

# Prospecção de Água Termomineral na Região de Termas da Guarda (SC) com a Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto

PAULO VENEZIANI  
CÉLIO EUSTÁQUIO DOS ANJOS

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515  
12201-970 São José dos Campos, SP - Brasil

**Abstract.** This work aimed to localize bore hole points to exploit thermomineral groundwater in the Termas da Guarda Region Santa Catarina State, Brazil. The geomorphological characteristics of the area consist: mountain relief with deep slope and "v" valleys. On the other hand lowlands filled with alluvium and colluvium sediments are essentially found where the principal fracturing directions are crossing themselves. The studied area is lithologically characterized by the occurrence of coarse grained granitic rock and silex tectonic breccia. The main structural features are fractures (joints and faults). Lithological (tectonic breccia) and structural factors perform the control of the thermomineral aquifer net while geomorphological factor control the thermomineral water springs. Four maps were elaborated: 1 - joint zone density and structural lineaments (faults) interpreted from TM Landsat imagery; 2 - joint zone frequency using outcrop measures; 3 - isovalues radiometric temperatures (PRT-5) and 4 - topographic map. These maps were integrated by means of a GIS (Geographic Information System). The results of technics employed were used to localize the bore hole points.

## Introdução

Apresenta-se os resultados obtidos durante uma pesquisa realizada na região de Termas da Guarda, município de Tubarão (SC) que teve como objetivo principal a indicação de poços profundos para explorar água termomineral (Anjos e Veneziani, 1992).

As seguintes etapas foram realizadas: 1 - interpretação de fotos aéreas e imagem TM-LANDSAT, banda 4; 2 - trabalhos de campo para a aquisição de dados litológico-estruturais e

termométricos; 3 - integração dos dados das etapas anteriores através de um GIS; 4 - elaboração de mapas com as informações integradas e 5 - elaboração de mapa com os pontos para perfuração.

Além do levantamento efetuado na área de interesse, foi feito um estudo regional para buscar-se o entendimento dos possíveis controles da ocorrência das águas termominerais. Visitou-se as localidades de Termas do Gravatal e Termas do Rio do Pouso para uma avaliação dos referidos controles litológico-

estruturais e geomorfológico, porém sem efetuar medições de temperatura.

#### **Métodos e Equipamentos Utilizados**

A metodologia adotada consistiu no levantamento dos dados litológico-estruturais observáveis na superfície do terreno, na aquisição de dados de variações de temperatura radiométrica superficial e na integração dos dados obtidos.

**Dados litológico-estruturais** - Inicialmente foram interpretadas as imagens de satélite na escala de 1:100.000 e fotos aéreas na escala de 1:25.000, afim de se detectar variações litológicas e se obter traços de fraturas (juntas e falhas). Plotou-se ainda sobre os mapas obtidos os pontos de ocorrência de águas termominerais da região em torno da área das Termas da Guarda.

**Trabalho de campo** - Foi feita uma verificação regional dos dados interpretados na fase anterior e um levantamento detalhado na área de interesse que incluiu a medida de atitudes de planos estruturais (juntas e falhas), e descrição litológica "in loco".

**Levantamento termométrico** - Foram efetuadas 60 medidas de temperatura ao longo de perfis previamente escolhidos que abrangiam a área de interesse. Tais medidas foram realizadas durante o intervalo horário de 5h30min a 6h45min, estabelecido em função da propagação de calor da subsuperfície para a superfície, sem influência da insolação.

**Localização de pontos de observação** - Devido à inexistência de cartas topográficas

atualizadas, todos os pontos de campo foram localizados através de medidas de suas coordenadas geográficas.

**Integração de dados** - Os dados obtidos nas etapas anteriores foram digitalizados, posteriormente superpostos, através de um sistema GIS. Como resultados da referida superposição obteve-se os seguintes mapas:

- 1 - Isodensidade de traços de fraturas e lineamentos estruturais na escala de 1:10.000;
- 2 - Isofrequência de traços de fraturas e lineamentos estruturais na escala de 1:5.000 (Figura 1);
- 3 - Variações de temperaturas e lineamentos estruturais na escala de 1:5.000 (Figura 2);
- 4 - Localização de pontos para a perfuração, priorizados, na escala de 1:5.000. (Figura 3).

Os, seguintes equipamentos foram utilizados:

- 1 - SGI/INPE - consiste em um sistema GIS (Geographic Information System), que permite a superposição/integração de diferentes bases de dados georreferenciados, (PIS);
- 2 - GPS - consiste em um equipamento que fornece as coordenadas geográficas de pontos localizados na superfície do terreno baseadas em sinais emitidos por satélites;
- 3 - Termômetro Radiométrico PRT-5 - foi utilizado essencialmente para medir diferenças de temperatura radiométrica. Os dados não foram convertidos para temperatura real.

#### **Resultados**

A seguir serão descritos os

resultados obtidos considerando-se os seguintes aspectos: geomorfológicos-geológico-estruturais regionais e da área de interesse; isodensidade e isofrequência de zonas de juntas; termométricos e, aqueles referentes à integração dos dados.

**Geomorfológicos-geológicos-estruturais regionais** - O relevo na região é constituído essencialmente por serras com encostas abruptas e declividade acentuada. Os vales são normalmente em "V". Por outro lado, destacam-se baixadas planas, preenchidas por sedimentos alúvio-coluvionares configurando vales de fundo chato, principalmente ao longo do rio Tubarão. Tanto o relevo como a drenagem são controlados fortemente por sistemas de fraturas (juntas e falhas) Litologicamente a região caracteriza-se pela ocorrência de uma unidade granítica. Observou-se ao nível de afloramento, essencialmente a ocorrência de granito grosseiro róseo e granito cinzento fino, cortados localmente por veios aplíticos. Estes granitos são muito pouco foliados, predominando os tipos não foliados.

As feições estruturais predominantes são as fraturas (zonas de juntas e falhas). As zonas de juntas apresentam espaçamento desde milimétrico até métrico. Dão origem a sistemas com espaçamento variando de centimétrico até alguns metros (conjuntos de zonas de juntas).

Observou-se que os sistemas mais frequentes na área alinham-se segundo as direções N-S a N15E, N45E a N60E e EW a N75W, são verticais a sub verticais (mergulhos entre 90 e 70 graus), e associam-se a

reativação de antigos falhamentos. Estes últimos, definidos neste trabalho como lineamentos estruturais, alinham-se segundo as direções acima mencionadas e controlam as demais direções de juntas da área. Os eixos das curvas de isodensidade são controlados pelas direções N-S a N15E, N45E a N60E e EW a N75W (estas curvas representam a isodensidade para todas as direções de traços de zonas de juntas interpretados na imagem de satélite e fotos aéreas).

Constatou-se, durante este estudo regional que os cruzamentos das três direções principais referidas anteriormente coincidem normalmente com os principais baixos topográficos da região e com os pontos conhecidos de ocorrência das águas termominerais (Termas da Guarda, Gravatal e Rio do Pouso).

**Área de interesse** - As condições geomorfológicas, geológicas estruturais da área de detalhe são semelhantes àquelas regionais.

Constatou-se novamente o controle da distribuição espacial das zonas de juntas pelas direções antigas de falhamentos NS a N15E, N45E a N60E e EW a N75W. Tal fato pode ser verificado na Figura 1 através da observação dos eixos das curvas de isofrequência de zonas de juntas. Ressalta-se que este mapa foi obtido a partir da interpolação de todas as medidas feitas na área de interesse, isto é, inclui todas as direções medidas.

Observou-se nesta área, bem como regionalmente, a ocorrência de material de preenchimento de fraturas identificados como quartzo e principalmente sílex. Este

último, predominando, forma corpos silixíticos de possança de até algumas dezenas de metros. Encontra-se maciço em certos locais e extremamente fraturado em outros, sempre com textura de brecha (brecha maciça e brecha fraturada). Apresenta coloração marron avermelhada e às vezes preta, devido à percolação de óxido de manganês pelas fraturas. Constatou-se que tal brecha, preenche essencialmente as direções em torno de N45E a N60E (Figura - 1). E como fato de maior importância, que a intensidade de fraturamento da mesma, está ligada ao cruzamento das três direções principais, isto é, a brecha é maciça ao longo da direção N45E a N60E, porém quando ocorre o cruzamento desta direção com as fraturas NS a N15E e EW a N75W, torna-se extremamente fraturada, principalmente ao longo das três direções em questão. Por outro lado quando a brecha é maciça sustenta o relevo como foi observado no campo. Quando a brecha encontra-se extremamente fraturada ocorrem baixos topográficos como, por exemplo, nas áreas onde se encontram as termas conhecidas. Tal fato deve-se à maior facilidade com que este material fraturado é removido diante da atuação dos processos erosivos.

**Isofrequência de Zonas de Juntas** - as curvas de isofrequência de zonas de juntas da figura 1, foram obtidas a partir da interpolação do total de medidas, para cada ponto visitado no campo. Tal interpolação foi realizada no SGI do INPE. Sobre o mapa em questão foram lançados os traços de fraturas obtidos através da interpretação de fotos aéreas e os grandes lineamentos regionais. Os

valores das curvas representam a frequência de juntas do máximo "14" (160 juntas por metro de secção transversa), ao mínimo "1" (10 juntas por metro de secção transversa).

Constatou-se que os eixos dos máximos e mínimos de concentração de juntas são controlados essencialmente pelas direções N45E a N60E, EW a N75W e NS a N15E, com destaque para os primeiros (N45-60E).

As juntas nas regiões de máximos chegam a originar zonas com espessura centimétrica e espaçamento milimétrico entre planos, constituindo praticamente uma clivagem de fratura. Tal fato explica a existência de até 160 planos por metro de secção transversa, além daquele relacionado aos cruzamentos dos diferentes sistemas.

As associações entre os vários conjuntos de zonas de juntas que se cruzam, dão origem às redes aquíferas, isto é, a "porosidade" das rochas cristalinas.

Por outro lado o material extremamente fraturado, localizado nos cruzamentos das direções preferenciais da área estudada, foi mais facilmente removido pelos processos erosivos, resultando nos baixos topográficos.

Dos fatos acima expostos conclui-se que a combinação das informações contidas na Figura 1, isto é, das frequências mais altas de ocorrência de sistema de juntas, com "baixos topográficos" indica áreas mais favoráveis à ocorrência de águas termominerais.

**Dados Termométricos** - a Figura 2 é o resultado da interpolação dos pontos de

diferentes temperaturas radiométricas medidas, com a utilização do PRT-5.

O valor representado pelo número 4 foi considerado o "back ground" da área. Portanto os valores acima daquele representado pelo número 4, isto é, de 5 a 10, são as anomalias positivas (mais quentes), e abaixo, de 3 até 1, são as anomalias negativas (mais frias).

Os pontos de medidas localizam-se no interior da área delimitada por linhas tracejadas, orientada de NE para SW, Os valores fora desta área foram interpolados arbitrariamente no SGI do INPE, portanto não devem ser considerados.

Constatou-se um aumento generalizado da temperatura de SW para NE (valor azimutal entre 45 e 60 graus). Esta constatação corrobora todos os fatos anteriormente discutidos. Estruturalmente a região caracteriza-se pelo cruzamento das três direções principais de fraturamentos (NS a N15E, EW a N75W e N45E a N60E), e situa-se em um "baixo" topográfico. Nos afloramentos ao redor deste "baixo" verifica-se a presença da brecha fraturada, fato este que permite supor que em tempos pretéritos este material foi removido através de processos erosivos, que esculpam o relevo, resultando na forma atual. Outras regiões também apresentam valores acima do "background" (4) embora não tão expressivas como a descrita no parágrafo anterior.

**Integração dos Dados** - os resultados da integração de dados, já discutidos parcialmente nos itens anteriores, mostraram que a existência das águas termais da

área estudada está associada aos seguintes fatores:

- 1 - cruzamento de sistemas de fraturamentos (juntas e falhas), especialmente os três principais já descritos anteriormente, com mergulhos no intervalo de 70 a 90 graus;
- 2 - ocorrência da brecha muito fraturada que preenche essencialmente as direções N45E a N60E, nos locais onde ocorrem os cruzamentos;
- 3 - existência de baixos topográficos nos locais de cruzamentos devido à erosão diferencial e
- 4 - aumento da temperatura relativa, nos locais em que os três fatores anteriores são verificados simultaneamente.

A análise dos dados das Figuras 1 e 2, permite também priorizar os pontos para a perfuração, isto é, quanto mais alto forem os valores de isofrequência de fraturamento "versus" temperaturas relativas e, mais amplos os baixos topográficos, maiores serão as possibilidades de se atingir a rede aquífera termal através da perfuração de poços.

A Figura 3, apresenta os locais indicados para a perfuração de poços e é resultante da integração dos dados anteriormente discutidos. A ordem de prioridade é representada na figura pelo primeiro algarismo à esquerda, isto é, os pontos 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, são os mais favoráveis. Os pontos 2-1, e 2-2, são menos favoráveis que os primeiros e, os pontos 3-1, 3-2, 3-3 são os últimos na escala de prioridade. A área designada pelo índice 3-A foi considerada como uma alternativa favorável.

## Conclusão

Embora até a data de elaboração do presente trabalho não se conhecia o resultado dos poços em perfuração na área, pode-se afirmar que a metodologia empregada apresentou resultados amplamente satisfatórios, haja visto que a integração dos dados apontou como mais favorável, justamente a área onde ocorrem as fontes de água termomineral.

### **Bibliografia**

Anjos, C.E. dos; Veneziani, P.  
- Projeto Termas da Guarda-  
Relatório Confidencial. 1992,  
São José dos Campos, S.P. 10p.

# MAPA DE ISOFREQUÊNCIA DE FRATURAMENTOS - OBSERVADOS NO CAMPO

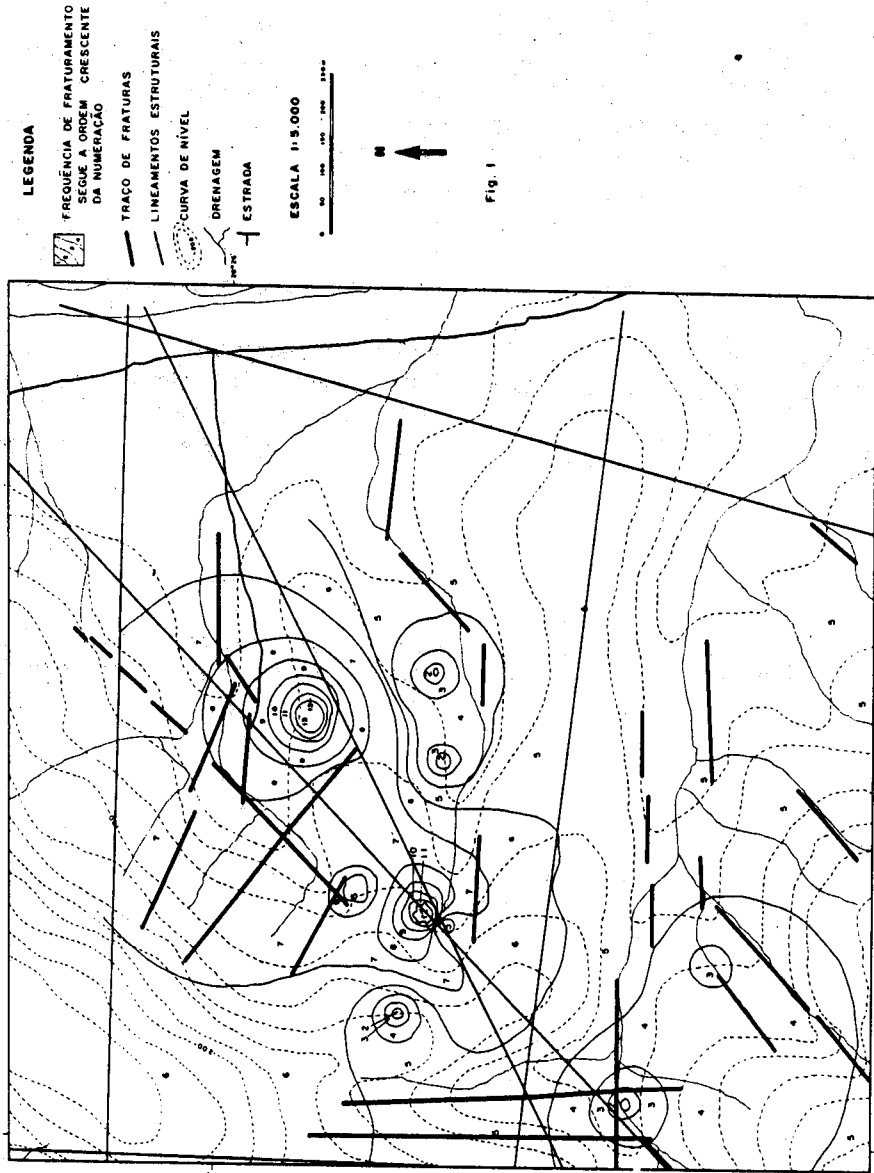
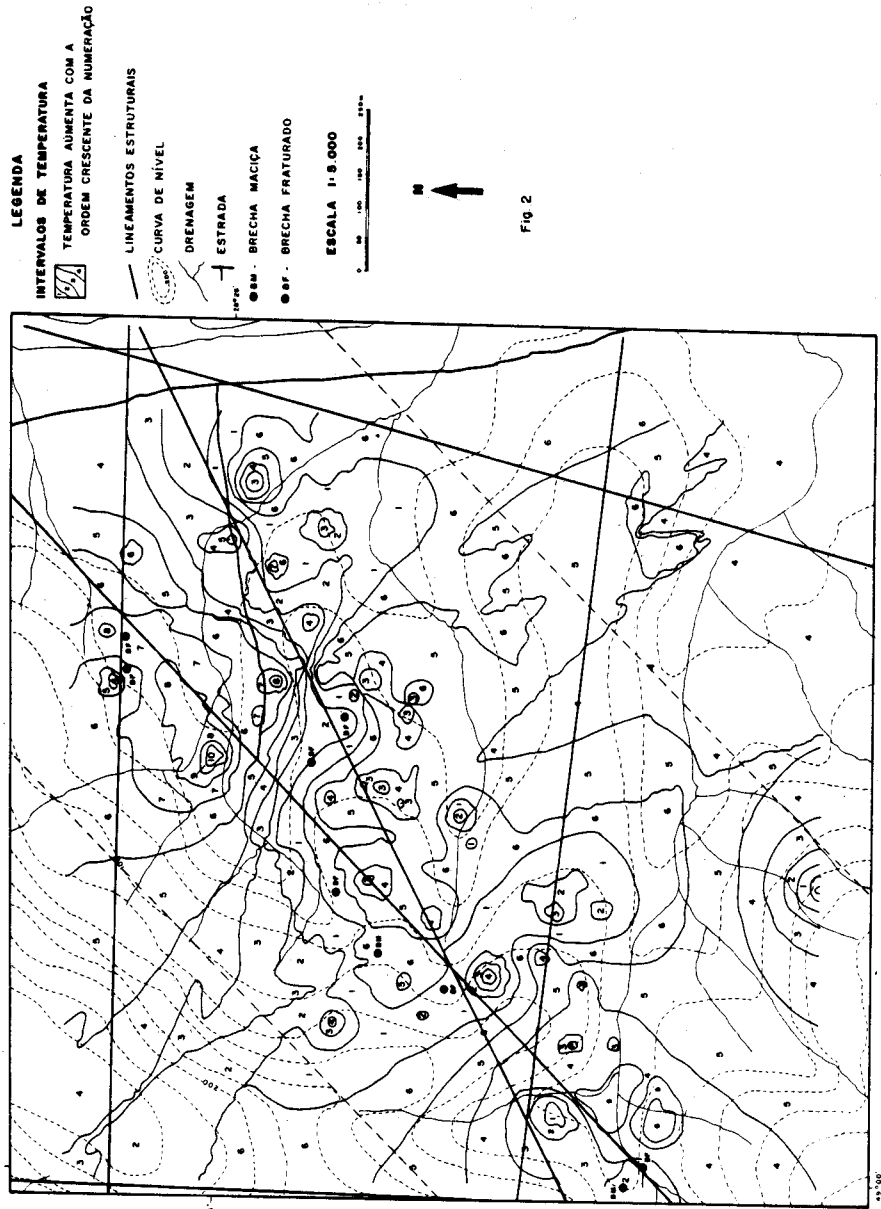


Fig. 1

# MAPA DE ISOVALORES DE TEMPERATURA X LINEAMENTOS ESTRUTURAIS





# MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE PONTOS PARA PERFURAÇÃO DE POÇOS

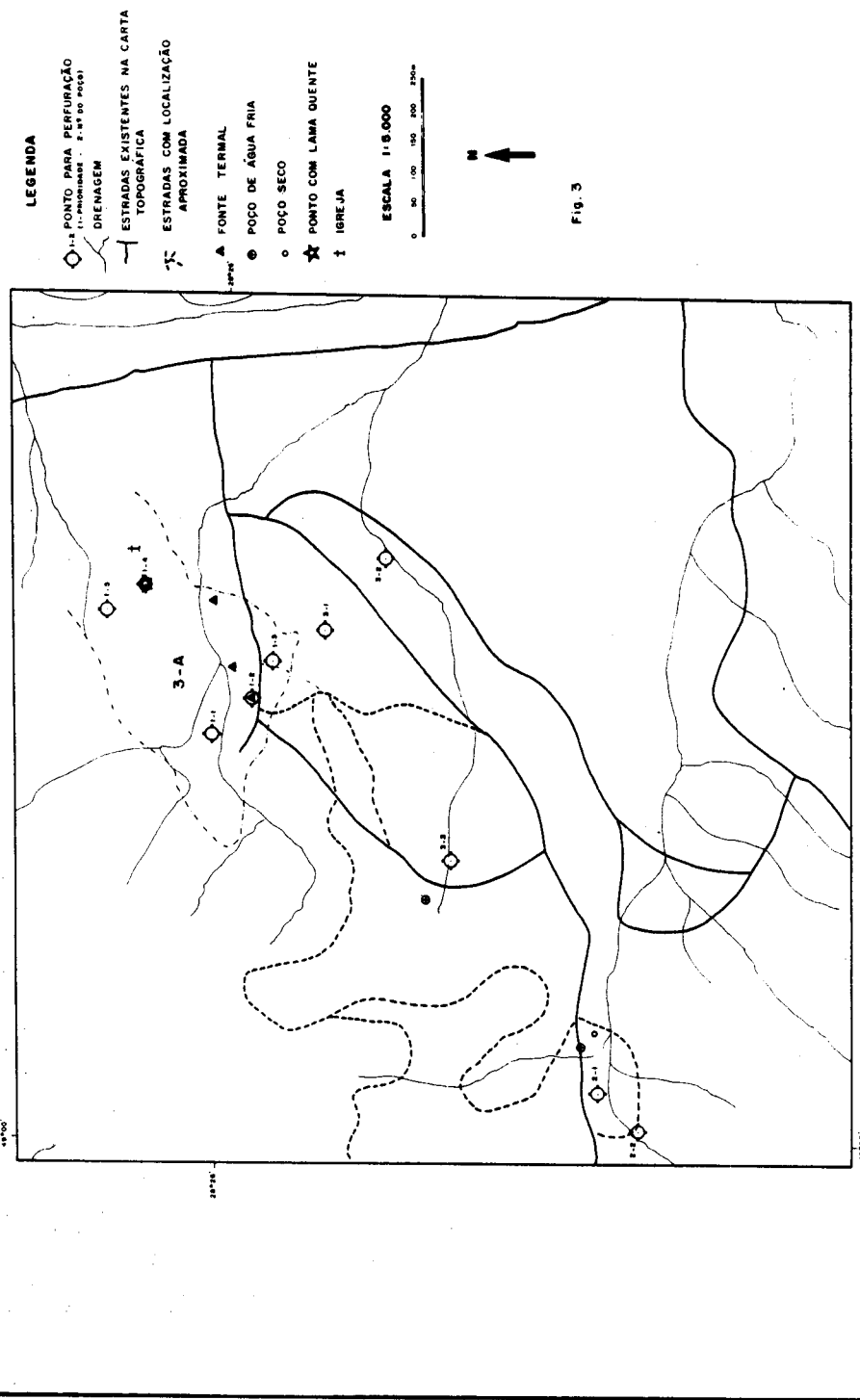


Fig. 3