

ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS E HIDROQUÍMICOS DA REGIÃO DE SOBRADINHO, MUNICÍPIO DE LUIZ CORREIA, PI

Dr. Alcides Frangipani
João Alberto Bottura

Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo S.A. — IPT

ABSTRACT

Hydrogeologic and hydrochemical studies, supported by geophysical and rotary drilling, have been carried on the Sobradinho and João Bento Lakes region, with the purpose of explaining the origin and possibility of exploitation of salt deposits.

Two separated aquifers and its zones of recharge, as well as two ground water divides have been determined. These two latter features have been recognized from piezometric maps corresponding to the beginning and to the end of the rainy season. Flow directions could also be established through the combination of piezometric data and a map of structural contour of the basement.

The hydrochemical studies indicated anomalous zones next to the lakes, corresponding to paleo-valleys in which brine had been trapped, thus defining a marine origin to the salt deposits.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de sal na região de Sobradinho conhecida desde o Século XVIII já foi pesquisada várias vezes sem que se chegasse a uma conclusão sobre sua origem ou possibilidade de exploração.

O presente estudo, através de determinações geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas possibilitou uma compreensão de fenômeno e sua potencialidade econômica.

A área situa-se no litoral do Piauí, entre as latitudes 2055'S e 3005'S e as longitudes 41025'W e 41035'W.

O clima da região pode ser definido como de transição entre semi-árido e semi-úmido litorâneo, correspondente ao tipo de AW de Köppen. A temperatura máxima da região é de 33°C e a mínima absoluta de 20°C, com uma temperatura média anual de 27°C. O índice pluviométrico é alto, ao redor de 1500mm anuais podendo alcançar os 3000mm, sendo que o período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a maio. A umidade relativa é de 78% e predominam na região ventos de direção NE-SW, praticamente durante o ano inteiro. As altitudes de marés de sizígia são da ordem de 3,20m.

TRABALHOS ANTERIORES

Conhecidas desde o século XVIII as ocorrências de salmouras e sal-gema dos lagos Sobradinho e João Bento, sempre despertaram interesse tanto para uma simples exploração como para a realização de estudos mais aprofundados das jazidas, visando dimensioná-las e garantindo assim o investimento.

Dos trabalhos executados na área cumpre destacar os do Eng^o Raimundo S. Patury, que a partir de 1955 efetuou estudos geológicos detalhados e lançou a hipótese da existência de um domo ou camada salina em profundidade. Sondagens posteriores encontraram rochas cristalinas a 40 m inviabilizando a hipótese, sendo então sugerido que havia circulação de salmoura nas diaclases, tendo sua origem na dissolução de sais da formação Longã. Avaliou as reservas em aproximadamente 400.000 ton, sem incluir as reservas de cloreto de potássio, magnésio e cálcio. Com base nos resultados dos trabalhos de Patury, o DNPM designou o Eng. Hanz Zocher para percorrer a área entre 1959 e 1960. Após o estudo das relações entre vários sais e da concentração dos mesmos, concluiu que a origem das lixívias não seria a simples evaporação da água do mar.

Em 1967, o geól. José Aderaldo M. Ferreira, foi encarregado pela SUDENE de executar o "Reconhecimento Geológico do Norte do Piauí". Além da síntese geológica da área, Ferreira discute a origem dos sais e da mesma forma que Patury e Zocher, não acredita serem decorrentes unicamente do aprisionamento da água do mar. Supõe a existência de camadas salinas entre os sedimentos formados a partir do granito porfiro, e que estariam sendo mobilizadas por artesianismo. Ferreira finaliza seus estudos afirmando que a extração industrial do sal só é viável se forem encontrados corpos salinos.

Apesar da indefinição dos recursos de sal do litoral piauiense, a "jazida" de Sobradinho, passou a constar como recurso mineral do Estado em várias publicações subsequentes, entre as quais destacam-se: "Contribuição do Departamento Nacional de Produção Mineral no Desenvolvimento Geo-Econômico do Nordeste Brasileiro" (1967) e "Recursos Minerais do Estado do Piauí" (1969), ambas do DNPM; "Programa de Desenvolvimento nas Atividades de Mineração, Pesquisas e Mapeamento Geológico do Estado do Piauí" (1972) do INPE (Circulação Interna) e "Perfil Analítico do Sal" (1973) do DNPM.

Os trabalhos de Gravimetria executados pela Petrobrás a partir de 1958, estendendo-se do Pará até o Piauí, incluíram a área dos lagos do litoral piauiense e prestaram grande contribuição para o entendimento da evolução geológica da área de Sobradinho.

A região litorânea do Piauí foi estudada por Kegel (1965), Almeida (1967 e 1969) e Neves (1975) que procuraram definir as grandes estruturas geológicas.

Entre 1971 e 1973 foi executado pelo DNPM/CPRM, o projeto Jaibas, cobrindo todo o noroeste do Ceará, norte do Piauí e uma pequena parte do noroeste do Maranhão. O objetivo foi o mapeamento geológico na escala de 1:100.000 e avaliação dos recursos minerais da região. Mesmo não fazendo referência aos recursos salinos dos lagos Sobradinho e João Bento, apresenta uma descrição detalhada das estruturas, litologia e estratigrafia da região.

Finalmente em 1975, Suczynski no seu trabalho "Os recursos minerais reais e potenciais do Brasil e sua metalogenia" considera que a presença de sais de potássio parece contrariar a hipótese de uma origem marinha para a salinização de Sobradinho e João Bento. Aventa então uma hipótese de que soluções salinas originadas a partir das camadas salinas existentes nas bacias do Barreirinhas, ascenderiam através de falhamentos e seriam as causadoras da salinização. Afirma, contudo, que esta hipótese somente poderá ser confirmada por meio de sondagens profundas.

GEOLOGIA DA ÁREA

Superficialmente existem duas unidades sedimentares, uma representada por dunas móveis do tipo barcana, com até 20 m de altura e recobridas, ora antigas dunas fixas, ora sedimentos quartzosos de cor creme em consolidados e pouco selecionados.

Junto à praia, essas dunas apresentam escarpas erosivas, onde são notadas estratificação e litificação. Integrando esse pacote sedimentar ocorrem ao longo do eixo dos lagos, depósitos de praias e aluviões. Estes últimos, com espessura entre 2 e 5 m, são constituídos por argilas orgânicas, de cor escura, contendo fragmentos de conchas e placas de gipsita.

A outra unidade sedimentar é representada por sedimentos arenosos correlacionáveis ao Barreiras.

Sob essa cobertura arenosa ocorre um conglomerado com cimento ferruginoso que determina uma cor castanha avermelhada típica. Ocorrem partes com seixos centimétricos arredondados de quartzo e partes com mistura de seixos menores e angulosos.

Abaixo do conglomerado situa-se uma camada de areia inconsolidada branco amarelada, com espessura variando de 7 a 15 metros.

Sotoposto a essas camadas, ocorre um calcário argiloso, com intercalações arenosas, cor creme e acamamento nítido, fossilífero e típico de ambiente marinho de águas rasas e agitadas. A espessura é bastante regular entre 4 e 6 m e mergulho de 1 m/Km em direção ao mar.

A sudeste da área aflora o cristalino representado pelo granitólio de Chaval, rico em feldspatos potássicos e contendo biotitas e anfíbios.

Sondagens rotativas permitiram identificar o cristalino sob o pacote sedimentar como sendo um gnaiss fino, cinza escuro e cujo topo apresenta uma superfície suavemente ondulada mergulhando em direção ao mar, alcançando cerca de 80 m de profundidade sob a linha da praia.

HIDROGEOLOGIA

Na planície costeira, foram caracterizados dois aquíferos: um aquífero inferior, semi-confinado ou confinado localmente pelo conglomerado ferruginoso, constituído por areias finas e médias, com lentes argilosas e conglomeráticas, intercalado por uma camada de calcário marinho, cuja espessura é da ordem de 20-60 m, sendo o mesmo caracterizado como aquífero drenante multi-camada; e um aquífero superior, sobrejacente ao conglomerado ferruginoso, constituído por areias finas e médias, do tipo livre e descontínuo lateralmente, com espessura de aproximadamente 5-20 m. Nas porções topográficas menos elevadas, onde aflora o conglomerado, o aquífero é truncado originando condições propícias a ocorrência de nascentes.

Os sedimentos que preenchem os paleo-vales de antigas drenagens que cortavam a área, encontram-se saturados por salmouras. Estas foram caracterizadas sob o leito do Lago Sobradinho e Estuário João Bento, estando confinadas por uma camada de argila orgânica com espessura de aproximadamente 2-6 m e pertencem ao sistema aquífero inferior.

Sob o Lago Sobradinho, esta porção do aquífero inferior possui espessura de aproximadamente 40-50 m e é constituído por areias finas com lentes argilosas e conglomeráticas. Sob o Estuário João Bento, porém, o aquífero é constituído por sedimentos clásticos, com graduação da base para o topo do termo conglomerático até areia fina, intercalados por lentes argilosas. Sua espessura varia de aproximadamente 10 a 80 m com aumento da posseja em direção ao mar.

No estuário foi possível caracterizar uma resposta imediata das variações dos níveis piezométricos do aquífero em função das variações de maré; isto evidenciou sua interligação e permitiu relacionar as variações de maré às surgências de salmoura que ocorrem preferencialmente, nas bordas do estuário, nas zonas de contato dos sedimentos mais antigos com o paleo-vale. Durante as épocas de marés de sizígia, as cargas piezométricas do aquífero são elevadas e dão origem às surgências de salmoura. As surgências que no período de verão são notadas nas partes centrais do estuário, estão também relacionadas ao mecanismo acima exposto. Nestes locais formam-se zonas úmidas circulares que evidenciam porções mais arenosas da camada de argila orgânica superior.

No Lago Sobradinho, durante épocas de secas intensas, quando o nível do lago desce abaixo do nível piezométrico da salmoura subjacente, ocorrem surgências em seu leito, obedecendo os mesmos mecanismos acima expostos para o Estuário João Bento.

Mapa Piezométrico

O mapa piezométrico da superfície livre do aquífero superior foi

feito a partir de níveis piezométricos medidos em 20 (vinte) pontos de água cadastrados na área (Quadro I). Foram confeccionados dois mapas (Des. 01 e 02), correspondentes ao mês de novembro, no auge da estação seca e no mês de fevereiro, no início da estação chuvosa. Para caracterizar os fluxos subterrâneos do aquífero inferior foi utilizado o mapa de contorno estrutural do embasamento.

Aquífero Superior

A configuração das curvas piezométricas caracteriza a existência de dois divisores de águas subterrâneas na área. Um divisor central, com direção NW entre a Lagoa do Barro e Timbaúba, defletindo para uma direção NS a partir da última localidade até Bezerro Morto nas margens do Lago Sobradinho, e um divisor marginal, com direção EW passando pela localidade de Brandão. Estes divisores condicionam na área duas direções preferenciais de fluxo subterrâneo, que caracterizam o Lago Sobradinho e o Estuário João Bento como níveis de base locais.

A distribuição das curvas piezométricas em zonas de fluxos divergentes reflete as variações de espessura do aquífero, o que, por outro lado, evidencia a sua descontinuidade lateral. As zonas de fluxo convergente, entre os divisores de água subterrânea, são os locais mais propícios para ocorrências de nascentes. Os gradientes hidráulicos situam-se entre $15,0 \cdot 10^{-2}$ e $7,0 \cdot 10^{-2}$ e a uniformidade de distribuição das cargas piezométricas reflete a sub-horizontalidade do substrato conglomerático semi-permeável do aquífero.

A concordância da distribuição das curvas e a pequena variação das cargas piezométricas nos dois mapas confeccionados mostram que as primeiras chuvas, pouco intensas, propiciaram uma pequena recarga do aquífero, porém, devido às suas características de aquífero livre, esta é efetuada exclusivamente por águas meteoricas.

Aquífero Inferior

A partir das curvas de contorno estrutural do embasamento cristalino foi possível traçar as direções preferenciais de fluxo subterrâneo do aquífero inferior. A configuração das curvas permite caracterizar a existência de dois divisores das águas subterrâneas, subparalelos com direções NW. Um dos divisores próximo a Sobradinho e o outro estendendo-se das proximidades da Lagoa do Barro até S. Benedito, passando por Timbaúba. Esta configuração permitiu caracterizar três direções preferenciais do fluxo subterrâneo: uma direção de fluxo mais exterior no limite SW da área, com orientação NW paralela ao divisor que passa por Timbaúba, e duas direções de fluxo dirigindo-se para o Oceano Atlântico, uma com orientação NE coincidente com o aquífero de salmoura, que ocorre sob o leito do Estuário João Bento, e a outra com orientação NW entre os dois divisores de águas subterrâneas, atravessando o aquífero de salmoura contido sob o leito do Lago Sobradinho.

A configuração das curvas de contorno estrutural, mostra que as direções preferenciais de fluxo se localizam em blocos rebaixados do embasamento, que por outro lado, apresenta uma superfície topográfica bastante irregular.

HIDROQUÍMICA

Os estudos hidroquímicos foram executados objetivando caracterizar a origem da salinização das águas do Lago Sobradinho e do aquífero confinado sob o leito do Estuário João Bento. Para atingir este objetivo foram coletadas amostras de água dos poços cadastrados, nascentes, furos a trado, piezômetros e lagos, e foi feito controle de condutividade elétrica de amostras de água durante a execução das sondagens.

Aquífero Superior

A caracterização hidroquímica do aquífero superior foi feita através da determinação de: condutividade elétrica, resíduo seco, alcalinidade total, Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ , em amostras coletadas nos poços cadastrados (Quadro II). Foram confeccionados mapas hidroquímicos de resíduo seco (Des. 03), cloretos (Des. 04) e tabelas de relações rCl/rHCO_3 e rSO_4/rCl .

As águas subterrâneas deste aquífero apresentam teores de resíduo seco variando entre 170 mg/l e 2.600 mg/l, com dois pontos anômalos, com teores de 9.500 mg/l em Belo Sítio e 4.100 mg/l em Salgada, nos extremos S e NW da área, respectivamente. De maneira geral, os poços mais próximos às zonas de descarga do aquífero apresentam baixo teor de resíduo seco, em contraposição aos poços próximos às zonas de recarga do aquífero, que apresentam teores de resíduo seco mais elevados. O mesmo comportamento é notado na distribuição dos teores de Cloretos.

A análise dos mapas hidroquímicos de Resíduo Seco e Cloreto nos indica 04 (quatro) zonas com alta concentração salina, sendo que 03 (três) delas estão situadas nas proximidades de Timbaúba, Lagoa do Mato e Salgada, bem próximas aos divisores de água subterrânea, e a quarta situa-se nas proximidades de Apicum nas margens do Estuário João Bento.

A proximidade destas zonas anômalas ao Lago Sobradinho e Estuário João Bento, particularmente as situadas em Timbaúba, Salgada e Apicum, sugere que os sedimentos que constituem o aquífero superior estão nestes locais repousando diretamente sobre os sedimentos que preenchem os paleo-vales saturados de salmoura, não existindo então a camada congolomérica semi-permeável, o que propiciaria uma drenança da salmoura para o aquífero superior.

Este fenômeno torna-se bem evidente ao associarmos a estas zonas anômalas as altas relações $rCl/rHCO_3$, rMg/rCa e as altas concentrações de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ , que analisadas frente ao mapa piezométrico, indicam que a dissolução de sais pela percolação da água subterrânea, a partir dos divisores, é bem maior que no restante da área.

A zona anômala nas proximidades da Lagoa do Mato apresenta as mesmas características acima expostas, e apesar de estar mais afastada do Estuário João Bento, encontra-se alinhada ao mesmo e sugere a existência de um Braço do Estuário mascarado pela cobertura de sedimentos recentes alongando-se na direção EW. Da mesma maneira, as zonas próximas a Timbaúba e Salgada evidenciam a continuidade do paleo-vale subjacente ao leito do Lago Sobradinho.

Aquífero Inferior

A caracterização hidroquímica do aquífero inferior foi feita a partir dos perfis de condutividade elétrica de amostras de água de circulação, coletadas a cada 2 m, durante a execução das sondagens mecânicas.

Durante a execução da sondagem 02, foi utilizada água salobra para a circulação, mas mesmo assim podemos notar no perfil (Des. 05), que após atravessada a camada de marga houve um decréscimo brusco da condutividade elétrica da água de circulação, evidenciando uma baixa condutividade elétrica para a água do aquífero e conseqüentemente baixa salinidade.

Durante a execução da sondagem 03, foi utilizada água doce para a circulação, e o sistema adotado para a execução da sondagem não permitia o reaproveitamento desta água. Esta metodologia possibilitou melhor avaliação das características da água do aquífero. Após o término da sondagem, foram coletadas 06 (seis) amostras de água, ao término de 06 (seis) bombeamentos com 02 (duas) horas de duração cada, iniciados após a retirada de aproximadamente 06 (seis) metros de tubos de revestimento.

O perfil de condutividade elétrica da água da sondagem 03 (Des. 05) permitiu caracterizar a água deste aquífero, na porção N da área, como sendo doce, com condutividade elétrica entre 350 $\mu mho/cm$ e 450 $\mu mho/cm$ com ligeiro aumento (+ 1.000 $\mu mho/cm$) nas proximidades da camada da calcária.

Lago Sobradinho

A caracterização hidroquímica do lago foi feita mediante a determinação de: condutividade elétrica, resíduo seco, alcalinidade total, Cl^- , HCO_3^{--} , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ , em 260 amostras coletadas a diferentes profundidades. Os resultados obtidos pelas análises químicas foram interpretados a partir do estudo das relações hidroquímicas de $rCl/rHCO_3$,

rMg/rCa.

As águas do lago atualmente possuem baixa salinidade e sua composição química distribui-se homogênea por toda sua extensão, estando os seus teores médios próximos a:

- Resíduo Seco: 3.800 mg/l
- Cloretos: 1.900 mg/l
- Bicarbonatos: 16 mg/l
- Brometos: traços
- Cálcio: 240 mg/l
- Magnésio: 130 mg/l
- Sódio: 860 mg/l
- Potássio: 25 mg/l

A análise das relações hidroquímicas do lago, comparadas às relações hidroquímicas da água do mar apresentadas abaixo, nos levam às seguintes formulações:

	rCl	rHCO ₃	rMg	rCa	rK	rNa	rCl/rHCO ₃	rMg/rCa	rK/rNa
Praia do Coqueiro	536,00	2,30	87,90	21,10	11,60	557,40	233,00	4,17	0,021
Lago So bradinho	53,50	0,26	10,70	12,00	0,64	37,40	206,00	0,86	0,017

As águas do lago, que atualmente são salobras, conservam características de água marinha quanto a relação rCl/rHCO₃, porém ao analisarmos a relação rMg/rCa, elas apresentam características de águas continentais. Isto nos leva a conclusão que o Lago de Sobradinho se formou pelo aprisionamento de água marinha e atualmente suas águas são renovadas exclusivamente por águas continentais devido à descarga subterrânea do aquífero, drenagens superficiais do quadrante sul e águas meteóricas. Estas águas continentais, principalmente das drenagens vindas do quadrante sul são as causas do enriquecimento dos teores de Ca, provenientes das rochas cristalinas, alterando a relação rMg/rCa original. Por outro lado, a presença de brometos nos conduz a afirmar serem de origem marinha as águas do Lago Sobradinho.

Estuário João Bento

A caracterização hidroquímica das salmouras confinadas sob o leito do Estuário João Bento, foi feita através da determinação de: condutividade elétrica, resíduo seco, Cl⁻, SO₄⁻⁻, HCO₃⁻, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ e K⁺, em amostras coletadas nos furos a trado e sondagens mecânicas. As interpretações foram feitas a partir do estudo das relações hidroquímicas de rCl/rHCO₃, rMg/rCa, rK/rNa e pela distribuição dos teores de resíduo seco e cloretos do leito do Estuário. Os resultados das análises químicas são apresentados nos Quadros III e IV.

As salmouras apresentam teores de Resíduo Seco variando entre 56,00-198,00 g/l e teores de cloretos variando entre 29,00-122,00 g/l, bem superiores aos teores da água do mar (Praia do Coqueiro) que são de 43,8 g/l e 19,0 g/l, respectivamente; o aumento dos teores da salmoura se verifica em direção ao mar.

As relações hidroquímicas rCl/rHCO₃ e rMg/rCa são de maneira geral bem mais altas que as da água do mar, o que evidencia ser muito pequena a contribuição de águas continentais na recarga desta porção do aquífero, visto ser continental a principal fonte de Ca⁺⁺ e HCO₃.

A análise da composição química das salmouras caracterizam-nas como altamente salinas, podendo ser estimada na área pesquisada uma salinidade em média 03 (três) a 04 (quatro) vezes maior que a da água do mar. A distribuição dos teores mostra um aumento de salinidade em direção ao mar e nas proximidades de Mexiriqueira (amostra T-4) a salinidade é aproximadamente 06 (seis) vezes maior que a da água do mar.

Nas amostras coletadas durante a perfuração e bombeamento da sondagem 04 (quatro) foi verificado que:

1. - Os teores dos contribuintes principais analisados aumentam em profundidade,
2. - A amostra coletada durante o jorro natural apresenta teores dos constituintes principais, menores que a amostra coletada durante o primeiro bombeamento;
3. - As amostras coletadas durante o segundo bombeamento apresentaram aumento de teores no decorrer do ensaio. Em relação a amostra do jorro natural coletada no dia anterior, a primeira amostra coletada neste bombeamento apresentou um decréscimo de teores.

Não ocorre nesta porção do aquífero concentração anômala de nenhum elemento químico em particular, sendo que a maior concentração salina é devida à evaporação e concentração da água aprisionada.

A salobridade das águas superficiais que inundam durante o inverno no extremo sul do estuário, é devida à dissolução de sais precipitados durante o verão pelas surgências de salmoura no seu leito. As relações hidroquímicas (Quadro VI) das amostras coletadas são de águas mistas, com enriquecimento de Ca devido à fonte continental.

CONCLUSÕES

Os estudos desenvolvidos comprovam que o Lago Sobradinho não possui concentração salina que justifique uma exploração econômica. Por outro lado suas águas são de origem marinha, sofrendo atualmente contaminação de águas continentais pela descarga subterrânea do aquífero superior, drenagens e águas meteóricas.

A salobridade das águas subterrâneas do aquífero superior, é devida ao contato direto deste com o aquífero confinado, saturado com salmoura, em zonas onde ocorre a camada semi-permeável de conglomerado. Estas zonas estão localizadas em áreas onde o lago e o estuário sofreram assoreamento recente.

Quando às salmouras confinadas, sua origem é marinha. Na porção do Estuário João Bento estudada, apresentam alta concentração salina, porém não foi verificada concentração anômala de nenhum elemento analisado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, J.A.M. - Reconhecimento geológico do norte do Piauí. Recife, SUDENE, 1967. (SERIE GEOLOGIA REGIONAL Nº 2).
- LOGAN, J. - Interpretação de Análises Químicas da Água; trad. A.M. Leiros, Recife, s.c.p. 1965.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - Estudos hidrogeológicos e hidroquímicos da Região de Sobradinho, Município de Luiz Correia - Piauí. São Paulo. 1978 (RELATÓRIO IPT Nº 11.222).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S.A. - Estudos sobre a salinidade da área dos Lagos Sobradinho e João Bento, Município de Luiz Correia - PI. S. Paulo, 1978, 2 Vol. (RELATÓRIO IPT Nº 11.529).
- HEM, J.D. - Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 1473. Washington, 1959, 269 pag.

OCEANO ATLÂNTICO



ESCALA 1:120.000

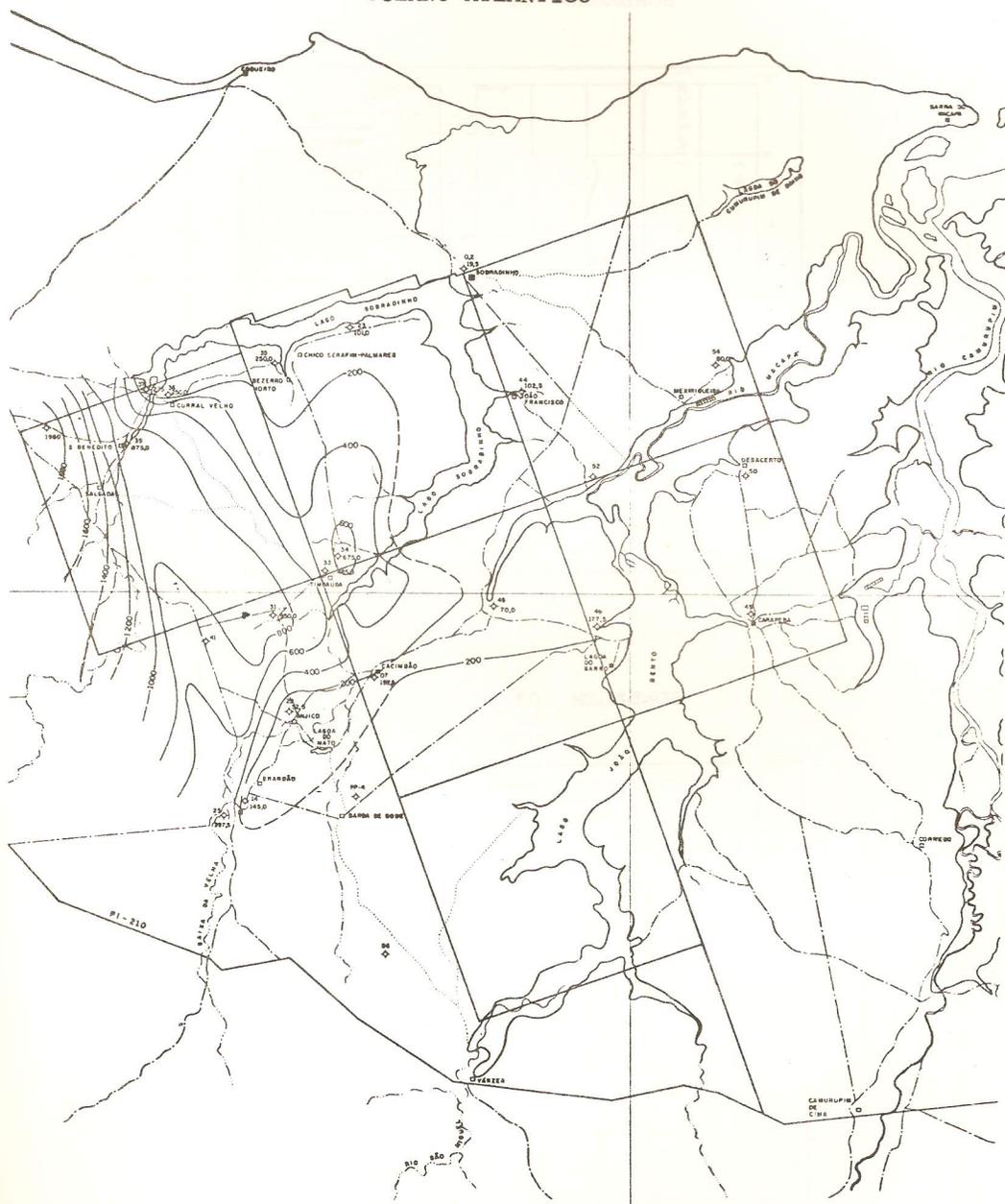
LEGENDA

DESENHO 02

MAPA PIEZOMÉTRICO (FEV/78)

- POÇO CADASTRADO
- PIEZÔMETRO
- CURVAS PIEZOMÉTRICAS
- DIVISOR DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- LINHAS DE FLUXO

OCEANO ATLÂNTICO



ESCALA 1:120.000

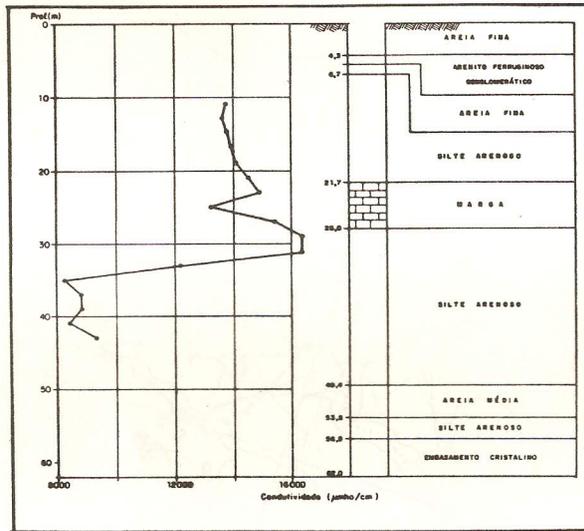
DESENHO 04

MAPA DE CLORETOS

LEGENDA

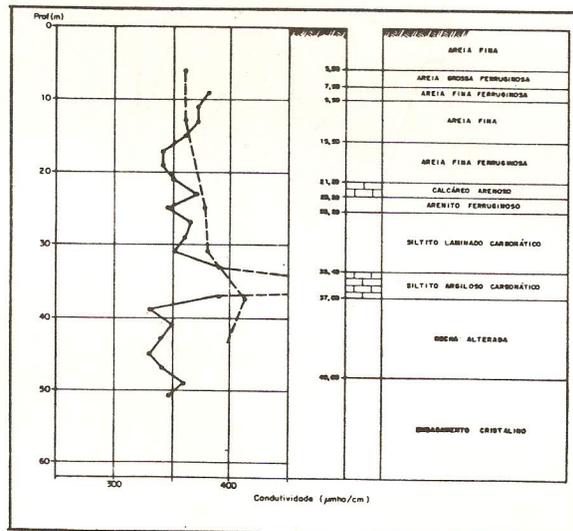
- POÇO CADASTRADO
- CURVA DE NÍVEL, TEOR DE CLORETO

SONDAGEM 02

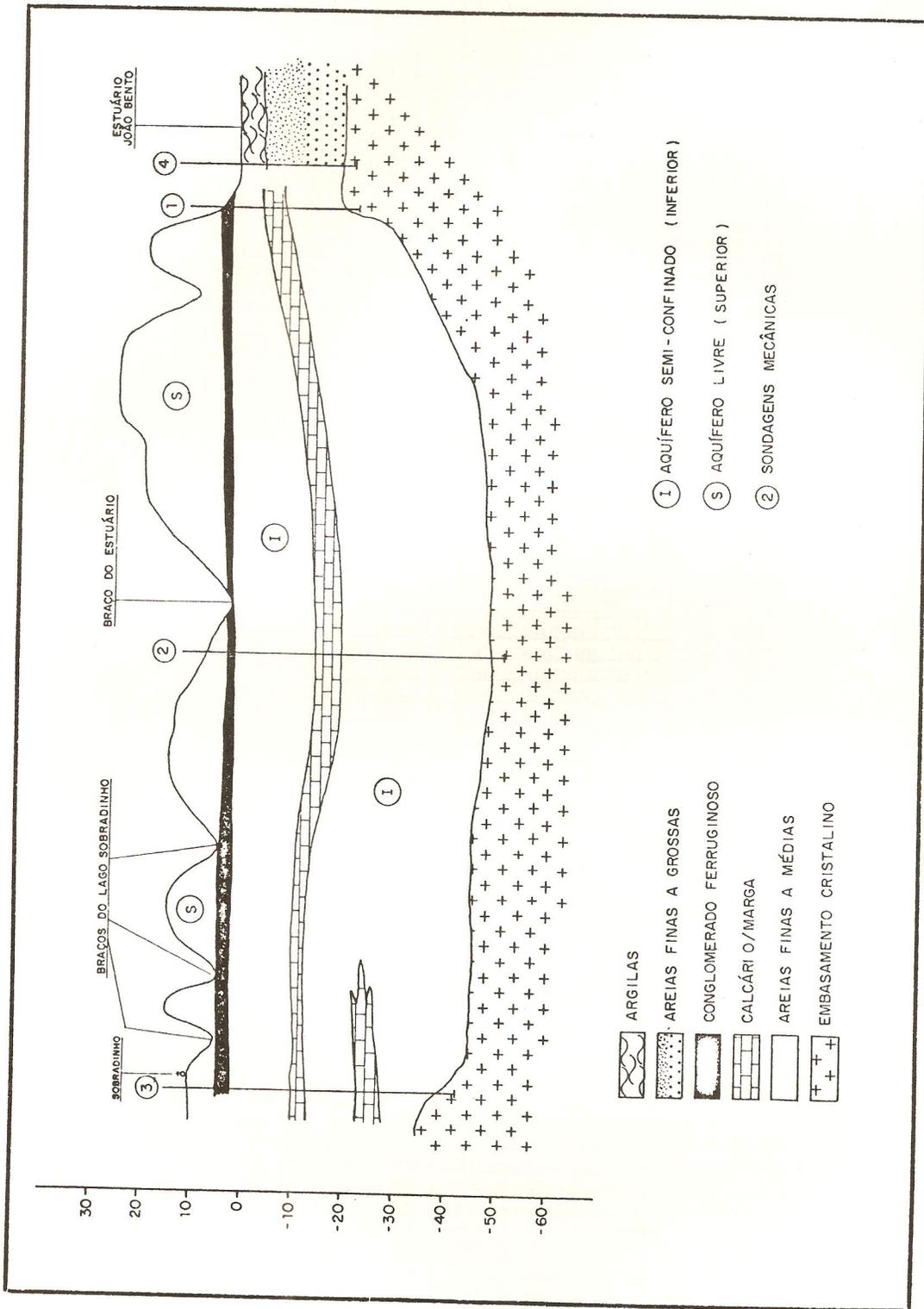


 CONDUTIVIDADE DURANTE A PERFURAÇÃO
 CONDUTIVIDADE DURANTE O BOMBAMENTO

SONDAGEM 03



DESENHO 05 - PERFIS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA



DESENHO 06 - PERFIL GEOLÓGICO/HIDROGEOLÓGICO

QUADRO I - CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS CADASTRADOS (m)

Nº	LOCAL	COTA DA BOCA	PROF.	NE (NOV/77)	COTA DO NE (NOV/77)	NE (FEV/78)	COTA DO NE (FEV/78)	COTA DO FUNDO
02	Schradinho	13,017	8,30	7,80	5,217	7,07	5,947	4,717
07	Cacimão	9,953	5,30	5,38	4,573	4,90	5,053	4,453
11	Lagoa do Mato	7,918	4,65	1,56	6,358	Boca	7,918	3,268
14	Brandão	19,510	9,29	7,35	12,160	7,73	11,780	10,220
23	Palmares	9,786	6,11	3,49	6,296	2,59	7,196	3,676
29	Anjico	12,476	7,86	4,92	7,556	4,54	7,936	4,616
31	Timbaúba	12,177	9,18	4,09	8,087	4,48	7,697	3,997
33	Timbaúba	12,571	8,65	5,07	7,501	4,25	8,321	3,921
34	Timbaúba	14,532	8,66	7,69	6,842	7,01	7,522	5,872
36	Curral Velho	6,731				1,57	5,161	
37	Curral Velho	8,310	4,38	3,04	6,270	2,39	5,920	
21	Brandão	16,779	6,62	5,40	11,379	1,78	14,999	10,159
46	João Bento	17,098	8,30	7,82	9,279	7,30	9,798	8,798
45	Apicum	13,268	3,97	3,89	9,378	2,06	11,208	9,298
47	Lagoa de Barro	11,783	4,32	3,27	8,513	1,87	9,913	7,463
54	Salgado Grande	8,090	2,00	1,95	6,140	1,70	6,390	6,090
52	Apicum	4,416	1,83	0,95	3,466	Boca	4,416	2,586
52A	Apicum	5,785	1,75	1,56	4,225			4,035
44	J. Francisco	15,429	9,14	6,50	8,929	6,38	9,049	6,289
41	Boi							
39	Salgada	9,915	5,24	2,95	6,965	2,26	7,655	4,675
35	Bezzerro Morto	11,803	1,00	0,87	10,933			10,803
49	Carapeba	12,792	6,61	5,57	7,222			6,182
50	Desacerto	12,946	4,41	4,23	8,716			8,536
	Nasc. Salgada				10,630			
	Belo Sítio					6,55	5,253	
2-4	Barba do Bode	13,996		2,50	11,496			

QUADRO II - ANÁLISES QUÍMICAS DOS POÇOS CADASTRADOS (mg/l)

Nº	NOVEMBRO/77				FEVEREIRO/78									
	CONDUT. a 25°C (umho/cm)	RS	PH	CONDUT. a 25°C (umho/cm)	Cl	SO ₄	ALCAL. TOTAL	HCO ₃	RS	Ca	Mg	Na	K	
02	320	213	6	240	19,5	8,0	27,0	32,9	160	26,0	10,0	40,0	18,0	
07	340	227	6	573	192,5	4,5	38,0	46,3	382	40,0	40,0	200,0	10,0	
11	3920	2613	6											
14	745	397	6	790	145,0	6,0	225,0	274,3	527	99,0	40,0	140,0	8,0	
23	440	293	6	555	101,0	8,0	96,0	117,0	370	59,0	10,0	100,0	24,0	
29	300	200	6	351	52,5	3,0	42,0	51,2	234	40,0	14,0	100,0	12,0	
31	3500	2333	6	3420	950,0	11,5	258,0	314,5	2280	238,0	79,0	541,0	71,0	
33	3050	2033	6	1340	485,0	9,0	35,0	42,7	890	99,0	140,0	220,0	26,0	
34	1160	1107	6	1710	675,0	9,5	45,0	54,9	1140	79,0	59,0	321,0	12,0	
36	260	173	6											
37	830	553	6	970	275,0	12,0	93,0	113,4	647	79,0	14,0	160,0	17,0	
21	1100	733	6	1160	387,5	10,0	148,0	180,4	1107	158,0	46,0	180,0	69,0	
46	700	487	6	666	177,5	13,0	21,0	25,6	444	24,0	9,0	120,0	6,0	
45	2720	1813	6	288	70,0	7,0	27,0	32,9	192	16,0	4,0	80,0	4,0	
47	790	527	6	1130	255,0	13,5	125,0	152,4	753	40,0	24,0	180,0	36,0	
54	250	167	6	420	80,0	11,0	72,0	87,8	280	22,0	14,0	120,0	21,0	
52	3860	2573	6											
52A	1600	1067	6											
44	880	587	6	860	102,5	12,5	290,9	353,3	573	59,0	30,0	120,0	42,0	
41	800	533	6											
39	3700	2467	6	2960	975,0	14,0	105,0	128,0	1973	277,0	50,0	301,0	46,0	
35	820	547	6											
49	700	467	6	#14					543					
50	930	620	6	1090					727					
26														
56	14350	9500		240	25,0	4,0	45,0	54,9	160	40,0	6,0	40,0	12,0	
PP-4	3500	2600												
N-S	6200	4130								1198,0	179,0	301,0	150	

QUADRO III - ANÁLISES QUÍMICAS DO ESTUÁRIO JOÃO BENTO

AMOSTRA	Cl (g/l)	SO ₄ (g/l)	HCO ₃ (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	CONDUT. a 25°C (umho/cm)	R.S. (g/l)
T - 1				1564	4692	42769	1080	183.150	122.10
T - 2	29,4	2,28	90,0	1129	2448	19677	460	84.915	56,61
T - 3	58,2	7,25	342,6	1148	3672	41363	1020	160.950	107,30
T - 4	112,1	13,40	137,5	634	7752	68070	1940	297.850	198,57
T - 5	71,3	8,46	225,2	1188	4488	46986	1360	192.412	132,28
T - 6				554	2448	28111	1020	121.175	80,78
J - 1				871	3544	48980	1120	179.170	119,45
PP - 1				1303	4990	49940		212.750	141,83
F - 4(5)	96,2	7,46	229,0	1525	6534	60720	1487		
F - 4(8)	96,0	7,80	235,0	1465	5544	51702	1307		
Rio	16,0	5,98	151,6	436	1010	9514	69	50.922	33,95
P. Coqueiro	19,0		140,0	424	1069	12814	453	65.675	43,78

QUADRO IV - ANÁLISES QUÍMICAS DO ESTUÁRIO JOÃO BENTO (meq/l)

AMOSTRA	rCl	rSO ₄	rHCO ₃	rCa	rMg	rNa	rK	rCl/rHCO ₃	rMg/rCa	rK/rNa
T - 1				78,0	385,9	1860,4	27,6		4,95	0,015
T - 2	829,1	47,5	1,47	56,3	201,3	855,9	11,8	564,0	3,57	0,014
T - 3	1641,2	150,1	5,61	57,3	302,0	1779,3	26,1	292,5	5,27	0,014
T - 4	3161,2	279,0	2,25	31,6	637,5	2961,0	49,6	1405,0	20,17	0,017
T - 5	2010,7	176,1	3,69	59,3	369,1	2043,9	34,8	545,0	6,22	0,017
T - 6				27,6	201,3	1222,9	26,1		7,29	0,021
J - 1				43,5	291,4	2130,6	28,6		6,70	0,013
PP - 1				65,0	410,4	2172,4	38,1		6,31	0,017
F - 4(5)	2712,8	155,3	3,75	76,1	537,4	2641,3	38,0	723,4	7,06	0,014
F - 4(8)	2707,2	162,4	3,85	73,1	455,9	2249,0	33,4	703,2	6,24	0,015
Rio	451,2	124,5	2,48	21,7	83,1	413,8	1,8	181,9	3,83	0,004
P. Coq.	536,0		2,30	21,1	87,9	557,4	11,6	233,0	4,17	0,021

QUADRO V - ANÁLISES QUÍMICAS DAS AMOSTRAS DA SONDAÇÃO 04 (mg/l)

SONDAÇÃO 04	Ca	Mg	Na	K
4-1/12,90	376	5544	4808	40
4-2/12,90-17,90	733	2574	22243	543
4-3/17,90-20,5	1287	3564	38676	985
4-4/21,70	1386	5346	46091	1146
4-5/Jorro	1525	6534	60720	1487
4-6/Bomb/1	1584	7128	62924	1528
4-8/Bomb/1	1465	5544	51702	1307
4-7/Bomb/2	1544	5940	56511	1467

QUADRO VI - ANÁLISES QUÍMICAS DE ÁGUA SUPERFICIAL DO ESTUÁRIO JOÃO BENTO (meq/l)

	rCa	rMg	rNa	rK	rMg/rCa	rK/rNa
JB-1	11,9	26,1	98,2	1,6	2,2	0,016
JB-2	18,8	35,8	162,2	2,2	1,9	0,014
JB-3	14,8	37,4	163,0	2,8	2,5	0,017
JB-4	15,8	39,1	170,9	2,4	2,5	0,014
JB-5	10,9	24,4	106,0	2,8	2,2	0,026