

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**CONVÊNIO 001/2000
COGERH/FUNCAP**

**INTERAÇÃO ENTRE AS ÁGUAS ARMAZENADAS
NOS ALUVIÕES E AS DE PERENIZAÇÃO DOS RIOS
– ÁREA PILOTO DO RIO BANABUIÚ**

Fortaleza/2000

1 – INTRODUÇÃO

O Perímetro Irrigado de Morada Nova está localizado às margens do rio Banabuiú, na porção leste do Estado do Ceará, numa das regiões onde a atividade agrícola predomina, notadamente, a de cultura irrigada.

A disponibilidade hídrica da região é significativa, comparando-se a de outras regiões do sertão cearense, e sua exploração tem como principal finalidade o abastecimento das sedes municipais e a manutenção do Perímetro Irrigado. Esta condição somente foi viabilizada após a instalação de uma válvula no açude Arrojado Lisboa, que libera uma vazão necessária para perenização do rio Banabuiú.

O Perímetro Irrigado de Morada Nova está assentado sobre os sedimentos aluviais do rio Banabuiú, onde estão em bombeamento cerca de 80 poços tubulares utilizados para complementar a demanda hídrica da região. Em geral, esses poços tubulares possuem 10 metros de profundidade, vazões acima de 30 m³/h e são revestidos com tubos de PVC branco de 12” ou manilhas de concreto poroso.

O açude Banabuiú acumulava no final de julho/99, apenas 20,2% de sua capacidade total, 364 hm³, o que demonstra a complexidade da operação deste reservatório para garantir as necessidades dos usuários.

Dada a importância da água neste contexto, é necessário cuidar da preservação dos mananciais contra os agentes poluidores, conhecer os processos naturais responsáveis pela sua qualidade e identificar os mecanismos de recarga dos aluviões, onde estão localizados poços, que podem ter origem nas precipitações e/ou através da perenização do rio Banabuiú.

2 - OBJETIVOS

GERAL - Estabelecer as relações de recarga do aquífero aluvionar do rio Banabuiú, no trecho do Perímetro Irrigado de Morada Nova, com as águas de perenização do referido rio e as utilizadas principalmente na irrigação de culturas no perímetro.

ESPECÍFICOS – São necessários para atingir o objetivo geral deste projeto:

1. Cadastrar os poços existentes no Perímetro Irrigado de Morada Nova e criar uma base de dados georeferenciada utilizando produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento;
2. Realizar medidas de parâmetros físico-químicos das águas dos poços e do rio, através de sonda automática e de análise laboratorial;
3. Realizar análises isotópicas (oxigênio-18 e deutério) nas águas dos poços e do rio para estabelecer a origem da recarga do aquífero aluvionar;
4. Construir poços de pesquisa e piezômetros para determinar as características hidrodinâmicas;
5. Realizar ensaios de bombeamento para determinar os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero aluvionar,
6. Monitorar as variações dos níveis piezométricos dos poços e as vazões liberadas na calha do rio Banabuiú, a montante e a jusante da área estudada.

3 – JUSTIFICATIVA

O açude Arrojado Lisboa tem enfrentado uma das piores situações dos últimos 20 anos, pois encontra-se com aproximadamente 20% de sua capacidade total de armazenamento, tornando-se um desafio para os gestores das águas realizarem o planejamento e a operacionalização do sistema de perenização do Vale do Banabuiú.

Acrescente-se a este contexto, a necessidade de aumento da vazão do Canal do Trabalhador, e conseqüentemente do Banabuiú, para abastecer a Região Metropolitana de Fortaleza, haja vista a situação crítica dos açudes que abastecem o sistema metropolitano.

Essa crescente demanda de água como conseqüência do aumento da taxa de crescimento populacional, da necessidade de produção de alimentos e crescimento do setor industrial, além das freqüentes estiagens, torna a água subterrânea um patrimônio de valor imensurável, capaz de funcionar como reserva estratégica e influenciar decisivamente no desenvolvimento político-sócioeconômico de qualquer região.

Por estas razões, torna-se urgente e necessário para os usuários e gestores, identificar a qualidade dessas águas e a interação entre as águas do rio Banabuiú e o armazenamento subterrâneo no aluvião, pois, estão sendo perfurados poços neste aquífero para suprir as necessidades dos irrigantes, o que pode comprometer a perenização do Vale do Banabuiú e interferir na qualidade dos solos agricultáveis.

4 – HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS AMBIENTAIS APLICADOS NO ESTUDO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O estudo hidroquímico tem por finalidade identificar e qualificar as principais propriedades e constituintes das águas subterrâneas e superficiais, procurando estabelecer uma relação com o meio físico.

A água que infiltra no reservatório subterrâneo, ao lixiviar os solos e as rochas, se enriquece em sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais. Estas reações são favorecidas pelas baixas velocidades de circulação das águas subterrâneas, maiores pressões e temperaturas a que estão submetidas e pela facilidade de dissolver CO_2 ao percolar o solo não saturado.

Alguns destes constituintes iônicos, os principais, estão presentes em quase todas as águas subterrâneas e a sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes. No grupo dos cátions destacam-se o sódio (Na^+), o potássio (K^+), o cálcio (Ca^{++}) e o magnésio (Mg^{++}) e dentre os ânions, têm-se os cloretos (Cl^-), os sulfatos (SO_4^-) e os bicarbonatos (HCO_3^-).

Os constituintes iônicos secundários são inúmeros e em concentrações inferiores a 1% em relação aos principais, porém alguns são freqüentemente encontrados nas águas subterrâneas, como ferro, manganês, alumínio, sílica etc., enquanto outros (os traços) são raros e estão presentes em quantidades somente mensuráveis por técnicas químicas apuradas, mas, nem por isso, deixam de ser importantes para a potabilidade da água.

Como forma de complementar às diversas técnicas de prospecção hidrogeológica, principalmente a hidroquímica, utiliza-se as determinações dos isótopos ambientais, pois, oferecem um caminho mais fácil para interpretação dos resultados por serem pouco influenciados pelas reações no terreno.

Os isótopos ambientais, estáveis ou radioativos, que estão envolvidos no ciclo hidrológico, vêm sendo intensamente empregados nas últimas décadas como traçadores naturais nos estudos das águas subterrâneas, destacando-se como os mais utilizados em hidrologia, os isótopos deutério (^2H), oxigênio-18 (^{18}O), trício (^3H) e carbono-14 (^{14}C).

Como os isótopos estáveis oxigênio-18 e o deutério são parte integrante da molécula de água, tornam-se os traçadores naturais ideais para o estudo hidrológico. Com eles são formadas diferentes tipos de moléculas de água. Segundo DANSGAARD (1964), as concentrações médias dos três tipos mais abundantes de moléculas presentes em águas naturais são: H_2^{16}O (99,7%), H_2^{18}O (0,20%) e HD^{16}O (0,032%). No entanto, estas concentrações sofrem variações, ou seja, fracionamento isotópico, em decorrência de mudanças de fase ao longo do ciclo hidrológico.

Durante a evaporação, as moléculas leves da água (H_2^{16}O) evaporam mais rapidamente do que as moléculas pesadas (H_2^{18}O e HD^{16}O) e à medida que a evaporação se processa, a água remanescente se enriquece em isótopos pesados, tornando o vapor relativamente mais leve. Na condensação, o vapor residual se torna mais pobre em isótopos pesados, enquanto que o vapor líquido, fica mais rico. Estes dois processos fazem com que sucessivas condensações do mesmo vapor sejam mais e mais pobres em isótopos pesados, como acontece nas precipitações à medida que entram no continente.

As abundâncias dos isótopos ^{18}O e ^2H em relação, respectivamente, aos isótopos ^{16}O e ^1H são muito pequenas, em média dadas por: $^{18}\text{O}/^{16}\text{O} = 0,204\%$ e $^2\text{H}/^1\text{H} = 0,015\%$. Por isso, as medidas isotópicas são feitas experimentalmente através das razões $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ e $^2\text{H}/^1\text{H}$. Além disso, estas razões nas amostras são comparadas com as razões de um padrão e expressas em valores de δ (‰) definido pela equação:

$$\delta \text{ ‰} = \frac{R_x - R_p}{R_p} \cdot 10^3$$

onde, R_x ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/\text{H}$) é a razão do isótopo pesado em relação ao leve, na amostra, e R_p é esta razão para um padrão.

O padrão utilizado para as medidas de oxigênio-18 e deutério é o V-SMOW (Vienna-Standard Mean Ocean Water), uma amostra de água obtida pela mistura de água destilada do Oceano Pacífico com pequenas quantidades de outras águas para ajustar as razões isotópicas do oxigênio e do deutério aos valores requeridos, ou seja, igual à média das razões isotópicas das águas dos oceanos (CRAIG,1961b, GONFIANTINI, 1981).

Os isótopos, oxigênio-18 e deutério, contidos nas chuvas são influenciados por uma complexa mistura de fatores geológicos e meteorológicos. A concentração desses isótopos decresce quando aumenta a quantidade de chuva, a altitude e a distância do mar. Verifica-se também que as concentrações desses isótopos decrescem com a latitude e apresentam nas chuvas de verão valores maiores do que nas de inverno.

Analisando, em escala mundial, águas de chuvas e águas superficiais que não sofreram evaporação excessiva, CRAIG (1961a) verificou que os conteúdos de ^{18}O e D variam, em termos de δ ‰, de acordo com a expressão:

$$\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$$

Para as águas do nordeste brasileiro, a expressão encontrada por SALATI et al. (1971) apresenta-se na forma de :

$$\delta\text{D} = 7,6 \delta^{18}\text{O} + 9,7$$

Os isótopos ambientais vêm sendo empregados intensivamente em escala mundial e, nas últimas décadas, nos estudos hidrogeológicos de áreas do nordeste do Brasil, destacando-se os trabalhos realizados pelo Grupo de Física Isotópica da Universidade Federal do Ceará - UFC.

5 - METODOLOGIA

Para o perfeito desenvolvimento deste projeto, alcançando com êxito os objetivos propostos, a metodologia prevista contempla as seguintes etapas:

I - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

- a) Pesquisa bibliográfica dos trabalhos anteriores, realizados ou não na área de estudo, mas que estejam relacionadas ao mesmo contexto geológico e/ou hidrogeológico deste trabalho, assim como, mapas e produtos de sensoriamento remoto.
- b) Análise dos produtos de sensoriamento remoto, através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).
- c) Confecção de base cartográfica georeferenciada, em escala compatível com os objetivos do trabalho.

II - CADASTRAMENTO DOS POÇOS

- a) Cadastro dos poços existentes na área de trabalho.
- b) Amostragem de água para análises físico-químicas, bacteriológicas e isotópicas de oxigênio – 18 e deutério.
- c) Armazenamento das informações consistidas em banco de dados georeferenciado e avaliação dos aspectos construtivos e hidrogeológicos dos poços cadastrados.

III - CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E HIDROGEOLÓGICA DO ALUVIÃO

- a) Levantamento geofísico empregando eletroresistividade e eletromagnético.
- b) Locação de sondagens de reconhecimento em 2”.
- c) Construção de poços de pesquisa e piezômetros.
- d) Ensaio de bombeamento para avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos.

IV - MONITORAMENTO

- a) Monitoramento das vazões extraídas e dos níveis potenciométricos.
- b) Monitoramento das vazões liberadas na calha do rio Banabuiú.
- c) Monitoramento da qualidade, físico-química e bacteriológica, das águas.

V - RELATÓRIO FINAL

- a) Consolidação das informações e dados significativos para o estudo.
- b) Redação do texto final com as devidas conclusões e recomendações.

6 – DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

ETAPA I

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Esta etapa tem a finalidade de coletar e avaliar importantes trabalhos referentes aos recursos hídricos e a geologia, realizados no contexto local ou regional da área de pesquisa, assim como, outros estudos e produtos de sensoriamento remoto que permitam ampliar o conhecimento sobre a região.

Após a análise e consistência das informações obtidas, os dados serão sistematizados e apresentados em relatórios, contendo perfis, tabelas e mapas georeferenciados através de um Sistema de Informações Geográfica (SIG) com escala compatível aos objetivos do projeto.

ETAPA II

CADASTRAMENTO DOS POÇOS

O principal objetivo desta etapa de cadastramento é obter informações sobre as características construtivas, litológicas e hidrogeológicas de cerca de 200 poços, como também, gerar subsídios para o acompanhamento da evolução temporal e distribuição espacial das obras hídricas no Perímetro Irrigado de Morada Nova.

Este censo será realizado através do preenchimento de ficha cadastral, onde são solicitadas informações sobre os dados gerais do poço, inclusive as coordenadas, suas características técnicas, o tipo de equipamento instalado, seu estado de funcionamento atual, a finalidade e uso, bem como, alguns dados sobre a qualidade da água.

Além dos dados técnicos dos poços, serão coletadas amostras da água, antes de passar por processo de tratamento ou armazenamento, para análise dos parâmetros temperatura, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido. A partir dos valores desses parâmetros, serão selecionadas cerca de 100 amostras para realização de análises físico-química completa e bacteriológica.

Para verificar a origem da recarga dessas águas subterrâneas, serão coletadas 50 amostras de água dos poços e do rio, para análise dos isótopos oxigênio-18 e deutério, no Laboratório de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, em Piracicaba – São Paulo.

ETAPA III

CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E HIDROGEOLÓGICA DO ALUVIÃO

Diante do caráter anisotrópico e heterogêneo dos aquíferos aluvionares, torna-se necessário cautela quando da condução dos trabalhos, visto que, as dimensões reais do aquífero e seus parâmetros hidrodinâmicos são dados por demais importantes.

Esta etapa tem a finalidade de avaliar com segurança a espessura do aluvião e do aquífero, suas características litológicas, o comportamento do substrato impermeável e os parâmetros hidrodinâmicos do meio saturado.

Para isto, será executado o levantamento geofísico utilizando equipamentos de eletroresistividade e eletromagnético, para determinar a espessura do aluvião, através de 20 sondagens elétricas verticais (SEV) e de 20 linhas de caminhamento para cada método empregado.

Em seguida, serão realizadas 50 sondagens mecânicas de 2” para conhecer as características litológicas e confirmar a espessura real dos sedimentos do aluvião, utilizando uma malha de sondagem transversal ao vale, cobrindo todo o terraço fluvial e a planície de inundação.

Baseado nas indicações obtidas com as sondagens geofísica e mecânica, serão construídos 3 poços de pesquisa e 20 piezômetros, obedecendo as normas ABNT, visando a avaliação das características hidrodinâmicas do meio saturado.

Com a finalidade de caracterizar as direções dos fluxos d'água na área, todos os poços serão nivelados através de equipamentos geodésicos.

ETAPA IV

MONITORAMENTO DAS ÁGUAS

O desconhecimento das condições de uso dos poços, torna necessária a realização de uma etapa de monitoramento dos níveis, das vazões extraídas e dos parâmetros qualitativos das águas. Atualmente, a falta destes dados só tem permitido estimativas não controladas, desconhecendo-se, praticamente, os reais volumes que são extraídos, os níveis que são atingidos e as variações da qualidade das águas ao longo do tempo.

O principal objetivo desta etapa é estabelecer as relações de recarga do aquífero aluvionar com as águas de perenização do rio Banabuiú e as águas utilizadas na irrigação das culturas de arroz, como também, certificar-se da qualidade desses recursos hídricos.

Inicialmente serão monitorados as vazões extraídas e os níveis potenciométricos de 25 poços, visando a quantificação do potencial hídrico disponível e o comportamento temporal dos níveis potenciométricos. Concomitantemente, serão monitorados as vazões liberadas na calha do rio Banabuiú, a montante e a jusante do Perímetro Irrigado, visando identificar prováveis variações na quantidade de água liberada.

Também será monitorada a qualidade das águas, tanto dos poços como do rio, através de 100 análises dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, para verificar possíveis alterações capazes de modificar a qualidade dessa águas e comprometer sua utilização.

ETAPA V

ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL

O relatório final será elaborado de forma a conter a descrição de todas as atividades desenvolvidas durante a execução do projeto, incluindo os dados levantados e as respectivas análises, condensando de forma sucinta todos os relatórios parciais.

7 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

A execução das etapas mencionadas anteriormente seguirá o seguinte cronograma.

ATIVIDADES	ANO 1											
	MESES											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO												
• Pesquisa bibliográfica												
• Sensoriamento remoto												
• Confecção de mapas												
CADASTRAMENTO DOS POÇOS												
• Cadastro de poços												
• Amostragem de água												
• Consistência das informações												
CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E HIDROGEOLÓGICA DO ALUVIÃO												
• Levantamento geofísico												
• Sondagens de 2"												
• Construção de poços/piezômetros												
• Ensaio de bombeamento												
• Nivelamento dos poços												
MONITORAMENTO DAS ÁGUAS												
• Monitoramento das vazões e níveis												
• Monitoramento da vazão do rio												
• Monitoramento da qualidade												
RELATÓRIO FINAL												
• Consolidação dos dados												
• Redação do texto final												

Nos dois anos seguintes, serão executadas as tarefas referentes a etapa de monitoramento e eventuais atualizações no cadastro de poços, assim como, a redação do relatório final.

ANOS 2 e 3

ATIVIDADES	MESES											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
MONITORAMENTO DAS ÁGUAS												
• Monitoramento das vazões e níveis												
• Monitoramento da vazão do rio												
• Monitoramento da qualidade												
RELATÓRIO FINAL												
• Consolidação dos dados												
• Redação do texto final												