Gurguéia foram orçados em US\$ 1.138 x 10⁶ e o custo da água foi avaliado em US\$ 0,06/m³. Para ir até a bacia do Itaueiras seria necessário um investimento adicional de US\$ 356 x 10⁶ e o custo da água alcançaria US\$ 0,11/m³.

O custo da água em toda as alternativas é excessivo, excetuando-se esta última transposição para a bacia do Gurguéia, a qual, entretanto, já possui grandes disponibilidades hídricas naturais não utilizadas.

3. Transposição de águas do Rio São Francisco

Foi estudado um sistema de adubação para levar água do Rio São Francisco para o Semi-Árido dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, pelo Consórcio Noronha-Hidroterra(1985).

Inicialmente examinou-se a possibilidade de fazer a captação da água no reservatório da barragem de Sobradinho. Entretanto, esta solução revelou-se muito dispendiosa.

O local adotado para captação fica no Rio São Francisco, um pouco a montante da cidade de Cabrobó.

O segmento inicial do sistema adutor desenvolve-se na bacia do riacho Terra Nova, passando pelas proximidades da cidade de Salgueiro - PE, e transpõe o divisor de águas entre as bacias do São Francisco e do Jaguaribe em local não muito afastado da cidade de Jati - CE.

O primeiro trecho deste segmento é constituído por uma sucessão de canais, reservatórios de barragens e aquedutos, formando três degraus, com desnível total de 160m, vencidos por estações de bombeamento. A seguir, um longo trecho em canal, um túnel com 1.400m de extensão e outro trecho em canal transpõem o divisor de águas e atingem a bacia do Jaguaribe no riacho dos Porcos.



As águas transpostas escoam para o leito do Rio Salgado, onde está prevista a construção de uma barragem, próxima à cidade de Aurora, que deriva parte das águas para a bacia do Rio Piranhas, no estado da Paraíba, por meio de um sistema adutor formado por canais, túneis e aquedutos, sem estações elevatórias. As águas derivadas escoam pelo leito do Rio Piranhas até a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no estado do Rio Grande do Norte.

As águas que continuam descendo o Rio Salgado chegam no Rio Jaguaribe, onde se prevê construir a Barragem de Castanhão. A partir desta barragem está prevista uma derivação para a Chapada do Apodi.

São amplamente utilizados neste sistema adutor os leitos dos cursos d'água naturais.

O sistema foi dimensionado para aduzir até 330 m³/s, para atender à demanda máxima, estimando-se em 250 m³/s a descarga médio a retirar do Rio São Francisco ao final da implantação das obras.

Um estudo preliminar feito por Pfafstetter (1983) mostrou se possível elevar as descargas regularizadas pelas barragens existentes e a construir nas bacias receptoras da transposição, de 42,0 m³/s para 82,7 m³/s, sendo necessário, em contrapartida, aumentar em 8,0 m³/s a capacidade máxima de captação do Rio São Francisco.

Uma possível compensação para as perdas de água da bacia do São Francisco. De acordo com a exata alternativa de transposição de águas da Bacia do Tocantins, mencionada no item anterior, poderia-se importar para a Bacia do São Francisco, a custo razoável, uma descarga não superior a 65 m³/s.

4. Planejamento das obras e aproveitamentos

Com auxílio de modelo matemático (ODIPRO – Otimização Dinâmica de Projetos) o Consórcio Hidroservice – PRC (1985) realizou um estudo da Transposição do Rio São Francisco, para definir as áreas a serem irrigadas, as alternativas de adução a serem adotadas, o dimensionamento mais conveniente do sistema adutor e o escalonamento da implantação das obras e das áreas irrigadas.

Foram adotados dois princípios básicos:

- a. O suporte econômico do empreendimento proviria da irrigação, e a principal restrição à expansão das áreas irrigadas seria devida às limitações dos mercados consumidores dos produtos agrícolas de alto valor, únicos capazes de produzir rendimentos que justificassem economicamente os investimentos e despesas necessárias para transposição das águas.



- b. A implantação do sistema adutor teria que ser escalonada, de modo a só serem realizados os investimentos na medida em que houvesse pronta utilização para as águas a serem aduzidas pelas obras.

O plano ótimo encontrado por meio do modelo é constituído por 10 etapas terminais, com implantação anual de aproximadamente 22000 ha de novas terras irrigadas, totalizando 661.500 ha em 30 anos, que foi o horizonte de tempo escolhido.

O plano prevê colocar em produção sucessivamente os projetos de irrigação de Piranhas (Tabuleiros) Margem Direita (RN), Chapada do Apodi (CE e RN), Várzeas de Souza (PB), Baixo Jaguaribe (CE), diversas várzeas menores e, finalmente, os projetos Piranhas (Tabuleiros) Margem Esquerda (RN) e Baixo Açú (RN).

Constatou-se ser possível, nas primeiras três etapas, expandir a área irrigada recorrendo exclusivamente aos recursos hídricos locais, sem realizar nenhuma obra de transposição.

O investimento total orçado para os sistema adutor é da ordem de US\$ 1.800×10^6 . Os investimentos necessários para implementar a irrigação montam em aproximadamente o dobro desta quantia. O investimento por hectare irrigado, levando tudo em conta, inclusive o sistema de Transposição, é da ordem de US\$ 8.500/ha (a preços de junho de 1984).

Foi efetuada uma análise econômica levando em conta o valor de mercado da produção agrícola e atribuindo valores pequenos a todos os outros benefícios da Transposição. Para taxa de desconto de 12% foi obtida uma relação benefício-custo de 1,6, sem levar em conta as perdas acarretadas na geração de energia do sistema CHESF, e 1,5 levando em conta estas perdas.

5. Outros benefícios além da irrigação

As águas transpostas propiciarão usos como a pesca, recreação e turismo, cuja expressão econômica, entretanto, é diminuta.

Foram previstos aproveitamentos hidrelétricos com geração média anual, total, superior a 1.000.000 MWh.

Um benefício de amplo alcance social é a garantia do abastecimento de água, independente das secas, a cerca de 200 núcleos urbanos da área de influência da Transposição.

A própria capital do estado do Ceará ficou habilitada a receber águas do Rio São Francisco, caso se concretize a Transposição, graças ao Canal do Trabalhador, recentemente construído, ligando o Rio Jaguaribe ao sistema de açudes que abastecem Fortaleza.

O principal benefício social, não levado em conta na análise econômica, é a geração de empregos, estimada como segue:

Empregos nas áreas irrigadas: 760.000
Empregos nas agroindústrias: 20.000
Empregos indiretos: 420.000
Total: 1.200.000 empregos

6. Considerações ambientais e sociais

Encontra-se atualmente em execução um amplo estudo ambiental.

É de se esperar que, além de alguns efeitos decorrentes especificamente da transposição de águas, sejam apontados problemas típicos dos projetos de irrigação, para os quais já existem soluções bem definidas.

De acordo com Pessoa e Galindo (1989) um grande desafio a ser enfrentado é a necessidade de dar, aos moradores das áreas beneficiadas e aos migrantes que para lá acorrerem, condições que lhes permitam aproveitar adequadamente as oportunidades proporcionadas pela Transposição.

7. Conflito com a geração de energia

As retiradas de água do Rio São Francisco, seja para a Transposição, seja para a irrigação a montante do conjunto de usinas hidrelétricas da CHESF, diminuem a energia firme daquelas usinas.

Um estudo realizado por Froitzheim, Farias, Dutra e Almeida (1987) concluiu que a irrigação de 530.315 ha no vale do São Francisco diminuiria em 8,3% a energia firme, o que corresponderia à perda de 2.446 GWh na configuração das usinas prevista 1990, e à perda de 4.010 GWh na configuração das usinas prevista para 1996.

Aplicando os custos marginais do sistema elétrico, verificou-se que os custos para repor a oferta de energia firme perdida são da ordem de US\$ 61 x 10⁶ anuais até 1995 e de US\$ 114 x 10⁶ anuais a partir de 1996.

Estudo realizado pelo Consórcio Hidroservice – PRC (1986) concluiu que, realizando-se a Transposição e, ao mesmo tempo, aumentando-se a área irrigada no Vale do São Francisco em 661.500 ha S.A.U. (superfície idêntica à da Transposição), a energia firme das usinas cairia 16%.

A divergência entre esta conclusão e o estudo anterior é devida, pelo menos em parte, à hipótese de reduzir o atendimento à irrigação nas estiagens mais severas, adotada no último estudo.

Supondo que a implantação das áreas irrigadas se faria num período de 30 anos, e levando em conta um custo marginal de US\$ 49,79/MWh e uma



taxa de desconto de 10%, calculou-se em US\$ 978 x 10⁶ o valor presente do custo para substituição das reduções de energia firme.

Possivelmente a energia necessária para esta substituição seria importada da região Norte.

Ambos os estudos mencionados concluíram que não seria afetada a potência garantida, isto é, não haveria redução na capacidade de geração de ponta das usinas.

8. Confronto entre a irrigação no Vale do São Francisco e a Transposição

De acordo com o segundo estudo citado no item anterior, aumentando-se a área irrigada do Vale do São Francisco em 661.500 ha (S.A.U.), a vazão firme daquele rio cairia de 2.000 m³/s para 1.800 m³, e, realizando-se a Transposição, a vazão firme cairia de 1.800 m³/s para 1.570 m³/s. As perdas seriam, portanto, de 200 m³/s no primeiro caso e 230 m³/s no primeiro caso e 230 m³/s no segundo.

Conclui-se que o consumo de água é um pouco menor quando se faz irrigação no próprio Vale do São Francisco do que irrigando terras fora do Vale, mediante transposição de águas.

Isto acontece devido ao retorno de parte da água, utilizada na irrigação, para o leito do rio. Trata-se, entretanto, de uma diferença pequena.

A maior diferença a favor do vale é o custo da construção, operação e manutenção do sistema de transposição.

Adotando-se uma taxa de desconto de 10% pode-se estimar, grosseiramente, em US\$ 474 x 10⁶ o custo anual deste sistema, em US\$ 0,05/m³ o custo da água e em US\$ 700 por ano o custo da água utilizada para irrigar um hectare (sem levar em conta os custos incorridos entre a tomada do sistema adutor da transposição e o lote irrigado). Metade destes custos são decorrentes do gasto de energia elétrica para bombeamento.

Por outro lado, as terras que receberão as águas transpostas são de excepcional qualidade, dispõem de melhor infra-estrutura e estão mais bem localizadas em relação aos portos de exportação.

9. Vantagens e desvantagens da Transposição

A grande vantagem da Transposição é possibilitar a estabilização, num bom nível, da economia de sua área de influência.

Aquela região é assolada periodicamente por secas plurianuais. Nessas ocasiões o agricultor de sequeiro geralmente perde tudo o que possa



haver ganho nos anos de boa precipitação pluviométrica. Estas perdas se propagam em cadeia, prejudicando o comércio, a agroindústria, as indústrias voltadas para o abastecimento local etc.

A Transposição do São Francisco dá condições para ser desenvolvida uma grande atividade agrícola e agro-industrial imune aos efeitos da seca e altamente rentável, com uma produção primária estimada em 2 bilhões de dólares por ano. Isto deverá praticamente acabar com as drásticas perdas de patrimônio causadas pelas secas, e com os gastos em ações emergenciais, nas áreas beneficiadas.

Os maiores problemas associados à Transposição são de natureza político-administrativa. É necessário obter uma adequada estruturação dos órgãos públicos que vão implementar o projeto e gerir o sistema adutor, conseguir que os agricultores se organizem corretamente e aproveitem eficientemente as terras irrigadas, e, se necessário, lograr abertura de mercados para os produtos.

BIBLIOGRAFIA

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 1994.” Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.” CABES XVII. ABES. Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, José Américo, 1994. “A Paraíba e seus problemas”. Ed. Senado Federal/Fundação Casa José Américo de Almeida. Brasília.
- ANTÔNIO A. NORONHA; SERVIÇOS DE ENGENHARIA S.A. S/DATA. Replanejamento do Sistema de Irrigação. MINTER/DNOCS. Fortaleza.
- BARONI, M. 1992, Ambigüidades e Deficiências do Conceito de Desenvolvimento Sustentável *in* Revista de Administração de Empresas, 32(2), pág. 14-24, São Paulo.
- BARTH, F.T., POMPEU, C.T., FILL, H.D., TUCCI, C.E.M., KELMAN, J., BRAGA JR., B.P.F., 1987, Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos, Nobel/ABRH, São Paulo.
- BEEKMAN, Gertjan; 1984. Contribuição da Coordenação Geral Técnica da Secretaria de Irrigação do Ministério de Integração Regional, CTE - SIR/PNUD, Brasília, 11 p.
- BENEVIDES, V.F.S., COIMBRA, R.M., ROCHA, C.L., 1994, Water Resources Management *in* Brazil, *in* O Gerenciamento dos Recursos Hídricos e o Mercado de Águas, MIR/SEPLAN/BIRD/IICA, Brasília, DF.
- BIRD; 1990; Irrigation Subsector Review; WORLD BANK; Washington, 52 p.
- BNB; 1994, O Banco do Nordeste do Brasil e o Desenvolvimento da Energia Renovável no Nordeste Brasileiro. BNB, Fortaleza.
- BNB; IPLAN; 1985. Avaliação do PROHIDRO e do Programa de Irrigação. SUDENE. Série Projeto Nordeste - vol. 16. Fortaleza. 241 p.



- BNB; IPLAN; 1985. A Problemática e a Política da Terra e da Água do Nordeste. SUDENE. Série Projeto Nordeste - vol. 7. Recife. 293 p.
- BNB; IPLAN; 1985. Avaliação do POLONORDESTE e do PROJETO SERTANEJO. SUDENE. Série Projeto Nordeste - vol. 15 - Fortaleza. 314 p.
- BUARQUE, S.C., 1993, Planejamento e Desenvolvimento Sustentável: Problemas Técnicos de uma Nova Abordagem do Planejamento, Recife.
- BURNASH, Robert J.C. & FERRAL, R.L. "Generalized hydrologic modeling, key to drought analysis. *In*: Second International Symposium in Hydrology, 1, Fort Collins, Colorado, 1972, Anais, Fort Collins, Colorado, 1973. 503 p.
- CADIER, E., FRETAS, B.J. de & LEPRUN, J., 1983. *Bacia Experimental do Sumé. Instalação e Primeiros Resultados*. Recife, SUDENE.
- CAMPOS, J.N.B. e LIMA, H.V.C.. "O início do inverno no Estado do Ceará e o dia de São José (19 de março): uma abordagem estatística. I Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - Recife, PE, nov. 1992 p. 253-260. Anais vol. 2.335 p.
- CAMPOS, J.N.B. 1984 "Um critério de seca agrícola e sua aplicação ao estado do Ceará". Boletim de Recursos Hídricos. n. 1. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 1984.
- CAREY, D.I., 1993, Development Based on Carrying Capacity – A Strategy for Environmental Protection, *in* Global Environmental Change, June, Butterworth – Heineman Ltd.
- CARVALHO, Otamar de; 1988. A Economia Política do Nordeste: Secas, Irrigação e Desenvolvimento. Editora Campus, Rio, 505 p.
- CATÁLOGO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Número XVII. 1994. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- CEARÁ. 1992, Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. SHH, Fortaleza.
- CEARÁ. SEMACE. 1992. *Ceará 92 – Perfil Ambiental e Estratégias*. Fortaleza.
- CEEIVASF, 1989, *Enquadramento dos Rios Federais da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Projeto Gerencial*, 002/80, Brasília.
- CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS, 1993. *Proposta de Enquadramento – Bacia Hidrográfica do Rio Joanes*. Salvador, Bahia.
- CENTRO DE RECURSOS AMBIENTAIS, 1993. *Proposta de Enquadramento – Bacia Hidrográfica do rio Subaé*. Salvador, Bahia.
- CEPAL, 1992, La Administracion de los Recursos Hidricos en America Latina y el Caribe, 91-12-1965.
- CHANG, Lisa H., Junsaker T & Draves John D. "Recente Research on effects of climate change on water resources". Water Resources Bulletin. Vol. 28 n. 2, American Water Resources Association. April 1992, p. 273-286.



- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE. 1987. "Our Common future". New York: Oxford University Press. 1987. 383 p.
- CONDEPE. 1982. Projeto Asa Branca: Avaliação e Sugestões. Secretaria do Planejamento de Pernambuco. Recife. 90 p. Mapas.
- CONSÓRCIO HIDROSERVICE – PRC ENGINEERING (1986) – Influência da Irrigação sobre a Geração de Energia Elétrica no Vale do Rio São Francisco – São Paulo.
- CONSÓRCIO HIDROSERVICE – PRC ENGINEERING (1985) – Plano de Ação para Irrigação do Nordeste Semi-Árido Complementada com Águas do Rio São Francisco, Relatório Final – São Paulo.
- CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA (1983) – Estudos de Alternativas de Traçado dos Sistemas Adutores para a Transposição de Água do Rio São Francisco para a Região Semi-Árida do Nordeste – Rio de Janeiro.
- CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA (1985) – Derivação de Água do Rio São Francisco para a Região Semi-Árida do Nordeste – Sistema Adutor Principal – Rio de Janeiro.
- CPRH, 1991. *Qualidade das Águas. Bacia do Rio Capibaribe*, Recife.
- CRUZ E MELO, F.A.F., 1968, *Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil*. Recife, SUDENE – Série Hidrogeológica, 19:147 pp.
- CRUZ E MELO, F.A.F., 1969, *Zoneamento Químico e Salinização das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil*. Recife, SUDENE. Bol. Rec. Nat., 7:1-4.
- CRUZ E MELO, F.A.F., 1974, *Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil*. Recife, SUDENE. Série Hidrogeológica, 19:124 p.
- DACACH, N.G., 1984, *Sistemas Urbanos de Esgoto*. Guanabara Dois, Rio de Janeiro.
- DIVISÃO DE ESTUDOS DO SISTEMA DE GERAÇÃO DA DIRETORIA DE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO DA CHESF (1984) – Impactos de Transposição de Águas do São Francisco no Sistema de Geração da CHESF.
- DUQUE, J.G., 1975, *Solo e Água no Polígono das Secas*. 4º ed., Fortaleza. DNOCS, Publicação 154, Série I-A:122 pp.
- DUQUE, José Guimarães. *Solo e Água no Polígono das Secas* "Coleção Mossoroense. Volume CXLII, 1980.
- FIPE; 1988; Projetos de irrigação. O Custo de Transformação Social. PRONI. São Paulo. 273p.
- FREIRE, C. *et al.*, 1983. Algumas Características Isotópicas e Químicas dos Aquíferos Superficiais e Profundos da Região de Iguatu - Ceará. *Revista Brasileira de Geociências*. 13(4).
- FROITZHEIM, A., FARIAS, J.C.M., DUTRA, P.R.J., E ALMEIDA, S.B. (1987) – Avaliação do Impacto da Utilização Alternativa das Águas do Rio São Francisco sobre o Sistema Hidrelétrico da Bacia – VII Simpósio de Recursos Hídricos.



- FUNCEME, 1992. *Áreas Degradadas Suscetíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará - Brasil*. In: ICID – Impactos de Variação Climática e Desenvolvimento e sustentável em Regiões Semi-Áridas, Fortaleza, 1992.
- GLEICK, P., 1989, Vulnerability of Water Systems in Climate Change and U.S. Water Resources, Ed. by Paul E. Waggoner.
- GLEICK, Peter H., “Vulnerability of water systems.” Capítulo in: P.E. Waggoner (ed.) “Climate Change on U.S. Water Resources.” New York, Willey, 1990.
- GOVERNO DO CEARÁ – 1992 – A Nova Política de Águas do Ceará – Secretaria de Recursos Hídricos – Ceará – V1.
- GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ, 1994. *Diagnóstico Preliminar sobre os Recursos Hídricos do Estado do Piauí*. Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Recursos Hídricos, Teresina.
- GRANZIERA, Maria Luiza, 1993. *Direito de Água e Meio Ambiente – Icone*, S. Paulo. 136 p.
- GUERRA, P. de B., 1981. *A Civilização da Seca*. Fortaleza, DNOCS.
- GUERRA, Phelippe, e Guerra, Theophilo. “Seccas Contra a Secca” Coleção Mossoroense vol. XXIX.
- HIDROPLAN S.A. (1982) – Estudo sobre a Transposição de Águas da Bacia do Rio Tocantins para o Nordeste Semi-Árido, Relatório Final – Rio de Janeiro.
- IBGE, 1988. Produção da Pecuária Municipal – 1988. Rio de Janeiro.
- IBGE, 1991. Censo Demográfico de 1991. Rio de Janeiro.
- IICA; 1994. Políticas de Desenvolvimento Sustentável no Nordeste Semi-Árido. Relatório, IICA; Brasília, 124 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1992. Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília.
- LARAQUE, A., 1989, *Simsal: Um Modelo de Previsão de Salinização dos Açudes no Nordeste Brasileiro* – VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vol. 2.
- LEAL, J.M., 1966, Estudo Geológico e Hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. Recife, SUDENE. *Série Hidrogeológica*, 7:24 pp.
- MAGALHÃES, .R., 1994, Projeto Áridas – Resumo Executivo, Brasília, DF.
- MAGALHÃES, A.R., 1994, *Um Estudo de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste Semi-Árido*. Seminário sobre a Economia da Sustentabilidade, Recife.
- MAGALHÃES, A.R. e GLANTZ, M.H. 1992. “Socioeconomic Impacts of Climate Variations and Policy response in Brasil. United Nations Environment programa, Secretaria do Planejamento do Estado do Ceará e Fundação Esquel do Brasil.
- MAGALHÃES, Antônio Rocha. 1994, Projeto Áridas – Resumo Executivo. Brasília, DF.



- MATOS, A.G., 1994 – Bases referenciais para um modelo de gestão do desenvolvimento sustentável do Nordeste, Recife.
- MAVIGNIER, A.L. 1992. *Estudo Físico, Químico e Bacteriológico do Rio Cocó*. Dissertação de Mestrado, Fortaleza, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará.
- MEDEIROS, I; SOUZA, I; 1988. A Seca do Nordeste: Um falso problema. Vozes. Petrópolis. 161 p. Anexo.
- MENTE, A. – 1983 – Mapa Hidrogeológico do Brasil – DNPM/MME – Brasília.
- MILLAR, Agustin; 1994. O Gerenciamento dos Recursos Hídricos e o Mercado de Águas – MIR/SEPLAN. Brasília. 177 p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/CODEVASF, 1988. Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco. RTE 86/16: Recursos Hídricos Superficiais. Brasília.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/CODEVASF, 1989. Plano Diretor para O desenvolvimento do Vale do São Francisco (1989-2000). Relatório Final. Brasília.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/CODEVASF, 1989. Plano Diretor para o Desenvolvimento da Irrigação. Brasília.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO REGIONAL (1994) – Edital nº 01/94 do MIR – SAG, para a elaboração do projeto básico das obras do projeto de transposição de águas do Rio São Francisco para regiões semi-áridas dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte – Brasília.
- MINTER/DNOCS, 1994. Relação de açudes públicos construídos pelo DNOCS por bacias. Fortaleza.
- MINTER. “Plano integrado para o combate preventivo das secas no Nordeste”. Série Desenvolvimento Regional nº 1, Brasília, abril de 1973.
- MINTER/SAÚDE; 1986. Programa de irrigação do Nordeste. PROINE. Recife, 304 p.
- MIR/SEPLAN; 1993. Seminário de Irrigação, Política de Águas e Implicações Legais. MIR; Brasília, 57 p.
- MIRANDA, R.N. – 1991 – Avaliação do Projeto NORDESTE e do Programa de Apoio ao pequeno Produtor – Rev. Econ. Nord. Fortaleza, v. 22. n.1/4. p. 9-45.
- MOTA, S. 1988. *Preservação de Recursos Hídricos*. ABES, Rio de Janeiro.
- MÜLLER, Sabine *et alli*. 1993, SOSTENIBILIDADE DE LA AGRICULTURA Y LOS RECURSOS NATURALES – Bases para Estabelecer Indicadores. IICA/GTZ, San José, C.R.
- NOBRE, Paulo. 1994, Cenários de mudanças climáticas sobre o Nordeste, Projeto Áridas.
- O’RIORDAN, T., 1971, Perspectives on resources, management. London.
- PAULINO, Francisco de Sousa. “Nordeste, poder e subdesenvolvimento sustentado discurso e prática.” Fortaleza: Edições UFC, 1992.



- PEREIRA *et al.*, 1990, *Qualidade de Água para Irrigação no Seridó - RN*. IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem.
- PESSOA, D., GALINDO, O. *et al.* – Fundação Joaquim Nabuco (1989) – Transposição do Rio São Francisco, A dimensão Sócio-Econômica – Editora Massangama – Recife.
- PFRAFSTETTER, O. 1983 – Operação Econômica dos Açudes do Nordeste – Rio de Janeiro.
- PLANVASF – 1985 – Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco – CODEVASF, Brasília.
- REBOUÇAS, A de C. – 1978 – Recursos Hídricos: As águas subterrâneas no Brasil – CNPq, Brasília.
- REBOUÇAS, A de C. e GASPARY, J. – 1971 – As águas subterrâneas do Nordeste: Estimativas Preliminares – SUDENE, Série Hidrogeologia nº 6, Recife.
- REDCLIFT, M., 1990, Sustainable Development – Exploring the Contradictions, Methuen, London.
- RODRIGUES, Célio; Do Gerenciamento de Recursos Hídricos à Gestão de Bacias Hidrográficas e do Desenvolvimento Sustentável. SEPLAN – PRISPA; Brasília, 31 p.
- SALATI, E., LEAL, J.M., MENDES CAMPOS, M., 1974, *Environmental Isotopes Used in Hydrogeological Study of Northeastern Brazil In: "Isotope Techniques in Groundwater Hydrology"* Vicua, IAEA, 1:259-283.
- SANTIAGO, M.M.F., 1984, *Mecanismos de Salinização em Regiões Semi-Áridas. Estudo dos Açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará*. Tese de Doutorado na Universidade de São Paulo.
- SCHMANDT, J., 1994, sustainable Development of Water Resources on the Texas – México Border (xerox), HARC, Texas.
- SCT, 1992, Relatório final – Comissão de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento do Nordeste, Brasília, DF.
- SECRETARIA DA IRRIGAÇÃO E AÇÃO FUNDIÁRIA/COHIDRO, 1994. Características Técnicas das Barragens da Ribeira, Governador Dionísio Machado e Jacarecica. Aracajú.
- SECRETARIA DE FAZENDO E PLANEJAMENTO, 1991. Açudes Públicos do Estado do Rio Grande do Norte. Características Físicas e Técnicas. Natal.
- SECRETARIA DE FAZENDO E PLANEJAMENTO, 1993. Inventário do Espelho D'água Superficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, Ciência e Tecnologia, 1985. Açudes Públicos da Bahia. Disponibilidades Hídricas em Reservatórios de Grande e Médio Porte. Salvador.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS; 1983. Projeto Canaã; O homem, a terra, água, a vida; diretrizes e metas. João Pessoa. 101 p.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS; 1994. Legislação sobre Sistema Integrado dos Recursos Hídricos do Ceará. SRH; 133.



- SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, 1992. Síntese dos Projetos de Irrigação, Barragens e Suporte Elétrico em algumas Áreas de Irrigação do Piauí. Teresina.
- SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, 1994. Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponibilidades Hídricas do Estado da Paraíba. Relatório Conclusivo. Campina Grande.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 1992. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Estudo de Base I. Fortaleza.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 1992. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Diagnóstico. Fortaleza.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 1992. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Atlas. Fortaleza.
- SEMATUR, 1991. *Diagnóstico dos Principais Problemas ambientais do Estado do Maranhão*, São Luís, Maranhão.
- SEPLAN/IICA. "Variabilidade Climática e Planejamento da Ação Governamental do Nordeste Semi-Árido – Avaliação da seca de 1993. Relatório Final. Brasília, 1994.
- SIQUEIRA, H.B. *et al*, 1982, Contribuição o Estudo Isotópico e químico dos Aquíferos da Região de Frecheirinha - Ceará. *Revista Brasileira de Geociências*.
- SOARES, Flávia Gama *et alli*. 1992, Avaliação do Impacto dos Programas de irrigação na Oferta de Energia Elétrica da Região Nordeste. CHESF, Recife.
- SOUSA, E.A., 1994, Contribuição a uma Interpretação do Conceito de Desenvolvimento Sustentável – documento para discussão, Projeto Áridas, Recife.
- SOUZA, João Gonçalves de, "O Nordeste Brasileiro: uma experiência de desenvolvimento regional" Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza, 1979 XXII, 410 p.
- SUDENE - 1979 - Recursos Naturais do Nordeste: Investigação e Potencial - Recife - SUDENE.
- SUDENE - 1980 - Plano de Aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil - Fase I. Recursos Hídricos I - Águas Subterrâneas - Vol. VII - Recife.
- SUDENE - 1986 - Programa de Irrigação do Nordeste - PROINE - Recife - SUDENE.
- SUDENE/BNB - 1985 - Avaliação do PROHIDRO e do Programa de Irrigação - Recife - SUDENE. Vol. 16.
- SUDENE, "Análise do Meio Físico e Regionalização" Texto, vol. 1. "Plano Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - Fase, Recife, 1980 p. 1-46.
- SUDENE, 1980, *Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil*. Fase I. Texto. Volume XIII, Recife.
- SUDENE, 1989, Estudos e Previsão da Qualidade da Água de Açudes do Nordeste Semi-Árido Brasileiro, *Série Hidrológica/26*. Recife.
- SUDENE, 1980. Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste: bases para uma política de águas. Síntese do Diagnóstico. Recife. 280 p.





SUDENE, 1983. Componente: Utilização de Recursos Hídricos. Relatório Final. Projeto Nordeste. Recife. 186 p.

TODD, D.H., 1959. *Hidrologia de Águas Subterrâneas*. 1ª ed., São Paulo, Edgar Blücher Ltda. 319 p.

TOMANIK, cid. 1976. Regime Jurídico das Águas Públicas. CETESB. S. Paulo. 149 p.

VIEIRA, V.P.P.B., 1992, Relatório - Seminário Técnico - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, ABRH/DAEE/FUNDAP, São Paulo.

VIEIRA, V.P.P.B., 1993. Ensino e Pesquisa em Recursos Hídricos, *in* Anais do XXI Congresso Brasileiro de ensino de Engenharia, 16 - 19 nov., ABENGE, Belo Horizonte.

VIEIRA, Vicente P.P.B.. 1994. Desenvolvimento Sustentável e Gestão de Recursos Hídricos no Nordeste Semi-Árido. XEROX. Fortaleza. 12 p.





ARIDAS



Ministério da
Integração Nacional

