

PROJETO INVESTIGAÇÃO DOS RECURSOS DE
ENERGIA GEOTERMAL NO BRASIL

- Adendo à Pesquisa Bibliográfica

FEV./79

596 - PHL

012930
2007
882 - S
iv. tanço anexo - 5

SUMÁRIO

	Página
I - INTRODUÇÃO	I
II - BACIA DO PARANÁ	
- Considerações Gerais	3
- Mapa de Isotermas	5
- Projeto Presidente Prudente ...	6
III - CONCLUSÕES	10
IV - RECOMENDAÇÕES	12

I. INTRODUÇÃO

A pesquisa bibliográfica, realizada na primeira etapa do projeto em epígrafe, permitiu constatar que normalmente a existência de sistemas geotermiais de vapor ou água quente estão associados com intrusivas recentes, em áreas vulcanicamente ativas, embora pareça haver exceção, como é, por exemplo, o sistema de vapor em Lardarello.

Um sistema hidrogeotermal de maior eficiência e com viabilidade econômica para fins energéticos exige a concorrência de três fatores:

1. intrusivas recentes não muito afastadas do sistema aquífero, atuantes como fontes de calor;
2. rochas sedimentares circundantes ou próximas, com valores adequados de permeabilidade para permitirem o acúmulo e fluxo das águas subterrâneas (aquífero) e,
3. rochas capeadoras impermeáveis capazes de propiciar o isolamento térmico do aquífero, bem como, impedir a infiltração das águas meteóricas de baixa temperatura.

Em resumo, um sistema ideal compõe-se de um aquífero confinado sujeito a uma fonte de calor.

No Brasil, o estudo das fontes termais e a medida das respectivas temperaturas, tem revelado apenas sistemas de baixa entalpia.

As ocorrências de fontes hidrotermais com temperaturas superiores à ambiente, conhecidas até esta data no Brasil, parecem ser consequência exclusiva do gradiente geotérmico. São águas que afloram à superfície através de fraturas, provenientes de zonas mais profundas.

Dada as condições geológicas do Brasil, não parece provável a ocorrência de sistemas geotermiais de vapor, pelo que

não é de se admitir que sistemas geotermiais possam ser aproveitados diretamente na produção de energia elétrica.

Todavia, outras aplicações são possíveis visando o aproveitamento do calor adquirido pelas águas subterrâneas. Dependendo dos estudos de viabilidade econômica, pode compor sistemas mistos de produção de vapor, com sensível economia de combustíveis fósseis; pode ser aproveitado como fonte de calor em sistemas industriais de refrigeração; pode permitir ainda a construção de balneários, utilização em estufas, etc.. .

A Hungria, por exemplo, utiliza-se de água subterrânea aquecida para as mais diversas aplicações, proveniente de arenitos, quase sempre lenticulares, de baixa vazão, jazentes na sequência sedimentar terciária da Bacia Panoniana; mais de 400 poços já foram executados com êsse objetivo.

Existem no Brasil vários sistemas hidrotermais de baixa entalpia porém de extensão horizontal, volume de água e temperatura nunca inegualáveis aos da Bacia do Paraná. As Bacias Potiguar, de Tucano e do Maranhão, devido suas localizações geográficas, abrangendo áreas de clima muito quente, não oferecem interesse econômico para o aproveitamento de suas águas quentes, tanto quanto no sul do Brasil. O hidrotermalismo nessas bacias também parece estar relacionado com o gradiente geotérmico de profundidade. Na região sul do Brasil, nas fontes termais situadas no escudo cristalino, desenvolveram-se projetos para a implantação de estâncias hidrotermais, por iniciativa privada.

II. BACIA DO PARANÁ

A - Considerações Gerais

No Brasil, é muito remota a possibilidade de ocorrer sistemas geotermiais de vapor, os quais são bastante frequentes nas áreas de cinturão orogênico.

Na Bacia do Paraná, as temperaturas elevadas das águas que fluem na superfície, através de fontes ou provenientes de poços profundos, são consequência do gradiente geotérmico e seu aproveitamento torna-se limitado como fonte de energia.

A Bacia do Paraná tem sido alvo de pesquisa de diversos bens minerais, especialmente de combustíveis fósseis. A Petrobrás, por várias décadas, desenvolveu trabalhos de pesquisas de petróleo através das técnicas mais avançadas de levantamentos geológicos, geofísicos, culminando com perfurações de poços pioneiros. Apesar dos fracos e esparsos indícios de hidrocarbonetos constatados, resultando o abandono da área como portadora de petróleo (pelo menos temporariamente), a pesquisa levada a efeito, ampliou o arcabouço de informações que têm sido utilizadas como base para outros tipos de prospecção. Ofereceram subsídios importantes para os projetos de prospecção de carvão, desde São Paulo ao Rio Grande do Sul, elaborados através do convênio DNPM/CPRM. A própria pesquisa de urânio, em andamento, através da Nuclebrás, de alguma maneira beneficiou-se das informações advindas dos trabalhos anteriores.

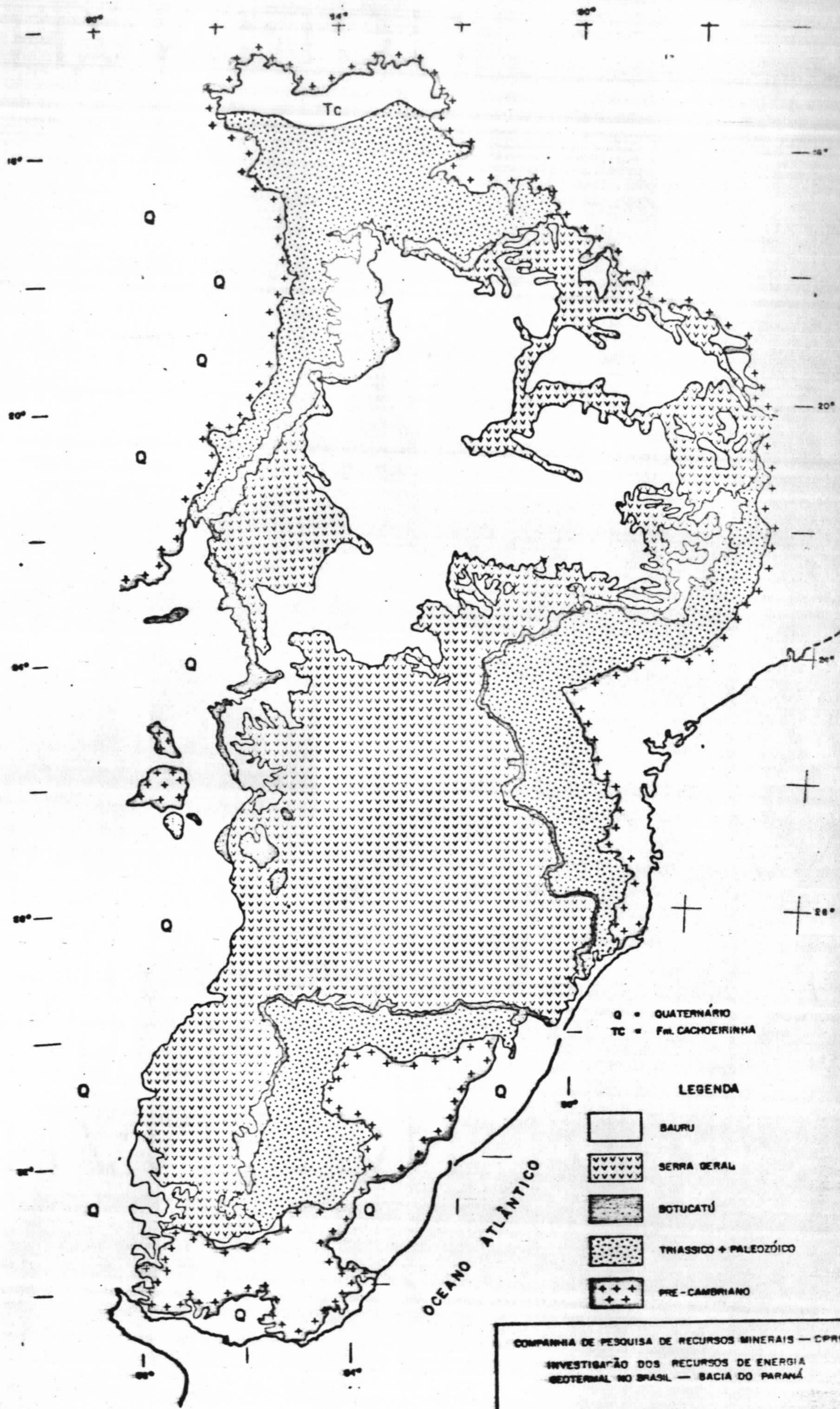
A elaboração do presente relatório, baseada principalmente em informações dos poços pioneiros para petróleo, permitiu situar a água subterrânea como o principal bem mineral contido na Bacia do Paraná, que poderá substituir os mananciais de superfície, cada vez mais poluídos, no suprimento dos seres vivos.

Dentre as bacias sedimentares brasileiras, é a Bacia

do Paraná a mais interessante sob o ponto de vista de captação de água subterrânea, se considerados os seguintes fatores:

1. A área que abrange contém as mais importantes zonas produtivas do país, sob todos os aspectos econômicos;
2. Em consequência do desenvolvimento econômico, apresenta também os maiores índices de poluição dos principais caudais abastecedores de água a inúmeros municípios, densamente povoados;
3. Estende-se do centro para o sul do país onde se registram as mais baixas temperaturas, com ocorrências de geadas por ocasião da estação fria, especialmente nos Estados mais meridionais, bem como períodos anuais de secas;
4. Encerra em sua sequência estratigráfica a Formação Botucatu , com excelentes características de rocha-reservatório e ampla extensão superficial, englobando área explorável de cerca de 800.000 km² (Fig. I).
5. Representa um aquífero confinado, com características litológicas homogêneas e espessura variando entre 80 a 500 m (figs. 2 e 3). Além disso acha-se recoberto por derrames basálticos, com espessura de até 1600 metros, muitas vezes contendo água em fraturas e intervalos vesiculares;
6. A extensa área de exposição ou afloramento dessa formação orlando todos os limites da bacia, permite constante reposição das águas, captáveis através da infiltração das águas meteoricas, tornando-se enorme a capacidade produtiva do aquífero. Devem ser adicionadas também as áreas com coberturas de basalto, relativamente delgadas, onde pode haver descida das águas meteoricas através de fraturas e da capa intemperizada;
7. A presença de água doce em profundidade de até 1.500 m permite sua captação com temperaturas próximas de 70° C (fig. 4).

Dêste modo, são ampliadas as aplicações para a água, advinda de intervalos profundos da Formação Botucatu, pois além de



Q = QUATERNÁRIO
TC = Fm. CACHOEIRINHA

LEGENDA

-  BAURU
-  SERRA DERAL
-  BOTUCATÚ
-  TRIASSICO + PALEOZOICO
-  PRÉ-CAMBRIANO

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS — CPRM
INVESTIGAÇÃO DOS RECURSOS DE ENERGIA
GEOTERMAL NO BRASIL — BACIA DO PARANÁ

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO

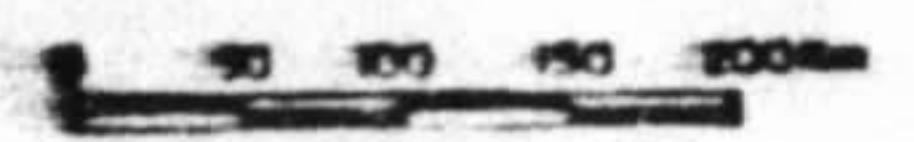


Fig. = 1

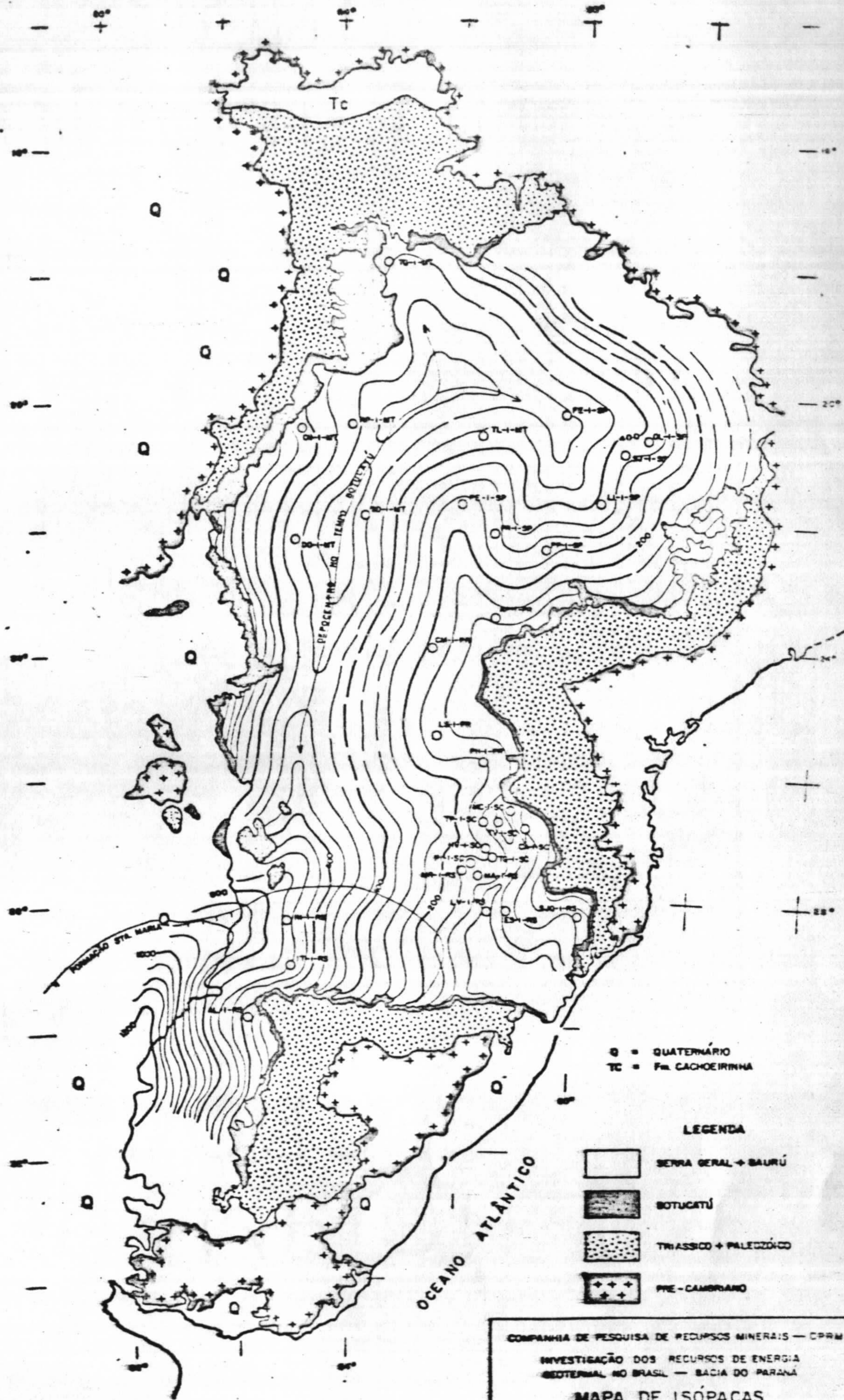
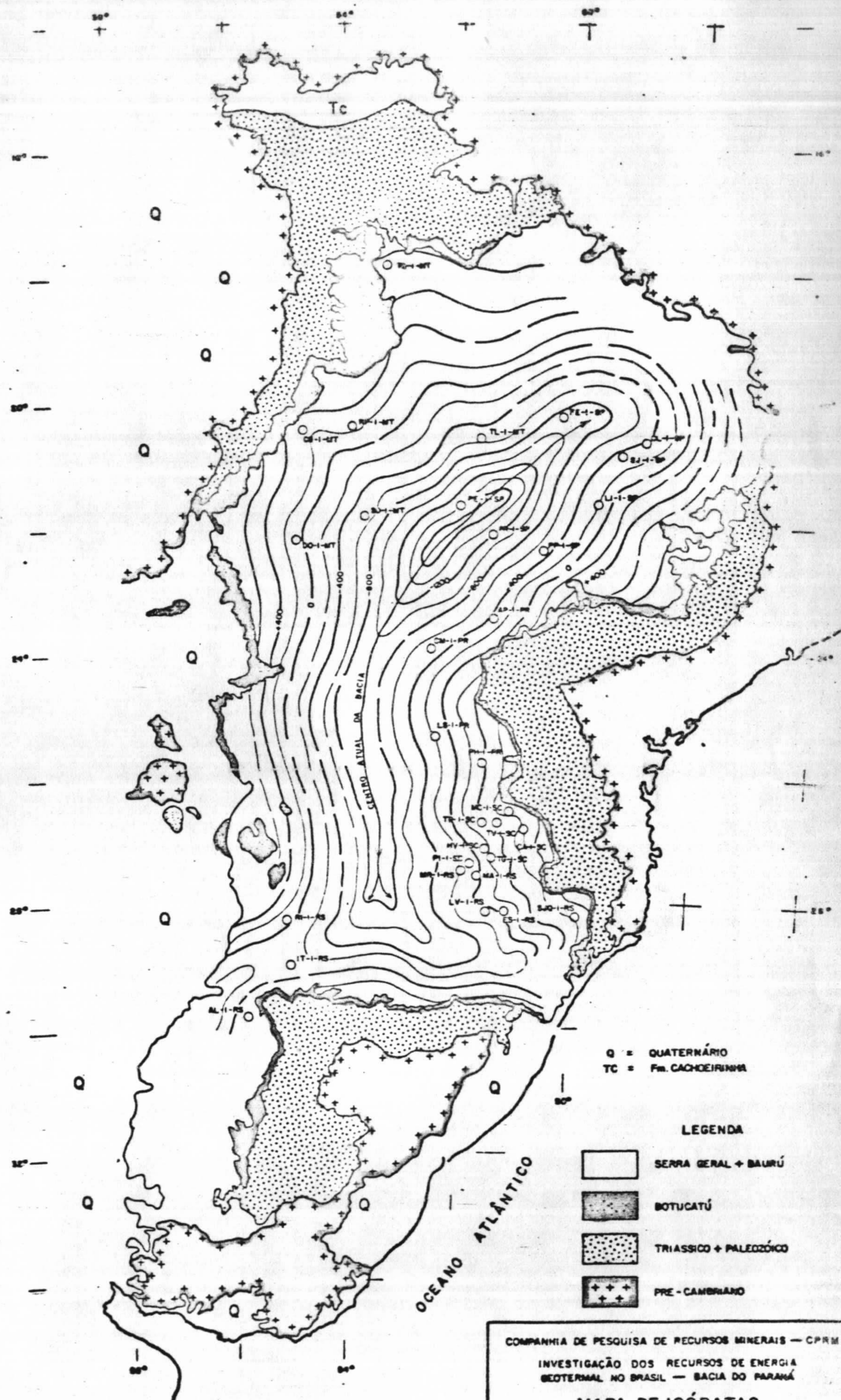


Fig. = 2



Q = QUATERNÁRIO
 TC = Fm. CACHOEIRINHA

LEGENDA

- SERRA GERAL + BAURÚ
- BOTUCATÚ
- TRIASSICO + PALEOZÓICO
- PRE-CAMBRIANO

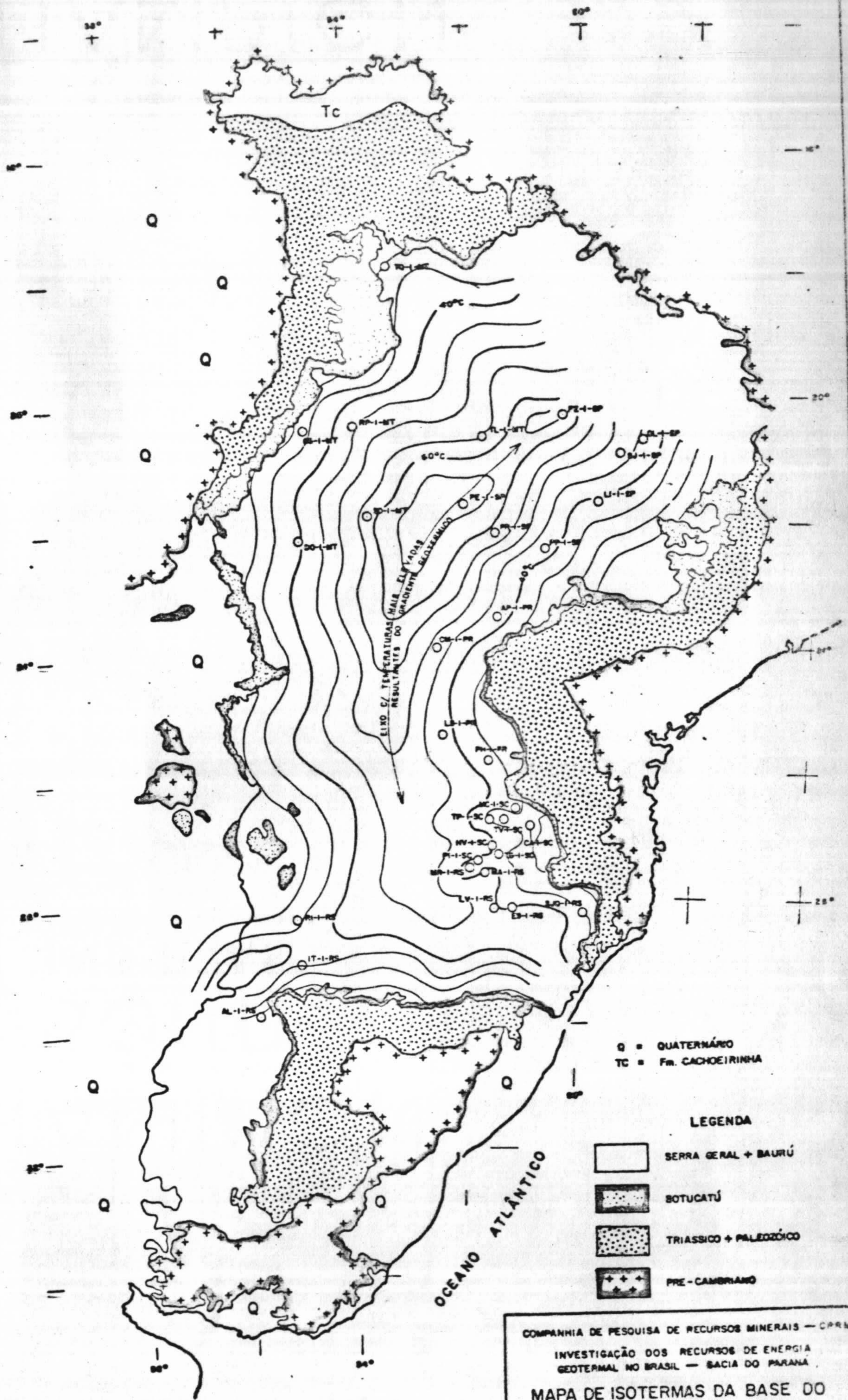
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS — CPRM
 INVESTIGAÇÃO DOS RECURSOS DE ENERGIA
 GEOTERMAL NO BRASIL — BACIA DO PARANÁ

**MAPA DE ISÓBATAS
 TOPO
 DA FORMAÇÃO BOTUCATÚ**

INT. CONT. = 200m

0 50 100 200 metros

Fig. = 3



LINHA DE TEMPERATURAS NA BASE DA VIDA DO GRADIENTE GEOTERMICO

Q = QUATERNÁRIO
TC = Fm. CACHOEIRINHA

LEGENDA

- SERRA GERAL + BAURÚ
- BOTUCATÚ
- TRIASSICO + PALEOZOICO
- PRE-CAMBRIANO

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS — CPRM
 INVESTIGAÇÃO DOS RECURSOS DE ENERGIA GEOTERMAL NO BRASIL — SACIA DO PARANÁ
 MAPA DE ISOTERMAS DA BASE DO INTERVALO ESTRATIGRÁFICO: TOPO DO BOTUCATÚ/ TOPO R. RASTRO
 INT. CONT. = 5°C
 0 50 100 150 200 KM

Fig. = 4

sua potabilidade, sem qualquer tratamento prévio, se presta para utilização em indústrias que exigem aquecimento da água (até cerca de 65° C) e pode ser vaporizada com menor consumo de energia, se comparada ao aquecimento de água à temperatura ambiente. (poços com profundidade em torno de 1.700 m).

B - O Mapa de Isotermas

A fig. 4, mapa de isothermas no arenito Botucatu, foi traçado a partir de dados de poços de petróleo executados pela Petrobrás, todos iniciados na Formação Serra Geral.

Os valores de temperatura, que propiciaram o traçado das isothermas, foram extrapolados com base nas medidas efetuadas no fundo dos poços, em cada perfilagem geofísica. O datum de referência situa-se cerca de 50 metros acima da base do Botucatu, Piramboia ou Stª Maria.

Verifica-se que as isothermas estão em perfeita concordância com as isóbatas, não tendo sido constatada qualquer anomalia térmica. Isto sugere que o incremento de temperatura é função direta da profundidade e o valor máximo previsível é de 70° C, nas vizinhanças do poço PE-01-SP (Presidente Epitácio-I).

A quase totalidade das estâncias hidrotermais, espalhadas pelo Brasil, foram implantadas nas próprias fontes naturais de água, obviamente pela sua maior economicidade, sem exigências de elaboração de projetos visando a captação de água, execução de poços etc.. . Tais fontes localizam-se longe dos principais centros populacionais e demandam, geralmente, grandes deslocamentos dos usuários, em determinadas épocas do ano.

Contudo, o mapa de isothermas na sequência arenosa Botucatu, Piramboia ou Stª Maria, indica que qualquer ponto da área envolvida pela curva de 40° C pode se converter em balneário, mediante a execução de poços entre 800 e 1200 metros. Serão poços

com vazão média provável de $200 \text{ m}^3/\text{hora}$ de água potável de excelente qualidade, com temperatura superior a 40° C .

Países como a Hungria aproveitam esta técnica para abastecer seus inúmeros balneários distribuídos adequadamente pelo país. A fonte dessas águas com temperatura entre 38° e 60° C é representada por poços perfurados na Bacia Panoniana, com características estratigráficas e hidrológicas inferiores às da Bacia do Paraná.

O mapa da área englobada pela isoterma de 40° C (figura 5) ressalta uma imensa área com cerca de 400.000 km^2 onde estão envolvidos municípios e cidades densamente populosas, cuja implantação de estações balneárias, por si só, justificaria a execução de poços relativamente profundos.

O Poço P1-01-SC (Piratuba) perfurado pela Petrobrás, considerado estéril para petróleo, foi completado no arenito Botucatu para água e representa, atualmente, um ponto turístico do Estado de Santa Catarina, como estância balneária.

Na cidade de Fernandópolis, no Estado de São Paulo, foi executado um poço profundo para captação de água da Formação Botucatu visando o abastecimento da cidade. A água com temperatura de 59° C , jorrando a vazão de $130 \text{ m}^3/\text{hora}$, poderia perfeitamente ser aproveitada para a implantação de um balneário (assunto inclusive já cogitado localmente).

A guisa de ilustração será apresentada abaixo a recente execução e completção de um poço profundo, executado pela CPRM, em Presidente Prudente, com objetivo de abastecimento de água potável à população.

C - Projeto Presidente Prudente - Perfuração de poço tubular profundo.

1. Histório do Projeto:

Através de contrato firmado com a CPRM, no dia 08 de

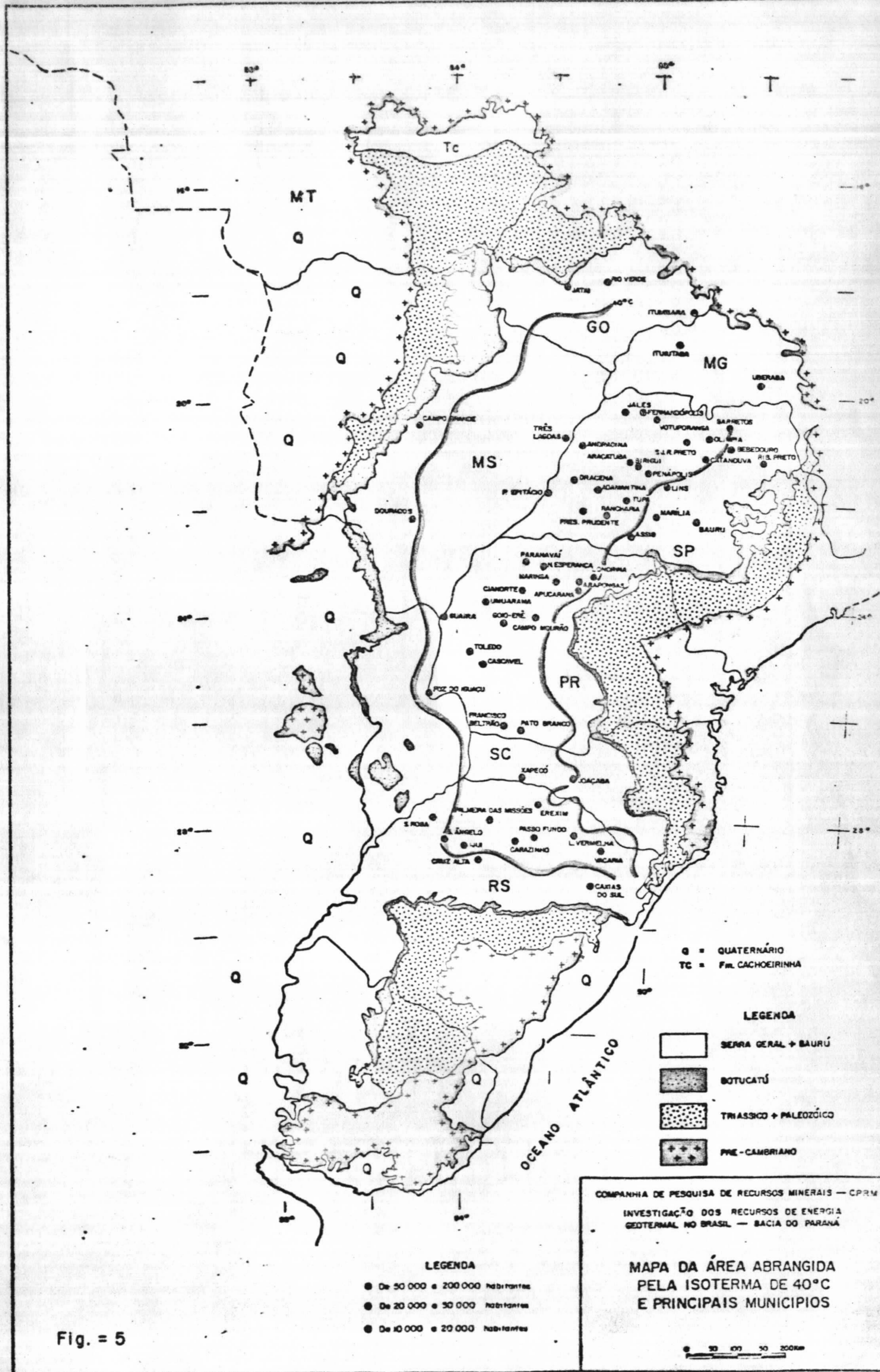


Fig. = 5

-dezembro de 1977 o D.A.E., autorizou a perfuração de um poço profundo em Presidente Prudente, Estado de São Paulo (Fig. 6).

2. Objetivo:

O Poço recebeu o prefixo 04PP-01-SP (Presidente Prudente-1) e tinha por objetivo precípua produzir água do aquífero Botucatú para atender ao abastecimento urbano da cidade.

3. Localização:

Foi locado no Bairro Jardim das Rosas, dentro do perímetro urbano.

4. Construção:

4.1. - Perfuração: A perfuração foi iniciada no dia 07 de janeiro de 1978 com uma sonda de fabricação romena modelo T 50 B com capacidade para atingir até 2000 metros dentro das especificações requeridas pelo contrato, sobre diâmetro:--

a. Perfuração em ϕ 12 1/4" de 0 até 1800,00 metros

b. Alargamento em ϕ 14" de 1430,00 até 1730,00 metros

Fig. 6

4.2. - Perfilagem Elétrica: Ao terminar a perfuração em diâmetro 12 1/4" ou seja, uma vez atingida a base da Formação Botucatú foi realizada a perfilagem elétrica para se delimitar com maior precisão os topos das formações, bem como, proceder a separação dos intervalos adequados para a descida dos filtros. Foram corridos os perfis: Raios Gama, Resistividade 16"/64" e Caliper, corridos pela Schlumberger.

4.3. - Completação: Constou esta operação da descida do revestimento de produção e encascalhamento do espaço anular entre este revestimento e a parede do poço.

O revestimento de produção ficou assim distribuídos:

- de 1744,00 m até 1733,74 m - 10,26 m de tubos 8 5/8" OD
- de 1733,74 m até 1642,35 m - 91,35 m de filtros 9 3/4" OD
- de 1642,35 m até 1621,28 m - 21,07 m de tubos 8 5/8" OD
- de 1621,28 m até 1595,39 m - 25,89 m de filtros 9 3/4" OD
- de 1595,39 m até 1574,64 m - 20,70 m de tubos 8 5/8" OD
- de 1574,64 m até 1526,24 m - 48,45 m de filtros 9 3/4" OD
- de 1526,24 m até 1513,21 m - 13,03 m de tubos 8 5/8" OD
- de 1513,21 m até 1439,86 m - 73,35 m de filtros 9 3/4" OD
- de 1439,86 m até 1379,60 m - 60,26 m de tubos 8 5/8" OD
- de 1379,60 m até 1367,67 m - 11,93 m de filtros 9 3/4" OD
- de 1367,67 m até 1328,55 m - 39,12 m de tubos 8 5/8" OD
- de 1328,55 m até 1327,79 m - 0,76 m de rosca à esquerda

Filtros Hidrossolo ϕ 9" ID; abertura 0,75 mm. O espaço anular entre 1750 e 1367 metros foi preenchido com 32,5 toneladas de cascalho de quartzo com granulometria de 1 a 2 mm. A injeção de pré-filtro foi feita com bombeamento contínuo durante 15 horas em mistura com fluido de completação, pela Dowell-Schlumberger.

4.4. - Desenvolvimento: Foi retirada do poço a lama de água com bentonita e iniciou-se a lavagem dos filtros com jateamento de água limpa. Após algumas horas a operação foi interrompida em virtude do poço ter entrado em surgência.

Para concluir o desenvolvimento foi executado um bombeamento pelo método Air-Lift, continuamente, durante 24 horas à pressão de 90 psi e vazão em torno de 360 m³/hora. O nível dinâmico se estabeleceu a 11,57 m e a recuperação se deu em 15 segundos.

4.5. - Aspectos Hidrogeológicos: A situação geográfica de Presidente Prudente coincide geologicamente, em subsuperfície, com a situação estrutural do aquífero Botucatú propicia a existência de artesianismo jorrante. Esta condição estrutural si-

tua-se ao longo do eixo NE/SW de maior profundidade da Bacia do Paraná, onde são também encontradas as mais altas temperaturas da água na Formação Botucatu. O poço apresentou artesianismo jorrante com nível estático a 13 m acima da superfície e vazão de 100 m³/hora.

Nos testes de bombeamento chegou-se a vazão de 500 m³/hora, em regime de equilíbrio, e nível dinâmico a 36 m o que dá uma vazão específica de 12,8 m³/hora/m.

A temperatura da água na boca do poço atinge 60° C.

PROJETO PRESIDENTE PRUDENTE

04-P.P.-01-SP

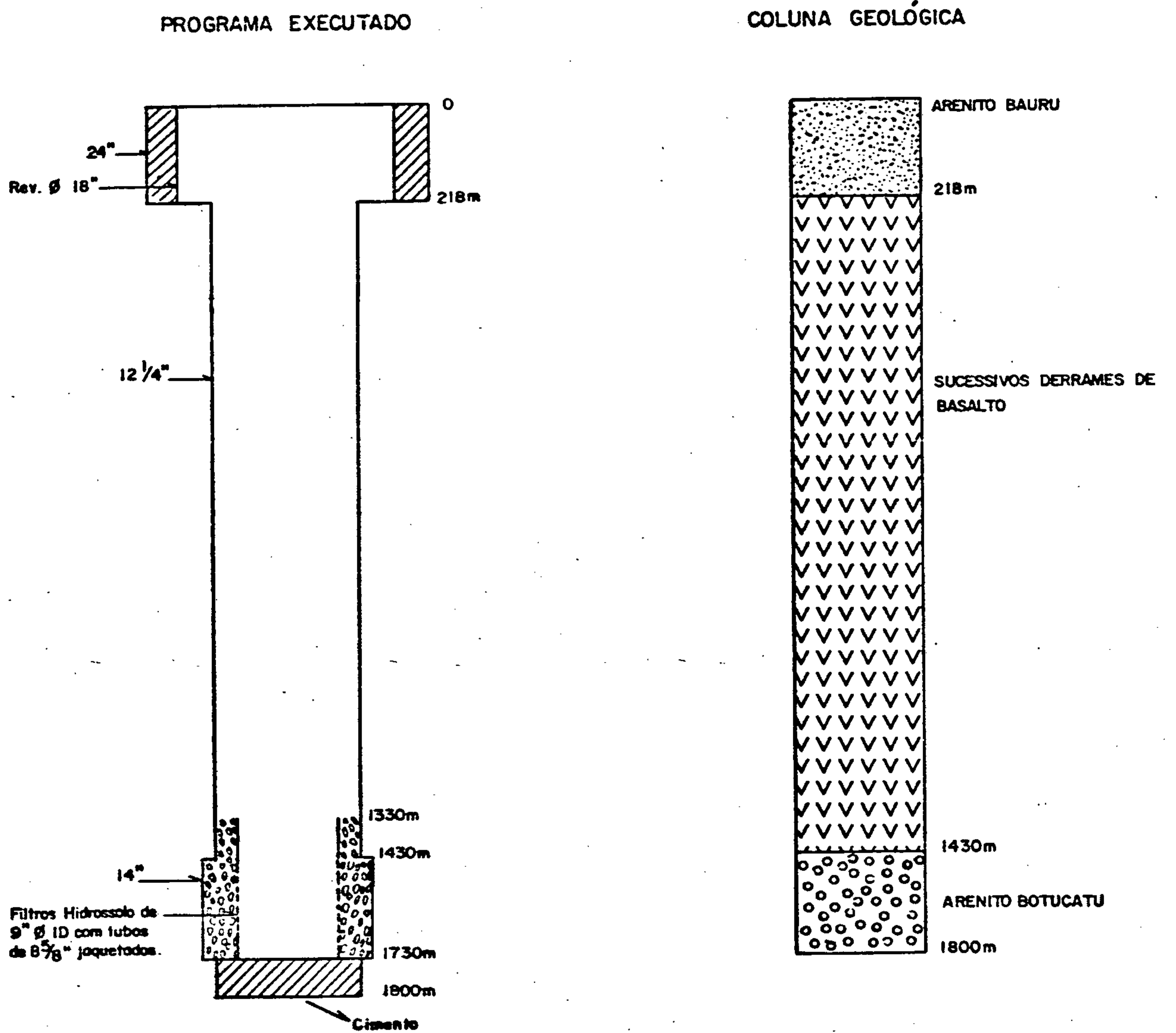


Fig. = 6

III. CONCLUSÕES

1. NO Brasil, são encontrados somente sistemas hidrogeotermiais de baixa entalpia, em consequência do gradiente geotérmico, dada a ausência de fenômenos geotectônicos mais jovens que o Terciário;

2. Dentre as bacias sedimentares brasileiras, devido as condições geográficas e geológicas, é a Bacia do Paraná a mais favorável para a captação de água subterrânea utilizável para consumo, tanto pela sua potabilidade como pela temperatura elevada, dependendo da profundidade de que provém;

3. A Formação Botucatu, dentre as unidades litológicas que constituem a sequência litológica da Bacia do Paraná, revela-se a mais adequada como aquífero, dada as suas excelentes características hidrodinâmicas;

4. Com espessuras compreendidas entre 80 e 500 metros, desde a superfície até quase 2.000 m de profundidade e ampla área de afloramento, permitindo reposição constante das águas captáveis, o aquífero Botucatu representa um reservatório de água potável com enorme capacidade de produção, através de poços rasos ou profundos, estrategicamente distribuídos;

5. A concordância entre os mapas de isotermas e estrutural do topo da Formação Botucatu, indica que o incremento de temperatura é função exclusiva do gradiente geotérmico de profundidade, sem qualquer anomalia térmica provocada pela incidência de fontes de calor em subsuperfície (intrusivas super aquecidas).

6. A área circundada pela faixa de afloramento do arenito Botucatu em torno de 800.000 km², contém um grande número de cidades densamente populosas muitas delas carentes de água potável e todas com possibilidades de captar água subterrânea, através da execução de poços;

7. O mapa da área abrangida pela isoterma de 40°C,

justamente onde se registram as temperaturas mais baixas do país, compreende municípios altamente produtores, com cidades densamente populosas, que poderiam utilizar-se da temperatura da água captada pelos poços profundos como uma segunda opção de aproveitamento;

8. Sendo 70° C a máxima temperatura previsível da água advinda do aquífero Botucatu, sua aplicabilidade restringe-se à construção de balneários, sistemas mistos de obtenção de vapor e, aproveitamento do calor em granjas e culturas agrícolas por ocasião de geadas;

IV. RECOMENDAÇÕES

A enorme reserva de água subterrânea contida nas formações Botucatu e Piramboia, da Bacia do Paraná, conduz a uma série de recomendações visando seu aproveitamento, inicialmente para o saneamento básico e, secundariamente, como fonte de calor;

1. Substituição gradativa das águas superficiais, cada vez mais poluídas, no abastecimento dos grandes núcleos populacionais, por águas subterrâneas, através a execução de poços rasos e profundos. A utilização de águas subterrâneas apresenta vantagem sobre os mananciais de superfície, uma vez que independem das condições climáticas e dispensam tratamentos prévios para consumo;

2. Estudo da viabilidade econômica visando o aproveitamento das águas subterrâneas em sistemas de irrigação, especialmente em áreas onde se verificam períodos anuais de seca;

3. Seleção de áreas prioritárias, cuja situação se enquadra nas condições acima, para as quais seriam elaborados projetos que englobariam o inventário hidrogeológico, locação, perfuração e completação de poços médios (400 a 700 m) e profundos (acima de 1.000 m);

4. Aproveitamento das águas quentes (advindas de poços acima de 1.200 m) para a produção de vapor em usinas termelétricas ou instalações similares, com manifesta economia de combustíveis fósseis (sistemas mistos de geração de energia);

5. Aproveitamento da energia térmica (até 65° C) em sistemas industriais de refrigeração;

6. Construção de balneários em qualquer ponto englobado pela isoterma de 40° C, evitando-se grandes deslocamentos dos usuários para as tradicionais estancias hidrotermais.