

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea
para Aumento da Oferta Hídrica



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
Departamento de Hidrologia

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

**USO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA
PARA AUMENTO DA OFERTA HÍDRICA**



Autores

Frederico Cláudio Peixinho | João Alberto Oliveira Diniz



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

Rio de Janeiro
2019

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

José Leonardo Silva Andriotti

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Fernando Pereira de Carvalho

Diretor de Administração e Finanças

Juliano de Souza Oliveira

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Divisão de Hidrogeologia e Exploração

João Alberto Oliveira Diniz

■ RESUMO EXECUTIVO

A proposta aqui apresentada trata de ideias e sugestões de obras e pesquisas destinadas à prevenção às frequentes estiagens que historicamente assolam a região nordeste do Brasil, notadamente a grande área de 969.589 km² conhecida como Polígono das Secas ou Zona Semiárida.

Discute as formas históricas do enfrentamento das secas sob a ótica dos recursos hídricos, ao mesmo tempo em que sugere novas práticas e metodologias, com as quais se almeja incrementar de forma expressiva a disponibilidade hídrica atual.

Insero o problema hídrico de forma holística, ressaltando, além da simples ótica da engenharia, um contexto social e educacional, evidenciado pela necessidade da adoção de novos procedimentos, tanto técnicos quanto vinculados ao ordenamento institucional e ao treinamento dos moradores locais visando o melhor aproveitamento das intervenções propostas.

Entre as intervenções aqui sugeridas, destacam-se a implantação de rede estratégica de poços profundos, configurando-se como campos de produção de água subterrânea, a exemplo do conceito de campos de petróleo; a revitalização de poços e a execução de poços direcionais/inclinados nas rochas duras do embasamento cristalino; a estimulação de poços visando o aumento de suas produtividades; e o aproveitamento dos expressivos depósitos aluviais de ocorrência generalizada na área e que hoje são subaproveitados e a otimização das técnicas de dessalinização de águas. Não menos importante, e por isso também ressaltada, é a questão do funcionamento desses equipamentos, alguns dos quais se destinam a áreas sem energia elétrica, razão pela qual se sugere a utilização de fontes alternativas de energia, como a energia solar, tão abundante na região.

No total são propostas mais de 400 intervenções, abrangendo todas as ações mencionadas acima, com um custo total de R\$245.388.000,00 (duzentos e quarenta e cinco milhões e trezentos e oitenta e oito mil reais) que, ainda que pareça à primeira vista um investimento muito elevado, se torna irrisório, quando comparado ao desperdício que se faz com o uso dos caminhões-pipa.

Desta forma, esperamos estar contribuindo de forma efetiva para a mitigação dos efeitos decorrentes de evento tão frequente, que historicamente castiga grande parte da população de nosso país, bem como para o Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste (PRODNE).

1. INTRODUÇÃO

A seca no semiárido brasileiro é um fenômeno recorrente que se intensifica periodicamente. Os fatores causadores são bastante conhecidos, sendo o regime hidrológico, com baixa e irregular pluviosidade e alta evapotranspiração, associado às suas características geológicas, predominando as rochas duras e impermeáveis do embasamento cristalino, os principais fatores que originam o quadro de penúria hídrica, com elevados impactos nos campos econômico e social (Figura 1).

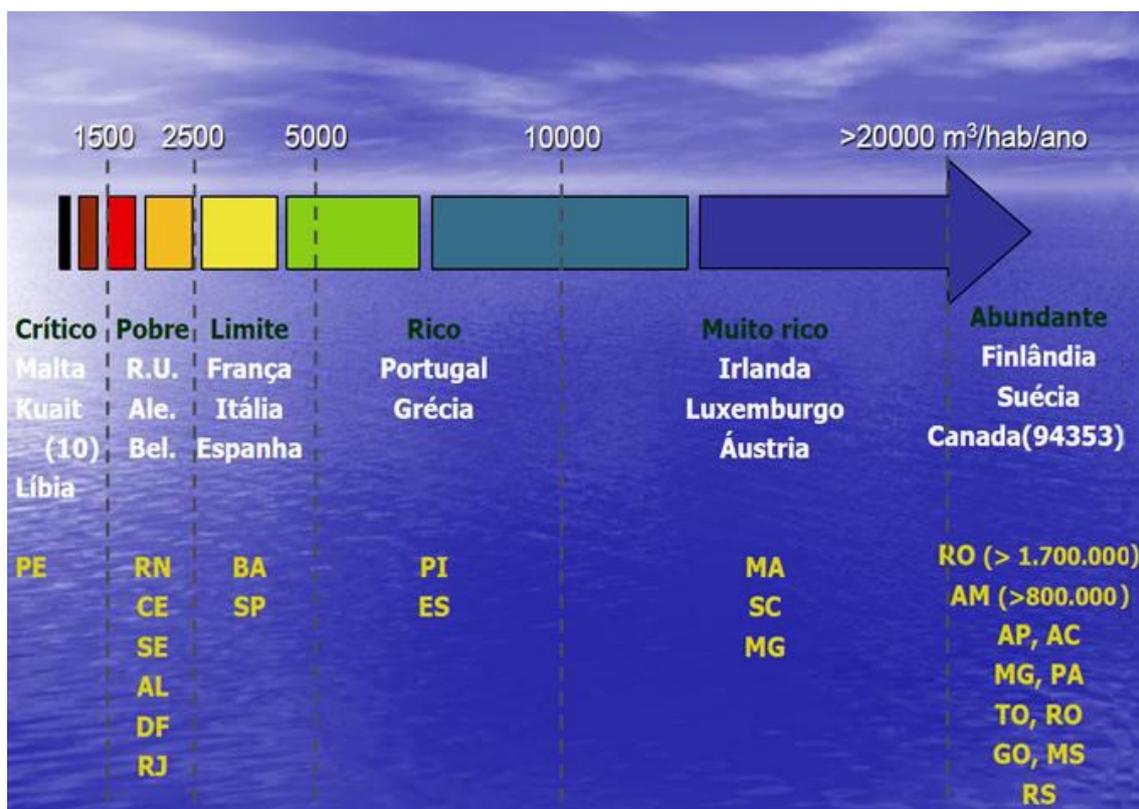


Figura 1: Disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil e no Mundo (Melfi, 2009)

Associam-se a estas características adversas a carência de informações hidrológicas e hidrogeológicas, essenciais para melhorar a efetividade da tomada de decisões.

Devido a sua expertise nos segmentos da hidrologia e hidrogeologia, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) sempre participou dos programas do Governo Federal voltados para minimizar os efeitos das estiagens e aumento de oferta hídrica da região semiárida. Na grande seca iniciada em 1998 a CPRM teve um importante papel, orientando atividades técnicas (locação de poços no cristalino e realização de testes de bombeamento) além de fiscalizar e aprovar as obras realizadas pelas diversas instituições envolvidas.

Desde então uma série de ações no segmento águas subterrâneas foram desenvolvidas pela CPRM no semiárido brasileiro, a começar pela estruturação de uma base consistente de informações, hoje materializada no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS. Esta base foi inicialmente alimentada através de exaustivos levantamentos de campo (cadastrros de poços) que varreram todo o semiárido brasileiro no período de 1998 a 2014. Os resultados destes esforços orientaram o desenvolvimento de diversas ações.

Dentre outras se destacam:

- i. Implantação de Sistemas Simplificados de Abastecimento, utilizando poços já existentes, desenvolvida entre 2004 e 2010;
- ii. Pesquisas e Estudos Hidrogeológicos, em diversas bacias sedimentares da região semiárida;
- iii. Implantação de Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas – RIMAS;
- iv. Mapeamento das ocorrências aluvionares sobre a área do embasamento cristalino do Nordeste Oriental (ao norte do Rio São Francisco) na escala 1:100.000;
- v. Desenvolvimento de um Programa de Cartografia Hidrogeológica, em ambiente SIG, no qual foram produzidos diversos mapas hidrogeológicos, repositórios de todo o conhecimento sobre os recursos hídricos subterrâneos, permanentemente disponíveis para consulta, atualizações e downloads, no site da instituição.

No ano de 2013, devido ao agravamento da crise hídrica, medidas emergenciais foram adotadas pelo Governo Federal visando o aumento da oferta de água, através de captações de água subterrânea. Foram incrementadas as perfurações de poços em rochas cristalinas, revitalizações e recuperações de poços existentes e a construção de poços profundos em bacias sedimentares captando os principais aquíferos regionais.

Neste período, o Serviço Geológico do Brasil ficou responsável pela construção de poços profundos, criando o projeto ***Implantação de Rede Estratégica de Poços no Semiárido Brasileiro–IREP***. Foram perfurados 24 poços de grandes vazões, com potencial de produção de 50 milhões de litros água/dia beneficiando 1 milhão de habitantes da região semiárida, a uma taxa de consumo de 50L/hab./dia.

Este projeto foi baseado na necessidade da implantação de fontes permanentes de abastecimento de água no semiárido, com qualidade adequada ao consumo humano, uma vez que os mananciais de superfície vinham passando por sucessivos colapsos e suas águas já não se adequavam às normas de potabilidade.

Neste contexto, ficou evidente que uma rede de poços estrategicamente distribuída, com vazões elevadas e águas de boa qualidade, poderia assegurar o abastecimento humano de parcela significativa da população, reduzindo custos com deslocamento e melhorando as condições de saúde pública no tocante as doenças de veiculação hídrica. A Figura 2 mostra a localização dos poços perfurados nesta iniciativa.

As locações dos poços foram conduzidas com o máximo rigor técnico, incluindo levantamentos de campo e utilização de todos os dados existentes - mapas hidrogeológicos, levantamentos geofísicos, bancos de dados (SIAGAS), mapas geológicos etc., além do conhecimento empírico dos hidrogeólogos da CPRM, muitos com mais de 30 anos de experiência na região.

Os alvos foram os grandes aquíferos existentes nas bacias sedimentares, acumuladoras de gigantescos volumes de água subterrânea.

Procurou-se, na medida do possível, posicionar os poços próximos as bordas dessas bacias, para viabilizar o transporte da água para a região de rochas cristalinas adjacentes, onde os efeitos da escassez se impõem com mais severidade.

Embora os poços profundos representem a melhor opção, no que se refere ao aumento de oferta de água, outras ações também se revestem de grande importância, principalmente quando se pensa em abastecimento dos rebanhos e das populações difusas no meio rural.

As rochas cristalinas produzem normalmente águas salinizadas, tendo uso limitado para abastecimento humano e normalmente necessitando passar por processos de dessalinização.

Apesar disto, programas de perfuração e revitalização de poços nesses locais assumem grande importância estratégica, devendo ser aperfeiçoados no que tange aos aspectos técnicos, a distribuição de recursos e ao atendimento social.

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

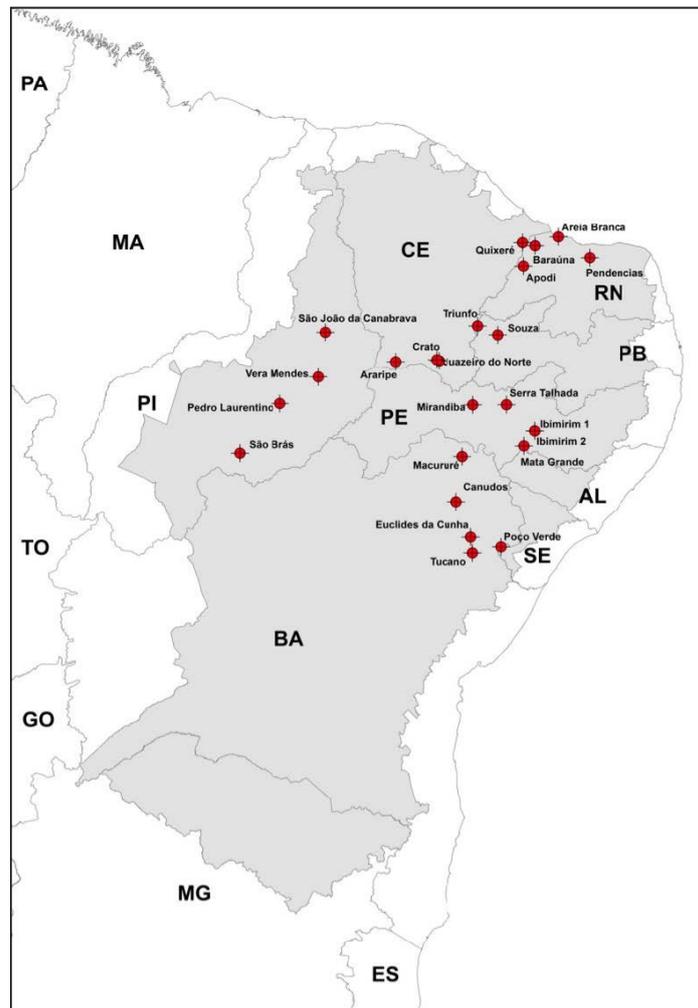


Figura 2: Os poços perfurados no projeto IREP

As águas subterrâneas contidas nos depósitos aluviais e nas delgadas coberturas sedimentares da área semiárida assumem também grande importância.

Considerando essas variáveis, o presente documento propõe a adoção de medidas estruturantes visando aumentar a oferta hídrica por fontes de água subterrânea, no semiárido nordestino.

As ações propostas se referem a perfuração de poços nas bacias sedimentares, perfuração e revitalização de poços em rochas cristalinas, construção de barragens subterrâneas nas aluviões, estimulação de poços para aumento da produção, implantação de centrais de dessalinização, experimentos da perfuração inclinada e estudos na bacia do Urucuia/rio São Francisco.

Considera-se, contudo, que para evitar problemas registrados em outras iniciativas desse porte, se faz necessário a adoção de algumas ações estratégicas, conforme descrito a seguir.

■ 2. PROGRAMA DE AÇÕES ESTRATÉGICAS – PAE

Visando viabilizar as ações propostas e com base na larga experiência adquirida em trabalhos semelhantes em todo o Nordeste, são propostas as seguintes ações estratégicas:

- a. Estabelecer uma rede de articulação envolvendo União, Estados e Municípios, de modo que as competências e responsabilidades de cada ator estejam definidas previamente, antes da implantação das ações de convivência com a seca;
- b. Dar continuidade a estruturação da Rede Estratégica de Poços do Semiárido Brasileiro, considerando-a como uma ação estruturante para a segurança hídrica regional, por meio de ajustes na ação realizada na 1ª fase, 2013/2014, e definindo um novo programa de construção de poços para aumentar a malha desta rede;
- c. Implantar em parceria com Instituições Federais (CODEVASF, DNOCS, SUDENE, etc.), Estados e Municípios novos programas de perfuração e revitalização de poços em rochas cristalinas, com caráter mais seletivo na distribuição de verbas e localização dos poços;
- d. Pesquisar e utilizar novas tecnologias com vistas ao aumento da produtividade dos poços em rochas cristalinas, com o uso de explosivos, acidificações, etc., e com a implantação de furos inclinados/direcionais;
- e. Implantar sistemas de dessalinização de águas, dentro de uma visão mais sistêmica, otimizando as vazões produzidas de águas dessalinizadas, diminuindo os custos e aumentando a eficiência dos sistemas implantados,
- f. Implantar em parceria com Instituições Federais (CODEVASF, DNOCS, etc.), Estados e Municípios um programa estruturante de construção de barragens subterrâneas, visando o aumento da reserva de água no subsolo.

■ 3. POLÍTICAS PÚBLICAS DE RECURSOS HÍDRICOS

Conforme a “Carta de Brasília”, oriunda do I Seminário Latino-Americano de Políticas Públicas em Recursos Hídricos, em 2004, a gestão da água deve ser realizada de modo abrangente, considerando-se os aspectos econômicos, legais, sociais, culturais e ambientais dos recursos hídricos.

No Brasil, a Política Nacional das Águas tem como principais objetivos:

- ✓ Assegurar, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequadas aos respectivos usos;
- ✓ A utilização racional e integrada dos recursos hídricos;
- ✓ A prevenção e a defesa contra eventos críticos.

Dentro desses princípios, os principais instrumentos dessas Políticas Públicas em desenvolvimento no semiárido brasileiro são:

- a. Construção de açudes;
- b. Perfuração de poços;
- c. Construção de cisternas rurais;
- d. Implantação de barragens subterrâneas (*);
- e. Dessalinização e aproveitamento de águas salobras;
- f. Reaproveitamento de águas servidas;
- g. Transporte de água a grandes distâncias

Desta forma, o presente documento se baseia estritamente nos preceitos da Política Nacional das Águas e propõe ações a serem executadas pela CPRM dentro de suas atribuições institucionais, as quais tem reconhecidamente elevado nível de excelência técnica e administrativa.

(*) Barragens subterrâneas são estruturas construídas nos leitos dos rios secos do sertão, onde ocorrem espessos depósitos aluviais (leitos de areia depositados pelo rio ao longo dos anos). Tem como principal vantagem a criação de depósitos de água protegidos de forte evaporação (pela proteção da cobertura das camadas de areia superiores) que ocorre na área e que normalmente consome toda a água armazenada em superfície, exposta à ação do sol. Normalmente se constrói um barramento transversal ao leito do riacho, através da escavação de seu leito e implantação de um septo impermeável no barramento (figura 3).



Figura 3: Etapas de construção de uma barragem subterrânea

4. JUSTIFICATIVAS

Em regiões áridas e semiáridas, que cobrem cerca de 30% da superfície terrestre (Figura 4), a renovação das águas subterrâneas e superficiais sofre com os baixos e irregulares índices pluviométricos. A contribuição efetiva das chuvas para a recarga é geralmente muito pequena, podendo até mesmo chegar a zero em alguns anos. A escassez de água é ainda agravada por grandes variações de um ano para outro.

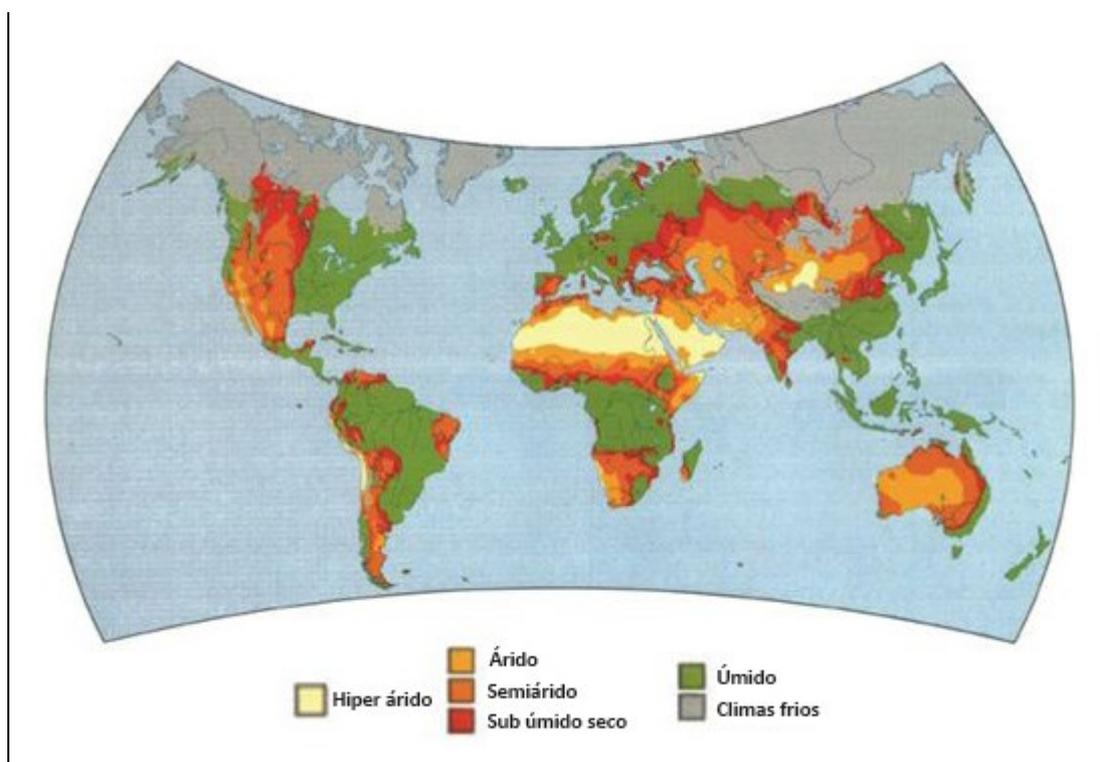


Figura 4: Distribuição das zonas semiáridas do mundo (Margat. & Van Der Gun, 2013J)

No semiárido, a água subterrânea é geralmente a principal, senão a única fonte de água, potencializando seu valor como recurso estratégico, apesar das frequentes restrições relativas à sua qualidade, geralmente salinizada. Em algumas regiões, como nas bacias sedimentares, as reservas de águas subterrâneas em aquíferos profundos constituem recursos muito significativos, podendo beneficiar milhares de pessoas.

A região semiárida do Brasil, normalmente referida como Polígono das Secas, abrange uma área de 982.563,3 km², 89,5% da qual se situa no nordeste. Abrange todos os seus Estados, com exceção do Maranhão. O Estado de Minas Gerais, situado na Região Sudeste, ocupa os 10,5% restantes (103.589,96 km²). A Região Semiárida é delimitada com base na isoietta de 800 mm, no Índice de Aridez de Thornthwaite

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

de 1941 (índice de até 0,50) e no Risco de Seca (superior a 60%). Sua população é da ordem de 28 milhões de habitantes, 38% da qual reside na zona rural.

A Figura 5 mostra o polígono das secas e suas diferentes condições de vulnerabilidades as estiagens (INSA, 2014).

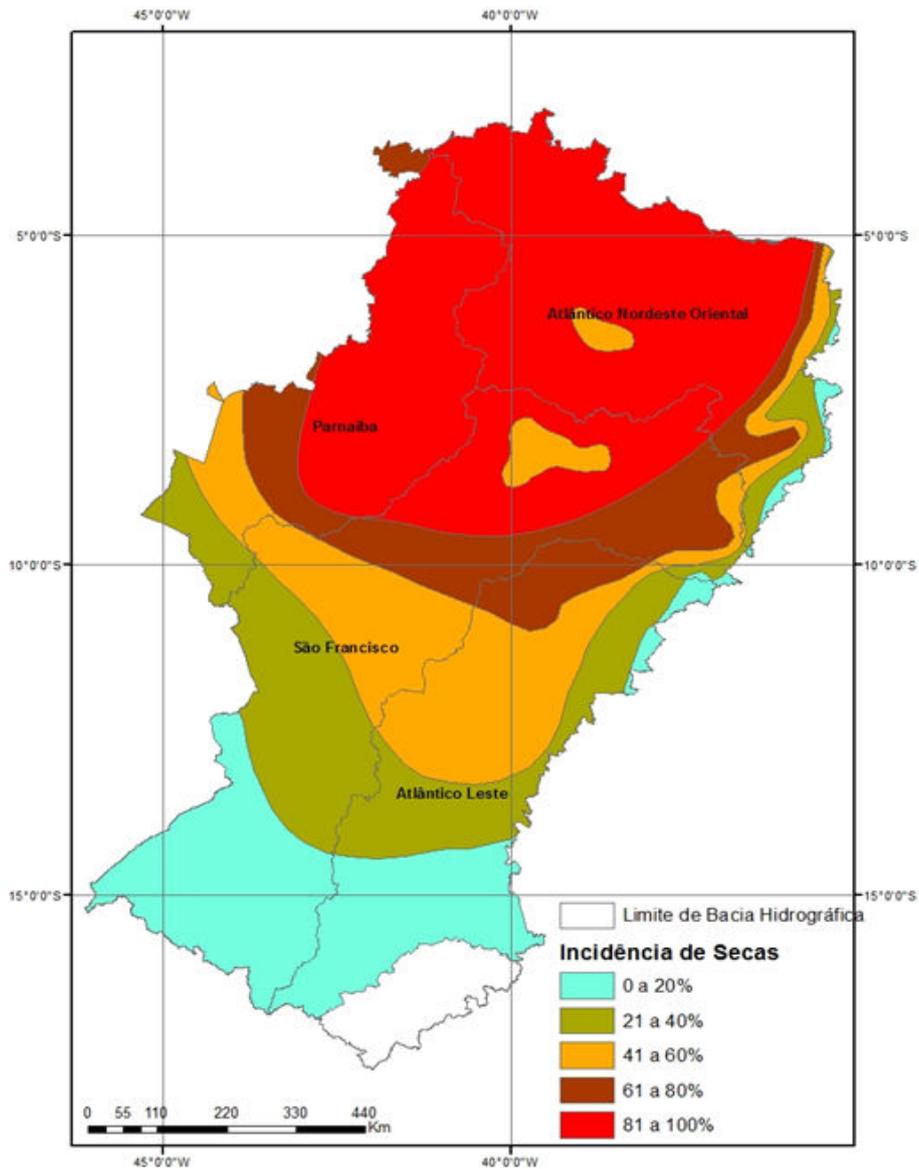


Figura 5: O Polígono das Secas, regiões hidrográficas e susceptibilidade as estiagens

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

Na figura 6 se mostra as características geológicas do Nordeste e do polígono das secas. Nota-se que o Maranhão se situa completamente fora do Polígono das Secas, enquanto que no Piauí, mais de 80% de seu território se localiza nesta zona semiárida.

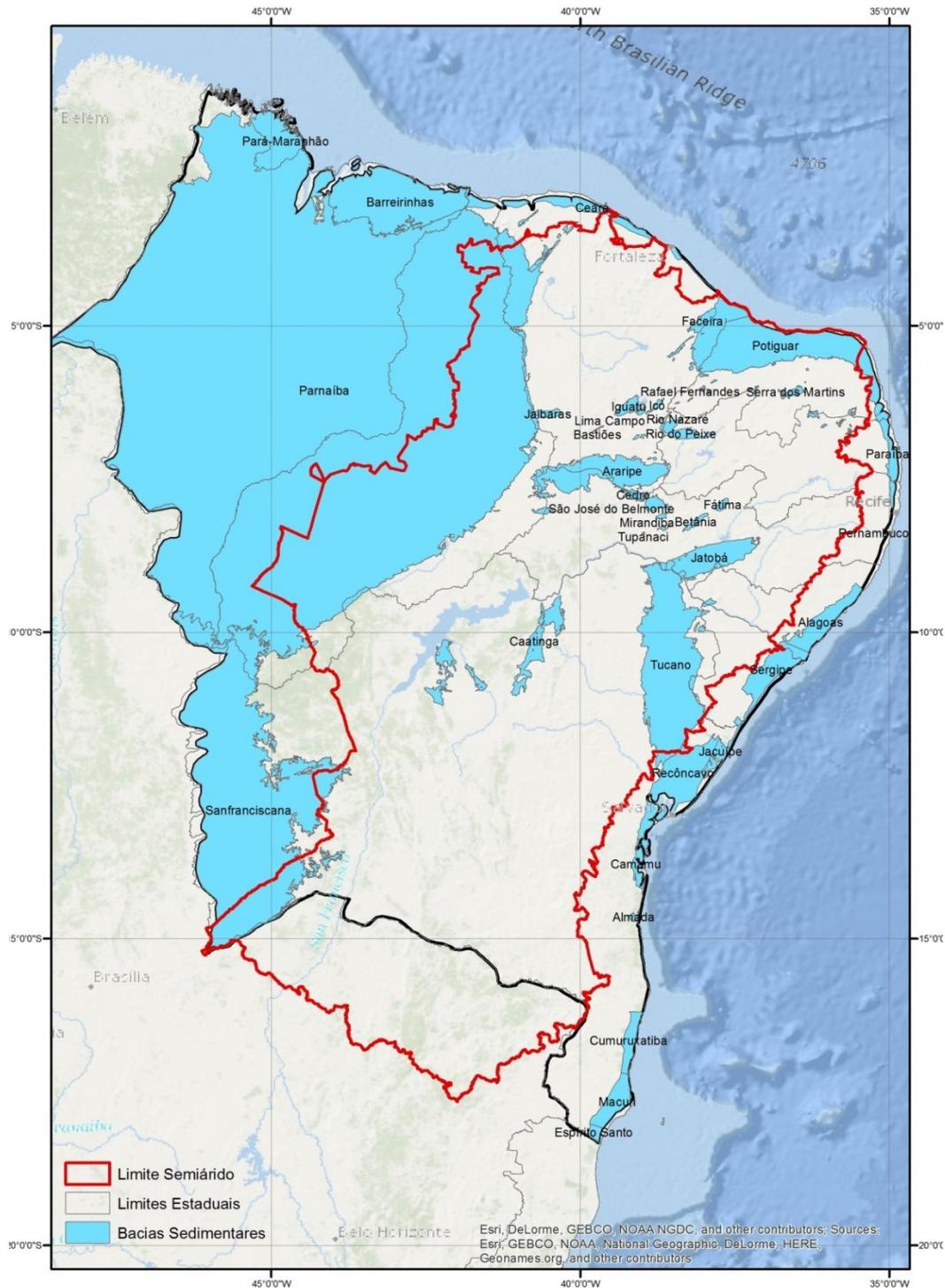


Figura 6: Domínios hidrolitológicos do Nordeste

■ 5. OBJETIVOS

O **objetivo principal** desta proposta é a execução de pesquisas e obras visando o aumento da oferta hídrica na região semiárida do nordeste brasileiro, nas áreas mais atingidas pela seca, nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.

A proposta contempla o levantamento de informações básicas, atualização da base municipal de cadastro de poços, a implantação de campos de produção de água a partir da perfuração de poços, perfuração e revitalização de poços em terrenos cristalinos, a construção de barragens subterrâneas, a estimulação de poços (por carga explosiva ou faturamento hidráulico), a perfuração de poços inclinados no cristalino, a implantação de centrais de dessalinização para tratamento de água salgada produzida por vários poços e estudos na bacia do Urucuia, visando o aumento da oferta hídrica e a manutenção das vazões de base do rio São Francisco.

Dentro desse objetivo principal, existem **objetivos secundários**, porém não menos importantes, ressaltando-se entre eles as ações voltadas para conscientização sobre a preservação, conservação e gerenciamento das fontes de abastecimento, envolvendo a população local e os agentes públicos responsáveis pela operação e manutenção dos sistemas de abastecimento.

5.1. MACRODIRETRIZES

As ações ora propostas, previstas para execução em toda a região do Polígono das Secas, estão compostas pelas seguintes linhas de estudos e serviços, que representam suas diretrizes principais:

5.1.1. Bacias Sedimentares

As ações a serem desenvolvidas nas bacias sedimentares localizadas no Polígono das Secas, contemplam a implantação de Rede Estratégica de Poços – IREP (Campos de Água), através da perfuração de 50 novos poços para produção de água em grandes volumes e boa qualidade físico-química (ver item 6.1.4).

5.1.2. Rochas Cristalinas

Perfuração de 200 novos poços e Revitalização de 340 sistemas simplificados de abastecimento, distribuídos em todo o semiárido. De forma resumida, inclui as seguintes atividades: seleção dos municípios que serão beneficiados, identificação de demandas junto a Prefeituras e usuários de água subterrânea (definição das pessoas beneficiadas), cadastro dos poços e sistemas de abastecimento por água subterrânea, identificando os passíveis de recuperação e/ou revitalização, elaboração do projeto executivo para recuperação e/ou revitalização, formalização do processo de responsabilidade para operação e manutenção do sistema de

abastecimento, execução dos serviços de recuperação e/ou revitalização do poço/unidade de bombeamento/sistema de abastecimento, realização de campanhas de capacitação da população local visando a conservação, operação e manutenção dos equipamentos, conscientização ambiental e manejo hídrico.

Visando a melhoria no atendimento àquelas populações localizadas em áreas que não disponham de eletrificação rural, devem ser implantados o uso de painéis solares de pequeno porte para acionamento dos equipamentos de bombeamento de água a serem instalados.

5.1.3. Depósitos Aluvionares

Construção de 24 barragens subterrâneas de grande capacidade de armazenamento, a partir da seleção de áreas favoráveis à construção, utilizando ferramentas de geoprocessamento, geofísica, sondagem a trado/barra-mina, cadastro de poços, medidas de salinidade, estudo de fraturas, etc. Mobilização e organização social. Formalização do processo de responsabilidade para operação e manutenção e monitoramento. Construção da barragem, podendo incluir poço(s) de captação, sistemas de dessalinização, reservatórios e implantação de poços de monitoramento.

5.1.4. Utilização de novas tecnologias para o aumento da oferta hídrica

Os primeiros trabalhos sobre o meio fraturado originaram-se nas décadas de 1960 e 1970, envolvendo estudos de caráter eminentemente regional, publicados nos periódicos da SUDENE (Série Hidrogeologia) e da sua subsidiária, CONESP (Revista Águas Subterrâneas). Via de regra, buscavam identificar quais fatores teriam importância bastante para influenciar as produtividades dos poços.

Até hoje, todas as pesquisas realizadas na área se baseiam nos pressupostos ali estabelecidos, sem grandes inovações, salvo tímidas iniciativas isoladas, como os levantamentos aerogeofísicos magnetométricos e eletromagnetométricos realizados pela CPRM no projeto PROASNE.

Criou-se o conceito de “*riacho fenda*” (Siqueira, 1967), segundo o qual, trechos retilíneos de drenagens coincidiriam com zonas fraturadas, fazendo com que as fendas fossem recarregadas pelos mesmos. “Cotovelos” e trechos retilíneos de drenagens seriam então locais favoráveis, identificáveis em fotografias aéreas e imagens de satélite, sendo corroborados quando subsidiados por intenso fraturamento nos afloramentos, compatível com a orientação da drenagem.

Apesar da adoção deste critério para locação dos poços no cristalino, devido ao fato das fraturas no Nordeste serem preferencialmente subverticais e que os poços não podem ser locados dentro das calhas dos rios, nem sempre as captações interceptam essas fendas, resultando em inúmeros poços secos. A perfuração de poços direcionais/inclinados, como mostrado na Figura , poderia solucionar o problema.

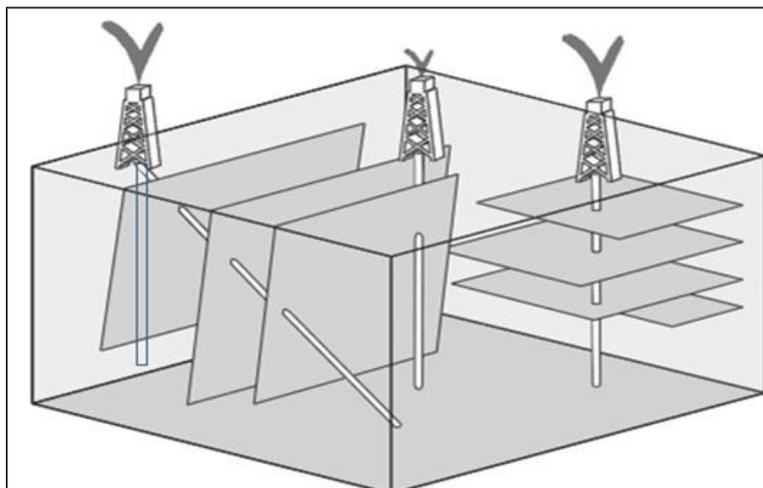


Figura 7: Furo inclinado visando interceptar fraturas verticais

Sob tais condições o Serviço Geológico do Brasil propõe a execução 20 perfurações inclinadas e a utilização de tecnologias de estimulação de 20 poços, através do uso de cargas explosivas e/ou por meio de faturamento hidráulico. Procedimentos desta natureza, conduzidos em diferentes áreas do semiárido mostraram resultados animadores, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Estimulação de poços em Cachoeirinha – PE e Jaíba - MG

Nº	Q/s antes da Estimulação (m ³ /h/m)	Q/s depois da Estimulação (m ³ /h/m)	Variação na Produtividade (%)	Local
1	0,0612	0,1332	117,6	Jaíba - MG
2	9,9	20,16	103,6	
3	0,4464	1,08	141,9	
4	0,5724	0,054	-90,6	
5	0,0288	0,188	312,5	
6	0,06084	0,063	3,5	
7	0,0828	0,0396	-52,2	
8	0,0411	0,124	201,7	Cachoeirinha - PE
9	0,0202	0,0369	82,6	
10	0,0123	0,98	7867,4	
11	0,359	0,762	112,2	
12	0,565	0,28	-50,4	
13	1,04	1,623	56,1	

Se propõe a instalação de 5 (cinco) centrais de dessalinização, reunindo a produção de vários poços de águas salinizadas, com a intenção de transformar o sistema de dessalinização em verdadeiras fábricas de água potável. Será estudada a conveniência da utilização de centrais portáteis de dessalinização. Considerando o

agrupamento de poços salinizados e todos bombeando para um único reservatório, apenas um dessalinizador, de maior porte, produziria um volume muito maior de água tratada, facilitando a operação e manutenção do sistema, a um custo menor. Com este procedimento se espera solucionar vários problemas de ocorrência comum, como falta de manutenção, desinteresse de prefeituras municipais, etc., que determinam o abandono de muitas desses equipamentos.

5.1.5. Projeto Urucuia

Propõe-se a realização, na Bacia do Urucuia, de estudos e experimentos que permitam a quantificação de reservas, a contribuição para o rio São Francisco e a caracterização de todos os problemas referentes a recarga e uso deste importante sistema aquífero. Pretende-se com tais atividades, garantir a manutenção do pujante polo de agronegócios instalado na região, o atendimento da demanda hídrica da bacia do médio e baixo São Francisco e a manutenção do equilíbrio ecológico e ambiental do rio São Francisco, com importância estratégica para seu projeto de revitalização. Convém lembrar que ao nível atual do conhecimento, admite-se que as águas liberadas por esse aquífero representem 80% de todo o volume hídrico afluyente à barragem de Sobradinho nos períodos de secas.

■ 6. DETALHAMENTO DOS SUBPROGRAMAS DE AÇÕES

6.1. BACIAS SEDIMENTARES - IMPLANTAÇÃO DE REDE ESTRATÉGICA DE POÇOS – IREP (CAMPOS DE ÁGUA)

Constituem zonas de exploração de águas subterrâneas de forma tecnicamente controlada, através da construção de poços de grandes vazões nas bacias sedimentares e seu transporte a custos competitivos para outras regiões com poucos recursos hídricos. Adicionalmente, aqui, se propõe também “semear água” em outros locais, onde este transporte seja inviável, por características técnicas, econômicas ou de logística.

Isto implica na inclusão de novas reservas, existentes em diferentes situações hidrogeológicas, de ocorrências naturais, ou que possam ser criadas pelo homem. Constitui-se, indiscutivelmente, na melhor alternativa complementar para suprir a escassez hídrica do semiárido.

A proposta da implantação de campos de água em bacias sedimentares apresenta grande viabilidade técnica, conforme os pressupostos abaixo:

- a. Possibilidade de definir vazões ideais para os poços/bateria de poços, sem danos para os reservatórios;
- b. Existência de grandes reservas hídricas armazenadas nessas áreas, pouco afetadas pelas variações climáticas sazonais;
- c. Os aquíferos não sofrem assoreamento nem perdem grandes volumes de água por evaporação;
- d. As captações podem ser construídas onde ocorrem as demandas;
- e. Desde que haja monitoramento dos níveis de água, a exploração pode ser feita sem riscos excessivos.
- f. Baixo custo de implantação e operação, quando comparado a outras alternativas possíveis.

A viabilidade econômica é ressaltada na medida em que se tem garantida a vazão de exploração nas diferentes áreas, sendo possível se estabelecer distâncias de transporte viáveis, do ponto de vista econômico, definir áreas para a implantação dos projetos definitivos e a quantidade de poços, piezômetros, rede de adutoras, energia etc.

6.1.1. Meta

Perfuração e Instalação de 50 (cinquenta) poços profundos em bacias sedimentares dos estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí.

6.1.2. Especificação do produto

Perfuração de poços profundos locados com base em estudos hidrogeológicos, incluindo obras complementares de instalação da unidade de bombeamento, eletrificação, construção de reservatórios e adução (quando necessário)

6.1.3. Expectativa de vazão

105.600.000 (cento e cinco milhões e seiscentos mil) litros diários de água de boa qualidade a uma taxa de bombeamento de 20 horas/dia.

6.1.4. População beneficiada

2.112.000 (dois milhões e cento e doze mil) pessoas, considerando o consumo de 50 litros/habitante/dia.

6.1.5. Período de execução

2020 / 2022

6.1.6. Custos

R\$ 173.882.000,00 (cento e sessenta e três milhões, oitocentos e oitenta e dois mil reais). Inclui os serviços de perfuração, instalação e eletrificação dos poços, construção de reservatórios e adutoras de pequena extensão, conforme mostrado na Tabela 2 e na Tabela 3, mostradas a seguir (No anexo 1 mostra o cronograma físico previsto para estas atividades).

Tabela 2: Custos envolvidos na perfuração dos 50 poços

Especificação	Quantidade	Valor Estimado(R\$)
Planejamento, estudos e locação dos poços	50	300.000,00
Projetos executivos e processos licitatórios	50	400.000,00
Acompanhamento técnico e fiscalização (CPRM)	50	1.600.000,00
<i>Perfuração e instalação dos poços</i>	<i>50</i>	<i>93.770.000,00</i>
<i>Eletrificação</i>	<i>50</i>	<i>1.500.000,00</i>
<i>Construção de reservatórios</i>	<i>50</i>	<i>16.312.000,00</i>
<i>Adutoras</i>	<i>Onde necessário</i>	<i>50.000.000,00</i>
<i>Grupos geradores de 50 K</i>	<i>Onde necessário</i>	<i>10.000.000,00</i>
Total	50	173.882.000,00

Obs.: Eletrificação (CHESF), Adutoras (Estados), Reservatórios e Grupo Gerador (DNOCS)

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

Tabela 3: Detalhamento do planejamento inicial para a perfuração dos poços

Estado	Bacia/Aquífero	Poços				Valor Total (R\$) Perfuração e instalação	Vazão Total Prevista (litro/h)
		Quant.	Prof. (m)	Valor Unitário (R\$)	Vazão Prevista p/ Poço (litro/h)		
BA	Sanfranciscana/Uruçuia	5	400	2.305.000,00	400.000	11.525.000,00	2.000.000
	Tucano/Ilhas/São Sebastião	8	400	2.305.000,00	100.000	18.440.000,00	800.000
AL	Jatobá/Tacaratu	2	400	2.305.000,00	50.000	4.610.000,00	100.000
PE	Jatobá/Tacaratu	2	400	2.305.000,00	50.000	4.610.000,00	100.000
	Mirandiba/Tacaratu	2	400	2.305.000,00	100.000	4.610.000,00	200.000
	Fátima/Tacaratu	2	400	2.305.000,00	100.000	4.610.000,00	200.000
	S. Jose do Belmonte/Tacaratu	2	400	2.305.000,00	100.000	4.610.000,00	200.000
	Betânia/Tacaratu	1	400	2.305.000,00	100.000	2.305.000,00	100.000
	Carnaubeira	1	400	2.305.000,00	50.000	2.305.000,00	50.000
	Cedro	1	400	2.305.000,00	50.000	2.305.000,00	50.000
	Araípe/Missão Velha	3	750	3.435.000,00	100.000	10.305.000,00	300.000
PB	Rio do Peixe	10	100	187.000,00	8.000	1.870.000,00	80.000
CE	Araípe/Missão Velha	2	700	3.453.000,00	100.000	6.906.000,00	200.000
RN	Potiguar/Açu	2	700	3.453.000,00	100.000	6.906.000,00	200.000
PI	Parnaíba/Serra Grande/Cabeças	7	700	3.453.000,00	100.000	24.171.000,00	700.000
Total Geral		50		50		110.088.000	5.280.000,00

No ANEXO 1 mostra o cronograma físico previsto para essas atividades.

6.2. EMBASAMENTO CRISTALINO

Atendimento hídrico às pequenas populações rurais dispersas no semiárido nordestino

6.2.1. Meta

Perfuração e Recuperação de poços em terrenos fraturados (cristalino e calcário) nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí.

6.2.2. Especificação do produto

Perfuração de 225 poços (25 em cada estado) locados com base em estudos hidrogeológicos e recuperação de 315 poços (35 em cada estado), incluindo obras complementares de instalação da unidade de bombeamento, eletrificação, construção de reservatórios, dessalinizadores e adução (quando necessário).

6.2.3. Expectativa de vazão

15.000.000 (quinze milhões) litros diários de água (doce e salobra) a uma taxa de bombeamento de 20 horas/dia.

6.2.4. População beneficiada

300.000 (trezentos mil) pessoas, considerando o consumo de 50 litros/habitante/dia.

6.2.5. Período de execução

2020 - 2022

6.2.6. Custos

R\$ 20.000.000,00 (vinte milhões de reais), incluindo os serviços de perfuração, instalação, dessalinização e eletrificação dos poços, construção de reservatórios e adutoras de pouca extensão. São previstas também instalações de painéis solares para eletrificação em locais ermos.

A Tabela 4 mostra a discriminação dos custos previstos e o ANEXO 2 apresenta o cronograma físico previsto.

Tabela 4: Custos previstos

Especificação	Quantidade de poços	Valor Estimado (R\$)
Planejamento, Estudos e locação dos poços	270	350.000,00
Projetos executivos e processos licitatórios	270	450.000,00
Acompanhamento técnico e fiscalização (CPRM)	270	1.200.000,00
Perfuração e instalação dos poços com reservatórios	160	6.300.000,00
Recuperação e instalação dos poços com reservatórios	80	3.000.000,00
Eletrificação (inclusive com painéis solares)	250	1.800.000,00
Instalação de dessalinizadores e obras complementares	10	1.700.000,00
Adutoras	a definir	5.200.000,00
Total		20.000.000,00

6.3. DEPÓSITOS ALUVIONARES - IMPLANTAÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

Os depósitos aluvionares ocorrem de forma dispersa por toda a área do semiárido, constituindo coberturas de modestas espessuras, mas que, devido à sua alta porosidade e recarga instantânea a partir das precipitações pluviométricas, aliadas à baixa evaporação de suas águas, adquirem extrema importância localizada. De acordo com Rebouças e Gasparly (1966), seus recursos explotáveis se situam entre 1 e 2 bilhões de metros cúbicos anuais.

Pesquisa desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil no projeto PROALUV figura 8, na porção norte - oriental da região semiárida nordestina, mostra uma estimativa das áreas de ocorrência desses depósitos.

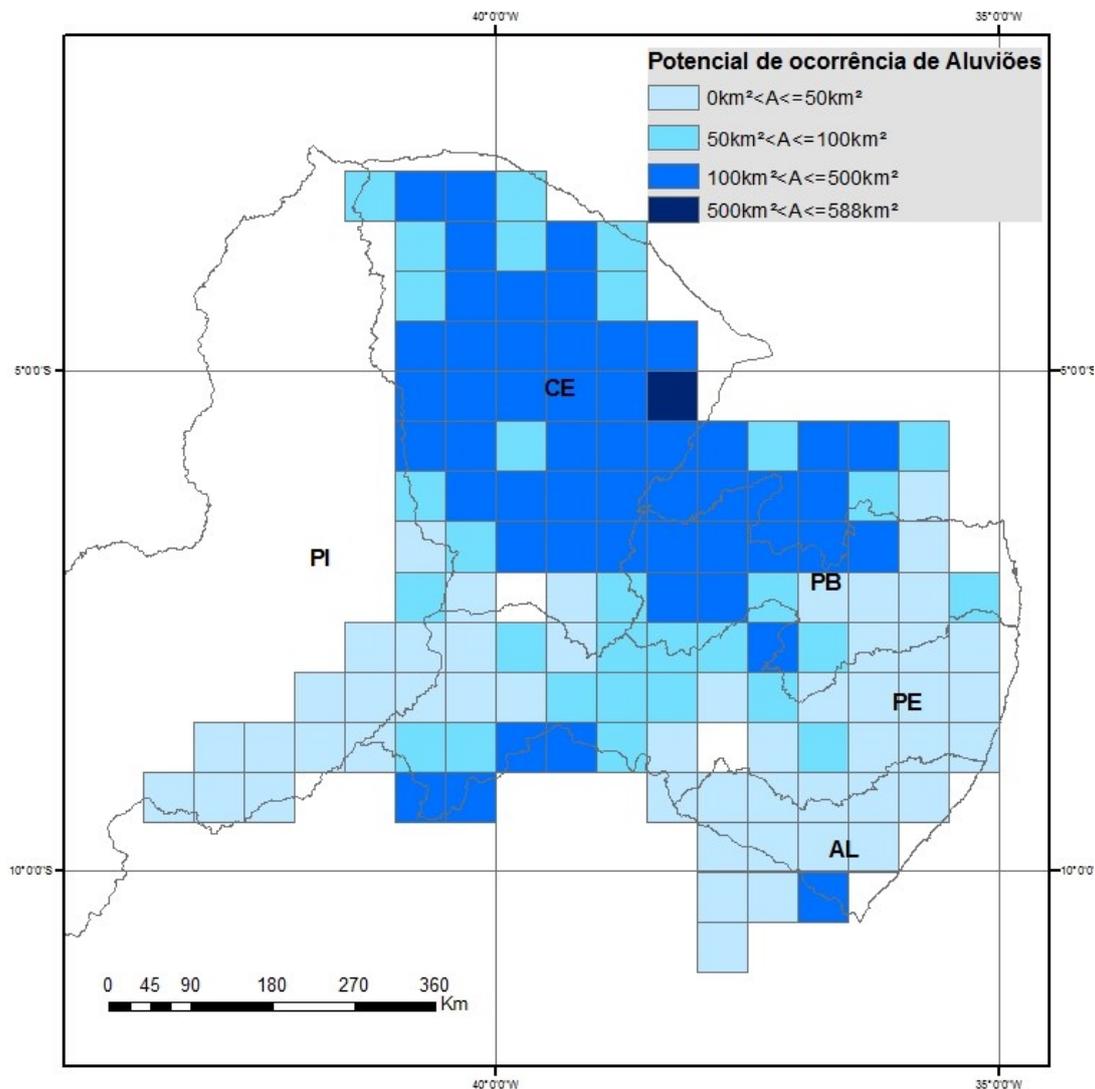


Figura 8: Ocorrência de depósitos aluvionares no nordeste oriental

Neste tipo de depósito, a construção de barramentos subterrâneos frequentemente se constitui como a forma mais efetiva de aumentar as reservas hídricas disponíveis e tem sido utilizado com grande sucesso.

Para construção dessas barragens subterrâneas será utilizada a combinação de informações obtidas no PROALUV com a utilização de ferramentas de geoprocessamento, levantamentos geofísicos e hidrogeoquímica. Dados básicos de campo, tais como, sondagem a trado e barra-mina, cadastro de poços, testes de infiltração *in situ*, medidas de salinidade, entre outros, serão utilizados para a mais completa caracterização do local selecionado para a construção da obra. O resultado desejado é a formulação de modelo de fluxo subterrâneo e de qualidade de água em uma determinada drenagem, capaz de suportar a construção de uma ou várias barragens.

6.3.1. Meta

Locação e construção de barragens subterrâneas distribuídas por todos os Estados da região semiárida, utilizando os seguintes critérios de locações:

- ✓ Seleção de bacia hidrográfica com área maior que 50 km²;
- ✓ Depósitos aluvionares com espessura superior a 3,5 m;
- ✓ Calha de drenagem com largura superior a 40 m;
- ✓ Talvegue máximo de 10 m de profundidade, para uso de escavadeiras;
- ✓ Demanda de utilização da reserva de água definida, e com responsável pela operação e manutenção;

6.3.2. Especificação do produto

Construção de 24 (vinte e quatro) barragens subterrâneas. Para tanto, devem ser obedecidos os seguintes critérios:

- i. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e GIS na seleção prévia das áreas;
- ii. Confirmação em campo das áreas interpretadas nas imagens, com levantamento geofísico e sondagem a trado ou barra-mina, visando à definição das seguintes questões:
 - Influência da espessura e natureza dos sedimentos aluviais, dentro da barragem;
 - Relação com a topografia do terreno;
 - Ocorrência de fraturas no substrato cristalino e possibilidades do aproveitamento;
 - Distância mínima ideal entre duas barragens sucessivas, quando localizadas em um mesmo vale;
 - Análise do comportamento hidráulico, entre barragens com o mesmo divisor d'água;
 - Evolução do processo de evaporação e o monitoramento do nível d'água;
 - Relacionamento da salinização com o tempo de permanência da água subterrânea e o número de barragens em um mesmo vale;
 - Melhor processo operacional quanto ao fluxo requerido para minimizar a salinização;
 - Condições de recarga e renovação da água;
- iii. Construção das barragens e estrutura de monitoramento
 - Escavação da trincheira ou vala;

- Instalação de lona plástica, para impermeabilização;
- Construção de um poço amazonas a montante do septo impermeável, na parte mais profunda da trincheira, para produção e monitoramento;
- Preenchimento do espaço entre as paredes da trincheira e o septo;
- Construção de piezômetros, a montante da barragem, com distancias de 100m e 200m da barragem, para monitoramento do nível d'água;
- Construção de outros poços de produção ou monitoramento, se necessário;
- Instalação de sistema de abastecimento.

Caso sejam necessárias instalações de dessalinizadores, seu dimensionamento ocorrerá em etapa posterior, após o enchimento da barragem e caracterização da água reservada.

- iv. Treinamento da população local em ações sociais e ambientais para o gerenciamento do uso das barragens.

6.3.3. Expectativa de vazão

1.800.000 (um milhão e oitocentos mil) litros diários de água, a uma taxa de bombeamento de 20 horas/dia.

6.3.4. População beneficiada

36.000 (trinta e seis mil) pessoas, considerando o consumo de 50 litros/habitante/dia.

6.3.5. Período de execução

24 (vinte e quatro) meses, entre 2020 e 2021.

6.3.6. Custos

Estima-se um custo total de R\$2.942.400,00 (dois milhões, novecentos e quarenta e dois mil e quatrocentos reais) para todas as atividades previstas, conforme mostrado na Tabela 5 e no ANEXO 3 o cronograma físico previsto.

Tabela 5: Custos previstos

Atividade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	População Beneficiada (hab.)
Planejamento - licitações/contratações	700,00	16.800,00	36.000
Interpretação de Imagens de satélite	1.900,00	45.600,00	
Estudos geológicos e hidrológicos	8.360,00	200.640,00	
Serviços de campo para seleção da área	9.890,00	237.360,00	
Construção das barragens	52.150,00	1.251.600,00	
Ações sociais e ambientais	16.000,00	384.000,00	
Monitoramento da operação e do uso	33.600,00	806.400,00	
Totais	122.600,00	2.942.400,00	

6.4. RECARGA ARTIFICIAL

Execução de experimentos em áreas selecionadas, a partir da formação de bacias de infiltração, permitindo a infiltração de água no subsolo, com finalidade específica de aumentar o volume de água armazenada no aquífero fraturado e/ou em pequenas coberturas sedimentares ou aluvionares. Trata-se de um procedimento complementar à recarga pluviométrica natural. Constitui-se em uma tecnologia de grande importância que, uma vez comprovada poderá ser replicada em milhares de situações no semiárido, podendo ser compreendida com a semeadura de água subterrânea.

6.4.1. Meta

Desenvolvimento de experimentos de recarga artificial em 6 (seis) áreas selecionadas no trópico semiárido brasileiro.

6.4.2. Especificação do produto

Construção de implúvios visando a melhoria das condições de infiltração da água para o subsolo no polígono das secas.

6.4.3. Expectativas de vazão

Espera-se a melhora das condições de armazenamento de água subterrânea com esta prática, com um incremento de vazão estimado de cerca de 750.000L diários de água.

6.4.4. População beneficiada

De acordo com as expectativas de vazão, se admite beneficiar diretamente uma população de 15.000 (quinze mil) pessoas.

6.4.5. Período de execução

18 (dezoito meses), entre 2020 e 2021.

6.4.6. Custos

O custo total estimado nesta atividade é de R\$480.000,00 (quatrocentos e oitenta mil reais), conforme mostrado na Tabela 6. O ANEXO 4 mostra o cronograma físico proposto.

Tabela 6: Custos previstos

Atividade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	População Beneficiada (hab.)
Planejamento - licitações/contratações	3.000,00	18.000,00	15.000
Seleção de áreas favoráveis (06)	6.800,00	40.800,00	
Construção das barragens de infiltração	36.000,00	216.000,00	
Construção de mecanismos de recuperação	12.000,00	72.000,00	
Construção de sistemas de reservação	8.000,00	48.000,00	
Monitoramento - precipitação / infiltração	2.500,00	15.000,00	
Gerenciamento / Sustentabilidade / Disseminação	11.700,00	70.200,00	
Totais	80.000,00	480.000,00	

6.5. USO DE NOVAS TECNOLOGIAS

Sob esta denominação se inclui a pesquisa, desenvolvimento e implantação de ações atualmente não usuais no semiárido, mas que tem potencialmente grande importância no fortalecimento de sua infraestrutura hídrica, como a estimulação de poços, as centrais de dessalinização e a perfuração de poços inclinados/direcionais.

6.5.1. Estimulação de poços por cargas explosivas e/ou faturamento hidráulico

A estimulação em poços localizados em terrenos cristalinos consiste na utilização de processos capazes de trazer como consequência o aumento de sua capacidade de produção. Podem ser utilizadas diversas técnicas para o aumento do grau de fraturamento das rochas, como a utilização de cargas explosivas, o fraturamento hidráulico, a acidificação, etc. alguns experimentos foram conduzidos com grande sucesso em várias regiões do país e sob diversos condicionamentos geológicos e hidrogeológicos, como os casos já citados de Jaíba – MG e Cachoeirinha – PE, ambos utilizando explosivos.

6.5.1.1. Meta

Execução de 20 experimentos, distribuídos em todos os estados do polígono, utilizando-se poços pré-existentes que se enquadrem no propósito do projeto – aumento da produtividade hídrica.

6.5.1.2. Especificação do produto

Estimulação de poços por explosões ou fraturamento hidráulico visando o aumento de sua produtividade.

6.5.1.3. Expectativas de vazão

Incremento de vazões da ordem de 1.500.000l diários de água.

6.5.1.4. População beneficiada

De acordo com as expectativas de vazão, se admite beneficiar diretamente uma população de 30.000 (trinta mil) pessoas, com um consumo de 50L/hab./dia.

6.5.1.5. Período de execução

18 (dezoito meses), entre 2020 e 2021.

6.5.1.6. Custos

Estima-se um custo total de R\$2.800.000,00 (dois milhões e oitocentos mil reais), conforme mostrado na Tabela .

O ANEXO 5 exhibe o cronograma físico previsto.

Tabela 7: Custos estimados

Atividade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	População Beneficiada (hab.)
Planejamento - licitações/contratações	820,00	16.400,00	30.000
Seleção de áreas / testes de bombeamento	27.780,00	555.600,00	
Definição de operadores	1.800,00	36.000,00	
Estimulação - explosivos e/ou fraturamento	35.000,00	700.000,00	
Implantação do sistema de captação	25.000,00	500.000,00	
Ações sociais e ambientais	16.000,00	320.000,00	
Monitoramento da operação e do uso	33.600,00	672.000,00	
Totais	140.000,00	2.800.000,00	

6.5.2. Implantação de centrais de dessalinização

Os programas governamentais que tratam da implantação de dessalinizadores no semiárido estabelecem limites para implantação de sistemas de dessalinização. Normalmente se utilizam poços com vazões a partir de 1.000 litros/hora e sólidos totais dissolvidos superiores a 1.000 mg/L, no caso de abastecimento humano e vazão mínima de 3.000litros/hora e salinidade máxima de 10.000 mg/L, para a implantação de sistemas produtivos, como piscicultura, irrigação, etc.

De acordo com informações constantes no *site* do Ministério do Meio Ambiente, responsável por essas ações, até o momento foram diagnosticadas 3.145 comunidades em 298 municípios. Da meta de 1357 sistemas de dessalinização, 700 obras já estão contratadas, 482 obras estão concluídas e 48 estão em fase de implantação - em 170 municípios do semiárido brasileiro.

Apesar disto, uma quantidade enorme de dessalinizadores se encontra paralisada e/ou abandonada no sertão nordestino. Problemas relacionados com dificuldades operacionais, no tocante ao treinamento dos operadores das unidades, à pequena capacidade de produção dos equipamentos individuais, a grande dispersão areal, dificultando o acompanhamento de suas performances, o alto custo das membranas utilizadas e o descaso no gerenciamento em alguns locais, são referidos como origem dos problemas.

Propõe-se neste documento o agrupamento de vários poços localizados a distâncias convenientes, de ocorrência muito comum no semiárido, visando o aumento da capacidade de produção, concentrando em uma só central a produção de todos eles.

Espera-se com isto a profissionalização da operação e manutenção desses sistemas, transformando a central de dessalinização em uma verdadeira fábrica de água potável ou para outros usos, como piscicultura, irrigação, etc.

A título de exemplo, foram selecionadas áreas no Estado de Pernambuco e, a partir de informações contidas no SIAGAS, identificadas regiões com altas concentrações de poços a pequenas distâncias, conforme mostrado na figura 6. De sua simples observação se pode compreender o expressivo aumento em termos de vazões finais que seria obtido pelo uso desta estratégia.

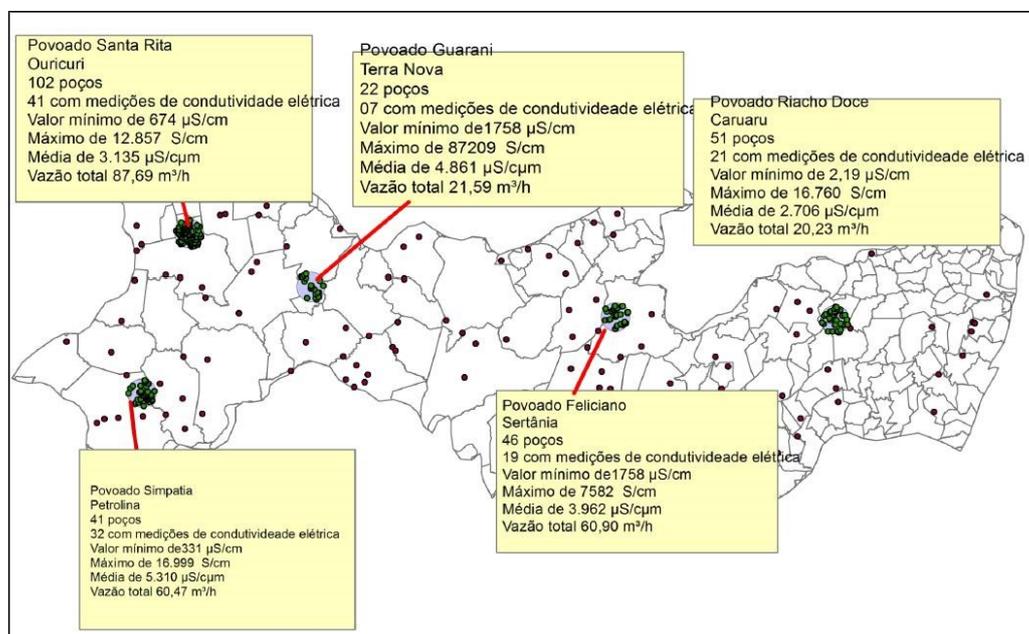


Figura 9: Exemplo hipotético de uma central de dessalinização

6.5.2.1. Meta

Implantação de 05 (cinco) centrais, operando com painéis solares, unidades de bombeamento, aduções e tanques de evaporação.

6.5.2.2. Especificação do produto

Tratamento de águas salinizadas e reaproveitamento de captações já existentes e paralisadas por motivo de salinização.

6.5.2.3. Expectativas de vazão

Produção de vazões de água doce da ordem de 2.500.000L diários.

6.5.2.4. População beneficiada

De acordo com as expectativas de vazão, se admite beneficiar diretamente uma população de 50.000 (cinquenta mil) pessoas, com um consumo médio de 50L/hab./dia.

6.5.2.5. Período de execução

18 (dezoito meses), entre 2020 e 2021 (ANEXO 6).

6.5.2.6. Custos

Estima-se um custo total da ordem de R\$1.802.000,00 (um milhão, oitocentos e dois mil reais) nesta atividade.

Tabela 4: Custos estimados

Atividade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	População Beneficiada (hab.)
Planejamento / licitações	2.400,00	12.000,00	50.000
Cadastro de poços/estudos hidrogeológicos	20.000,00	100.000,00	
Testes de bombeamento	18.000,00	96.000,00	
Instalação dos poços e implantação de adutoras	85.000,00	425.000,00	
Instalação do dessalinizador	160.000,00	800.000,00	
Construção do tanque de decantação	35.000,00	175.000,00	
Ações sociais, gerenciamento e monitoramento	40.000,00	200.000,00	
Custos	360.400,00	1.802.000,00	

6.5.3. Perfuração de poços inclinados

Um dos maiores problemas encontrado nas perfurações de poços em rochas cristalinas está na impossibilidade de se alcançar fraturas abertas quando estes alvos não se encontram na mesma vertical da sonda. O poço inclinado permite não apenas alcançar essas fraturas, como também tantas outras quanto existirem a distancias determinadas da base da sonda de perfuração.

6.5.3.1. Meta

Execução de 20 (vinte) furos inclinados na área do polígono das secas.

6.5.3.2. Especificação do produto

Incremento na capacidade de produção de água dos poços por meio do aumento das áreas de fraturamento atingidas.

6.5.3.3. Expectativas de vazão

Produção de vazões da ordem de 500.000L diários de água.

6.5.3.4. População beneficiada

De acordo com as expectativas de vazão, se admite beneficiar diretamente uma população de 10.000 (dez mil) pessoas, com um consumo médio de 50L/hab./dia.

6.5.3.5. Período de execução

36 (trinta e seis meses), entre 2020 e 2022.

6.5.3.6. Custos

Estima-se um custo total da ordem de R\$1.480.000,00 (um milhão, quatrocentos e oitenta mil reais) nesta atividade, conforme a Tabela 5. O ANEXO 7 mostra o cronograma físico previsto.

Tabela 5: Custo estimado

Atividade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	População Beneficiada (hab.)
Planejamento / licitações	600,00	12.000,00	10.000
Cadastro de poços/estudos hidrogeológicos	4.200,00	84.000,00	
Avaliação geofísica /estrutural	4.400,00	88.000,00	
Perfuração de poços inclinados	30.000,00	600.000,00	
Instalação de poços - bomba especial	28.000,00	560.000,00	
Disseminação da tecnologia	3.000,00	60.000,00	
Ações sociais, gerenciamento e monitoramento	3.800,00	76.000,00	
Totais	74.000,00	1.480.000,00	

Considerando a importância da tecnologia de dessalinização para o nordeste brasileiro, principalmente levando-se em conta seu poder emancipador frente aos efeitos das estiagens, os equipamentos devem sempre ser projetados visando mitigar os efeitos dos rejeitos sobre o meio ambiente.

Neste sentido, se faz necessário considerar as diversas formas de manejo desses rejeitos utilizadas em todo o mundo e selecionar aquelas de melhor aplicabilidade em nosso país.

Entre as principais iniciativas se destacam:

- Transporte para os oceanos;
- Injeção em poços de grandes profundidades;
- Implantação de bacia de evaporação;
- Redução do volume de rejeito pela utilização de plantas aquáticas;
- Bacias de percolação;
- Irrigação de plantas halófitas;
- Piscicultura.

Na escolha da melhor opção devem ser sempre considerados, diversos fatores ambientais, como as disponibilidades locais (terra, compatibilidade das águas receptoras e distância), as disponibilidades regionais (geologia, leis estaduais, geografia e clima), o volume do concentrado e os custos envolvidos.

Neste sentido, poderiam ser descartadas, a priori, o transporte para o oceano – na grande maioria dos casos, inviável pelas grandes distâncias envolvidas, o uso de bacias de percolação – considerando a inexistência de fluxos superficiais na região para diluir os rejeitos, e a injeção em poços de grandes profundidades - haja vista o condicionamento geológico do nordeste do Brasil, onde predominam as rochas fraturadas do embasamento cristalino.

Na utilização de tanques de evaporação para concentração dos rejeitos, se tem observado (Ong *et al.*, 1995), a ocorrência indesejada de concentrações de elementos como selênio, boro e metais pesados em níveis tóxicos prejudiciais à fauna, à flora e ao meio ambiente.

Como alternativa tem sido utilizado com sucesso (Hayes & Kipps, 1992; Ahmed *et al.*, 2003), evaporadores ou tanques de solarização sob condições controladas, constituindo estruturas simples que utilizam a tecnologia de cristalização de sais.

O cultivo de plantas halófitas se constitui em uma das melhores opções para dispor o rejeito da osmose reversa. A halófito *Atriplex nummularia* (erva-sal) tem atributos desejáveis de uma cultura cicladora de rejeito: alto uso consuntivo da água para maximizar a absorção, alta tolerância aos sais para minimizar a fração de lixiviação requerida e elevada produtividade de biomassa, com boa utilidade forrageira.

Apesar disto, diversas pesquisas alertam que o uso do rejeito para irrigação de plantas halófitas forrageiras pode ser incompatível com a segurança ambiental em razão da ineficiência de extração de sais dessas plantas frente ao montante aplicado ao solo. Como alternativa propõem o cultivo de plantas halófitas e de plantas tolerantes aos sais, em recipientes de cultivo (hidroponia). Ao se comercializar e expedir essas plantas se evitaria o acúmulo dos sais no ambiente, pois estes seriam levados com o recipiente de cultivo.

O cultivo de tilápias vermelhas, do gênero *Oreochromis sp.*, se mostra também uma excelente técnica, trazendo como consequências positivas, a alta qualidade do pescado com relação ao sabor e à aparência do peixe além da possibilidade de ofertar alimento de bom valor nutritivo às populações do semiárido, sendo uma alternativa com grandes potencialidades de viabilidade econômica, porém cuja escala de exploração depende do potencial de produção de rejeito por dia.

Como se pode depreender dessas considerações, ainda que as alternativas de pesquisas conduzidas no Brasil sobre a destinação final dos rejeitos da dessalinização de águas se mostrem corretas, sobretudo aquelas que tratam da aquicultura e da descarga zero, as mesmas precisam ser aprofundadas, constituindo-se em objetivo primário deste projeto.

6.6. PROJETO URUCUIA

O Sistema Aquífero Urucuaia (SAU), constitui uma verdadeira “Caixa d’água”, de extrema importância para a região nordeste do Brasil. Ocorre predominantemente no estado da Bahia, se estendendo também por Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Piauí e Maranhão.

De grande utilização atualmente, principalmente no atendimento ao pujante polo de agronegócios instalado no oeste da Bahia e nos demais Estados vizinhos e no abastecimento público, tem ainda importância fundamental no atendimento de toda a demanda hídrica da bacia do médio São Francisco, na zona semiárida.

Em nível do conhecimento atual, admite-se que as águas liberadas por esse sistema aquífero representam mais de 80% de todo o volume hídrico afluyente à barragem de Sobradinho, nos períodos de secas (Figura 8).

6.6.1. Meta

Quantificação da reserva hídrica total, a partir da definição precisa de suas características geométricas e hidrodinâmicas; definição da reserva total explotável, inclusive com a definição de vazões destinadas aos diversos usos concorrentes; caracterização de sua contribuição real às vazões de base do rio São Francisco.

6.6.2. Especificação do produto

Manutenção do equilíbrio ecológico e ambiental do rio São Francisco a partir desta zona, com importância estratégica para seu projeto de revitalização.

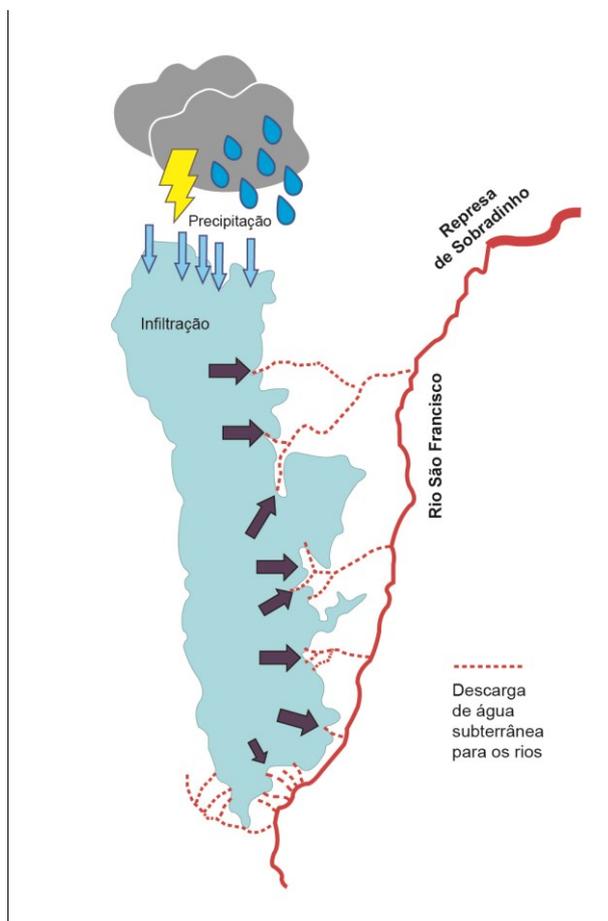


Figura 10: O Sistema Aquífero Urucua e o rio São Francisco

6.6.3. Expectativas de vazão

As vazões produzidas individualmente por cada poço existente são muito grandes, da ordem de 500 m³/h, porém, mais do que vazões se pretende produzir ferramentas que permitam o manejo apropriado deste importante manancial hídrico e ambiental.

6.6.4. População beneficiada

Toda população residente na área e entorno do médio e baixo rio São Francisco, o agronegócio e o meio ambiente.

6.6.5. Período de execução

2020 e 2024.

6.6.6. Custos

Estima-se um custo total da ordem de R\$ 20.000.000,00 (vinte milhões de reais).

■ 7. GOVERNANÇA EM RECURSOS HÍDRICOS

Experiências anteriores em projetos desta envergadura demonstram a necessidade de se estabelecer com precisão a questão de sua governança. A definição inequívoca sobre quem tem os direitos de decisão, a definição das estruturas de autoridade com suas respectivas responsabilidades, a forma como as decisões sobre os processos e procedimentos devem ser tomados, são fundamentais para o sucesso dos empreendimentos previstos.

Logo após definidas as metas e ações a serem implementadas, deverão ser realizadas reuniões com todos os envolvidos em cada atividade do projeto - a CPRM e os membros de suas equipes, comunidades a serem beneficiadas, empreiteiras e outros órgãos públicos envolvidos.

Para cada tipo de ação e para cada área selecionada, deverá ser criada uma equipe de resposta ao risco como a primeira linha de defesa para quando surgirem problemas. Estas equipes de resposta serão responsáveis pelo perfeito funcionamento das ações, propondo medidas corretivas quando da ocorrência de anormalidades no planejamento inicial.

As responsabilidades de cada membro do projeto deverão ficar perfeitamente estabelecidas, definindo claramente quem é responsável pelo que. Um documento de trabalho detalhado será elaborado, visando evitar incerteza e confusão, definindo que nível de trabalho precisa ser feito por qual grupo ou indivíduo, para que todos tenham uma compreensão clara do nível de esforço envolvido. Como exemplos podem ser citadas as questões de eletrificação e construção de redes de adução de água, as responsabilidades sobre a operação dos sistemas, após a conclusão das obras, etc.

Assim, um plano de trabalho detalhado deverá ser formalizado para cada fase do(s) projeto(s), visando atingir as metas estabelecidas, dentro do prazo determinado, prevendo inclusive a análise de eventuais mudanças no projeto inicial e suas consequências sobre o cronograma ou orçamento original.

Considera-se fundamental a participação de instituições como a CHESF e empresas estaduais de eletrificação, do DNOCS e da CODEVASF, envolvidas com a perfuração de poços e implantação de adutoras e reservatórios de água.

Tendo em vista a dominialidade sobre as águas subterrâneas, de competência de cada Estado beneficiado, os mesmos deverão obrigatoriamente fazer parte do grupo de governança, juntamente com os municípios nos quais serão realizadas as intervenções.

Uma vez concluídas as obras e definidos os grupos locais responsáveis por seu zelo e operação - Associação de moradores, Sindicatos rurais, Prefeituras Municipais, etc., a CPRM deverá prestar assistência técnica ao manejo e gestão dos sistemas pelo prazo mínimo de 03 (três) anos.

■ 8. INVESTIMENTOS

Serão realizados investimentos da ordem de 12.000.000,00 (doze milhões de reais) no período de 48 (quarenta e oito meses) em equipamentos de medição de águas subterrâneas, veículos, de informática e de apoio operacional para atender as Macrodiretrizes estabelecidas.

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

9. RESUMO (QUADRO SÍNTESE)

Tabela 10: Síntese das propostas de trabalho.

Subprograma	Projetos	Unidade	Quant.	Período de Execução	Custo (R\$)	População Beneficiada
BACIAS SEDIMENTARES	Implantação de Campos de produção de água com perfuração de poços	Poço	50	36 meses	173.882.000,00	2.112.000
ROCHAS CRISTALINAS	Perfuração (225) e revitalização de poços (315)	Poço	540	36 meses	30.000.000,00	300.000
	Recarga artificial	Poço	6	18 meses	482.000,00	15.000
ALUVIÕES	Barragens subterrâneas	Barragem	24	24 meses	2.942.000,00	36.000
NOVAS TECNOLOGIAS	Estimulação de poços	Poço	20	18 meses	2.800.000,00	30.000
	Centrais de dessalinização	Estação	5	18 meses	1.802.000,00	50.000
	Perfuração direcional	Poço	20	18 meses	1.480.000,00	10.000
PROJETO URUCUIA	Quantificação de reservas e contribuição ao rio São Francisco	Relatório	4	48 meses	20.000.000,00	Agronegócio + milhões de pessoas
Investimento (R\$)				48 meses	12.000.000,00	
Total Geral					245.388.000,00	

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

10. CAPACIDADE OPERACIONAL

Tabela 11: Capacidade operacional

Subprograma	Projetos	Quantidade	Pesquisador do Quadro	Técnico do Quadro	Técnico Terceirizado	População Beneficiada
BACIAS SEDIMENTARES	Implantação de Rede Estratégica de Poços - campos de produção de água com perfuração de poços	Unidade	7		5	12
ROCHAS CRISTALINAS	Perfuração (215) e revitalização de poços (325)	Unidade	5	6	5	16
	Recarga artificial		3			3
ALUVIÕES	Barragens subterrâneas	Unidade	4	2		6
NOVAS TECNOLOGIAS	Estimulação de poços	Unidade	3			3
	Centrais de dessalinização	Unidade	2		2	4
	Perfuração direcional	Unidade	2		2	4
PROJETO URUCUIA	Quantificação de reservas e contribuição ao rio São Francisco		3			3
Total Geral						

OBS: Uma parte da necessidade da necessidade de pesquisadores e técnicos serão coberta pelo quadro próprio atual.

10.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CAPACIDADE OPERACIONAL

1. Bacias Sedimentares

Considerando 5 perfuratrizes – 2 profissionais por máquinas (5 geólogos da CPRM e 5 engenheiros de minas terceirizados) e 2 geólogos da CPRM (coordenação).

2. Rochas Cristalinas

- a. Perfuração de poços – Considerando 6 perfuratrizes – 30 poços por máquina - 12 profissionais (3 geólogos da CPRM, 1 para cada 2 máquinas, 4 técnicos da CPRM e 5 terceirizados nível médio) – 30 poços por perfuratriz. Observando que ficaria 6 técnicos para acompanhar a máquina e 3 para a capacitação da população beneficiada, no uso do sistema.
- b. Revitalização – Considerando 2 equipes – 4 profissionais (2 geólogos e 2 técnicos da CPRM)
- c. Recarga Artificial – 3 geólogos

3. Aluviões (Barragens Subterrâneas)

Considerando 2 geólogos, 1 geofísico, 1 hidrólogo e 2 técnicos do quadro próprio.

4. Novas Tecnologias

- a. Estimulação de Poços – 2 geólogos e 1 engenheiro de minas.
- b. Centrais de dessalinização – 2 geólogos e 2 técnicos terceirizados (nível médio).
- c. Perfuração Direcional – 2 geólogos e 2 engenheiros de minas terceirizados.

5. Projeto Urucuia

2 hidrogeólogos e 1 geólogo de mapeamento ou 1 geofísico ou 1 hidrólogo.

Além disso, deve-se levar em consideração os profissionais que serão utilizados em 2020:

- 1 pesquisador na ADASA
- 1 pesquisador e 2 técnicos na perfuração de poços em Maceió
- Pelo menos 24 profissionais (entre pesquisadores e técnicos) nas operações da RIMAS
- 12 pesquisadores no SIAGAS
- 9 pesquisadores para os mapas hidrogeológicos
- 6 pesquisadores para os estudos hidrogeológicos (Manaus, Verde Grande e Carinhanha)
- 2 pesquisadores para o Mapa Hidrogeológico da América do Sul
- 2 pesquisadores e 3 técnicos no cadastramento que será realizado no Piauí.

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

Desta forma serão necessários agregar ao corpo técnico existente, para atender a demanda deste plano 20 (dezenove) pesquisadores em geociências, sendo 15 (quinze) geológicos, 05 (cinco) engenheiros de minas, 02 (dois) geofísicos e 01 (um) engenheiro hidrológico, além de 07 (sete) técnicos em geociências, na especialidade de hidrologia.

11. BIBLIOGRAFIA CITADA

Centro de Gestão de Estudos Estratégicos - CGEE. Subsídios para uma agenda nacional de ciência, tecnologia e inovação relativa a vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças climáticas, Brasília: DF, 2009. 62p.

Instituto Nacional do Semiárido - INSA. Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro - SIGSAB. 2014.

Disponível em <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>

MARGAT, J. & VAN DER GUN, J. Groundwater around the World - A Geographic Synopsis. CRC Press, London - UK. 343p, 2013

MARGAT, J., & K. SAAD, 1985. Les mines d'eau fossile. In: *Courrier de l'UNESCO*, 1985, pp. 14–16.

MELFI, J. A. Água: Pesquisa para a Sustentabilidade. FAPESP, Workshop FAPESP/SABESP, 2009. Disponível em <http://www.fapesp.br/pdf/sabesp/melfi.pdf>;

REBOUÇAS, A. da C. & GASPARY, J., 1966. As águas subterrâneas do Nordeste. Recife. SUDENE. Série hidrogeologia, 26 p.

SIQUEIRA, L. (1967) Contribuição da geologia à pesquisa de água subterrânea no cristalino. CONESP, Rev. Água Subterrânea, Recife, 2 (9): 1-29. Estimativas Preliminares.

AHMED, M.; ARAKEL, A.; HOEY, D.; THUMARUKUDY, M. R.; GOOSEN, M. F. A.; HADDABI, M. A.; BELUSHI, A. A. Feasibility of salt production from inland RO desalination plant reject brine: a case study. *Desalination*, Amsterdam, v.158, n.1-3, p.109-117, 2003.

HAYES, D.; KIPPS, J. Salt-gradient solar ponds from concentrated subsurface agricultural drainage waters of the San Joaquin Valley, California. *Desalination*, Amsterdam, v. 88, n.1-3, p.301-309. 1992.

ONG, C.; TANJI, K.; DAHLGREN, R.; SMITH, G.; QUEK, A. Water quality and trace element evapoconcentration in evaporation ponds for agricultural waste water disposal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.43, n.7, p.1941-1947. 1995.

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

ANEXOS - CRONOGRAMAS FÍSICOS DAS INTERVENÇÕES PROPOSTAS

ANEXO 1: Implantação de Rede Estratégica de Poços – IREP (Campos de Água)

Atividade	Meses																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Planejamento - licitações/contratações																																								
Escolha dos operadores dos poços																																								
Estudos e Locação dos poços																																								
Perfuração de poços																																								
Gerenciamento / Sustentabilidade																																								

Obs: 2020:15 poços; 2021: 20 poços; 2022: 15 poços.

ANEXO 2: Ações no embasamento cristalino

Atividade	Meses																																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36					
Planejamento - licitações/contratações																																									
Escolha dos operadores dos poços																																									
Estudos e locação para perfuração (180 poços)																																									
Seleção de poços para revitalização (120 poços)																																									
Perfuração de poços																																									
Revitalização de poços																																									
Gerenciamento / Sustentabilidade																																									

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

ANEXO 3: Barragens subterrâneas

Atividade	Meses																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Planejamento - licitações/contratações																									
Interpretação de Imagens de satélite																									
Estudos geológicos e hidrológicos																									
Serviços de campo para seleção da área																									
Construção das barragens																									
Ações sociais e ambientais																									
Monitoramento da operação e do uso																									

ANEXO 4: Recarga artificial

Atividade	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Planejamento - licitações/contratações																		
Seleção de áreas favoráveis (06)																		
Construção das barragens de infiltração																		
Construção de mecanismos de recuperação																		
Construção de sistemas de reservação																		
Monitoramento - precipitação / infiltração																		
Gerenciamento / Sustentabilidade /Disseminação																		

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

ANEXO 5: Uso de novas tecnologias

Atividade	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Planejamento - licitações/contratações																		
Seleção de áreas																		
Definição de operadores																		
Estimulação - explosivos e/ou fraturamento																		
Implantação do sistema de captação																		
Ações sociais e ambientais																		
Monitoramento da operação e do uso																		

ANEXO 6: Implantação de centrais de dessalinização

Atividade	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Planejamento / licitações																		
Cadastro de poços / estudos hidrogeológicos																		
Testes de bombeamento																		
Instalação dos poços e implantação de adutoras																		
Instalação do dessalinizador																		
Construção do tanque de decantação																		
Ações sociais, gerenciamento e monitoramento																		

PLANO ESTRATÉGICO EM RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Uso Sustentável da Água Subterrânea para aumento da Oferta Hídrica

ANEXO 7: Perfuração de poços inclinados

Atividade	Meses																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Planejamento / licitações																																						
Cadastro de poços / estudos hidrogeológicos																																						
Avaliação geofísica / estrutural																																						
Perfuração de poços inclinados																																						
Instalação de poços - bomba especial																																						
Disseminação da tecnologia																																						
Ações sociais, gerenciamento e monitoramento																																						



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL