



NÚMERO: 173/2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MARIO NASCIMENTO SOUZA FILHO

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GEOTERMAL DA BACIA DE TAUBATÉ - SP

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOCIÊNCIAS,
NA ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS.**

ORIENTADORA: PROFA. DRA. SUELI YOSHINAGA PEREIRA

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO MARIO NASCIMENTO SOUZA FILHO
E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. SUELI YOSHINAGA PEREIRA**

Campinas / SP - 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
CÁSSIA RAQUEL DA SILVA – CRB8/5752 – BIBLIOTECA “CONRADO PASCHOALE” DO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNICAMP

So89a Souza Filho, Mario Nascimento, 1943-
Avaliação do potencial geotérmico da bacia
sedimentar de Taubaté / Mario Nascimento Souza
Filho-- Campinas, SP.: [s.n.], 2012.

Orientador: Sueli Yoshinaga Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Instituto de Geociências.

1. Bacias hidrográficas – Taubaté (SP). 2. Recursos
Geotérmicos. 3. Geofísica. I. Pereira, Sueli Yoshinaga,
1961- II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em ingles: Evaluation of Taubate Basin Geothermal .

Palavras-chaves em ingles:

River basins – Taubaté (SP)

Geothermal resources

Geophysics

Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências.

Banca examinadora:

Sueli Yoshinaga Pereira (Presidente)

Alexandre Campana Vidal

Silvio Jorge Coelho Simões

Data da defesa: 31-01-2012

Programa de Pós-graduação em Geociências



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA
ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

AUTOR: Mário Nascimento Souza Filho

“Avaliação do Potencial Geotermal da Bacia de Taubaté - SP”

ORIENTADORA: Profa. Dra. Sueli Yoshinaga Pereira

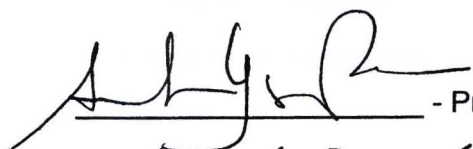
Aprovada em: 31 / 01 / 2012

EXAMINADORES:


Profa. Dra. Sueli Yoshinaga Pereira


Prof. Dr. Alexandre Campana Vidal

Prof. Dr. Silvio Jorge Coelho Simões



- Presidente





Campinas, 31 de janeiro de 2012.

2012.20 F09

AGRADECIMENTOS

Agradeço na pessoa de minha orientadora, Professora Doutora Sueli Yoshinaga Pereira, pela oportunidade que me foi concedida de poder participar do programa de Pós Graduação que ora concluo.

Agradeço também aos amigos e contemporâneos da velha Gleite, Lobão e Negrão que avalizaram o meu nome junto à instituição. Espero não tê-los decepcionado.

Uma grande nação é feita de homens de livros.

Pobre do país em que seus dirigentes priorizam o ter em detrimento do saber, pois está fadado a ser escravo e eternamente submisso de tecnologias alheias e importadas.

Por trás de um grande homem há sempre uma grande mulher. Não sou, em hipótese alguma, um legítimo representante desta casta privilegiada, porém, posso afirmar com toda a segurança, que minha esposa Silvia é uma grande mulher.

Companheira, amante e principalmente cúmplice de todas as jornadas de que juntos participamos, ao longo destes exatos 41 anos de matrimônio, completados neste mês.

Agradeço e dedico a ela todo o mérito desta empreitada, que não foi fácil, principalmente pela exigüidade de tempo que disponho, face aos outros compromissos que tenho que cumprir no desempenho da função que ainda exerço na nossa empresa.

Juntos construímos uma família composta de 3 filhos: Mario, Adriana e Angélica, dois genros, Marcio e Guilherme e uma nora Nildinha, além, é claro, de 6 netos maravilhosos: Marina, Julia, Gustavo, Ana Paula, João Pedro e Manuela.

Aos filhos, filhas, netos e netas deixo também este legado, esperando que possa servir de exemplo de que nunca é tarde para se estudar.

Combati um bom combate, guardei a fé...

BIOGRAFIA

Mario Nascimento Souza Filho nasceu em 24 de dezembro de 1943 em Sorocaba, São Paulo e cursou Geologia no Instituto de Geociências da USP de 1964 a 1967.

Trabalhos publicados:

Aquífero Botucatu-Projeto de Captação de Água Subterrânea em São José do Rio Preto - Publicado nos Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia, página 2943, volume 6, 1978, Recife-PE.

A Captação de Água Subterrânea no Aquífero Botucatu-Publicado nas Atas do II Simpósio Regional de Geologia, página 67 volume 2, 1979, Rio Claro-SP.

Análise Econômica - Financeira dos Poços Perfurados pela CPRM no Sistema Botucatu-Pirambóia - Publicado nos Anais do I Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, página 505, 1980 - Recife - PE.

Captação de Água Subterrânea através de Poços Profundos na Bacia do Paraná - Publicado na Revista Águas Subterrâneas (número V) da ABAS, página 49, 1982, São Paulo - SP.

Utilização de Fluidos Especiais em Perfuração de Aquíferos Poroso Publicado no Resumo das Comunicações do II Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, página 26, 1982, Salvador-BA.

Brazilian State Gets The Potable Water It Needs - Publicado na Revista The Johnson Drillers Journal - 1981 - Third Quater - USA.

Água Subterrânea em Araraquara - Uma alternativa que deu certo - Publicado nos Anais da XXII Assembléia Nacional da ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento - Belo Horizonte - Minas Gerais, Maio de 1996, página 583 e nos Anais do IX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas ABAS - Salvador - Bahia, Agosto de 1996.

Atividade profissional:

Petróleo Brasileiro S.A., 1968 a 1969

CPRM – Cia de Pesquisas se Recursos Minerais de 1970 até 1987. Responsável técnico por mais de 100 poços perfurados na Bacia do Paraná no Brasil, Uruguai e Argentina com mais de 900 metros de profundidade para capação de água subterrânea. Deixou a empresa no cargo de Superintendente Regional de São Paulo para assumir a Diretoria da Contep S.A. Empresa Técnica de Perfurações onde foi responsável por mais de 50 poços profundos com profundidades de 300 a 1.400 metros..

Ingressou na Perfil Master como Diretor e Sócio proprietário em 1996 onde permanece até hoje.

A empresa presta serviços de Perfilagem Geofísica e Ótica além de trabalhos de hidrogeologia, consultoria e comercialização de equipamentos de bombeamento. Até dezembro de 2004 executou todos os levantamentos de campo, interpretação e impressão de todos os perfis de poços realizados pela empresa. Ao todo forma mais de 250.000 metros de poços perfilados em vários estados brasileiros e no Uruguai, aproximadamente 85.000 metros foram executados no Aquifero Guarani.

A partir de 2005 passou a interpretar a distância os trabalhos de perfilagens geofísica e ótica.

Também a partir dessa data em contrato com a DH Perfurações de Poços Ltda passou a integrar a equipe de profissionais que elaborou o Manual de Perfurações de Poços do Projeto de Uso Sustentável do Aquifero Guarani e bem com dos levantamentos da Sub região norte do projeto da através do contrato. DH-Lavalin do Canadá com a OEA-SAG.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GEOTERMAL DA BACIA DE TAUBATÉ - SP

RESUMO

MARIO NASCIMENTO SOUZA FILHO

Os recursos conhecidos de energia geotermal no Brasil são de baixa entalpia, com fontes contendo fluidos com valores de temperatura inferiores a 100°C.

Isto por si só desencoraja a tentativa de buscar cenários possíveis de aproveitamento das fontes, restritas até então, aos usos através de balneários, com o aproveitamento dos poços mais profundos perfurados inicialmente para petróleo, principalmente na Bacia do Paraná.

Estudos recentes foram desenvolvidos em diversos países com vistas ao aproveitamento geotermal de bacias sedimentares, semelhantes às nossas, buscando recursos geotermiais, abaixo do topo do embasamento, nos denominados HDR (Hot Dry Rock), através de injeção de fluidos que irão circular no meio rochoso fraturado (artificialmente ou não), aquecer e retornar à superfície em forma de vapor, para então serem aproveitados.

Este cenário foi avaliado e estudado para um eventual aproveitamento na Bacia de Taubaté.

Uma pesquisa bibliográfica foi feita focada no tema em estudo e não pretendeu esgotar o assunto, mas sim servir de ponto de partida para realizá-los.

Foram tratados os perfis geofísicos de 39 poços selecionados no vale do Paraíba do Sul, entre Jacareí e Cachoeira Paulista, no Estado de São Paulo, identificadas as alternâncias litológicas, medidas as temperaturas dos poços, em construção, as espessuras dos distintos litotipos e traçados mapas de isovalores do topo do embasamento cristalino e sua temperatura.

A partir desse ponto calculou-se o grau geotérmico para a área e foram traçados mapas previsionais de temperatura no horizonte 1.000 metros de profundidade sobrepostos aos mapas temáticos da distribuição percentual dos litotipos encontrados na bacia, com vistas ao aproveitamento econômico dos recursos geotermiais.

Duas áreas no vale do Paraíba despertaram interesse e será objeto de novas prospecções com vistas à definição do Projeto de Avaliação de Energia Geotermal na Bacia de Taubaté.

Palavras-chave: Bacia de Taubaté. Energia geotermal. Perfilagem geofísica.



**UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE**

EVALUATION OF TAUBATE BASIN GEOTHERMAL

ABSTRACT

MARIO NASCIMENTO SOUZA FILHO

The known geothermal energy resources of Brazil have a low enthalpy level, with sources showing temperature levels lower than 100° Centigrade

This fact by itself had discouraged initiatives aimed to find possible scenarios for utilization of such sources, which had been employed insofar for recreational activities in water resorts by means of exploitation of deep wells drilled initially for oil and gas in Paraná Basin.

Recent studies were developed several countries aiming at geothermal utilization of sedimentary basins, similar to the Brazilian ones, searching for geothermal resources named Hot Dry Rock (HDR), through injection of fluids that will circulate within rocky fault or fractured crystalline basement and return to the surface in form of vapor in order to be utilized.

This scenario is being evaluated and hereto studied for potential utilization in Taubaté Basin.

Bibliographic research was made focused in this subject studied and it does not aim to exhaust this subject but rather support such studies and become a starting point.

Geophysical logs of 39, mainly water wells drilled in Paraíba do Sul Valley, between Jacareí and Cachoeira Paulista, were analyzed and different lithological beds were interpreted. Temperatures of wells in construction were measured, the thickness of distinguished litologies and a surface trend analysis maps were constructed.

The target of this study is the evaluation of the crystalline basement top and its temperature. Throughout this point the study aims to calculate the geothermic grade for the area and evaluate the region potentiality taking into consideration the economic exploitation of the geothermal resources.

Two areas in Paraíba Valley have attracted interest and will be subject to new prospections aiming the definition of the Project for Evaluation of Taubaté Basin Geothermal Energy.

Key words: Taubaté Basin. Geothermal energy. Geophysical log.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
3	METODOLOGIA	5
	3.1. REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA	5
	3.2. PERFILAGEM EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS	5
	3.3. COLETA DOS DADOS	6
	3.4. CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DOS POÇOS ANALISADOS	6
	3.5. SENSORES UTILIZADOS DOS PERFIS ESCOLHIDOS	7
	3.6. TRATAMENTO DOS DADOS	8
4	COMPILAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	21
	4.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS DA BACIA DE TAUBATÉ	21
	4.2. GEOTERMIA	30
5	RESULTADOS	35
	5.1. LOCAÇÃO DOS POÇOS PERFILADOS E ANALISADOS NA BACIA DE TAUBATÉ	35
	5.2. ANÁLISE PRELIMINAR DOS RESULTADOS OBTIDOS NA BACIA DE TAUBATÉ	36
	5.3. CONFECÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS E PERFIL	36
	5.3.1. MAPA DO CONTORNO ESTRUTURAL DO TOPO DO EMBASAMENTO	36
	5.3.2. PERFIL ESQUEMÁTICO JACAREÍ – CACHOEIRA PAULISTA	38
	5.3.3. MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PORCENTAGEM DE ARENITO NA BACIA	39
	5.3.4. MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PORCENTAGEM DE SILTITO NA BACIA	40
	5.3.5. MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PORCENTAGEM DE FOLHELHO NA BACIA	41
	5.4. CONFECÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DE TEMPERATURA	42
	5.4.1. MAPA DE ISOTEMPERATURAS DO TOPO DO EMBASAMENTO	42

5.4.2. MAPA DE ISOTERMAS SOBREPOSTO AO MAPA DE CONTORNO ESTRUTURAL DO TOPO DO EMBASAMENTO	43
5.4.3. MAPA DE ISOTERMAS SOBREPOSTO À DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PORCENTAGEM DE ARENITO NA BACIA	44
5.4.4. MAPA DE ISOTERMAS SOBREPOSTO À DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PORCENTAGEM DE SILTITO NA BACIA	45
5.4.5. MAPA DE ISOTERMAS SOBREPOSTO À DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PORCENTAGEM DE FOLHELHO NA BACIA	45
5.4.6. MAPA PREVISIONAL DA TEMPERATURA À 1.000 METROS DE PROFUNDIDADE SOBREPOSTO AO MAPA DE CONTORNO ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO	46
5.4.7. MAPA PREVISIONAL DA TEMPERATURA À 1.000 METROS DE PROFUNDIDADE SOBREPOSTO À DISTRIBUIÇÃO DA PORCENTAGEM DE ARENITO NA BACIA	48
5.4.8. MAPA PREVISIONAL DA TEMPERATURA À 1.000 METROS DE PROFUNDIDADE SOBREPOSTO À DISTRIBUIÇÃO DA PORCENTAGEM DE SILTITO NA BACIA	49
5.4.9. MAPA PREVISIONAL DA TEMPERATURA À 1.000 METROS DE PROFUNDIDADE SOBREPOSTO À DISTRIBUIÇÃO DA PORCENTAGEM DE FOLHELHO NA BACIA	50
5.5. GRÁFICOS COMPARATIVOS DOS PERCENTUAIS LITOLÓGICOS COM AS TEMPERATURAS OBTIDAS	51
5.5.1. DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES BHT X PORCENTAGEM DE ARENITO	51
5.5.2. DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES BHT X PORCENTAGEM DE SILTITO	52
5.5.3. DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES BHT X PORCENTAGEM DE FOLHELHO	53
5.5.4. AUMENTO DA TEMPERATURA COM A PROFUNDIDADE	54

6	DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
7	CONCLUSÕES	65
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
9	ANEXOS	71
9.1.	Mapa geológico da Bacia de Taubaté	71
9.2.	Mapa de localização dos poços analisados	72
9.3.	Planilha de dados dos poços analisados	73
9.3.1.	Dados físicos – Tabela 1	73
9.3.2.	Dados geológicos – Tabela 2	74
9.3.3.	Dados geotermiais – Tabela 3	75
9.4.	Perfis geofísicos dos poços interpretados por localidade	77
9.4.1.	Jacareí	77
9.4.2.	São José dos Campos	81
9.4.3.	Caçapava	89
9.4.4.	Taubaté	91
9.4.5.	Pindamonhangaba	93
9.4.6.	Potim	95
9.4.7.	Guaratinguetá	99
9.4.8.	Lorena	101
9.4.9.	Cachoeira Paulista	103

LISTA DE FIGURAS

Descrição das figuras	Pag
Figura 3.1 – Caçapava – SP – Perfil de um poço perfurado para água subterrânea	9
Figura 3.2 – Guaratinguetá – SP – Destaque para a curva SP_COND	12
Figura 3.3 – São Jose dos Campos – SP – Destaque para a curva SP_COND	13
Figura 3.4 – Montagem de duas corridas em Potim com destaque para a temperatura	16
Figura 3.5 – Diferentes curvas de temperatura de poço em repouso	18
Figura 4.1 – Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo	22
Figura 4.2 – Mapa da distribuição dos Sistemas Rifts Cenozóicos do Sudeste Brasileiro segundo Zalán e Oliveira (2005)	23
Figura 4.3 – Seção sísmica da sub bacia de Roseira Fernandes (1993)	24
Figura 4.4 – Mapa geológico da bacia de Taubaté, segundo Ricomini (1989)	25
Figura 4.5 – Quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Taubaté, baseado de Ricomini (1989).	27
Figura 4.6 – Mapa Bouguer de Anomalia Residual da Bacia de Taubaté, Fernandes e Chang (2001).	28
Figura 4.7 – Mapa de contorno estrutural do embasamento sísmico da Bacia de Taubaté (Molinari, 2003).	29
Figura 5.1 – Fotograma da localização dos poços perfilados na Bacia de Taubaté	35
Figura 5.2 - Mapa do contorno estrutural do embasamento	37
Figura 5.3 – Perfil esquemático do topo do embasamento de Jacareí a Cachoeira Paulista	38
Figura 5.4 – Mapa da Distribuição Espacial da Porcentagem de Arenito	39
Figura 5.5 - Mapa da Distribuição Espacial da Porcentagem de Siltito	40
Figura 5.6 - Mapa da Distribuição Espacial da Porcentagem de Folhelho	41
Figura 5.7 – Distribuição espacial da temperatura na bacia	42
Figura 5.8 – Isotermas sobrepostas ao contorno estrutural da bacia	43
Figura 5.9– Isotermas sobrepostas á distribuição da porcentagem de arenito na	44

bacia	
Figura 5.10– Isotermas sobrepostas á distribuição da porcentagem de siltito na bacia	45
Figura 5.11 – Isotermas sobrepostas á distribuição da porcentagem de folhelho na bacia	46
Figura 5.12 – Mapa previsionál da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto ao mapa do contorno estrutural embasamento	47
Figura 5.13 - Mapa previsionál da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição da porcentagem de arenito na bacia.	48
Figura 5.14 - Mapa previsionál da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição da porcentagem de siltito na bacia.	49
Figura 5.15 - Mapa previsionál da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição da porcentagem de folhelho na bacia.	50
Figura 5.16 - Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Arenito	51
Figura 5.17 - Distribuição dos valores BHT x Porcentagem de siltito	52
Figura 5.18 - Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Folhelho	53
Figura 5.19 - BHT versus profundidade dos poços	54
Figura 6.1 - Araripina – PE	58
Figura 6.2 – João Pessoa – PB	59
Figura 6.3 – Camaçari – BA	60
Figura 6.4 – Luis Eduardo Magalhães – BA	61
Figura 6.5 – Aracruz – ES	62
Figura 6.6 – Paysandú – Uruguai	63

FOTOGRAMAS

Fotograma 6.1 - Basalto fraturado – Paysandu-UY	64
Fotograma 6.2– Basalto fraturado – Paysandu-UY	64

1. INTRODUÇÃO

Os indícios de anomalias geotermiais na Bacia de Taubaté conhecidos há algum tempo, tem levado pesquisadores a interpretar sua origem, associando-as ou não a eventos tectônicos pós Rift Continental do Sudeste do Brasil. O aproveitamento deste recurso se limitou até o momento, a utilização de águas quentes em balneário; no entanto com o advento de novas tecnologias, existe a possibilidade do uso do recurso geotermal como fonte de energia, apesar do se tratar de um sistema de baixa entalpia.

Estudos em situações similares procuraram viabilizar o aproveitamento energético com a produção de energia elétrica através de fontes geotermiais, de baixa entalpia, através de perfurações profundas como na Austrália (Beardsmore, 2008) e Espanha (Ungemach, Hidalgo e Antics, 2008), ambos onde os contextos geológicos e estruturais em muito se parecem com o do Vale do Paraíba.

Até hoje, no Brasil, o aproveitamento geotermal limitou-se ao lazer através da perfuração de poços com intuito de captar água subterrânea quente, como os do Aquífero Guarani, na Bacia do Paraná.

O presente estudo foi elaborado sobre a interpretação dos perfis geofísicos corridos na Bacia de Taubaté, em poços perfurados para a captação de água subterrânea, desde Jacareí até Cachoeira Paulista no Estado de São Paulo, em uma extensão aproximada de 140 quilômetros.

Neles, os dados principais coligidos, raios gama, resistividades e potencial espontâneo ou sônico, foram aqueles normalmente utilizados na busca dos melhores horizontes para a distribuição dos filtros e dos tubos lisos na prospecção de água subterrânea através de poços tubulares profundos.

A temperatura, também registrada nos perfis, sempre foi considerada um sensor a mais e não o foco dos trabalhos. Sua utilização requereu precauções, uma vez que os perfis sempre foram corridos logo após a perfuração do poço, antes de sua completação.

Deste modo, o presente trabalho pretende apresentar uma contribuição na caracterização do potencial geotérmico da região, com vistas ao aproveitamento deste recurso de baixa entalpia

para o desenvolvimento de tecnologias de geração de energia elétrica alternativa e de baixo impacto ambiental.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo do estudo foi o de avaliar o potencial geotérmico da Bacia de Taubaté, ou seja, identificar o gradiente geotérmico na área em estudo com o foco voltado principalmente para o trecho entre Taubaté e Guaratinguetá.

Uma vez definido o gradiente e comprovada a espessura de sedimentos de até 1.000 (mil) metros na região, dois poços seriam projetados, com uma profundidade tal, que se obtivesse um ambiente de pelo menos 120° C de temperatura e uma distância entre eles segura e suficiente, que permitisse a troca de calor do fluido injetado no primeiro e o vapor recuperado no segundo.

A comprovação da utilização técnico-econômica-financeira de um empreendimento desse porte, com geração de energia elétrica alternativa entre as duas maiores cidades do país caracteriza um avanço sem precedentes na história.

Secundariamente procurou-se identificar se existia alguma relação entre os percentuais litológicos nos poços estudados e o incremento da temperatura no trecho anômalo, principalmente nas áreas onde se concentravam os folhelhos (Taubaté, Pindamonhangaba, Potim e Guaratinguetá).

Por fim a identificação da origem da anomalia geotermal que ocorre na região foi o último e secundário objetivo proposto.

3. METODOLOGIA

3.1. Revisão da literatura científica

A revisão bibliográfica consistiu na compilação de documentações sobre dois temas, a saber:

3.1.1. Avaliação da geologia da Bacia de Taubaté – estudos de caracterização geológica foram pesquisados no sentido de fundamentar as investigações geotermiais propostas;

3.1.2. Geotermia – a utilização dos recursos geotermiais no mundo e o avanço das buscas de áreas com baixa entalpia e o levantamento do estado da arte dos recursos geotermiais no Brasil foram objetos de estudo.

3.2. Perfilagem em poços tubulares profundos

A execução, análise e interpretação dos perfis de 39 perfurações selecionadas, sendo 95% voltadas para a implantação de poços tubulares profundos para a captação de água subterrânea, foi a massa de dados disponível para o estudo realizado.

Todos os dados tratados foram cedidos pela empresa Perfil Master Comércio e Serviços de Perfilagem Ltda, sediada em Araraquara SP e que tem trabalhado no segmento de prestação de serviços de perfilagem geofísica e ótica para as empresas de perfuração de poços e usuários de água subterrânea em todo o país.

Graças à legislação vigente, o Estado de São Paulo outorgava o direito de uso dos recursos hídrico subterrâneo e superficial ao Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo e, portanto esses dados eram de domínio publico.

3.3. Coleta dos dados

Todos os perfis foram corridos, desde abril de 1998, por um equipamento montado em um veículo tipo furgão, composto por um guincho com 1.000 (mil) metros de cabo de aço, um *logger* para transferência dos dados da ferramenta a um *notebook* e das sondas específicas: indução e multifunção.

Ambas registravam, a cada intervalo especificado, amostras contendo vários parâmetros, dos quais nos interessavam:

3.3.1 – Ferramenta Indução - modelo 9511: Raios gama naturais, Condutividade do meio e Temperatura do bulbo interno da ferramenta;

3.3.2 – Ferramenta Multifunção – modelo 9043: Raios gama naturais, Resistividades ôhmicas do meio e Temperatura do trecho amostrado.

Todos os dados foram digitalizados na origem, ou seja, na ferramenta e, na transferência para o arquivo em disco, quando em operação, não havia perda de qualidade do sinal lido no ponto de amostragem.

3.4. Critérios para a seleção dos poços analisados

De todos os poços perfilados na bacia foram selecionados aqueles que com certeza atingiram o embasamento cristalino, exceto um em Pindamonhangaba, por sinal o mais profundo.

O poço de Taubaté, perfurado inicialmente até 442 (quatrocentos e quarenta e dois) metros, para captação de água subterrânea em uma indústria automobilística, teve que ser aprofundado porque a vazão até aquela profundidade não atendeu às expectativas. Segundo informação verbal do perfurador foi concluído com 640 (seiscentos e quarenta) metros, dentro do embasamento. O valor da temperatura utilizado e tratado foi o registrado no perfil.

Outro poço em Pindamonhangaba, perfurado na Fazenda Morro Agudo, um furo para estudo da gênese da bacia, foi paralisado aos 732 (setecentos e trinta e dois) metros por problemas mecânicos e não atingiu o embasamento.

Estes dois poços, apesar de conter informações incompletas foram incluídos face à profundidade atingida e suas anomalias geotérmicas neles observadas.

3.5 Sensores utilizados dos perfis escolhidos

A interpretação litológica foi feita levando-se em conta os valores das resistividades (Induzida e Lateral) coletadas pelas ferramentas, por uma simples razão: os raios gama naturais utilizados na interpretação litológica em uma perfilagem geofísica, não respondiam com a necessária e confiável segurança, na Bacia de Taubaté.

Isso porque nela era comum a presença de leitos com arenito arcossiano, que continham feldspato potássico e este por sua vez, respondia com uma contagem elevada de raios gama por causa do ^{40}K nele contido.

Essa contagem elevada podia propiciar a interpretação de pacotes de arenitos como sendo siltitos ou mesmo folhelhos.

De uma maneira geral os intervalos e valores medidos obedeceram aos seguintes limites:

- Até 35° API* (36,4 CPS) – Arenitos
- De 35 até 70° API (72,8 CPS) – Siltitos
- Acima de 70° API - Folhelhos

*Um °API (American Petroleum Institute) vale 1,04 CPS (choque por segundo) unidade de medida da intensidade da radioatividade natural das rochas. Esses limites são usados e recomendados pelo fabricante do equipamento de perfilagem utilizado nos trabalhos (Century Geophysical Corp – Tulsa – OK).

O outro sensor utilizado foi o de temperatura, esta extraída diretamente do perfil e que constou da Tabela 1, em duas colunas: uma da temperatura lida no perfil aos 50 (cinquenta) metros de profundidade (**T °C**) e a outra lida diretamente no fundo do poço (**BHT**) perfilado.

Em vários deles notou-se que os valores aos 50 (cinquenta) metros de profundidade eram maiores do que no fundo do poço. Normalmente os poços eram perfilados logo após terem sido

perfurados e, portanto ainda estavam sob o efeito da homogeneização que a circulação do fluido de perfuração provocava.

A lama de perfuração, a base de argila bentonítica ou carboxi-metil-celulose, sofria a influencia da temperatura ambiente existente na superfície, onde era preparada. Ao circular pelo furo tendia a homogeneizar o ambiente reduzindo em 3 (três) graus ou mais a temperatura do fundo do poço. Como essa limitação fugia ao controle da prestadora do serviço de perfilagem, a única opção que restava era a de comparar os valores através de uma perfilagem paramétrica ou então tratar os dados da forma que eram coletados, o que efetivamente foi executado e projetando tal acréscimo aos objetivos do projeto construtivo.

No momento em que a perfuração era paralisada e iniciada a manobra para sacar a ferramenta do furo para ser perfilado, a ultima injeção no fundo ainda continha lama mais fria injetada pela bomba de lama e captada pelo sensor.

Quanto maior era o número e volume dos tanques maior era essa diferença de temperatura.

3.6 Tratamento dos dados

Para a interpretação litológica simplificada dos 39 (trinta e nove) poços analisados foram levados em conta os valores das diferentes amplitudes das curvas de Indução e Resistividade Ôhmica (Lateral).

Foram separadas percentualmente, por poço, as camadas sedimentares, agrupadas pelos três litotipos principais que ocorriam na bacia e tratadas com análise de superfície de tendência sobre as quais foram superpostos os mapas de temperatura e gradiente geotérmico. Sobre esses mapas foram tiradas as conclusões do trabalho.

Não havia registro na literatura de um padrão numérico como o que foi proposto, porém os resultados obtidos ao longo de anos de coleta, interpretação e sugestão para a colocação de filtros e tubos lisos em poços perfurados no Vale do Paraíba do Sul, avalizavam e endossavam sua utilização, de acordo com as seguintes faixas de valores associadas às litologias atravessadas:

- Arenitos – Curva de Indução – Valores acima de 6 Ohm-m;
Curva Lateral – Valores acima de 10 Ohm-m;
- Siltitos – Curva de Indução – Valores acima de 4 e abaixo de 6 Ohm-m;
Curva Lateral – Valores acima de 6 e abaixo de 10 Ohm-m;
- Folhelhos – Curva de Indução – Abaixo de 4 Ohm-m;
Curva Lateral – Valores abaixo de 6 Ohm-m.

Cada perfil foi então interpretado e uma coluna litológica, bem simplificada, foi acrescida à direita da curva de temperatura, em todos os perfis e suas espessuras somadas e convertidas em porcentagem dos diferentes litotipos, conforme Tabela 2.

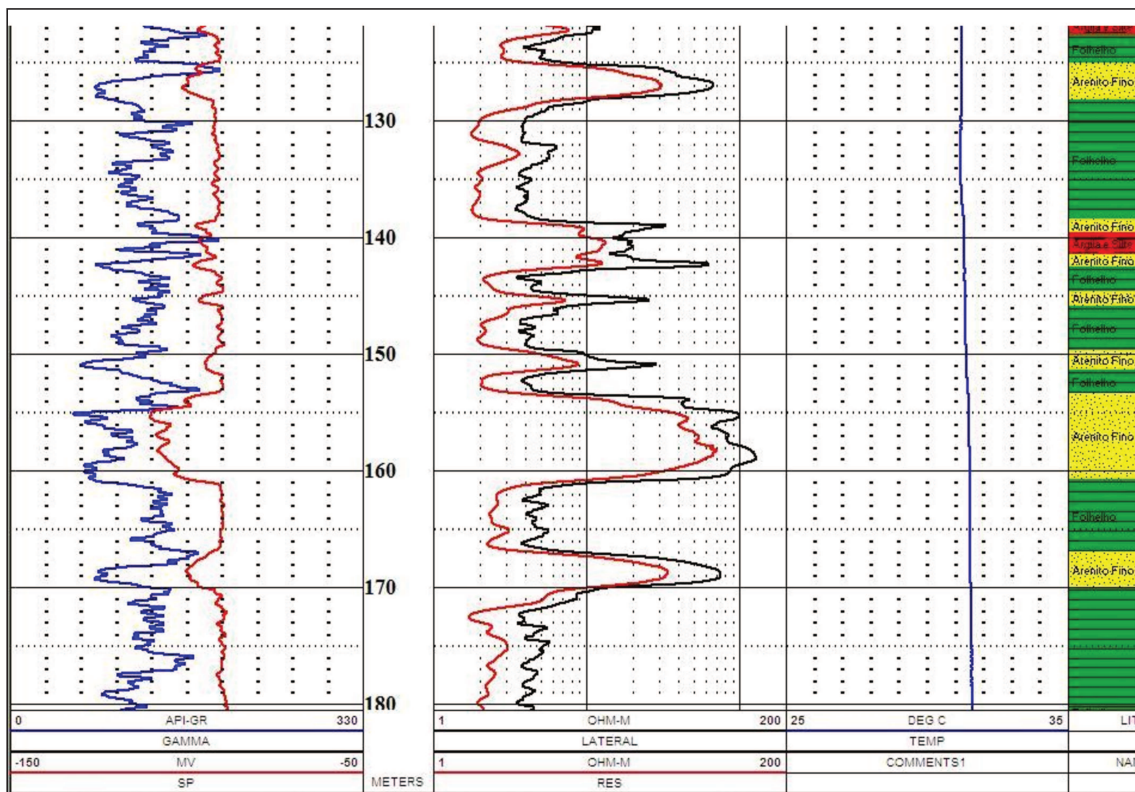


Figura 3.1 – Caçapava – SP – Perfilagem de um poço perfurado para água subterrânea

No perfil acima, figura 1, na cidade de Caçapava, foram descidas no mesmo poço as duas ferramentas, 9511 e 9043.

Às informações fornecidas pelos sensores da ferramenta 9043, multifunção (GAMMA, SP e LATERAL), foi adicionada a curva de indução da ferramenta 9511 (RES) e seu traçado refletiu com todas as inflexões a semelhança entre os dois parâmetros, variando apenas a amplitude. A unidade de medida e a escala utilizada foi a mesma em todos os poços, a forma de obtê-las (resistividades) diferente e a leitura de ambas mostra que a indução lia valores mais baixos do que a lateral da multifunção e isso se repetiu em todos os perfis que foram executados, mostrando que a metodologia da interpretação litológica usada foi confiável:

- A Indução, curva de resistividade plotada em vermelho, na pista do meio;
- A Lateral, em preto, também na pista do meio e cujos valores acompanhavam o traçado da indução, porém eram mais altos.
- Se o poço tivesse sido completado baseado apenas no perfil de raios gama, o trecho entre 151 e 161 metros certamente não seria integralmente telado e deixaria de aproveitar o melhor arenito do furo todo. Por ser arcossiano ele contava valores elevados de raios gama.
- Um fato curioso notado foi a presença de pacotes de arenitos acima e abaixo dele com contagem gama baixa, dentro do padrão citado no item 3.5. acima.
- Esse não foi o primeiro poço em que se notou a ocorrência de pacotes de arenitos arcossianos, intercalados a diferentes estratos arenosos, não arcossianos, na Bacia de Taubaté, sugerindo que a fonte dos sedimentos não era a mesma para os diferentes estratos depositados;

- Existiu uma diferença constante, da ordem de 2 Ohms-m a menos nas curvas de Resistividade Induzida, quando comparadas com a mesma grandeza calculada pela Resistividade Lateral até 10 Ohms-m. Acima desse valor os números cresciam exponencialmente e as diferenças também, mantendo sempre a característica de que os valores absolutos de Resistividade Indução eram sempre menores do que os de Resistividade Lateral;
- A ferramenta indução lia o valor da condutividade do meio em cps (choques por segundo), enviava para o *logger* e deste ao computador para arquivo temporário, com a denominação de condutividade aparente em cps. Esta por sua vez comparava com o valor da condutividade no ar, também em cps (zero) e a corrigia pela temperatura do bulbo interno da ferramenta, salvando as duas curvas: a condutividade aparente e a real.
- A condutividade real sempre foi maior do que a aparente. A diferença está na variação da temperatura, entre o topo e a base da camada. Nas rochas arenosas, porosas, essa variação era menor enquanto que nas rochas argilosas ou siltosas, menos porosas, era maior.
- Desta forma a diferença entre a condutividade real a aparente era sempre um valor positivo.
- Isso levava a conclusão de que havia também uma relação entre a porosidade do meio e o gradiente de temperatura.

Os dois exemplos abaixo ilustravam a afirmação:

A figura 2 mostra o resultado obtido em uma perfuração na cidade de Guaratinguetá.

Pelo programa calculou-se a diferença entre os valores das condutividades de cada intervalo amostrado. A curva resultante, cor preta, na pista 4, chamada de SP-COND, destacava

os trechos arenosos do perfil, pintados em amarelo, para valores iguais ou inferiores a 15 unidades (valores absolutos).

Somadas as espessuras desses trechos entre 3 e 15 unidades, ditas de SP-COND, resultaram aproximadamente 18 metros de espessura de areia porosa (17%) no trecho de 60 a 150 metros de profundidade.

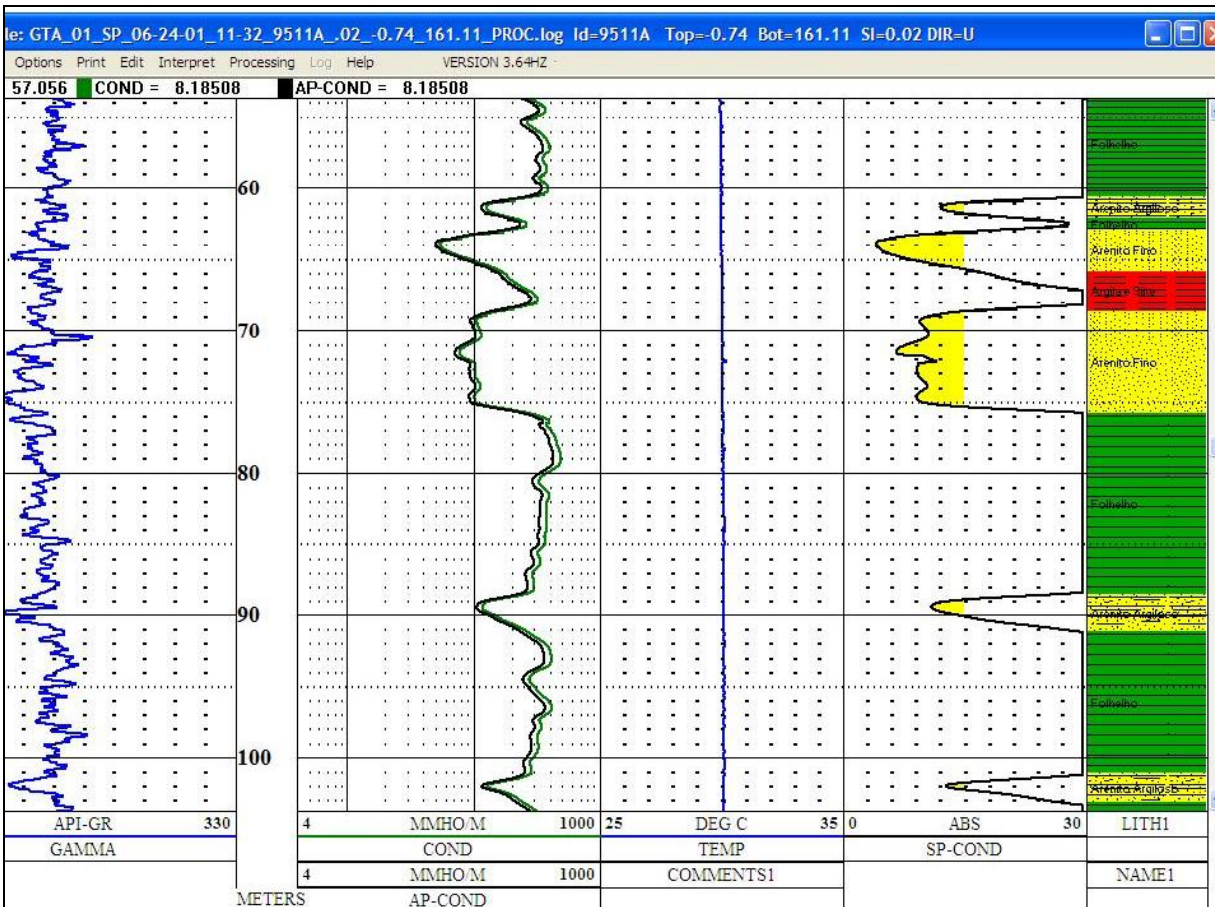


Figura 3.2 – Guaratinguetá – SP – destaque para a curva SP-COND

Foi utilizado o mesmo tratamento para um poço em São José dos Campos e o resultado, para a mesma grandeza analisada, na mesma escala, apresentado na figura 3.

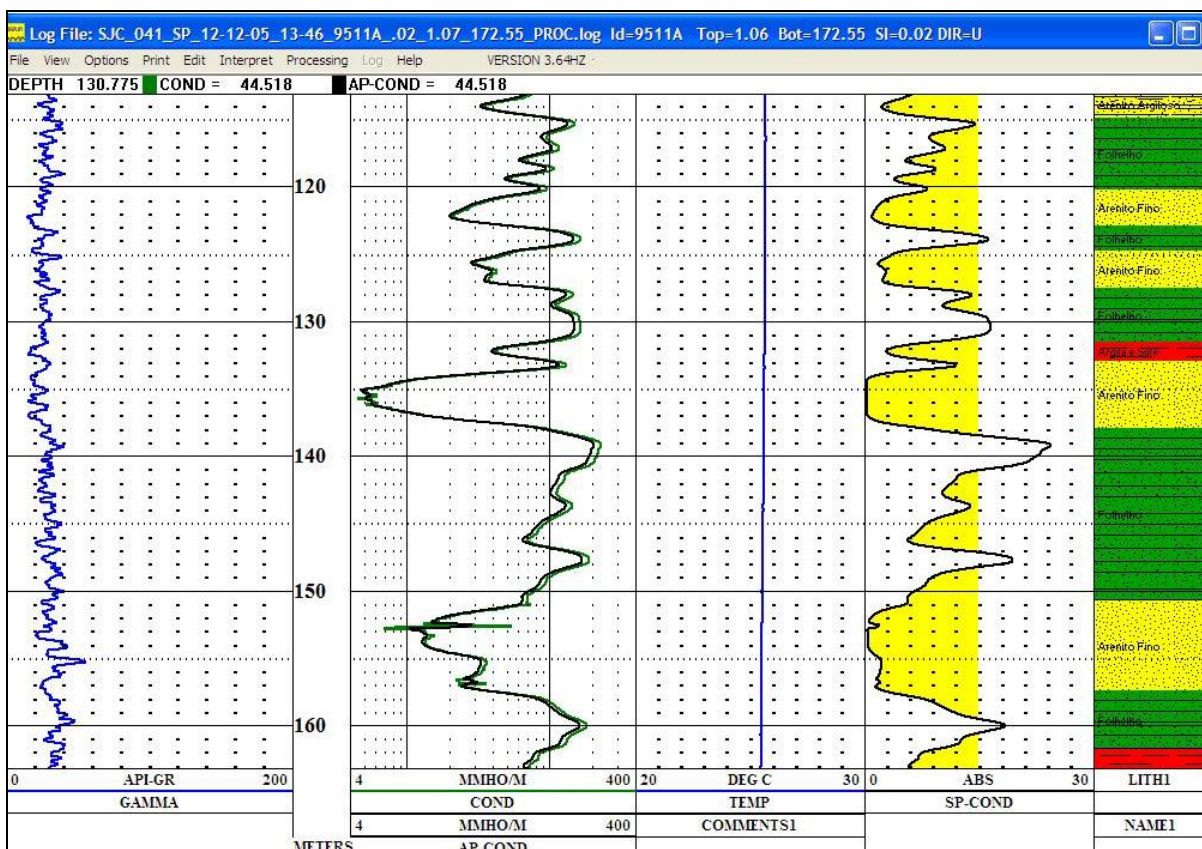


Figura 3.3 – São José dos Campos – SP – destaque para a curva SP-COND

Foram obtidos no intervalo entre 114 e 163 metros, 82% de SP-COND menor do que 15 unidades.

Podia-se afirmar que o poço de São José dos Campos tinha uma porcentagem de arenitos 65% maior do que o de Guaratinguetá o que isso fatalmente influiria na produção de água de ambos.

Não foi encontrado registro na bibliografia específica consultada, o boletim do USGS – Book 2 – 1990, de uma interpretação similar ao aqui proposto.

Não foi identificada também a presença de carbonatos em nenhum dos perfis interpretados, bem como conglomerados basais, apesar de ambos constarem da literatura.

As temperaturas foram plotadas em uma coluna separada, em escalas adequadas mostrando o comportamento crescente com a profundidade perfilada.

Foram escolhidos poços perfilados nas seguintes localidades: Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Taubaté, Pindamonhangaba, Potim, Guaratinguetá, Lorena e Cachoeira Paulista.

Os dados físicos dos poços foram planilhados na Tabela 1 dos anexos, na qual constaram as seguintes colunas:

1. Longitude oeste;
2. Latitude sul;
3. Item tabelado;
4. Cidade;
5. Poço - Sigla usada pela empresa Perfil Master composta de 3 letras características do Município, um número de ordem de execução da perfilagem no local e a sigla da UF;
6. Local - Denominação local onde o serviço foi executado;
7. Data da execução da perfilagem;
8. Cota do terreno extraída do Google Earth;
9. Profundidade final da perfuração;
10. Espessura de arenito interpretada no perfil;
11. Porcentagem de arenito no poço;
12. Espessura de siltito interpretada no perfil;
13. Porcentagem de siltito no poço;
14. Espessura de folhelho interpretada no perfil;
15. Porcentagem de folhelho no poço;
16. Metragem perfurada no embasamento cristalino;
17. Porcentagem de embasamento perfilado;
18. Revestimento superficial, quando aplicado;
19. Profundidade útil aproveitada;

20. Sonda de perfilagem utilizada;
21. Temperatura registrada no perfil na profundidade de 50 metros em cada poço.
22. BHT- Temperatura de fundo do furo;
23. Empresa perfuradora.
24. Gradiente de temperatura em °C/Km;
25. Gradiente de temperatura em m/°C^{*1};
26. Gradiente de temperatura em m/°C^{*2};
 $m/°C^{*1}$ - Valores calculados descontando os 50 metros superficiais e a variação sazonal de 20° C.
 $m/°C^{*2}$ - Valores calculados considerando apenas a variação sazonal.

As duas ferramentas tinham um *set up* para cada parâmetro registrado, em função da posição de cada sensor na mesma, ou seja, elas começavam a registrar os dados a partir de uma volta completa do contador de profundidade, *optical encoder* e salvavam os valores em um arquivo temporário, posicionando cada sensor ao seu *offset* de construção.

Quando se atingia a superfície e se fechava a coleção de dados, o programa ajustava as profundidades e as adequavam ao *set up* das ferramentas, parâmetro por parâmetro.

Como as ferramentas tinham comprimentos superiores a 1,5 metros raramente se conseguia registrar o valor da resistividade do embasamento, porque os perfuradores interrompiam os trabalhos com 0,5 a 1,0 metro de avanço no cristalino, por causa da dureza do material e essa metragem estava perdida na investigação do fundo do poço.

O valor da temperatura, extraída dos perfis a partir dos 50 metros de profundidade, tinha o objetivo de eliminar o efeito da variação sazonal, nas diferentes partes do planeta. Essa profundidade, segundo Valiya Hamza (comunicação verbal), adotada internacionalmente, impunha uma dificuldade adicional.

Em áreas anômalas esse valor foi reavaliado, pois a resposta não foi a esperada conforme a figura 4 abaixo ilustrava:

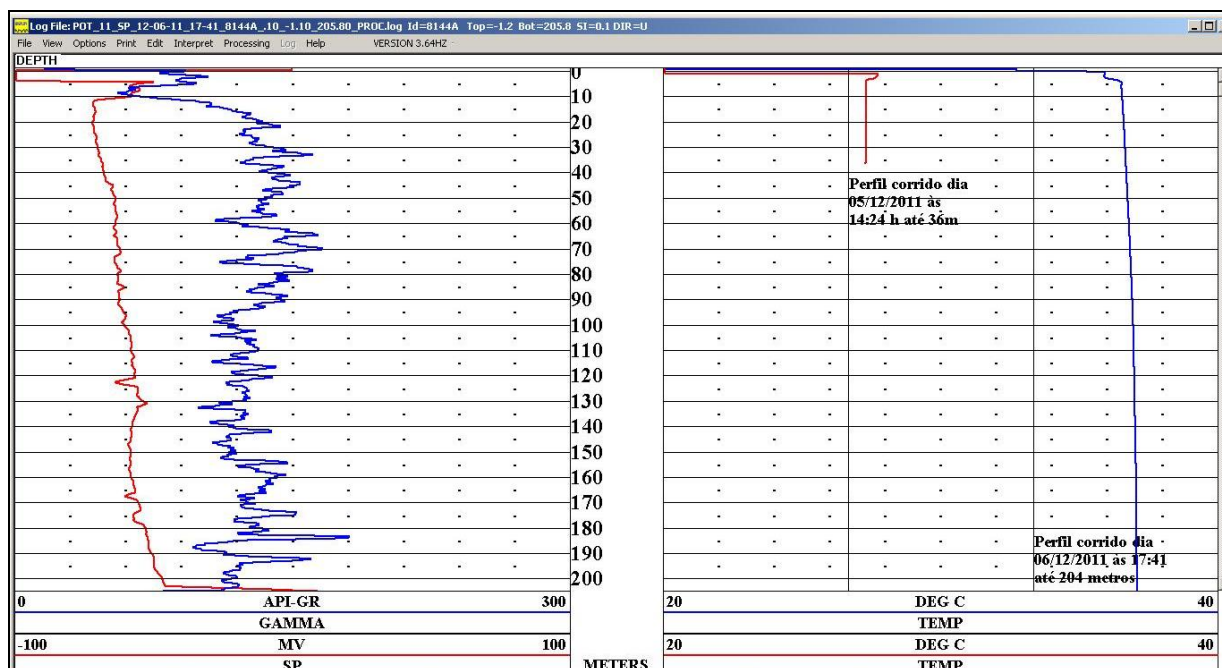


Figura 3.4 – Montagem de dois perfis corridos em Potim com destaque para a temperatura

Esse perfil foi corrido inicialmente dia 05/12/2011, às 14h41min horas, após 92 horas da perfuração em repouso e atingiu somente 36 metros de profundidade. No Vale do Paraíba as paredes das camadas argilosas de uma perfuração absorviam água, aumentavam de volume e obstruíam a passagem da ferramenta.

A curva vermelha, na pista 2, mostrava uma reta vertical, na temperatura fixa de 27,3° C, muito acima dos 20° C até 50 metros conforme citado por Valyia Hamza.

Para poder ser perfilado integralmente o poço teve que ser repassado. Isto feito, o perfil corrido no dia seguinte, registrou uma temperatura de 37,01° C a 204 metros de profundidade e 36,49° C na superfície (curva azul da pista 4).

Essa situação ocorreu na maioria das perfilagens executadas no Vale do Paraíba, pois todos eles foram corridos sem tempo de espera para equalização. A diferença foi a temperatura elevada observada no poço.

Por outro lado, mesmo com apenas 30 metros de profundidade, depois de 92 horas do poço em repouso, a temperatura estabilizada em uma reta aos 27,3° C e não aos 20° C como adotado internacionalmente.

Por esse motivo foram descontados apenas os 20° C correspondentes à variação sazonal sem reduzir a profundidade dos poços em 50 metros.

Para efeito de apresentação e montagem posterior dos mapas, o gradiente geotérmico foi calculado de três formas e está apresentado na tabela 3 anexa:

1. Pegou-se os valores dos BHT's (Temperatura do fundo do poço) no perfil e subtraiu-se 20° C correspondentes aos 50 metros de profundidade e dividiu-se pela espessura do pacote perfurado, descontando-se os 50 metros superficiais, referentes à variação sazonal. Esta, a forma tradicional de se calcular o gradiente foi expressa em m/°C;
2. O mesmo procedimento foi feito sem descontar os 50 metros superficiais e esses valores, também expressos em m/°C;
3. Pegou-se o valor dos BHT's do perfil e subtraiu-se de 20° C. O resultado foi dividido pela profundidade alcançada e multiplicado por 1000. Foram expressos em °C/km.

O fato verificado foi que as temperaturas registradas no fundo dos poços não eram as reais. Elas foram sempre mais baixas devido à forma como foram obtidas.

Para confirmar o que foi apresentado, montou-se um perfil, com varias corridas executadas, de uma mesma sonda, em um mesmo poço, em dias seguidos, com aumento da temperatura no fundo com o aumento do tempo em repouso.

Isso só foi possível porque se tratava de um poço perfurado no Aquífero Guarani, na localidade de Arapey, no Uruguai, com 950 metros de profundidade, onde no dia 19/06/2011 foi efetuada a primeira corrida após a manobra da ferramenta de perfuração (curva vermelha).

A segunda corrida foi efetuada dia 20/06/2011, após 24 horas de repouso (curva azul) e a terceira dia 21/06/2011, após 48 horas de repouso (curva verde).



Figura 3.5 – Diferentes curvas de temperatura de poço em repouso

A curva vermelha corrida dia 19/06 mostrou que a temperatura no fundo do poço, aos 902 (novecentos e dois) metros alcançou 34,4° C. Vinte e quatro horas depois subiu para 37,4° C (curva azul) e após 48 horas chegou a 38° C (curva verde).

Como existia um poço, perfurado para petróleo, distante 800 (oitocentos) metros deste, surgente, com temperatura da água de 39° C, concluiu-se que a lama que circulou no poço foi responsável por uma queda de até 4,6° C (39 – 34,4° C). Caso tivessem aguardado mais tempo para ser perfilado, a temperatura teria atingido os 39° C.

Ao ser aplicado o mesmo raciocínio para a Bacia de Taubaté, como os poços foram sempre perfilados imediatamente após terem sido perfurados, concluímos como válido o acréscimo de 3° C em cada perfil registrado.

Esta conclusão foi considerada, quando da elaboração do anteprojeto para a perfuração dos poços pioneiros na área em estudo, visando o aproveitamento do recurso natural, uma vez que neste trabalho não se poderia corrigir os valores lidos, pois não havia uma única perfilagem paramétrica que pudesse balizar as correções.

Não existe nos relatórios finais dos poços elaborados pelos perfuradores, nem consta da base de dados do DAEE, a temperatura obtida nos testes de bombeamento executados nos poços.

4. COMPILAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Aspectos geológicos da Bacia de Taubaté

A área em estudo está localizada na porção leste do Estado de São Paulo e abrange uma área de aproximadamente 2.800 (dois mil e oitocentos) quilômetros quadrados e estende-se desde Itaquaquecetuba até Queluz.

Trata-se de uma bacia sedimentar tipo Rift Continental (Riccomini, 1989), associada à abertura do oceano Atlântico Sul, e está assentada sobre o escudo pré-cambriano no denominado Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui & Ponçano, 1978).

A compartimentação a que foi submetida a bacia isola pacotes sedimentares com granulometrias variadas, desde a porção mais arenosa situada próxima a Jacareí até a porção mais argilosa situada próxima a Pindamonhangaba, esta caracterizada pela Formação Tremembé, de idade Oligocênica.

A espessura estimada dos sedimentos que a compõem pode atingir até 850 metros (Ribeiro, 2004).

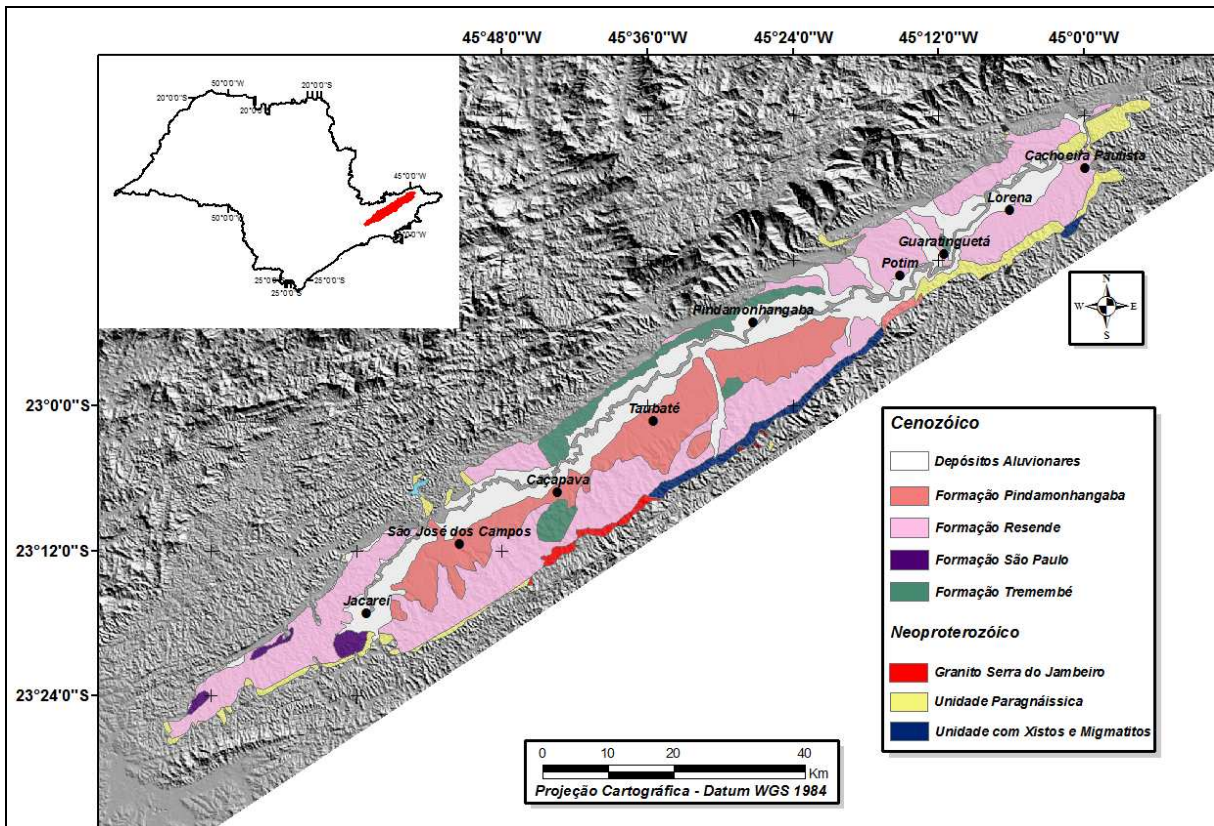


Figura 4.1 – Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo – 2005

O mapa da figura 6, extraído e modificado do trabalho da CPRM, DAEE, IG e IPT de 2005, mostra a localização e a geologia da bacia alvo da pesquisa em curso sobre o aproveitamento dos recursos geotermiais.

A presente revisão não pretende esgotar o assunto sobre conhecimento geológico da bacia de Taubaté, e sim apresentar o grau de conhecimento necessário para embasar a avaliação do potencial geotermal, que são as estruturas rift, sistemas de falhamentos profundos, espessura do pacote sedimentar, com ênfase a sua parte mais profunda, contorno estrutural do embasamento e proximidades de intrusões de rochas alcalinas, que possam causar as anomalias geotérmicas (Fig. 7).

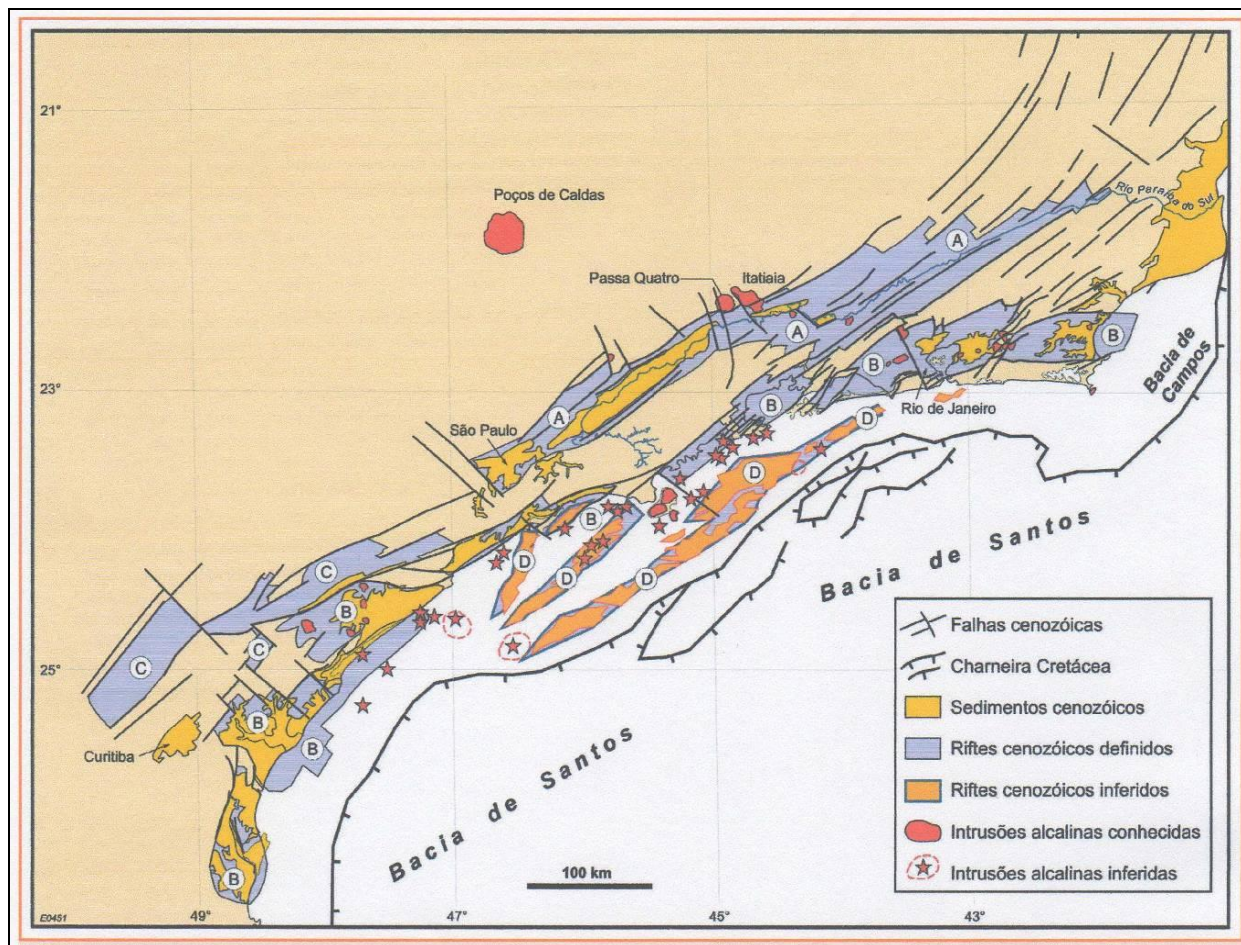


Figura 4.2 – Mapa da distribuição dos Sistemas de Rifts Cenozóicos do Sudeste Brasileiro segundo Zalán e Oliveira – 2005.

As bacias sedimentares de Taubaté, Resende, São Paulo, Volta Redonda, Curitiba e Depressão de Guanabara formam o Sistema de Rifts da Serra do Mar (Almeida 1976), de evolução terciária da região sul-sudeste do país.

Basicamente, a Baía de Taubaté é uma bacia do tipo rift que apresenta sedimentação continental. A estruturação interna da bacia é caracterizada por grabens assimétricos, limitados por falhas, que mudam de vergência formando padrão alternado, (Ribeiro, 2004) (Fig. 8).

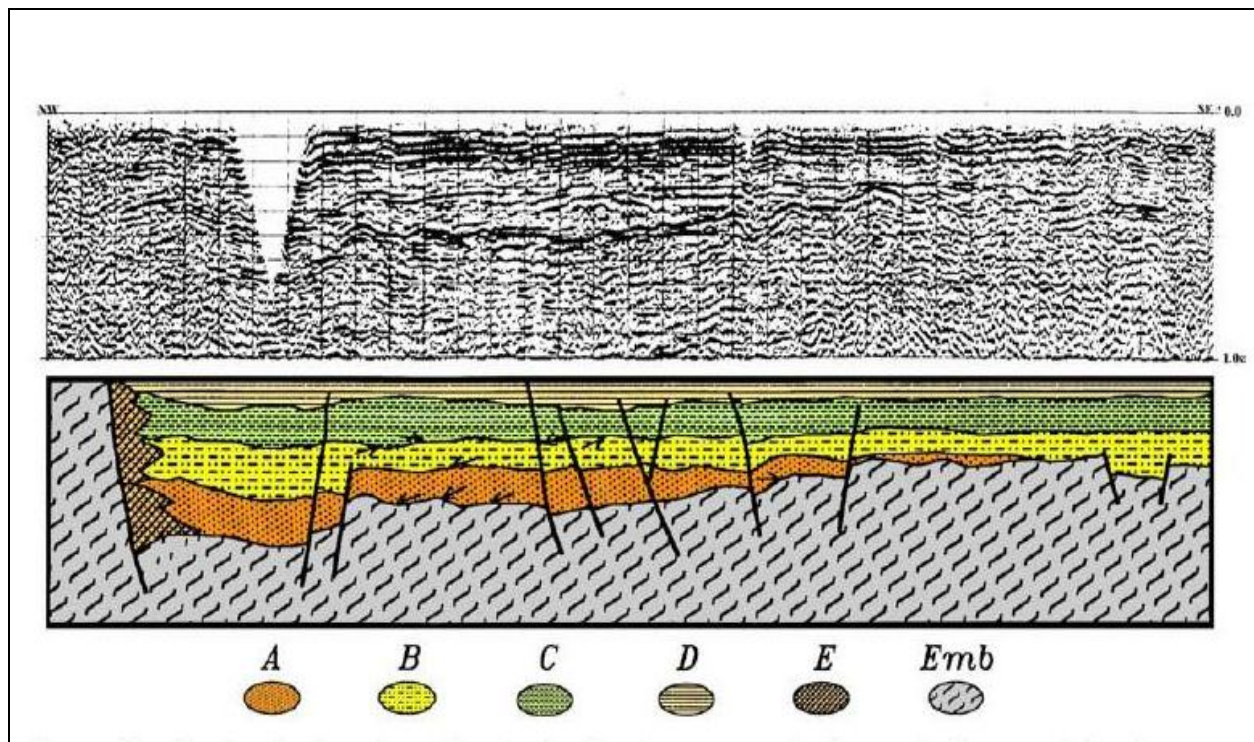


Figura 4.3 - Seção sísmica da sub-bacia de Roseira, apresentando a relação espacial dentre as unidades A, B, C, D, E e o Embasamento de Fernandes 1993. Modificado do autor.

A seção sísmica da figura 8, de direção NW – SE, contempla a escala vertical em milissegundos e sua interpretação não menciona a escala de profundidade, porém percebe-se que próxima à borda NW existe uma espessura maior de sedimentos, a qual foi confirmada pela perfuração efetuada em Pindamonhangaba, na fazenda Morro Agudo. Esta localização está muito próxima ao contato da bacia com o embasamento.

A Figura 4.4 apresenta o mapa geológico da bacia de Taubaté, segundo Ricomini (1989, apud Vidal et al 2004).

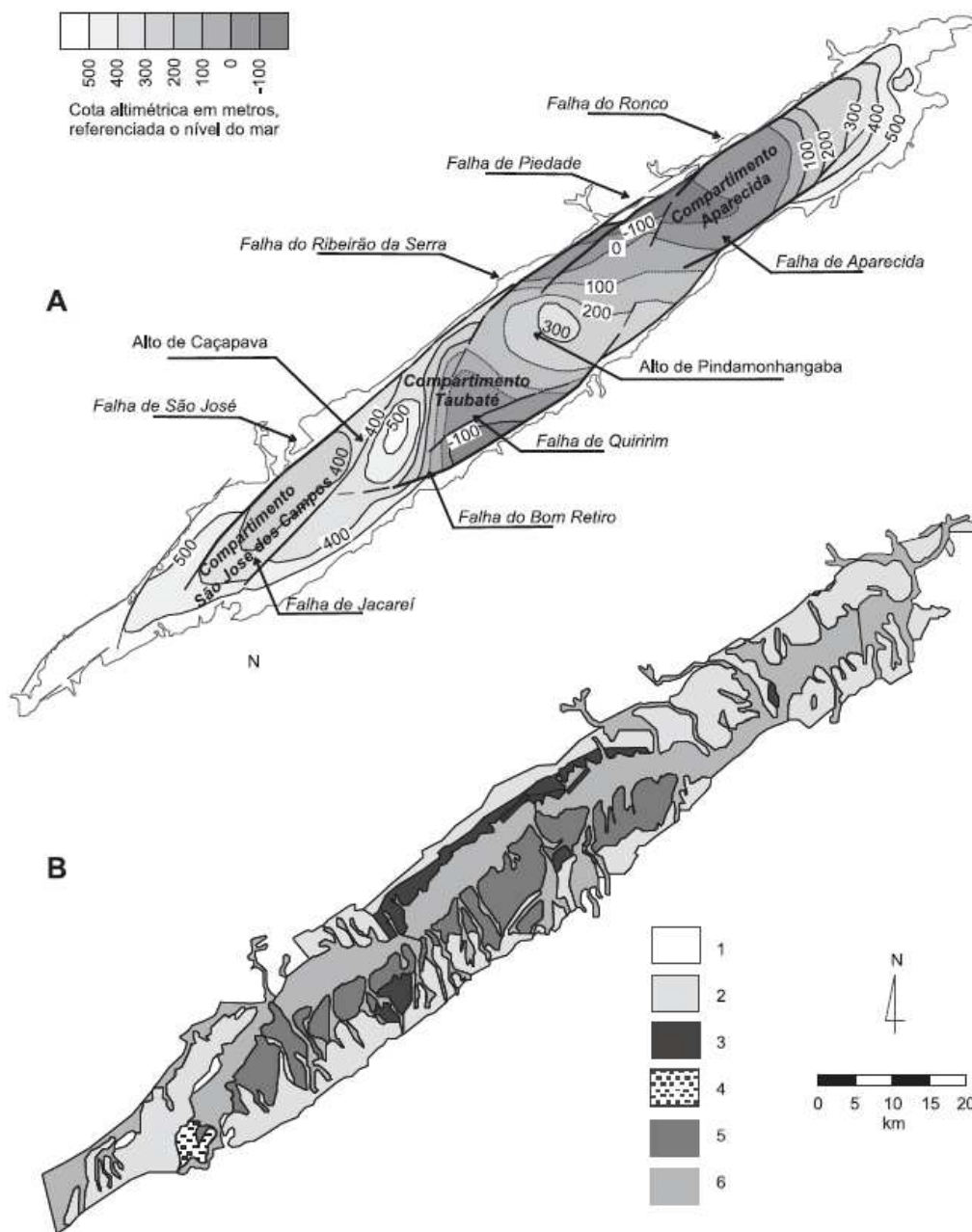


Figura 4.4 – Mapa geológico segundo Ricomini (1989, modificado de Vidal et al, 2004). (A) Mapa do arcabouço estrutural da Bacia de Taubaté; (B) Mapa geológico esquemático da Bacia de Taubaté: (1) rochas do embasamento; (2) Formação Resende; (3) Formação Tremembé; (4) Formação São Paulo; (5) Formação Pindamonhangaba; (6) sedimentos quaternários.

A bacia apresenta vários blocos segmentados (São José dos Campos, Taubaté, Aparecida) separados pelo altos de Pindamonhangaba e Caçapava, e por falhas (de Jacareí, São José, Bom Retiro, Quiririm, Ribeirão da Serra, Piedade e de Aparecida).

O compartimento Jacareí – São José dos Campos apresenta profundidade máxima de 300 metros e é composto por rochas da Formação Resende; já o compartimento Quiririm – Taubaté possui profundidade máxima de 600 m e predomínio de arenitos e conglomerados nas bordas e argilitos no centro. O compartimento Aparecida-Lorena apresenta profundidade máxima de 800 metros a oeste com o predomínio de sedimentos lacustres e a leste sedimentos de origem fluvial (Vidal e Chang, 2004).

O Grupo Taubaté, do Paleógeno, é subdividido nas formações: Resende, Tremembé e São Paulo.

A Formação Resende, formada a partir de sedimentos de sistema de leques aluviais associados a planície fluvial de rios entrelaçados; as fácies proximais são conglomerados polimíticos, interdigitados por arenitos e lamitos arenosos, oriundos de corridas de lama. As porções distais apresentam sedimentos de ambientes de planície aluvial, arenitos intercalados por lamitos.

A Formação Tremembé possui interdigitação horizontal e vertical com os sedimentos da Formação Resende, e é significativa na porção central da bacia. É composta por argilitos verde maciços, dolomitos tabulares, ritmitos formados pela alternância de folhelhos e margas, arenitos com estratificação cruzada sigmoidal e granodecrescência de areia média até silte e arenitos grossos, arcoseanos.

A Formação São Paulo é um sistema fluvial meandrante cujas principais fácies sedimentares são formadas por arenitos grossos, conglomeráticos, siltitos e argilitos laminados e arenitos médios e grossos gradando para mais finos.

A Formação Pindamonhangaba, do Neoterciário, é composta por sedimentos de sistema fluvial meandrante, bem desenvolvidos na porção central da bacia e aflorante em faixa alongada ao sul do rio Paraíba do Sul. Os sedimentos quaternários, aluvionares e coluvionares situam-se ao longo das principais drenagens da região.

A Figura 10 apresenta o quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar da bacia.

Em todas as perfilagens executadas na bacia e interpretadas pelo mestrando, nunca foi observada a presença de pacotes sedimentares contendo margas ou dolomitos. Esses tipos litológicos são caracterizados, geralmente, por ter uma contagem muito baixa de raios gama naturais e elevadíssima resistividade. O comportamento geofísico é semelhante a um arenito homogêneo, limpo, contendo água doce com baixa quantidade de sólidos totais dissolvidos.

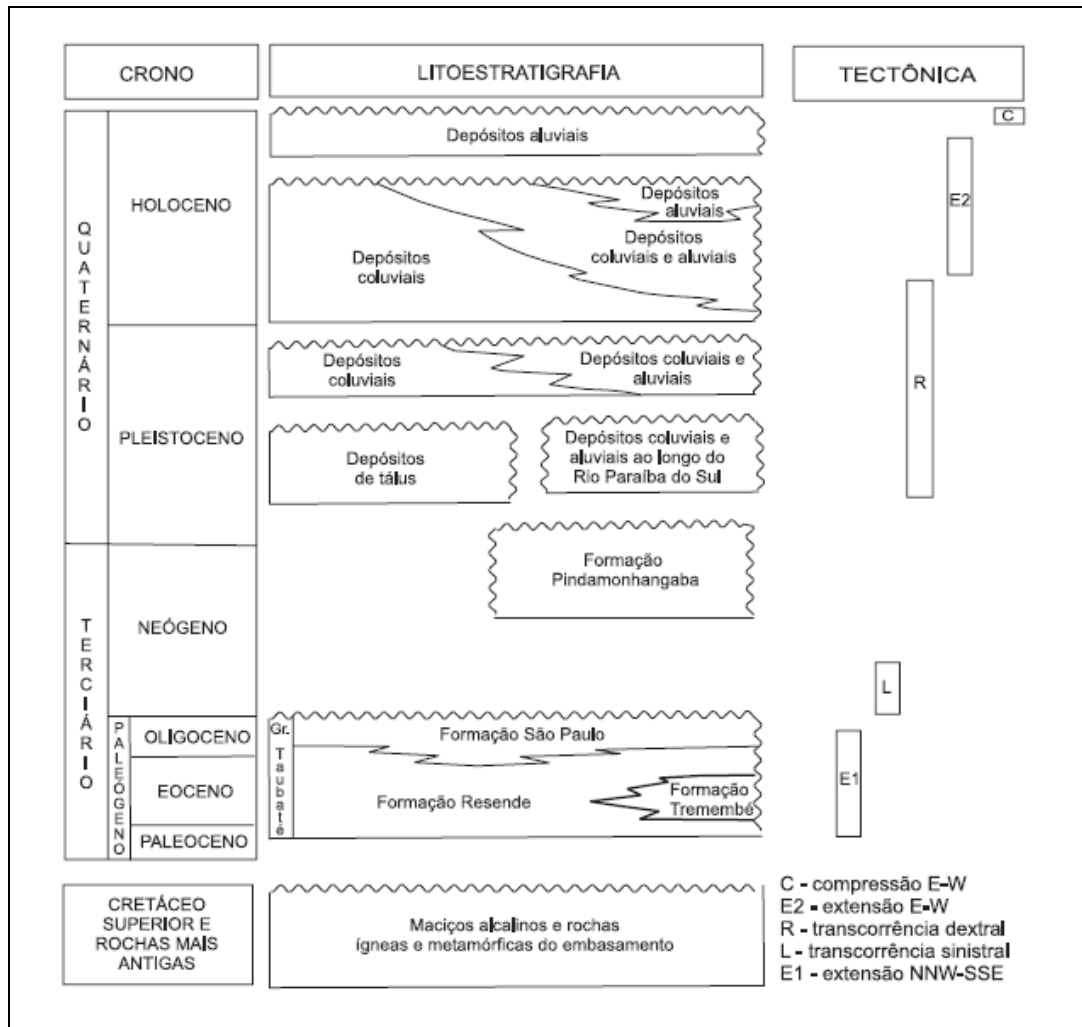


Figura 4.5 – Quadro litoestratigráfico e evolução tectono-sedimentar da Bacia de Taubaté, baseado de Ricomini (1989).

Fernandes e Chang (2001) apresentam resultados de modelagem gravimétrica na bacia de Taubaté, onde se pretende entender o contorno estrutural da bacia de Taubaté, apresentado na Figura 11.

O mapa apresenta dois compartimentos principais com profundidades diferentes: a primeira na porção NE, mais profundo (800 metros) e outro na porção SW (menor que 300 metros). De acordo com Fernandes e Chang (2001), a porção mais profunda apresenta feições típicas de rift, com espessura sedimentar de cerca de 450-500m, e máximos de 800m. O Alto de Caçapava, mais raso, apresenta-se como divisor, onde os autores modelaram um corpo alcalino ao norte de Caçapava, em Campos do Jordão.

Destaca-se ainda a feição dos maciços alcalinos de Passa Quatro e Itatiaia, ligado a intrusão de magma alcalino diferenciado.

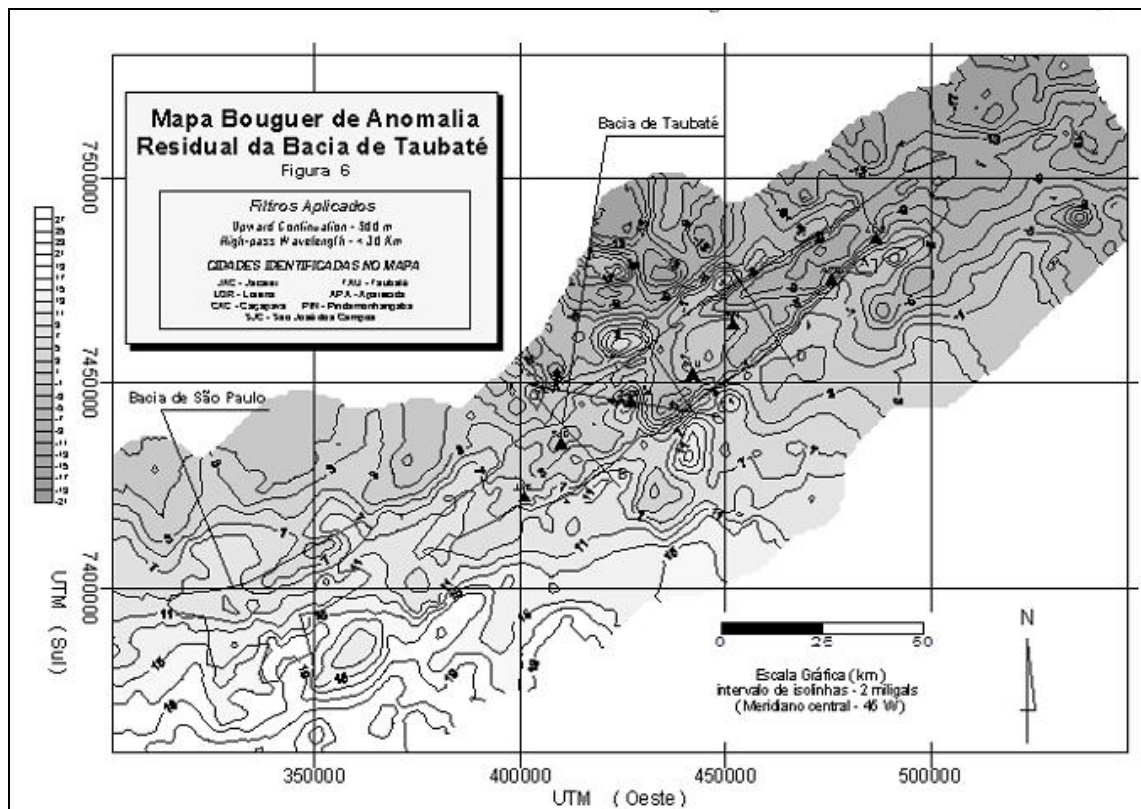


Figura 4.6 – Mapa Bouguer de Anomalia Residual da Bacia de Taubaté

(Fernandes e Chang – 2001)

Molinari (2003) apresenta interessante contorno estrutural da bacia, elaborado com base em trabalhos de campo, revisão bibliográfica e linhas sísmicas, apresentado a seguir.

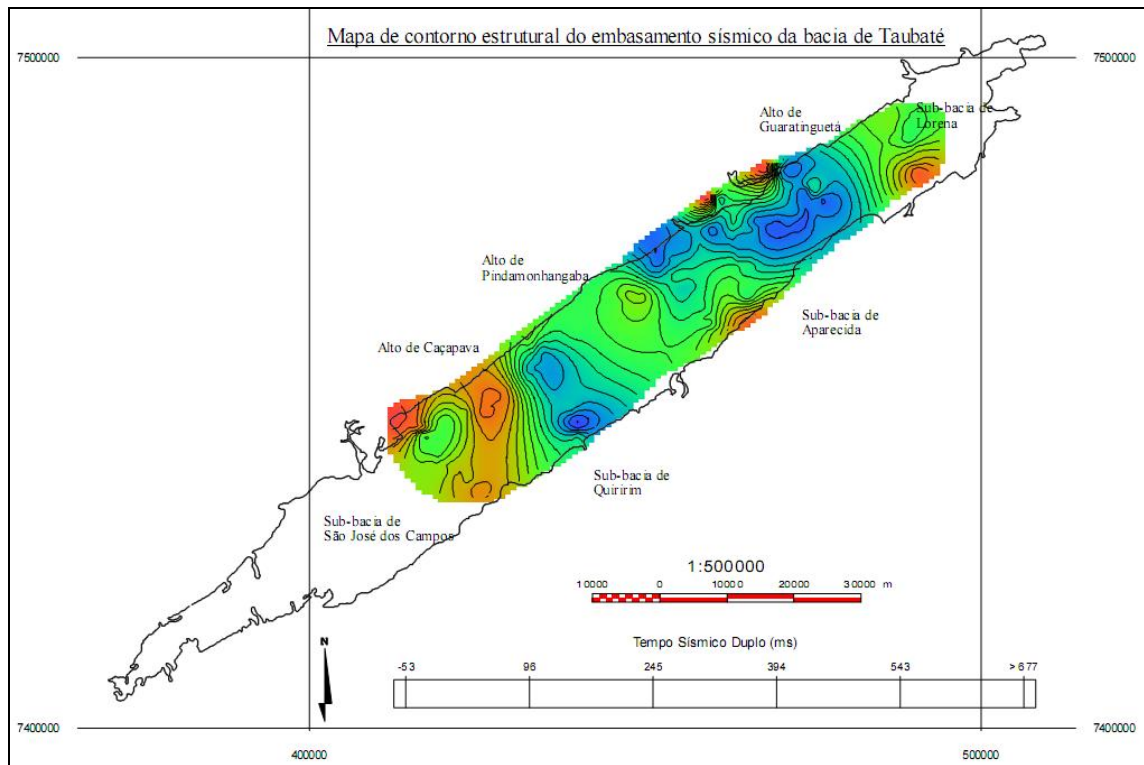


Figura 4.7 – Mapa de contorno estrutural do embasamento sísmico da Bacia de Taubaté (Molinari, 2003).

Na Figura 4.7, Molinari, (2003) apresenta as curvas do contorno estrutural do embasamento com as sub-bacias de Quiririm e Aparecida em destaque, a sub-bacia de Lorena, e os altos que compartimentam as sub-bacias, que são o Alto de Caçapava, Alto de Pindamonhangaba e Alto de Guaratinguetá.

Em termos hidrogeológicos, a bacia de Taubaté apresenta grande potencial de exploração de seus aquíferos, porém de elevada heterogeneidade (Vidal e Chang 2004), sendo São José dos Campos e Lorena as mais promissoras o para exploração de água subterrânea, com vazões que variam de 10 a 200 m³/h. As regiões de Taubaté e Pindamonhangaba são as menos favoráveis com vazões entre 20 e 30 m³/h. Os autores também definem que os aquíferos são do tipo multicamada.

Em termos de aproveitamento da energia geotermal o conhecimento dos diferentes leitos produtores é vital para o suprimento de fluido para a injeção nos poços que irão produzir vapor.

4.2. Geotermia

Os recursos geotermiais podem ser classificados como sendo de baixa, media e alta entalpia, de acordo com o fluido existente no reservatório ou não.

Os Estados Unidos (Willians et al, 2008) apresentam 3 classes de reservatórios baseados na temperatura: Baixa Temperatura (<90°C), Moderada Temperatura (90 a 150°C) e Alta Temperatura (>150°C).

Nos sistemas de Alta Temperatura estão inclusos exclusivamente recursos de vapor. Na Moderada Temperatura são predominantes líquidos e vapor e na Baixa Temperatura são todos recursos de domínio líquido.

No entanto, o sistema americano classifica os recursos geotermiais como: produzindo (gerando energia elétrica), confirmado (o reservatório possui vazão comercializável de fluido) e potencial (temperatura e volume de exploração viável, porém sem bons resultados em testes de vazão de poço).

Singhal & Gupta 2010 classificam em tres grupos os sistemas geotermiais:

- Baixa entalpia ou sistemas por domínio de água quente – com temperaturas que variam de 50 a 150°C. A água subterrânea, quente, é utilizada como fonte de calor.
- Alta entalpia ou sistema por domínio de vapor – com temperaturas na faixa de 150 a 300°C, em que do vapor é extraído do líquido, que é utilizado para mover turbinas de geração de eletricidade.
- Sistemas de rochas secas e quentes (*hot dry rock* – HDR) – com temperaturas entre 50 e 300°C. A água é circulada para níveis mais profundos em fraturas criadas artificialmente ou não, onde é aquecida. Desse modo a água quente e o vapor movem-se para a superfície para ser utilizado como fonte de energia geotermal.

Algumas usinas de geração de energia elétrica a partir de fontes geotermiais como na Itália, Nova Zelândia, Japão, oeste dos Estados Unidos, Islândia e Chile podem ser exemplificados como as mais notáveis e antigas.

No entanto, novas descobertas nestes últimos 20 anos são apresentadas, como a usina de Bulalo, sudeste da Ásia (gera 426 MW), Tiwi (330 MW), nas Filipinas e Awibengkok (330 MW), na Indonésia. Estas usinas são abastecidas por campos geotermiais de reservatórios de água associadas a um vulcão andesítico.

Na Rússia, cita-se a região norte do Cáucaso, a área do rio Volga, oeste da Sibéria como área promissora.

Na Índia, os principais campos geotermiais situam-se na parte noroeste do Himalaia, no vale Narmada na Índia Central e ao longo da costa oeste.

Lee (2001) critica esta classificação baseada na temperatura do fluido, em que a variação de cada classificação utilizada não possui concordância no meio técnico científico, devido a ambigüidade causada pelas propriedades independentes que são requeridas para definir o estado termodinâmico do fluido. Assim, este autor propõe uma classificação baseada em Baixa, Média e Alta Qualidade de Recursos, que por sua vez é classificada em índices específicos de exergia (definida como o trabalho teórico máximo que pode ser obtido via processo, o mais adequado de um sistema, que se encontre em um dado estado inicial, até que atinja o estado final de referência caracterizado pelo equilíbrio termodinâmico com o meio ambiente) (SE_{x1} , $SE_{x1} < 0,05$, $0,05 < SE_{x1} \leq 0,5$ e $SE_{x1} \geq 0,5$). Este índice é baseado nas exergias da água saturada e vapor seco saturado a 1 bar absoluto.

Lund et al (2005) apresentaram um cenário de utilização e aplicação de energia geotermal no mundo, em 2000 e atualizado em 2001. De acordo com os autores, estima-se que 27.825 MWt seja a capacidade termal instalada, com tendência de aumento (12,9% ao ano). A energia termal utilizada é de cerca de 261,418 TJ/ano (72,622 GWh/ano), com aumento de 40% desde 2000. A distribuição de energia termal utilizada por categoria é aproximadamente 33% para bombas de aquecimento, 29% em balneários, 20% aquecimento de espaços, 7,5% estufas, 4% processos industriais, <1% agricultura, <1% para gelo (descongelamento) e <0,5%, outros usos.

Na pesquisa bibliográfica foram encontrados vários artigos referentes a cenários e atualizações desses em países já com tradição de utilização dessa energia. São comuns artigos de congressos de países da Europa Central, Turquia, Grécia, Alemanha, Portugal, Itália, dentre outros.

Marty et al. (2003) investigaram cinquenta e sete poços de fontes geotermiais de baixas temperaturas no reservatório de calcário Dogger, da Bacia Sedimentar de Paris para análise do gás e de suas inter-relações. As relações metano/etano indicam a origem biogenética e termogenética do reservatório. Houve estudos de outros gases como H₂, N₂, CO₂ que refletem heterogeneidades do fluido; alguns locais as características do fluido pode estar associada a ocorrência de formações petrolíferas, e a ocorrência de paleocomponentes como a água do mar.

Best et al (1986) apresentaram um modo interessante de utilização de energia geotermal de baixa entalpia para produzir refrigeração (10,5 kW) por meio de absorção por calor (*heat driven absorption coolers*), capazes de armazenar alimentos por longos períodos.

Bhrun (2001) apresenta uma planta de geração híbrida, com recurso geotermal pré aquecida suficiente para conversão de energia geotermal em eletricidade, e carvão, voltada a países com recursos geotermiais de baixa entalpia. O custo de cerca de 85 EU / MWh foi considerado viável para regiões como a Europa Central.

Allen e Milenic (2003) avaliam o potencial de extração de água subterrânea rasa de sedimentos grosseiros depositados em vales profundos preenchidos por sedimentos grosseiros glaciais, como recurso de energia geotermal, proveniente do efeito de ilhas de calor em área urbanas como na cidade de Cork, Islândia. As temperaturas estão em torno de 11 e 13°C e em três poços de estudos foram bombeadas águas na vazão acima de 40 m³/h, sendo para o país economicamente viável devido ao baixo custo, alta produção de poços, extenso tempo de vida, e existência de recursos de baixas temperaturas. Ainda, Allen e Milenic (2003) indicam que a energia de baixa entalpia pode ser gerada de água subterrânea de sedimentos grosseiros preenchidos de vales escavados formados durante a glaciação pleistocênica, quando o nível do mar foi significativamente mais baixo do que os dias atuais. Estes vales situam-se abaixo de rios atuais que provêm de grandes cidades, e assim criam-se ilhas de calor nas águas subterrâneas rasas. Essa água pode passar nos aquecedores de prédios e casas, a taxa de vazão de 20 l/s e redução de temperatura de 8°C.

Bruno et al (2000) utilizou levantamento geofísico em 2 locais, Fossa di Fuardo e Terme di San Calogero, sul da Itália, no intuito de exploração de fluidos de baixa entalpia. As técnicas utilizadas foram dois levantamentos microgravimétricos, perfis geoeletricos, perfil de reflexão sísmica e perfis de refração sísmica. Os resultados permitiram a definição de um modelo

geoestrutural do reservatório, cuja Fossa Del Fuardo é constituída por seqüências de rochas piroclásticas e lavas e duas formações impermeáveis rasas. No Terme di San Calogero os resultados mostraram intensa circulação de fluidos afetando a subsuperfície.

Legarth et al (2003) apresentam resultados de experimentos de estimulação em fraturas pouco produtivas do aquífero reservatório, em que duas zonas do arenito Rotliegend foram selecionados para esta estimulação. As profundidades foram entre 4080 e 4190 metros e temperaturas de cerca de 140°C, inéditos nestas condições, obtendo resultados positivos, uma vez que as fraturas estavam provavelmente fechadas por deposição salina, por exemplo.

Karytsas et al (2002) apresenta um estudo socioeconômico da utilização de energia geotermal de baixa entalpia para municípios e aquecimento em estufas na região de Traianoupolis Evros. O potencial de geração foi estimada em 10,8 MW_{th}(temperatura na descarga de 25 °C). As temperaturas no poço atingem entre 53 a 92°C, e vazão de 250 m³/h, concluindo que o uso dessa energia é um bom investimento.

O artigo de Hepbasli e Balta (2007) apresenta a viabilidade de utilização de recursos geotermiais de baixa a moderada entalpia e sua alta potencialidade em todo o mundo.

Um modo mais eficiente de utilização desta potencialidade é na utilização de aquecimento de casa e prédios, por meio de bombas de aquecimento geotermal para obter a energia de calor de recursos de baixas temperaturas. Foi utilizada uma bomba construída pela Universidade de Nigde, que atingiu eficiência de energia e exergia de 73.9% a 73.3% e 63.3% a 51.7% a temperaturas variando de 0 a 25 °C.

Hamza et al (2010) apresentam resultados de medições de gradiente geotermal de 44 locais brasileiros. As áreas do embasamento pré-cambriano apresentam baixos gradientes variando entre 6 to 20 °C/km, enquanto que bacias sedimentares mais jovens apresentam variação entre 15 to 35 °C/km. O estudo conclui que as condições mais favoráveis a exploração de energia geotermal no Brasil estão nas bacias sedimentares mais jovens, sendo a Bacia Sedimentar do Paraná o melhor local, especificamente a Formação Botucatu (que integra o Sistema Aquífero Guarani), com temperaturas que variam de 40 a 90°C, considerada de baixa entalpia. As condições climáticas brasileiras não favorecem a aplicação dessa energia para aquecimento, por exemplo, bem como a conversão para energia elétrica, porém os autores sugerem que poderá ser utilizado como energia complementar e/ou suplementar.

Gomes e Hamza (2003 e 2005) apresentam uma avaliação dos recursos geotermiais de 72 localidades do estado do Rio de Janeiro, por meio de medidas de gradientes geotermiais e condutividade termal, e determinação da densidade de fluxo de calor. Concluem que na maioria das áreas o fluxo de calor está na faixa de baixa a normal, sendo menor que 60mW/m^2 . Em áreas isoladas, próximos a intrusões alcalinas e sistemas de falhas, o fluxo de calor é maior do que o normal atingindo valores de 100 mW/m^2 . Os valores de gradiente encontrados em rochas pré-cambrianas situam-se entre 14 e 26°C/Km ; nas bacias sedimentares (Campos, Resende e Carapebus) são maiores, entre 19 e 33°C . Acima deste último valor, locais próximos a intrusões alcalinas, como em São Gonçalo e Rio Bonito. O recurso base geotérmico total do estado foi estimado em $1,03 \times 10^{23}$ J, onde grande parte deste recurso compreende uma área de 27.531 Km^2 (70% da área total do estado). O gradiente e fluxo térmico encontram-se mais elevados na parte oeste do estado, atribuído às associações de rochas alcalinas intrusivas Terciárias situadas entre Itatiaia e Cabo Frio; o calor residual destas intrusões pode ser um dos mecanismos responsáveis pela anomalia térmica delimitada.

Gomes e Hamza (2008) apresentam estudos sobre zonas anômalas de fluxo geotérmico na Bacia do Paraná, por meio de reavaliações de estudos anteriores e aquisição de dados complementares. Identificaram diversas zonas com gradientes geotérmicos que estão na faixa de 30 a $90\text{ }^\circ\text{C/Km}$. Estas regiões incluem a zona costeira de Santa Catarina, oeste dos estados do Paraná, São Paulo e sul de Mato Grosso. Concluem que as fontes de calor estão na base da crosta e são transientes. A maioria das regiões identificadas situa-se próximas as faixas de diques de diabásio básico do período pós-Cretáceo. O emplacamento subcrustal do evento magmático Serra Geral seria o responsável pelas anomalias geotérmicas estudadas.

Rodrigues e Arruda (2007) apresentam uma simulação para utilização da energia geotérmica do Aquífero Guarani. A simulação de uso de trocador de calor entre a água termal subterrânea (com altos teores de sais) e a água superficial proveniente de abastecimento público foi elaborada. A região selecionada foi Cachoeira Dourada, cujo poço é possuidor de águas com temperatura de média de 48°C , porém possui teores de sais elevados, sendo que um deles apresenta teor de resíduo de evaporação a 180°C , de $9.172,73\text{ mg/L}$ concluem sua viabilidade, pois há um ganho térmico significativo para uso em atividades balneárias e domésticas, com economia na utilização de fontes convencionais de energia.

5. RESULTADOS

5.1. Localização dos poços perfilados e analisados na Bacia de Taubaté

Os poços perfurados para a captação de água subterrânea perfilados foram locados no Google Earth, conforme pode ser observado na Figura 5.1, principalmente para a obtenção das cotas topográficas mais aproximadas, pois aquelas tiradas com GPS – Garmin - Modelo eTrex, por ocasião da perfilagem, não tem valores de altitude confiáveis.

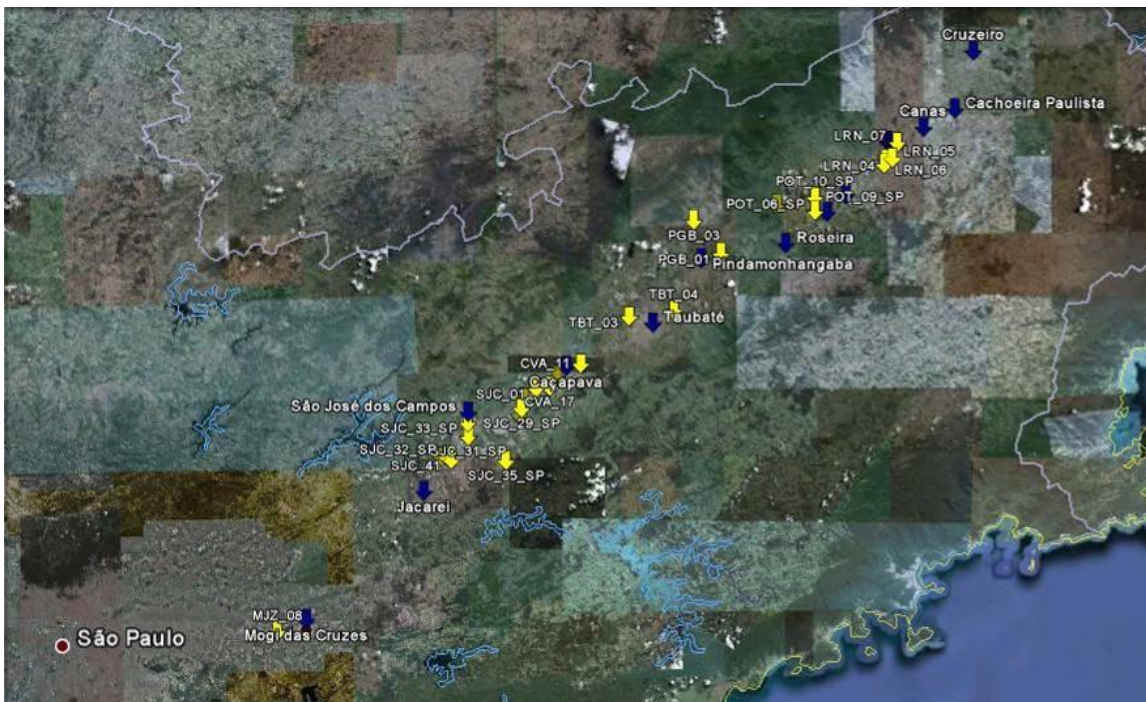


Figura 5.1 – Fotograma da localização dos poços perfilados na Bacia de Taubaté

(Cidades em azul e poços locados em amarelo – imagem Google Earth)

Um mapa de tamanho A3, anexo 9.2, contém as localizações distribuídas ao longo da bacia. As cotas mais baixas estão situadas nas localizações de Potim, Pindamonhangaba e Guaratinguetá, ao redor de 550 metros e as mais altas em Jacareí e São Jose dos Campos que passam dos 650 metros.

5.2. Análise dos resultados obtidos na Bacia de Taubaté

De uma maneira geral as rochas sedimentares que a compõem possuem espessuras variadas da ordem de 70 (setenta) até 250 (duzentos e cinquenta) metros nos poços perfilados e, que uma vez interpretados propiciaram a montagem da Tabela 1 anexa.

Existem alguns poços e furos de sondagem, em que as espessuras atingiram profundidades maiores, como exemplo Taubaté com 640 (seiscentos e quarenta) dos quais 450 (quatrocentos e cinquenta) metros perfilados e Pindamonhangaba com 732 (setecentos e trinta e dois) metros, porém este último não tocou o embasamento cristalino.

As maiores profundidades de sedimentos perfiladas na bacia, não foram poços para a captação de água subterrânea, mas sim furos testemunhados para projetos de pesquisa para o estudo de gênese da bacia, com o foco na busca de rochas geradoras de hidrocarbonetos.

5.3. Confecção dos mapas temáticos e perfil

5.3.1 Mapa do contorno estrutural do topo do embasamento

O escopo do presente estudo não foi a análise geológica estrutural, mas sim a montagem de um cenário em que estivessem envolvidas: altas temperaturas, gradiente geotérmico elevado e a maior espessura de sedimentos disponível, para a prospecção de áreas viáveis ao uso da energia geotermal, como fonte geradora de eletricidade.

Para tanto o primeiro passo foi o de traçar o mapa do contorno estrutural do topo do embasamento, levando-se em consideração que o furo mais profundo perfilado não o atingiu (Figura 14).

Pelo mapa ficava evidenciado que o trecho de Taubaté a Pindamonhangaba era o mais profundo da bacia.

O perfil SW – NE (Figura 5.3), entre Jacareí e Cachoeira Paulista mostrou e comprovou a afirmação supra mencionada. A título de esclarecimento complementar o poço de Taubaté

inicialmente perfilado com 442 metros, foi aprofundado até 640 metros e atingiu o embasamento e esse dado foi utilizado na montagem do perfil, porém, não no mapa.

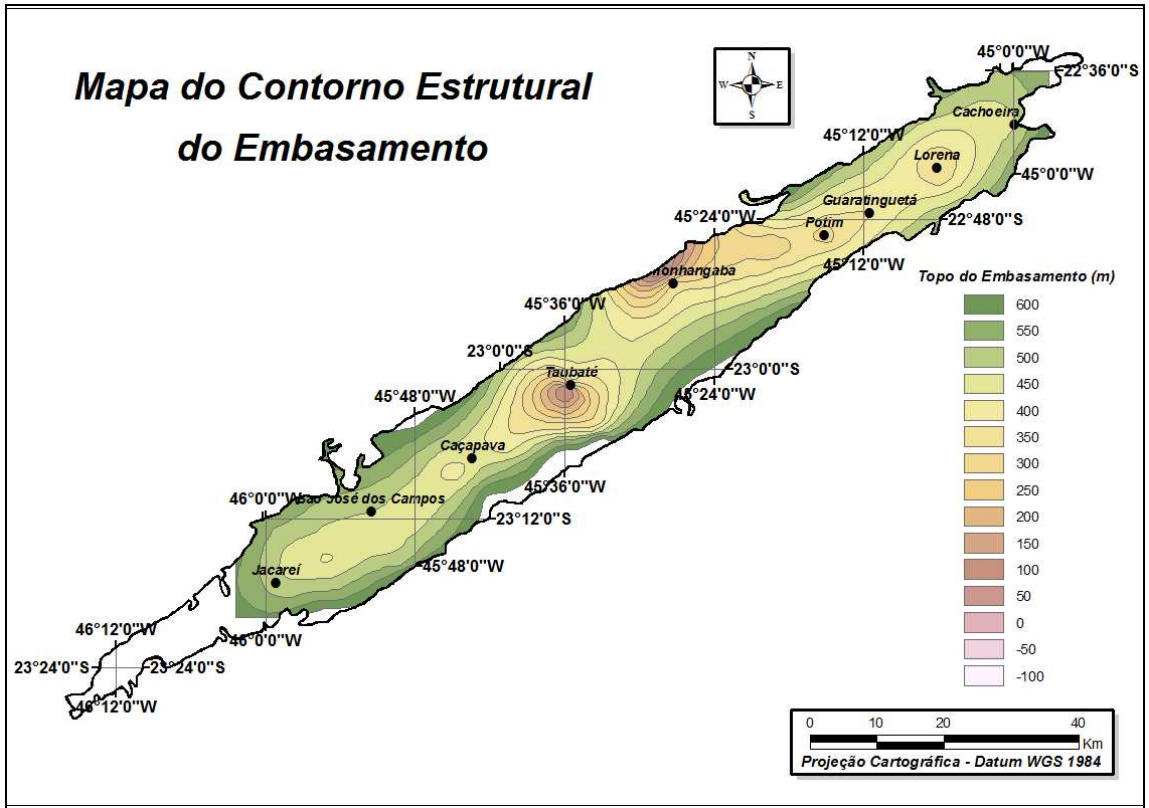


Figura 5.2 - Mapa do contorno estrutural do topo do embasamento da Bacia de Taubaté.

5.3.2 Perfil esquemático Jacarei – Cachoeira Paulista

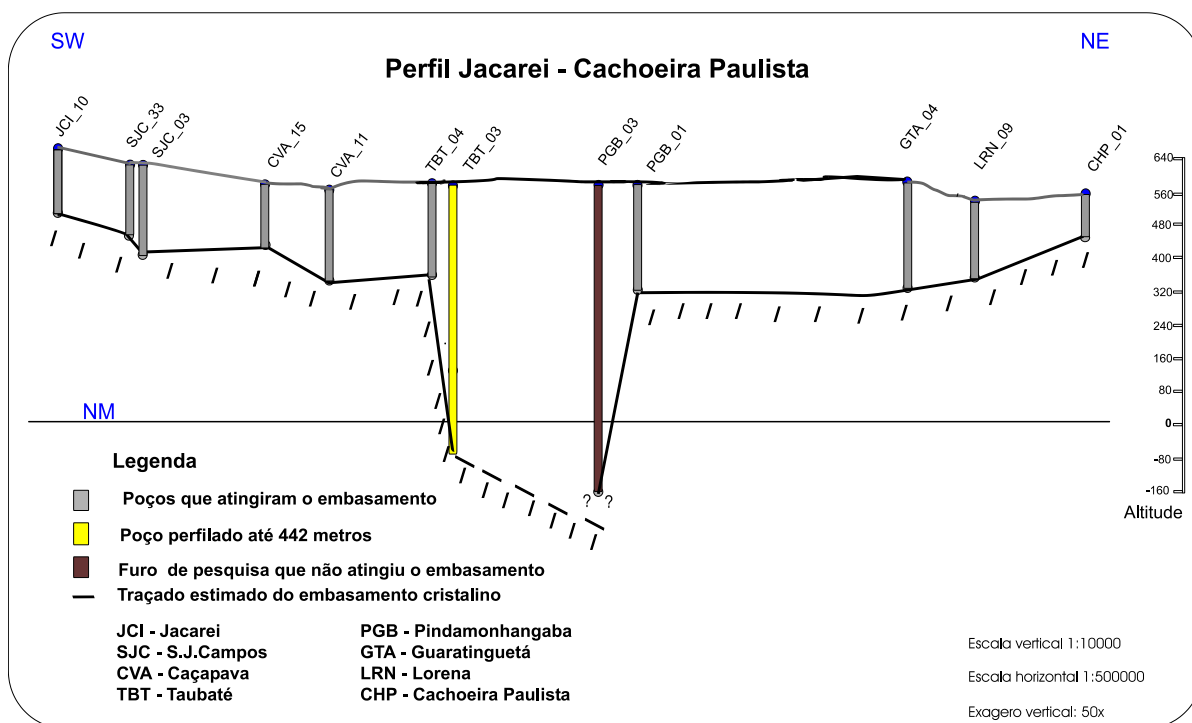


Figura 5.3 – Perfil esquemático do topo do embasamento – corte SW – NE da Bacia de Taubaté.

O trabalho de Vidal et al, 2004, mostrou que existiam três baixos estruturais no embasamento na bacia: um em Taubaté, outro em Pindamonhangaba e o terceiro mais discreto entre Potim e Lorena que podiam ser interpretados como abatimento de blocos ou mesmo conformação espacial da bacia.

Os valores de desníveis no embasamento entre Jacareí, São José dos Campos, Caçapava e Taubaté, da ordem de 100 metros, descontado o exagero vertical do perfil (500 vezes), não caracterizou, o comportamento de um alto estrutural, mas sim um declive suave da paleotopografia do cristalino.

Já, entre Taubaté e Pindamonhangaba, existiu uma fossa tectônica abrupta, formada por falhamentos de direção NW. Os desníveis passaram de 480 metros, sem atingir o embasamento cristalino no furo de Pindamonhangaba, o que indicava que o abatimento devia ser ainda maior.

No perfil construído apresentado na figura 5.3, não apareceram os altos estruturais de Caçapava, Pindamonhangaba e Lorena, conforme constavam dos trabalhos pesquisados.

5.3.3 Mapa da distribuição espacial da porcentagem de arenito na bacia

As espessuras das rochas sedimentares atravessadas foram somadas em cada perfil executado e convertidas em porcentagens do total perfurado. Tais dados permitiram construir os mapas de isovalores das distribuições espaciais das porcentagens de arenitos, siltitos e folhelhos, apresentados a seguir:

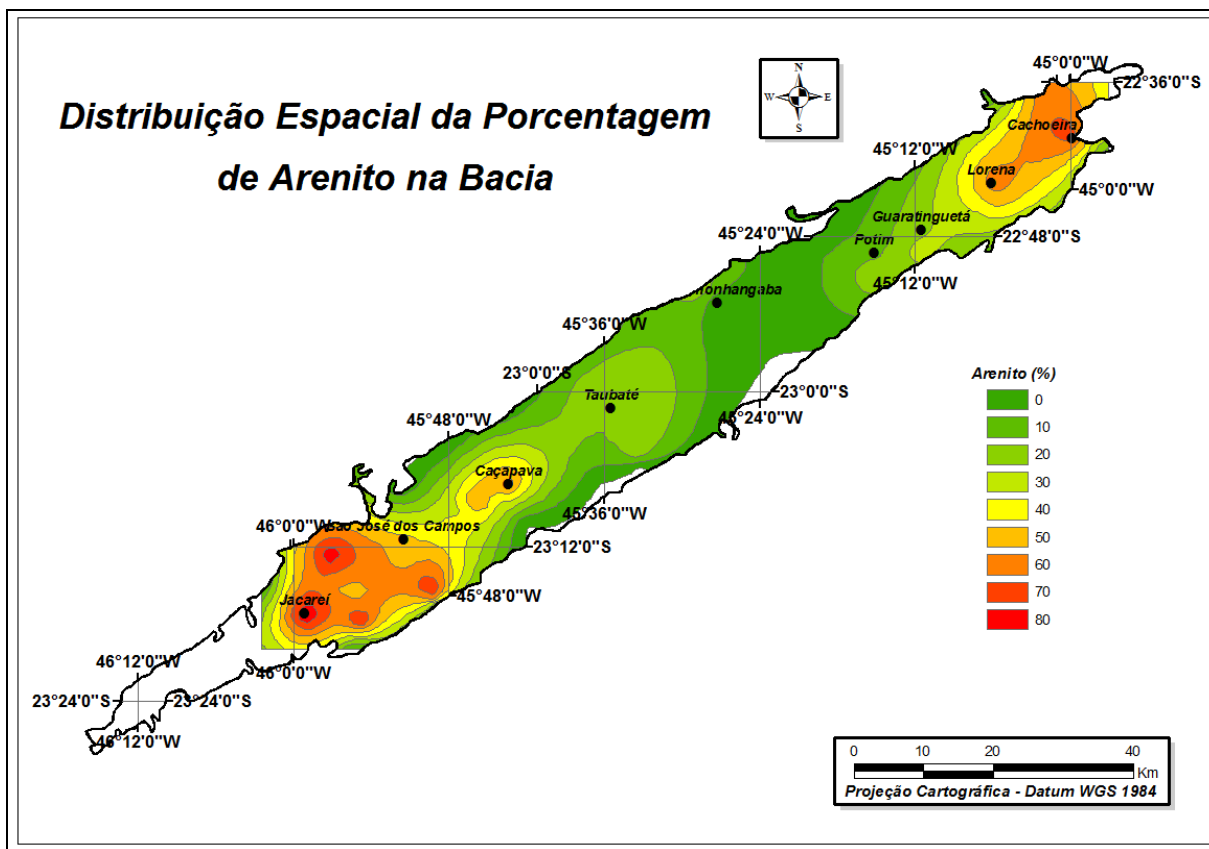


Figura 5.4 – Mapa da Distribuição Espacial da Porcentagem de Arenito na Bacia de Taubaté

A distribuição espacial das porcentagens de arenitos mostra que eles se concentram nas faixas que vão de Jacarei a Caçapava e de Lorena a Cachoeira Paulista

De fato tratam-se das localidades onde estão os poços mais produtores da bacia.

5.3.4 Mapa da distribuição espacial da porcentagem de siltito na bacia

A distribuição espacial dos siltitos, figura 5.5 mostra que eles estão concentrados próximos a Taubaté (60%), em uma área pequena e restrita. Em Pindamonhangaba não chega a ter 50% do total das perfurações. Entre Guaratinguetá e Lorena o percentual deles alcança 40 %.

Os poços perfurados têm vazões baixas, principalmente no entorno de Taubaté, Pindamonhangaba e Potim. Em Lorena não, porque há uma concentração elevada de arenitos.

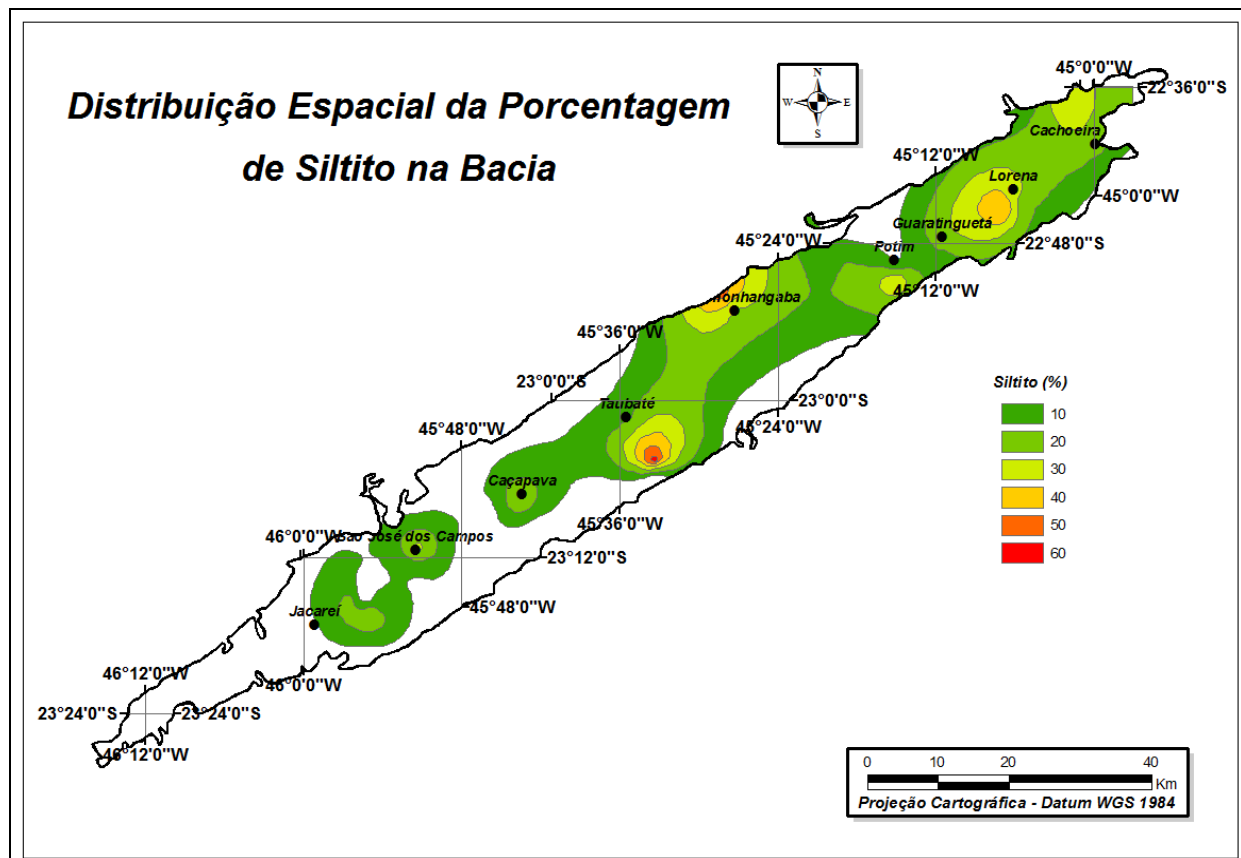


Figura 5.5 - Mapa da Distribuição Espacial da Porcentagem de Siltito na Bacia de Taubaté

5.3.5 Mapa da distribuição espacial da porcentagem de folhelho na bacia

Quanto à distribuição espacial dos folhelhos nota-se uma concentração na região que vai de Pindamonhangaba a Guaratinguetá. A soma dos percentuais de siltitos e folhelhos passa dos 90% nessas áreas e isso se reflete na produtividade dos poços ai perfurados. Recentemente foi feita uma perfilagem em Potim, dia 06/12/2011, em um poço para a Prefeitura Municipal, dentro do programa Saúde da Família, que com 204 metros de profundidade alcançou o embasamento e somente nele produziu água, visto que na parte de sedimento era seco (informação verbal da Garça Poços Artesianos).

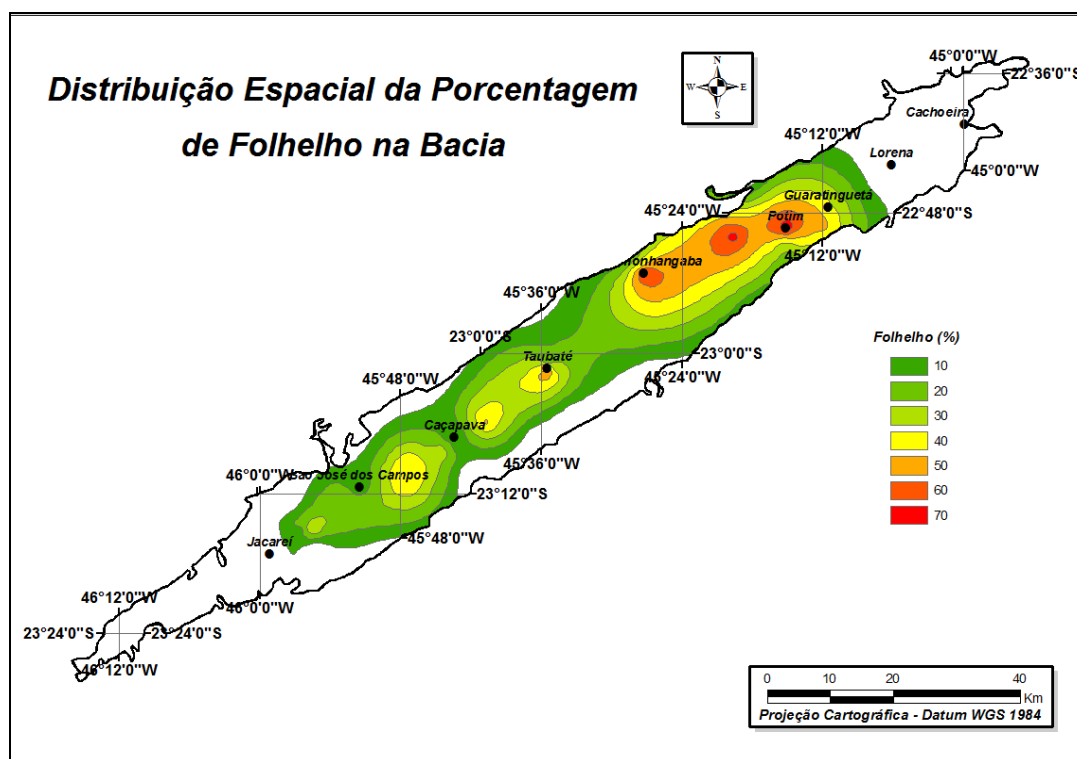


Figura 5.6 - Mapa da Distribuição Espacial da Porcentagem de Folhelho na Bacia de Taubaté

A figura 5.6 mostra que nas regiões de Pindamonhangaba e Potim há uma concentração de folhelhos de até 70% do total perfurado nos poços, enquanto que nas demais áreas, como Caçapava, São José dos Campos, Taubaté e Lorena os percentuais caem para níveis de 10 a 40%.

5.4 Confeção dos mapas temáticos de temperatura

5.4.1 Mapa de isotemperaturas do topo do embasamento

Inicialmente foram traçadas curvas de isotemperaturas do fundo dos poços perfilados, ou seja, a temperatura medida no topo do embasamento cristalino.

Estas, mostradas na figura 5.7, indicaram que no geral, no topo do embasamento cristalino, ao longo da bacia, a temperatura estava na faixa de 24° a 32° C, variando de acordo com a espessura do pacote sedimentar sobreposto. A exceção ficou por conta dos pontos anômalos encontrados em Pindamonhangaba e Potim.

O ponto de maior temperatura foi perfilado na Fazenda Morro Agudo, em Pindamonhangaba, que alcançou 48° C a 732 metros de profundidade, muito próximo ao contato da bacia com o afloramento do embasamento.

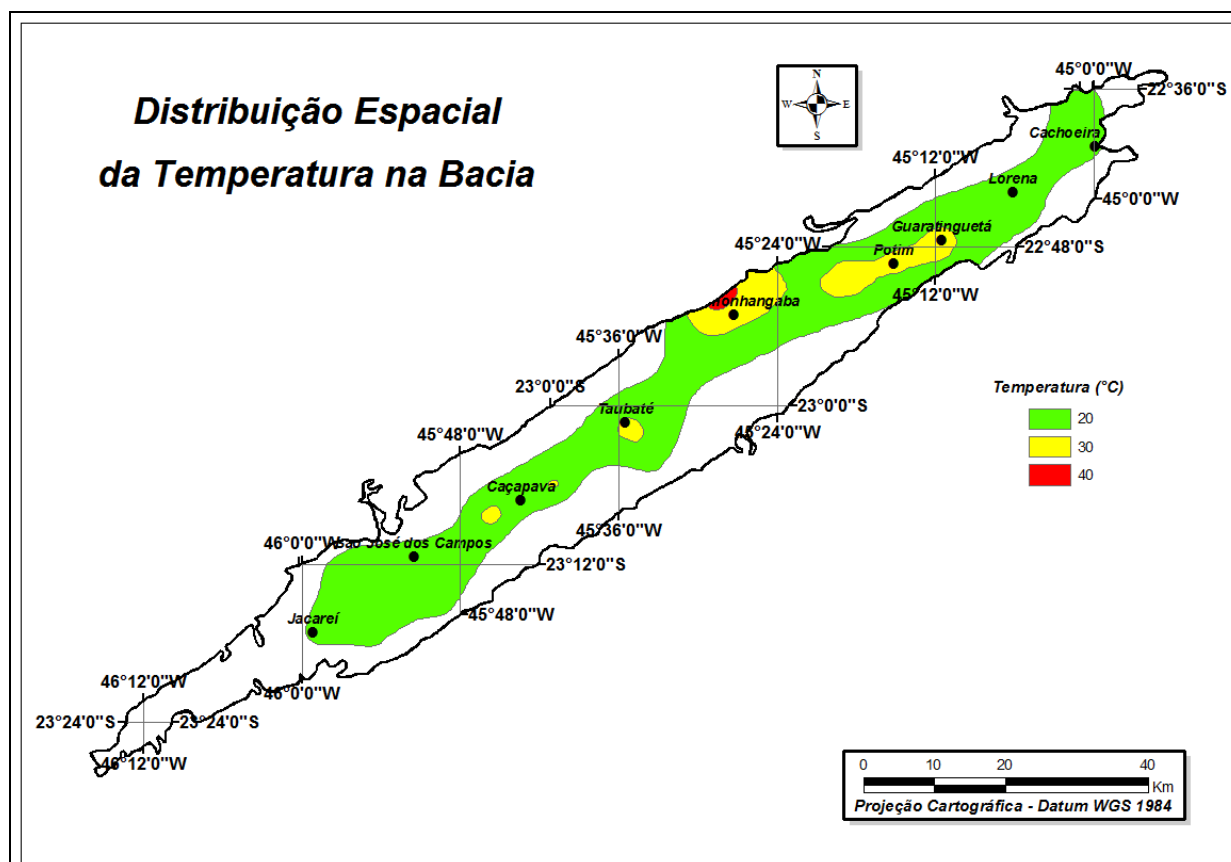


Figura 5.7 – Distribuição espacial da temperatura na Bacia de Taubaté

Os mapas de isotermas foram então sobrepostos aos previsionais construídos:

5.4.2 Mapa de isotermas sobreposto ao mapa de contorno estrutural do embasamento

As isotermas sobrepostas ao contorno estrutural do topo do embasamento mostraram que elas eram paralelas ao eixo da bacia e crescentes no rumo SE-NW, no trecho Taubaté – Potim.

Já nos trechos Jacareí – Caçapava e Lorena - Cachoeira Paulista eram mais espaçadas com menor variação da temperatura, mostrando que havia uma perda de calor com o aumento da porcentagem de arenito. Notou-se também uma mudança gradual para a direção NW-SE das isolinhas de temperatura, com um padrão totalmente distinto do trecho argiloso Taubaté - Potim.

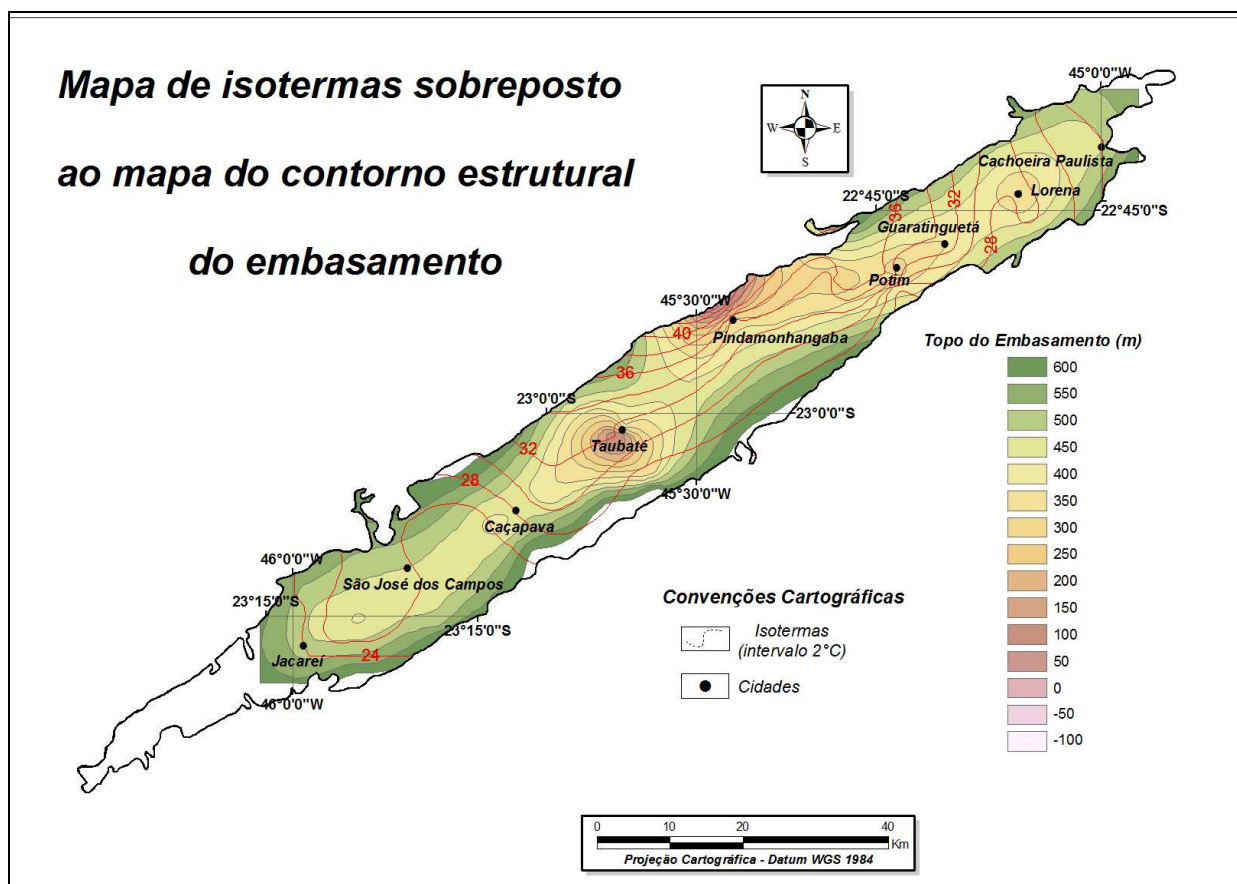


Figura 5.8 – Isotermas sobrepostas ao contorno estrutural da Bacia de Taubaté

O mapa da figura 5.8 mostra variações da temperatura ao longo da bacia e o ponto de maior temperatura obtido foi em Pindamonhangaba, junto a borda da mesma, em um furo que não atingiu o embasamento.

5.4.3. Mapa de isotermas sobreposto a distribuição espacial da porcentagem de arenito na bacia

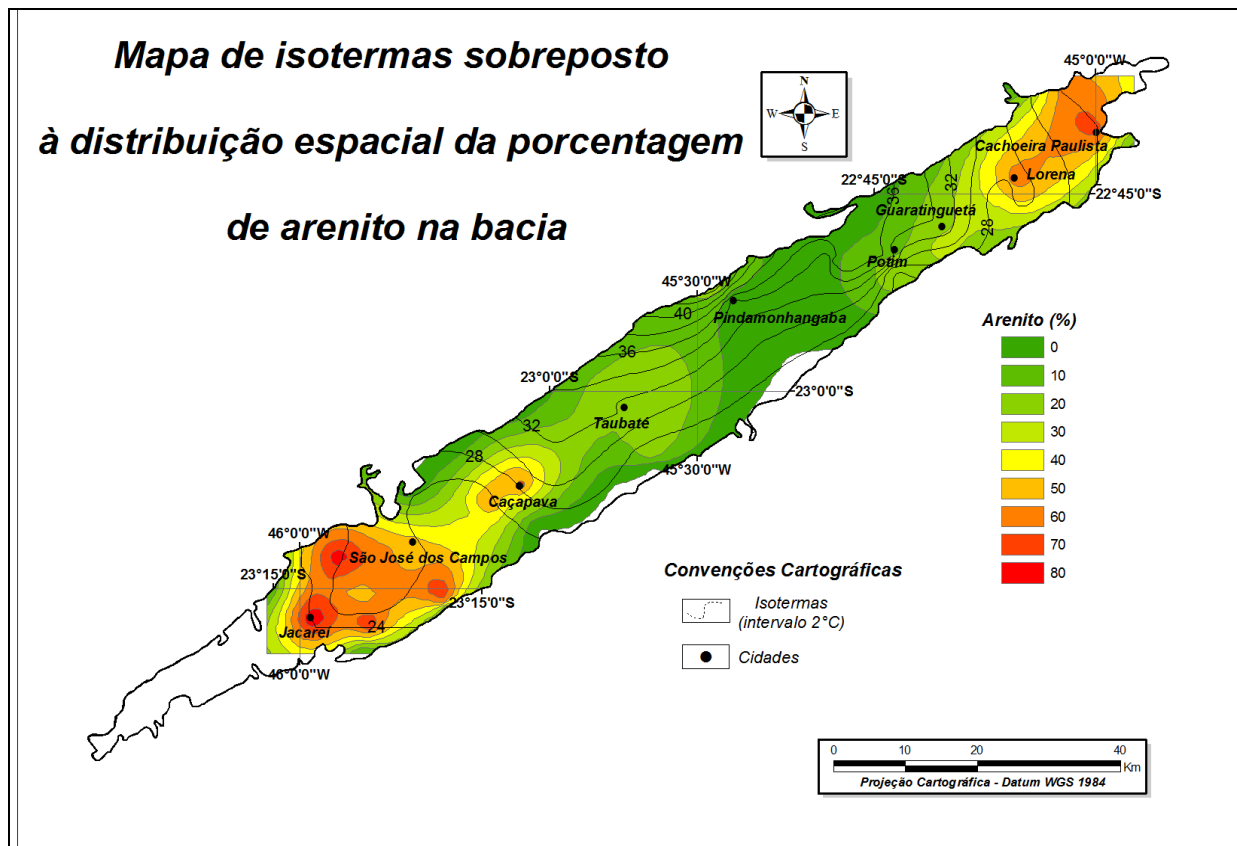


Figura 5.9 – Isotermas sobrepostas à distribuição da porcentagem de arenito na Bacia de Taubaté

O padrão do traçado das isotermas nos poços (Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Lorena e Cachoeira Paulista) onde se concentravam os arenitos era totalmente diferente daquelas onde havia a maior incidência de finos argilosos (Taubaté, Pindamonhangaba Potim e Guaratinguetá), pois naquelas áreas as variações de temperatura eram menores, com curvas mais espaçadas.

5.4.4. Mapa de isotermas sobreposto a distribuição espacial da porcentagem de siltito na bacia

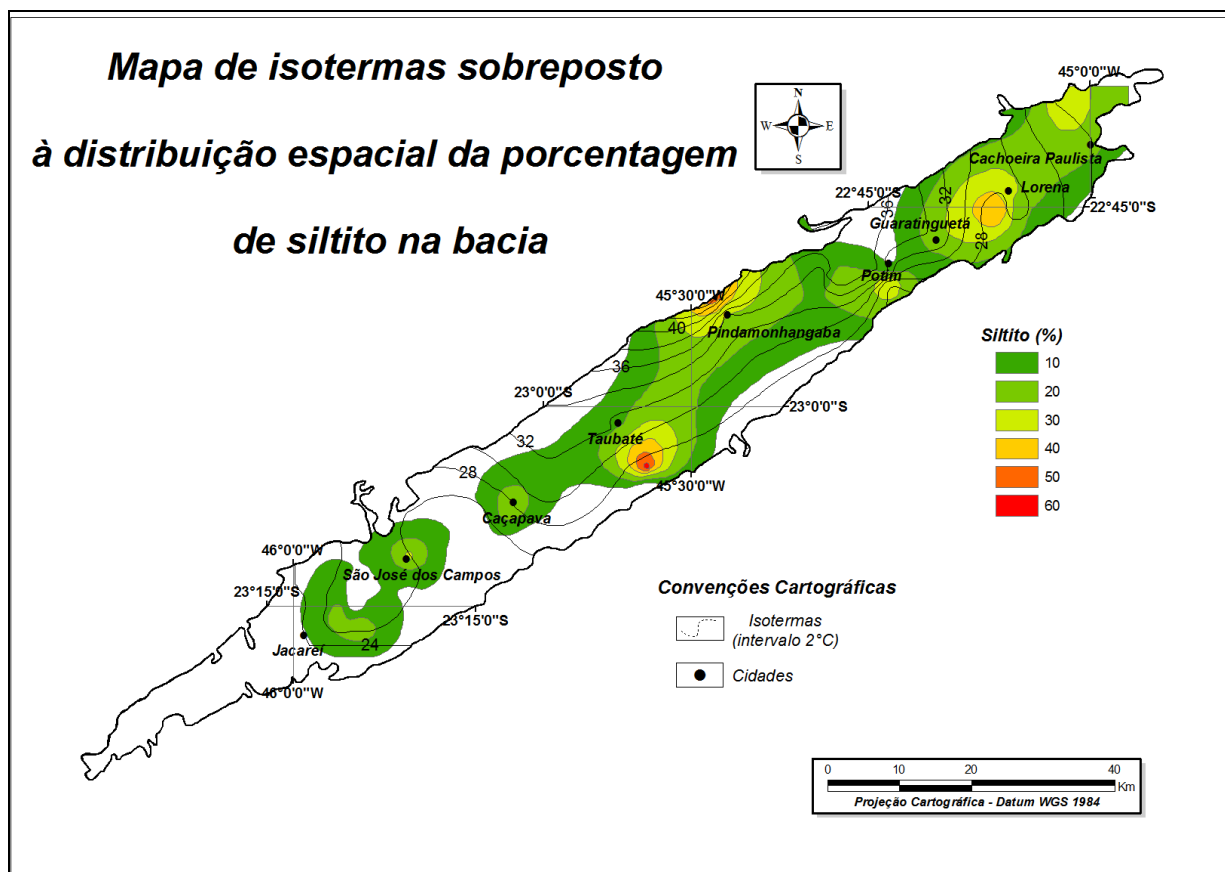


Figura 5.10 - Isotermas sobrepostas à distribuição da porcentagem de siltito na Bacia de Taubaté

5.4.5 Mapa de isotermas sobreposto a distribuição espacial da porcentagem de folhelho na bacia

As figuras 5.10 e 5.11 mostraram que as partes mais argilosas e profundas da bacia não eram responsáveis pelo aumento da temperatura em função da profundidade. Os pontos anômalos provavelmente eram originados de fontes externas e pontuais, tipo intrusão alcalina, existentes nas proximidades da zona estudada, na borda NW da bacia.

Foram também calculados os gradientes da bacia, de acordo com o item 3.6. do Capítulo 3 - Metodologia, cujos dados constaram da tabela 1, anexa ao presente e a partir deles construídos mapas previsionais, a 1000 metros de profundidade, sobrepostos aos mapas de espessuras dos três tipos litológicos e do contorno estrutural do embasamento.

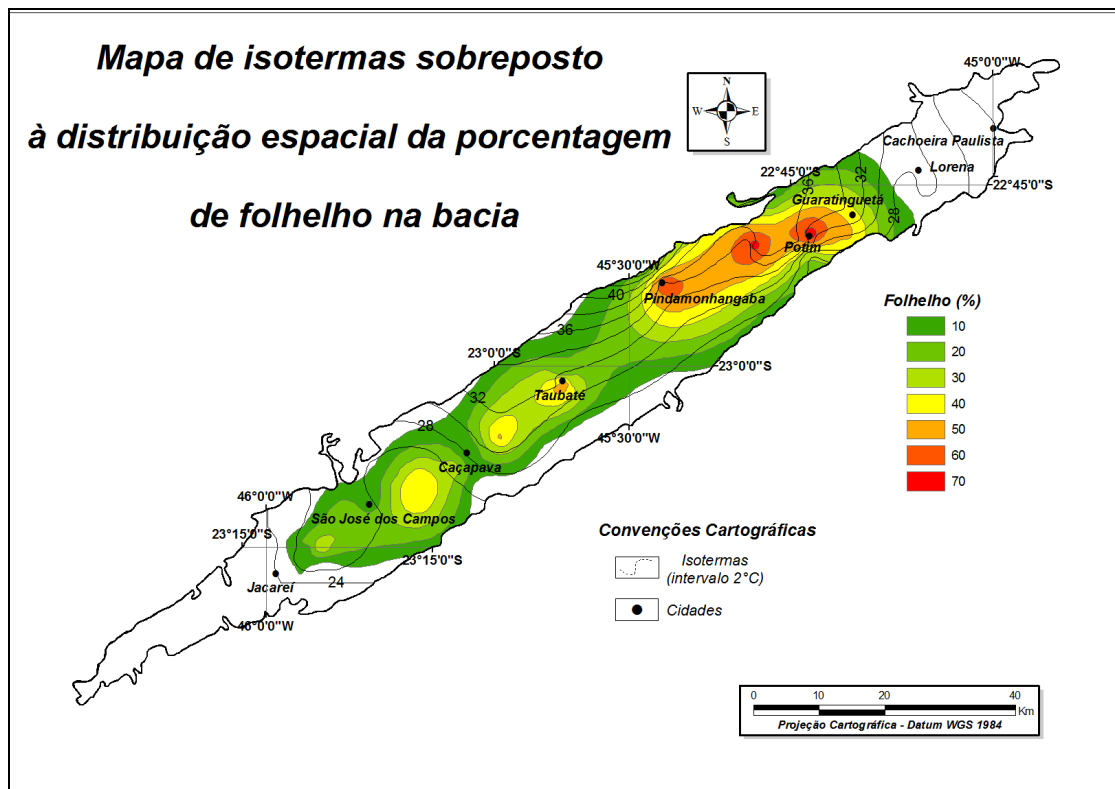


Figura 5.11- Isothermas sobrepostas à distribuição da porcentagem de folhelho na Bacia de Taubaté

5.4.6 Mapa previsionais da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto ao mapa de contorno estrutural do embasamento

Pelo traçado do mapa ficou evidenciado que a área de Potim e Guaratinguetá era o alvo para a elaboração objeto de projetos de aproveitamento da energia geotermal na Bacia de Taubaté, onde os valores de temperaturas projetadas superavam os 70 °C aos 1.000 (hum mil)

metros de profundidade. Soma-se a isso às interpretações de Fernandes e Chang de 2001, sobre a presença de intrusões alcalinas em mapa Bouguer de Anomalia Residual na região.

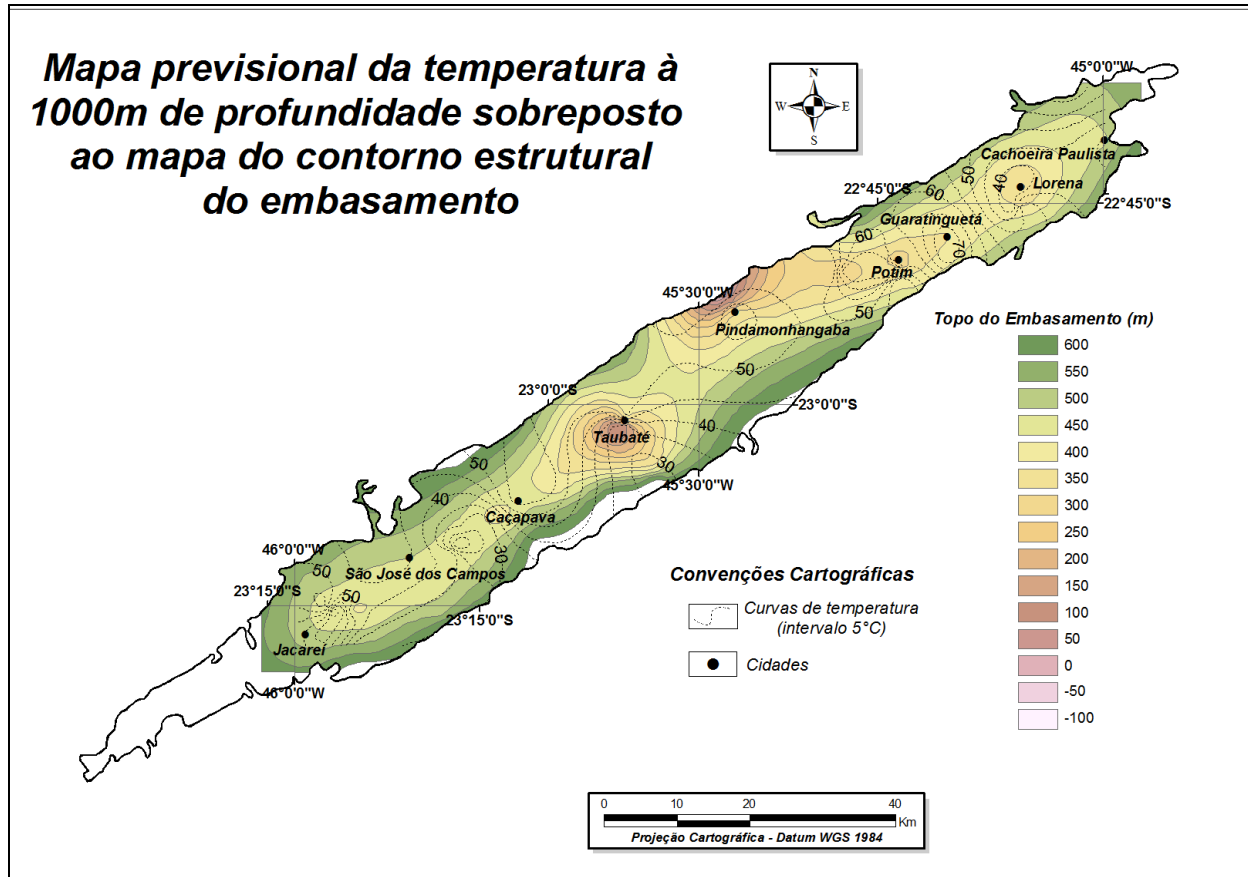


Figura 5.12 – Mapa previsional da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto ao mapa do contorno estrutural embasamento na Bacia de Taubaté.

5.4.7 Mapa previewal da temperatura à 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição espacial da porcentagem de arenito na bacia

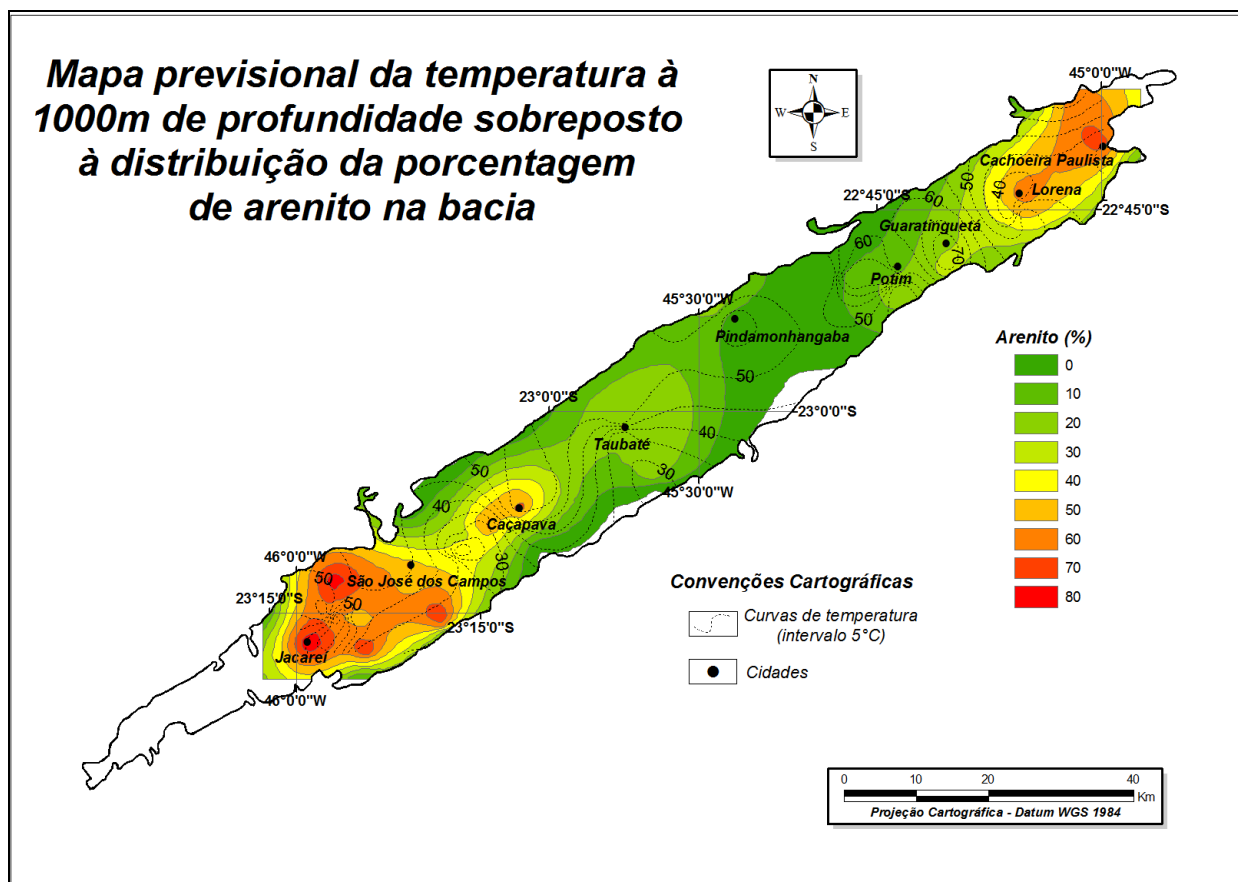


Figura 5.13 - Mapa previewal da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição da porcentagem de arenito na Bacia de Taubaté.

5.4.8 Mapa previsual da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição espacial da porcentagem de siltito na bacia

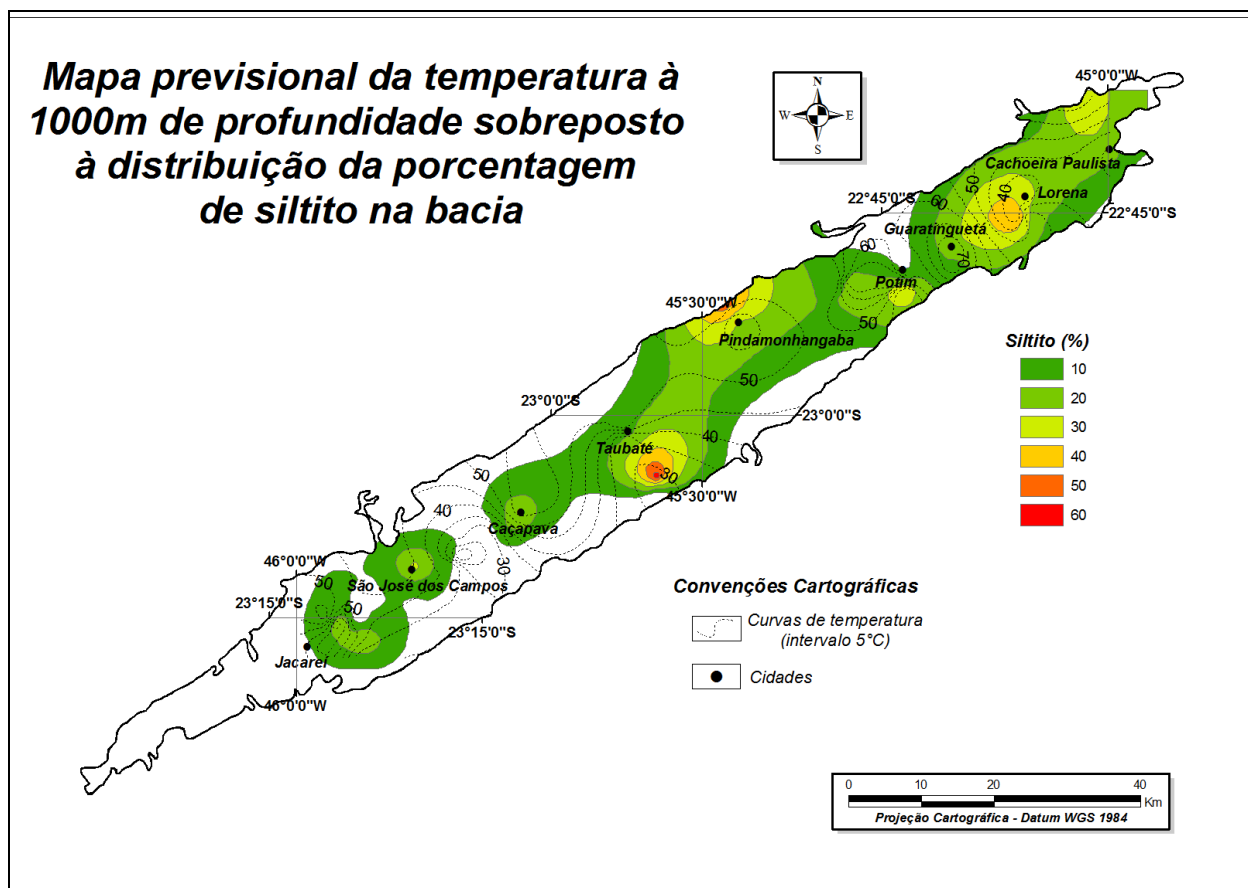


Figura 5.14 - Mapa previsual da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição da porcentagem de siltito na Bacia de Taubaté.

5.4.9 Mapa previsual da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição espacial da porcentagem de folhelho na bacia

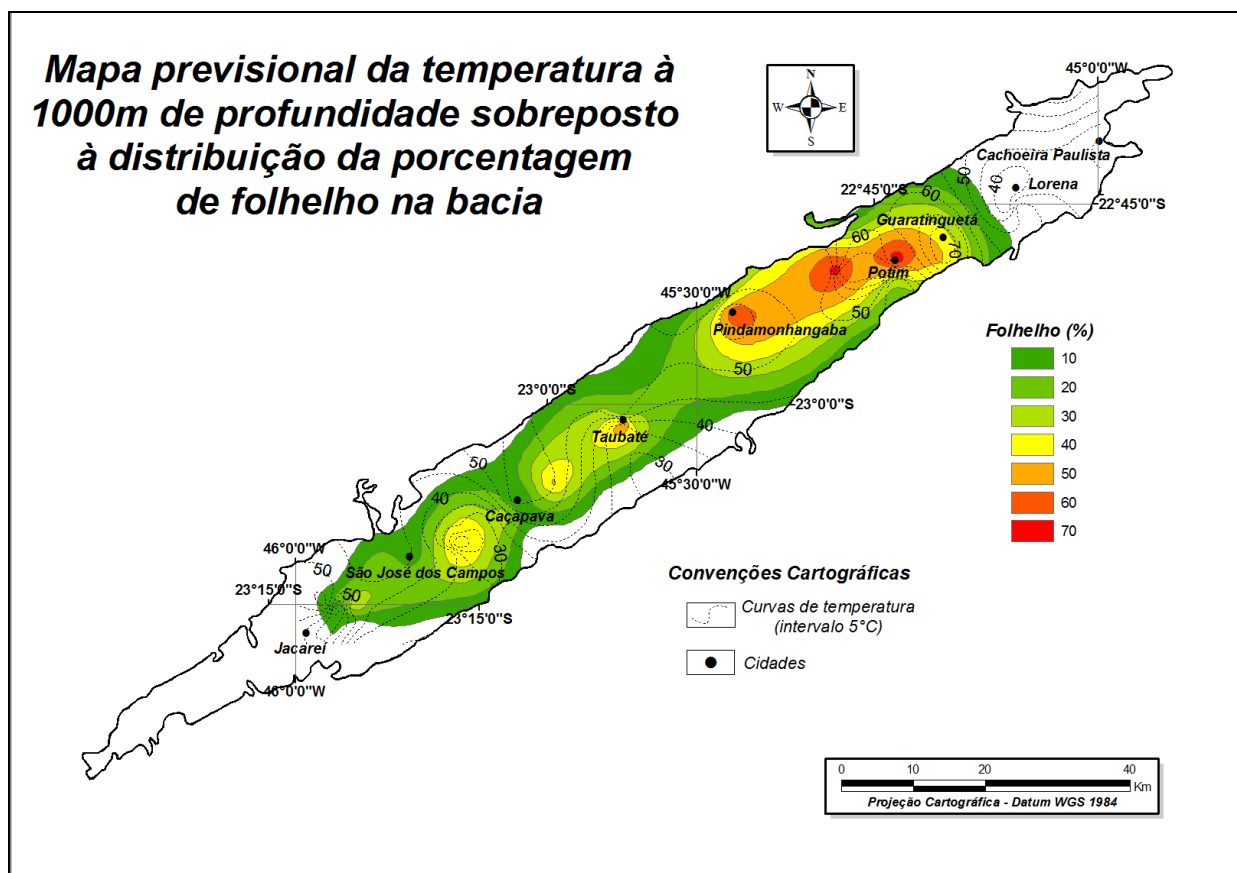


Figura 5.15 - Mapa previsual da temperatura a 1.000 metros de profundidade sobreposto à distribuição da porcentagem de folhelho na Bacia de Taubaté.

Não foi observada uma associação entre os diferentes tipos litológicos predominantes na bacia e os valores de temperatura previstos para a profundidade de 1.000 metros, muito menos com o contorno do topo do embasamento cristalino.

5.5 Gráficos comparativos dos percentuais litológicos com as temperaturas obtidas

Os gráficos das figuras 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 mostram as distribuições das temperaturas, nas abscissas e as temperaturas nas ordenadas. De uma maneira geral os pontos se concentram, pois os destaques aparecem nas faixas anômalas.

Assim sendo, optamos por formatar o eixo das ordenadas e apresentar esse parâmetro na escala logarítmica.

5.5.1 Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Arenito

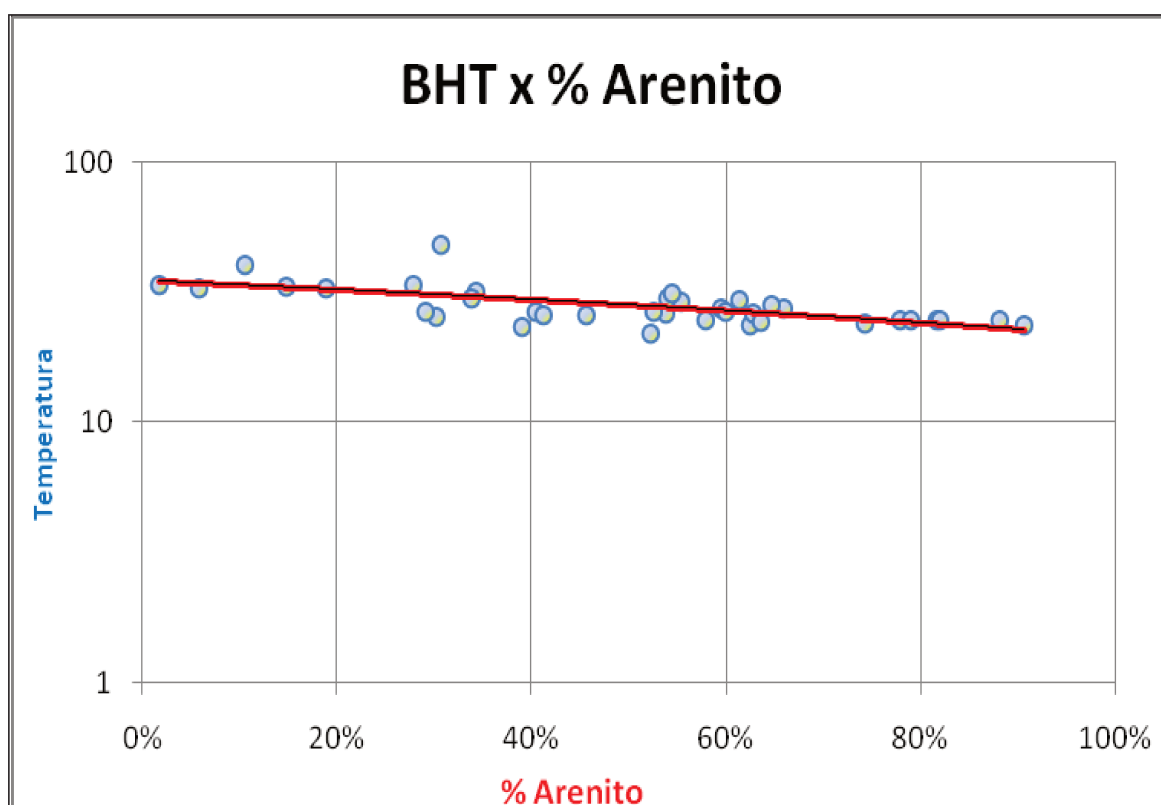


Figura 5.16 - Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Arenito

Na figura 5.16 notou-se que a temperatura caía com o aumento da porcentagem de arenito. Na verdade o que ocorreu foi: os arenitos estavam concentrados nas faixas inicial e final da bacia, onde o topo do embasamento era mais raso e as profundidades dos poços

tambem. Se as profundidades eram menores as temperaturas consequentemente eram mais baixas.

5.5.2 Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Siltito

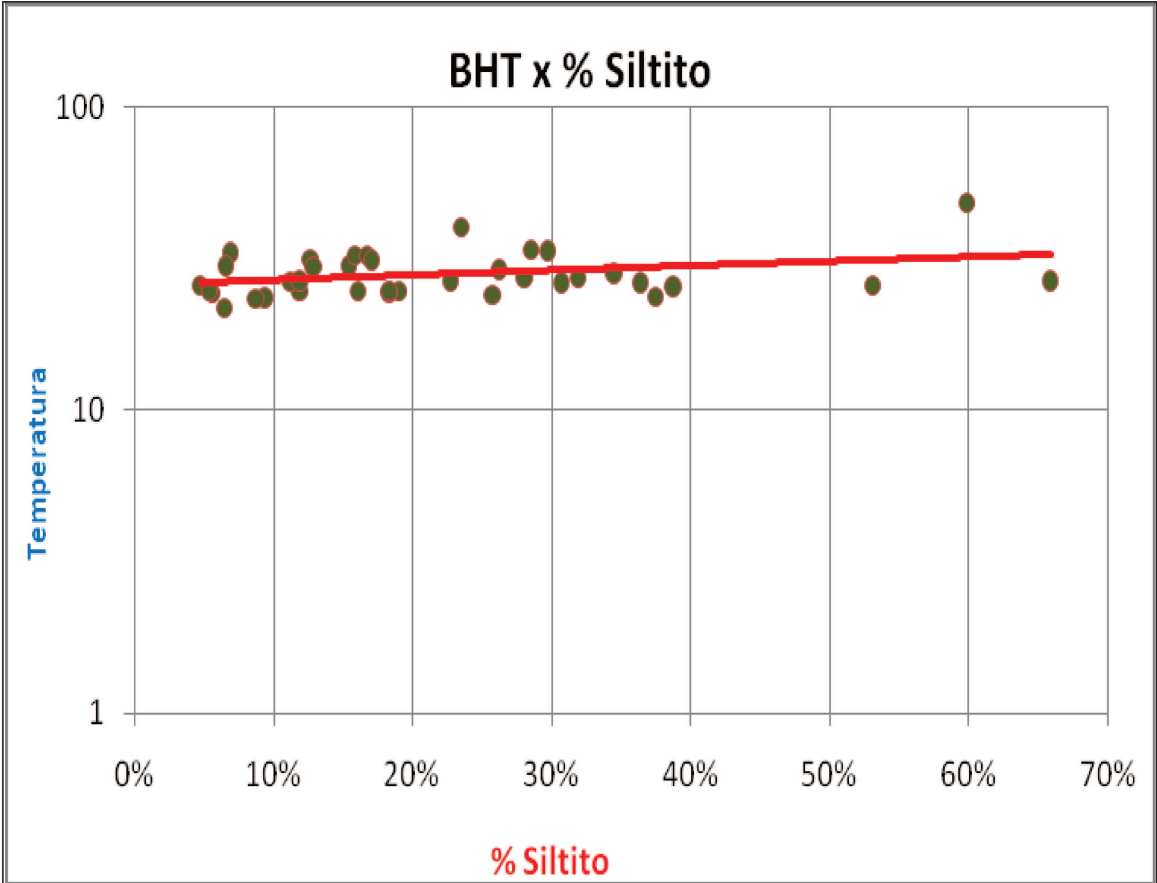


Figura 5.17 - Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Siltito

5.5.3 Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Folhelho

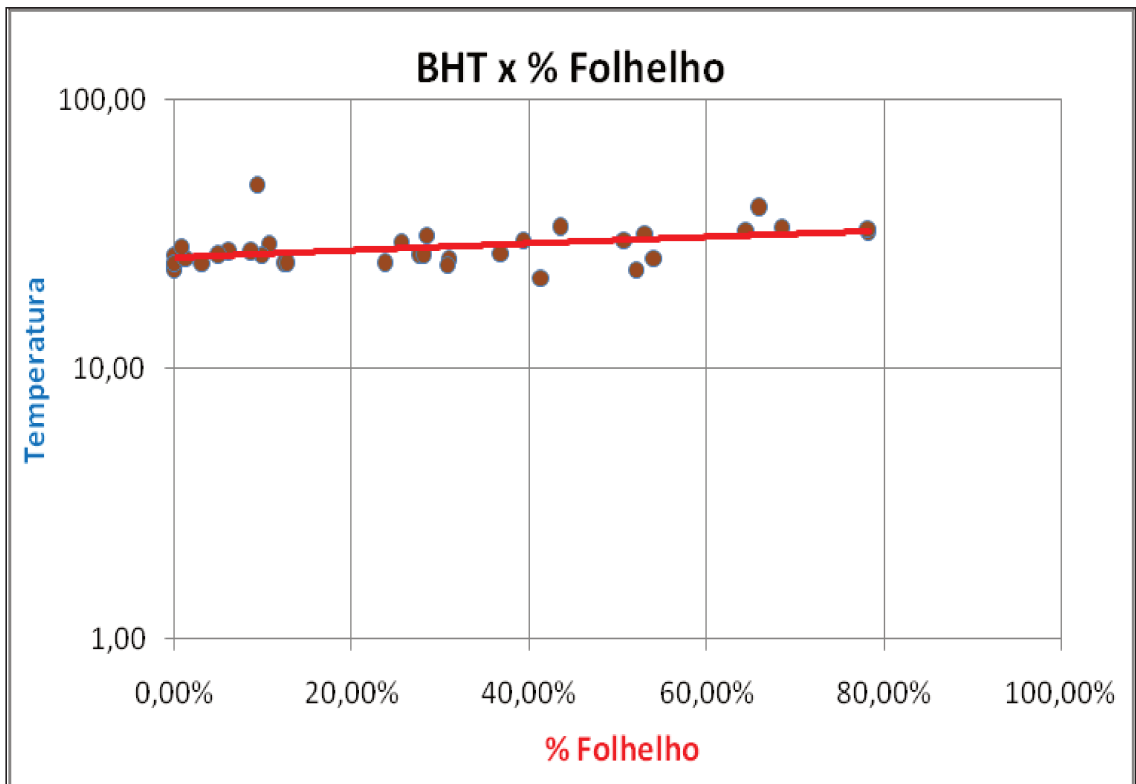


Figura 5.18 - Distribuição dos valores BHT contra a porcentagem de Folhelho

Nos siltitos e folhelhos, figuras 21 e 22 acima, a situação era diferente. Neles havia a retenção do calor por causa do efeito isolante que as rochas argilosas provocam e portanto quanto maior era a espessura do pacote sedimentar maior era a temperatura esperada do fundo dos poços.

5.5.4 Gráfico do aumento da temperatura com a profundidade

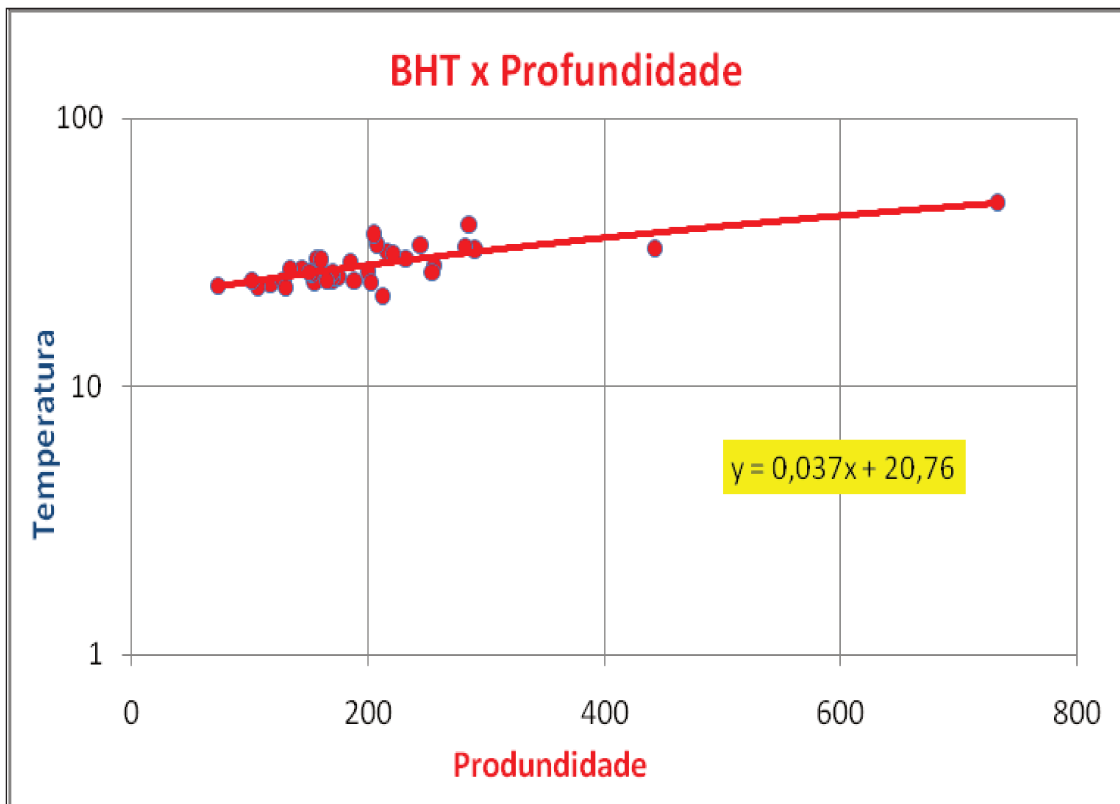


Figura 5.19 - BHT versus profundidade dos poços

Na figura 31 acima notou-se que a temperatura aumentava com o aumento da profundidade, o que era o normal. Ao ser utilizada a fórmula da equação da reta de tendencia adicionada ao gráfico, mostrou que a 1.000 (mil) metros de profundidade, na média em toda a bacia ela deveria ser de 57,7° C e a 2.000 (dois mil) metros de 94,7° C, valores muito baixos para um projeto de aproveitamento energético da energia geotermal.

Na verdade a análise conjunta dos dados dos poços estudados da bacia reduziram os valores quando plotados no grafico supra mencionado.

6. DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

▪ As temperaturas registradas nos perfis foram utilizadas com cautela, pois se tratavam de trabalhos de perfilagem feitos logo após a conclusão da perfuração dos poços, antes de sua completação.

Este termo, completação, muito utilizado em prospecção de água e petróleo, significa o conjunto de operações necessárias à descida de uma coluna de tubos lisos e filtros, seguida da injeção de pré-filtro pelo espaço anular entre as paredes do poço e a tubulação, logo após o poço ter sido perfilado. Assim, como não havia tempo para a equalização das temperaturas, os valores obtidos eram sempre menores do que os reais.

▪ As ferramentas com uma sensibilidade térmica de $0,074^{\circ}\text{C}$ e acurácia de $\pm 5\%$, conforme as especificações do fabricante, tinham o intervalo de amostragem usado de 2 (dois) a 10 (dez) centímetros por dado coletado.

▪ Os dados plotados dos poços escolhidos mostraram que de Jacareí até São José dos Campos e de Lorena a Cachoeira Paulista, apesar das variações de espessuras, os poços possuíam uma temperatura no topo do embasamento na faixa de 24°C .

▪ O mapa de porcentagem de arenitos mostrou essas duas áreas como sendo aquelas que apresentaram as maiores concentrações desse tipo litológico na bacia o que corroborou com a conclusão extraída da tendência observada na figura 28, onde o aumento da porcentagem litológica diminuía a temperatura por ser a área mais rasa.

▪ A isoterma de 20°C a 50 metros de profundidade, linha base e ponto de partida para avaliação geotermal no sudeste brasileiro, segundo Hamza (1979 – Comunicação verbal), foi utilizada para uma das duas formas de calcular o gradiente da bacia.

▪ Rodrigues (2007) usou 22°C como ponto de partida para avaliar o gradiente da bacia. Este autor chegou a gradientes variáveis de 18 a 50°C por quilometro, com um poço anômalo de 55°C na parte central da bacia, nas coordenadas 45,6 longitude oeste e 23,05 latitude sul.

▪ A maior temperatura encontrada, $48,33^{\circ}\text{C}$ foi no furo da Fazenda Morro Agudo em Pindamonhangaba, aos 732 metros de profundidade.

Descontados os 50 metros iniciais, com uma temperatura de 20° C, houve um incremento de 28,33°C para 662 metros perfurados.

Isto significa um gradiente de 42,79° C/km, bem acima do valor médio obtido no conjunto dos poços analisados, caracterizando desta forma a anomalia geotermal porém, bem abaixo do valor máximo calculado por Rodrigues(2007).

▪Para a Bacia de Resende, contígua, os valores obtidos variaram de 19 a 33 °C por quilometro segundo Gomes e Hamza (2003 e 2005). Em termos geotérmicos a Bacia de Taubaté é mais quente do que a de Resende.

Uma hipótese plausível para estas diferenças de temperatura seria:

1. A Bacia de Taubaté desenvolveu 3 (três) blocos distintos: um de Jacareí até Taubaté, outro de Taubaté até Pindamonhangaba e outro de Pindamonhangaba até Cachoeira Paulista;
2. O primeiro e o terceiro seriam estáveis – vide perfil da figura 15;
3. O bloco Taubaté – Pindamonhangaba abateu-se e adernou para NW. Esse movimento rotacional sobre um eixo NE, por atrito desenvolveu energia, que em forma de calor se dissipou nas áreas arenosas e se concentra nas partes mais argilosas, impermeáveis e isolantes térmicas.

▪Ao ser utilizado o parâmetro de 42,79 °C/km e de acordo com os dados de espessura da bacia obtidos dos levantamentos sísmicos efetuados pela Petrobrás, interpretados por Molinari (2003) e mais recentemente Carvalho (2011), a área possuiria pelo menos 1.000 (mil) metros de espessura de rochas sedimentares, e assim calculou-se uma temperatura de aproximadamente 60 °C para o topo do embasamento. Em termos energéticos, esse valor foi considerado muito baixo, para um eventual aproveitamento.

▪Projetada a profundidade de 2.000 (dois mil) metros, viável de ser atingida por uma perfuração, com a atual tecnologia existente no país, a área estudada poderia ter uma temperatura no fundo superior a 102 °C o que, apesar de não ser energética por si só, juntamente com outra fonte secundária e com fluidos de mais baixo ponto de vaporização poderia ser utilizada para a produção de energia elétrica.

▪A título de comparação, na Bacia do Paraná, Hamza et al (1984) obteve em estudos feitos nos poços perfurados para petróleo e água subterrânea, 1° C para cada 30 metros de profundidade ou 33° C por quilômetro.

▪Paralelamente o DAEE usava para projetar a temperatura dos poços no Aquífero Guarani a equação $y = 0,02877 x + 20$, onde x = espessura sotoposta ao topo do Aquífero Guarani e 20° C a temperatura média anual aos 50 metros de profundidade.

▪Na Bacia de Taubaté chegou-se a equação $y = 0,037 x + 20,76$, figura 23, onde x = espessura do pacote sedimentar todo por conta da forma da coleta da informação.

▪Isto demonstrou que a área de Taubaté - Guaratinguetá é, em princípio, prospectável e a mais promissora em termos de energia geotermal no Estado de São Paulo.

▪Na Bacia de Taubaté, na área de interesse, há o registro de uma pequena intrusão alcalina, nas coordenadas aproximadas de 45,6° longitude oeste por 22,76° latitude sul, distantes menos de 40 quilômetros da área anômala. As interpretações geológicas podem sugerir as existências de outras mais próximas, também de pequeno porte, que tenham contribuído para a caracterização da anomalia estudada justificando o aumento da temperatura e o conseqüente grau geotérmico mais elevado. O mapa das distribuições dos quatro rifts do SRCBS de Zalán e Oliveira (2005), Figura 7, mostrava a localização da intrusiva alcalina acima mencionada.

▪No capítulo Metodologia, item 3.5 foi citado que os valores de raios gama não eram sempre totalmente confiáveis para a interpretação litológica de uma perfilagem.

Alguns exemplos de trabalhos similares executados em outras bacias comprovaram o que foi afirmado:

a. Chapada do Araripe - PE

Na figura 6.1 valores muito baixos de contagem gama natural (menores que 20° API) até 170 metros de profundidade, em contraposição aos valores elevadíssimos de resistividade (maiores que 500 Ohm-m) significaram calcários químicos, não porosos.

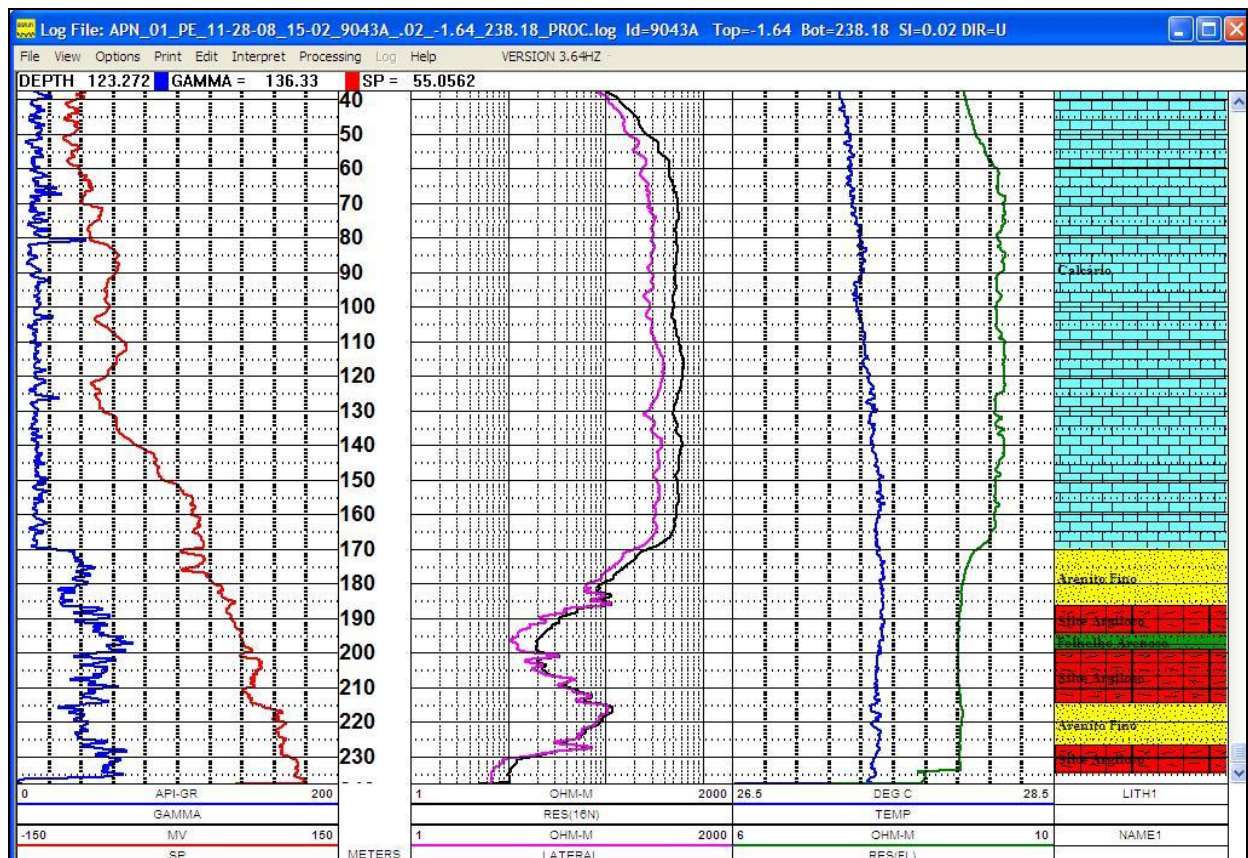


Figura 6.1 -Araripina – PE

Os valores de raios gama e resistividade tornaram-se compatíveis abaixo dos 170 metros em termos de arenitos porosos e portadores de água doce, raios gama entre 20 e 40 °API e resistividades próximas a 100 Ohms-m.

As temperaturas medidas indicaram que havia um pequeno e discreto gradiente nos calcários, por serem impermeáveis, estabilizando nos sedimentos arenosos, provavelmente pela permeabilidade vertical neles existentes.

b. Formação Barreiras - PB

Na figura 6.2 valores superiores a 40° API nos trechos arenosos e acima de 50° API nos trechos silticos.

Em termos de aproveitamento hidrogeológico, o melhor trecho arenoso foi encontrado entre 170 e 190, porém os valores de radiação gama natural eram superiores a 40° API e a resistividade superior a 100 Ohms-m no intervalo citado.

Os valores de temperatura apresentaram gradiente até 170 metros quando tendeu a estabilização, entre 27,8 e 27,9° C.

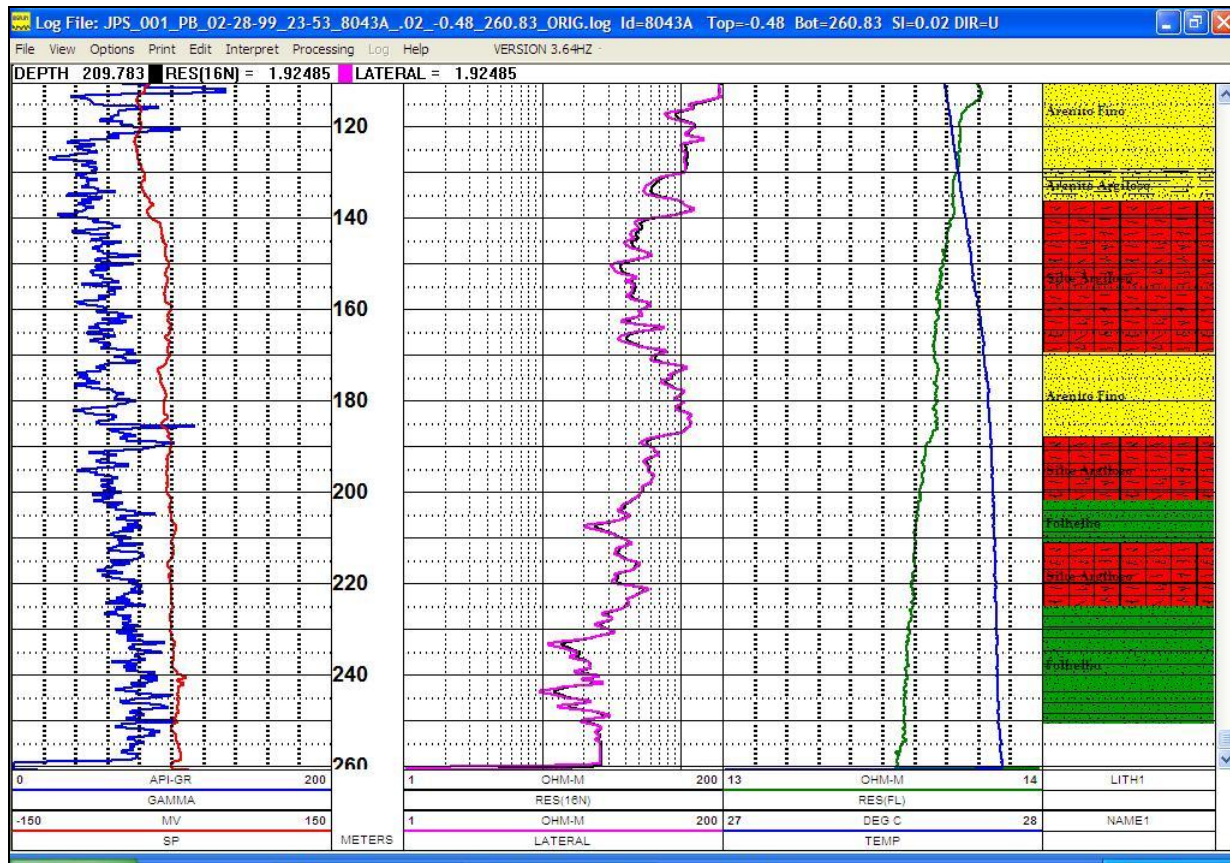


Figura 6.2 – João Pessoa – PB

c Baía do Recôncavo Baiano - BA

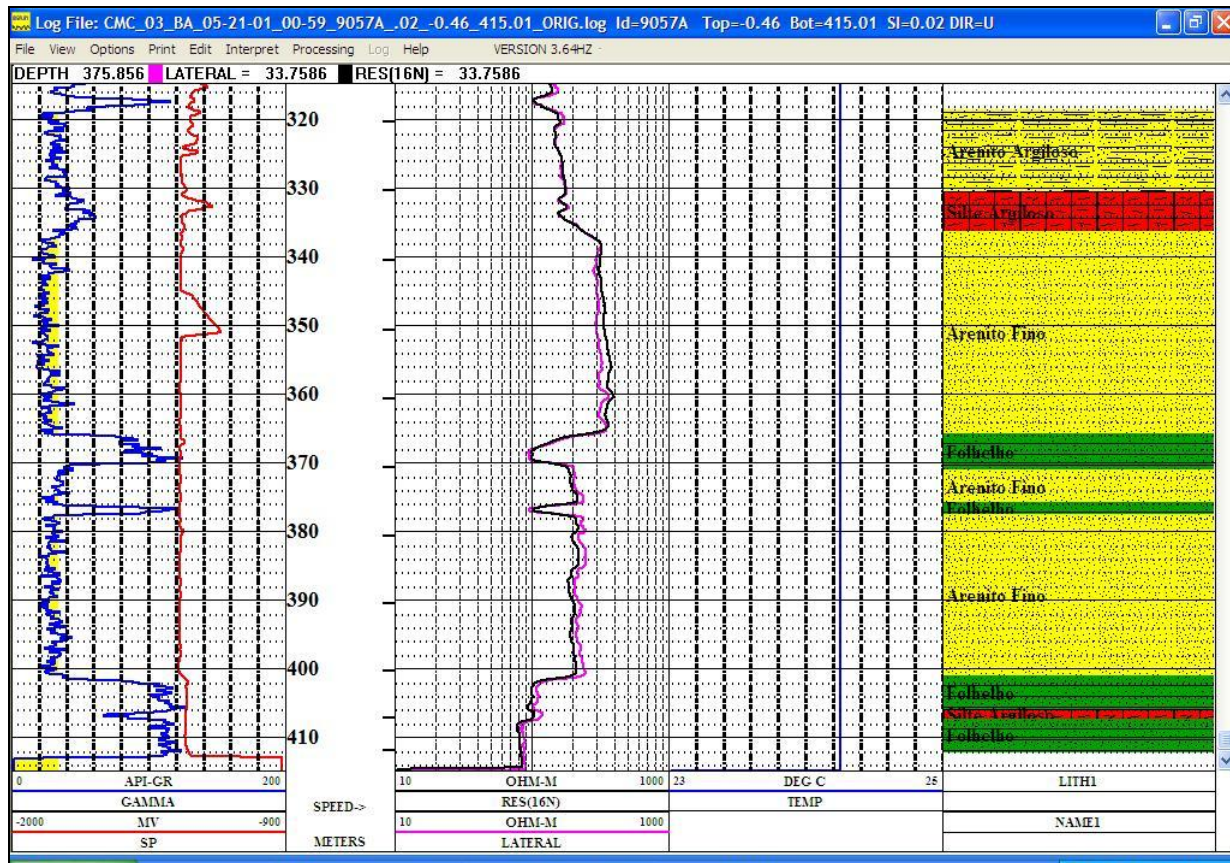


Figura 6.3 – Camaçari – BA

Na figura 6.3 os pacotes de arenitos intercalados aos siltitos e folhelhos eram muito bem definidos. Os valores de raios gama inferiores a 30° API e as resistividades superiores a 100 Ohms-m.

A temperatura se manteve constante ao longo do furo todo, porque a predominância era de arenitos, a permeabilidade vertical equalizava os valores e, portanto não havia gradiente.

d – Formação Urucuia

Na figura 6.4 o exemplo foi obtido em Luis Eduardo Magalhães.

O poço foi todo perfurado em arenitos com uma camada muito delgada de aproximadamente 10 metros de siltitos aos 60 metros de profundidade.

Os valores de raios gama obtidos estão abaixo de 10° API e as resistividades acima de 300 Ohms-m, o que indicava que o valor de sólidos totais dissolvidos no trecho era muito pequeno.

A temperatura medida entre 24 e 24,5° C mostrava que não havia gradiente, pelas razões anteriormente mencionadas que em meios arenosos porosos a permeabilidade vertical é elevada equalizando as temperaturas.

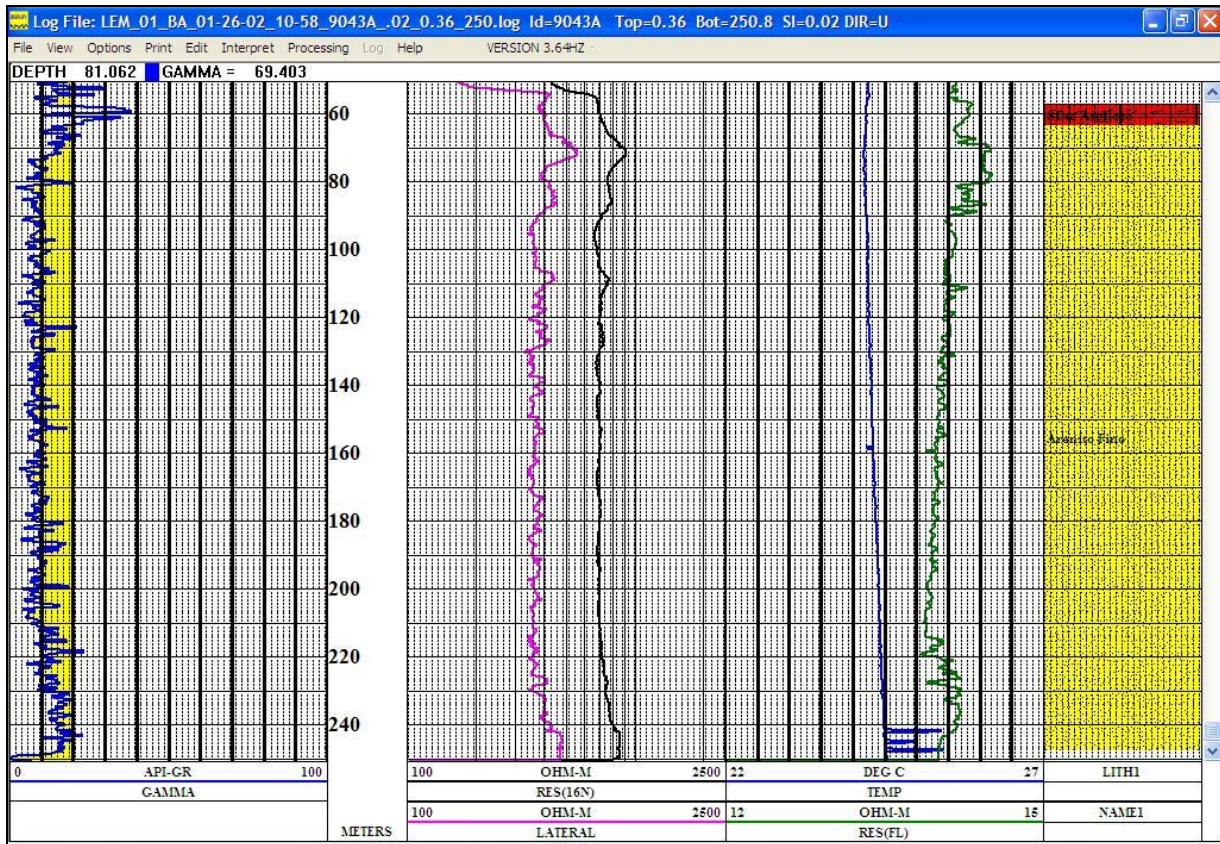


Figura 6.4 – Luis Eduardo Magalhães – BA

e. Formação Barreiras - ES

Na figura 6.5 os valores de raios gama eram muito mais elevados do que o normal e o poço teve apenas um trecho aproveitado abaixo dos 280 metros em que apareceu um arenito, com mais de 50° API.

Por se tratar de um pacote muito argiloso e impermeável o gradiente de temperatura se destacou ao longo de todo o furo até o teto do arenito quando se estabilizou tendendo a ficar paralelo ao eixo do “y”.

Os valores de resistividade estão dentro do padrão para arenito próximo a 100 Ohms-m no fundo do poço.

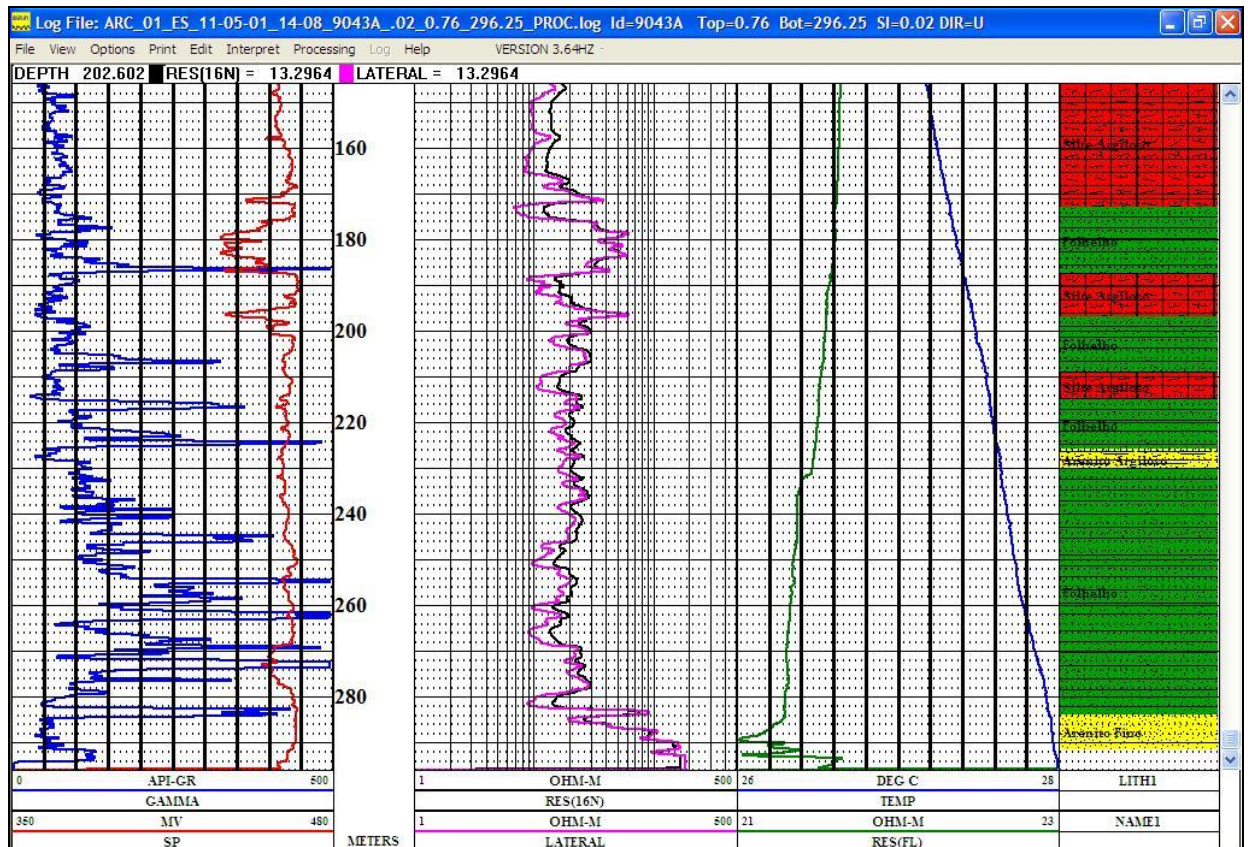


Figura 65 – Aracruz – ES

f Formação Tacuarembó - Aquífero Guarani – UY

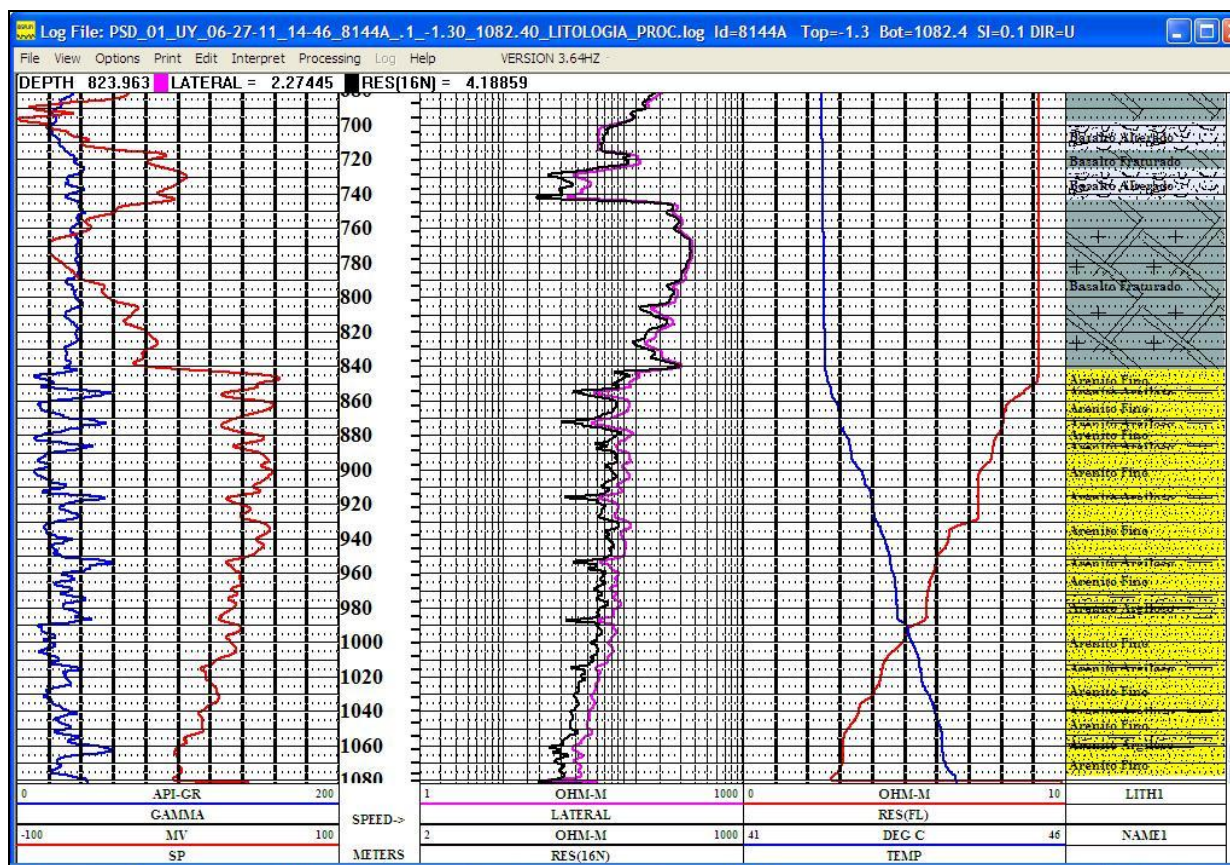


Figura 6.6 – Paysandú – Uruguai

A figura 6.7 foi montada a partir de uma perfilagem em um poço na Bacia do Paraná, na Formação Tacuarembó, denominação local da Formação Botucatu no Brasil.



No topo do aquífero, apareceu um arenito com raios gama menores do que 20° API, intercalados com siltitos finos, com valores até 50° API, entre 840 metros e 950 metros.

Abaixo dos 990 metros ele voltou a diminuir novamente para valores menores do que 20° API. As resistividades abaixaram no trecho em questão, passando de 100 a 50 Ohms-m entre 840 metros, topo do arenito até 1.080 metros base do aquífero.

Os valores de temperatura diminuíram de 44,5° C, no fundo do poço aos 1.080 metros, para 42,5° C aos 840 metros (apenas 2° C em 240 m) e assim permaneceram praticamente até a superfície, porque o poço era surgente e, dependendo da velocidade de subida a quente mantém o conduto aquecido.

Outro aspecto interessante foi o da resistividade do fluido, água do aquífero no caso, que aumentava de 2,5 a 9,2 Ohms-m, do fundo do poço até o topo do arenito.

Deste ponto em diante, dentro do basalto, até a superfície manteve-se constante, ou seja, não havia contribuição de água apesar das inúmeras fraturas existentes no poço, conforme os fotogramas capturados de dois trechos filmados do poço puderam demonstrar. Fotogramas (6.1 e 6.2).

	
Fotograma 6.1 – Basalto fraturado Paysandú-UY	Fotograma 6.2– Basalto fraturado Paysandú-UY

Segundo Alger (1966), existe uma relação entre a resistividade de um fluido, a sua temperatura e o conteúdo equivalente de Cloreto de Sódio.

Assim, neste caso via-se claramente que a temperatura aumentava e a resistividade caía com a profundidade, para que o conteúdo permanecesse com o mesmo teor de sólidos totais dissolvidos.

7 CONCLUSÕES

7.1. O estudo mostrou que nas rochas sedimentares, porosas e permeáveis, o gradiente de temperatura é sempre menor do que as rochas argilosas e siltosas, que funcionam como um meio isolante térmico;

7.2. A área entre Taubaté e Guaratinguetá é anômala em termos geotermiais;

7.3. O cálculo do gradiente geotérmico revelou que o poço de Potim, perfurado na Penitenciária do Estado, de numero de ordem 22 da tabela 1, foi o que apresentou o maior valor, 70 °C/km;

7.4. Os dados plotados das temperaturas do fundo dos poços versus profundidade, permitiram concluir que a equação do gradiente na Bacia de Taubaté no seu conjunto equivale a: $y = 0,037x + 20$, onde y = temperatura esperada e x a profundidade projetada. Desta forma em qualquer ponto da Bacia de Taubaté a temperatura esperada de uma perfuração aos 1.000 metros de profundidade será de $37 + 20$ ou seja 57 °C, comprovando desta forma a existência da uma anomalia em Potim, cujo gradiente é maior;

7.5. Esse valor do gradiente elevado em Potim qualifica a área, para um detalhamento, porem não se trata da parte mais profunda da bacia, daí a cautela da escolha do local, em função dos custos envolvidos em uma eventual perfuração para fins energéticos;

7.6. Pelo acima exposto não se pode descartar a área de Pindamonhangaba, cujo furo de 732 metros não adentrou no embasamento e apresentou um gradiente menor porem com possibilidade de se obter até 100 °C aos 2.000 metros de profundidade. Senão vejamos: aos 732 metros a temperatura mediada foi de 48,33° C. Pelo gradiente calculado do poço foi obtido o valor de 39,79 °C/km. Isto significa que teremos aos 1.000 metros uma temperatura de 59,79° C (48,33+11,46). Se o intervalo de 1.000 a 2.000 metros mantiver o mesmo gradiente, temos uma temperatura nessa profundidade de 99,58 °C;

7.7. Usando o mesmo raciocínio para Potim temos: Temperatura medida no Poço da Penitenciária de 40° C aos 285 metros de profundidade. O gradiente obtido foi de 70,18 °C/ km.

Aos 2.000 metros espera-se uma temperatura de 140 °C. Entretanto nesse caso temos que perfurar 1.700 metros no cristalino, contra 1.000 em Pindamonhangaba;

7.8. Para o eventual aproveitamento da energia geotermal da área alvo, serão necessários trabalhos complementares, pois os valores poderão ser mais elevados, uma vez que os dados tratados foram obtidos sem a necessária equalização das temperaturas dos poços perfurados e perfilados em seguida.

7.9. O trabalho mostrou que as temperaturas, no bloco intermediário da Bacia de Taubaté, entre a cidade homônima e Guaratinguetá, crescem no rumo NW, indicando com isso que a fonte de calor que origina essa anomalia vem das intrusivas alcalinas existentes nessa borda da bacia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, A.; McGovern, C.; O'Brien, M.; Leahy, L.; Connor, BP. Low enthalpy geothermal energy for space heating/cooling from shallow groundwater in glaciofluvial gravels, Cork, Ireland. *HYDROGEOLOGY AND LAND USE MANAGEMENT*. pp. 655-664.

Allen, A.; Milenic, D. 2003. Low-enthalpy geothermal energy resources from groundwater in fluvioglacial gravels of buried valleys. *Applied Energy* Volume 74, Issues 1-2, January-February 2003, Pages 9-19
Energex 2002 - New and Renewable Sources of Energy - Topic I.

Almeida, F.F.M. 1976. The system of continental rift bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, v.48, Supl. 1, pg 15-26.

Bertani, R. 2007. World Geothermal Generation in 2007. In; *Proceedings European Geothermal Congress 2007*. 11pp.

Beardsmore, G. 2008. Paralana Geothermal Play-Statement of estimated Geothermal Resources. *Petratherm Limited*. Australia.

Best, R., Heard, C.L., Fernández, H.; Siqueiros, J. 1986 Developments in geothermal energy in Mexico—Part five: The commissioning of an ammonia/water absorption cooler operating on low enthalpy geothermal energy. *Journal of Heat Recovery Systems*; Volume 6, Issue 3, 1986, Pages 209-216.

Bruhn, M. 2001. Hybrid geothermal–fossil electricity generation from low enthalpy geothermal resources: geothermal feedwater preheating in conventional power plants. *Energy*. Volume 27, Issue 4, April 2002, Pages 329-346.

Bruno, P. P. G.; Paoletti, V.; Grimaldi, M.; Rapolla, A. 2000. Geophysical exploration for geothermal low enthalpy resources in Lipari Island, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Volume 98, Issues 1-4, May 2000, Pages 173-188.

Carvalho, A. M. A.; Vidal, A.C.; Chang, H.K. 2011. Delimitação do Embasamento da Bacia de Taubaté. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v. 11, n.1, p. 19-32, abril 2011.

Fernandes, F.L. 1993. Arcabouço estrutural e evolução da Bacia de Taubaté – SP. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto – MG, Dissertação de Mestrado, 147 pp.

Fernandes, F.; Chang, H.K. 2001. Modelagem gravimétrica da Bacia de Taubaté – Vale do rio Paraíba do Sul, leste do estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Geophysics*. Vol. 19(2).

Gomes, A.J. e Hamza, V.M. 2003. Avaliação de recursos geotermiais do estado do Rio de Janeiro. *Proceedings, 8th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*. 6pp.

Gomes, A.J. e Hamza, V.M. 2005. Geothermal gradient and heat flow in the State of Rio de Janeiro. *RBGf. Revista Brasileira de Geofísica*. 23(4): 325-347.

Gomes, A.J. e Hamza, V.M. 2008. Zonas anômalas de fluxo geotérmico na Bacia do Paraná: indícios de calor residual de magmatismo regional. *IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados. Foz do Iguaçu, Proceedings*

Hamza, V. M., Gomes, A. J. L., Ferreira, L. E. T. 2005. Status Report on Geothermal Energy Developments in Brazil. *Proceedings of World Geothermal Congress. Antalya, Turkey.*

Hasui, Y & Ponçano W,L. 1978. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. *Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife. Anais da Sociedade Brasileira de Geologia, v 1, pg 368-381.*

Hepbasli, A.; Tolga Balta, M. 2007. A study on modeling and performance assessment of a heat pump system for utilizing low temperature geothermal resources in buildings. *Building and Environment. Volume 42, Issue 10, October 2007, Pages 3747-3756*

Kalina, A.; Leibowitz, H. recent development in the application of kalina cycle for geothermal plants. 4pp. p: 2093-2096.

Karytsas, C. Mendrinos, D.; Goldbrunner, J. 2002. Low enthalpy geothermal energy utilisation schemes for greenhouse and district heating at Traianoupolis Evros, Greece 2002. *Geothermics. Volume 32, Issue 1, February 2003, Pages 69-78*

Keys, W.S. 1990 *Borehole Geophysics Applied to Ground-Water Investigations – Book 2 – Chapter E2 – USGS.*

Lee, K. C. 2001. Classification of geothermal resources by exergy. *Geothermics*; Volume 30, Issue 4, August 2001, Pages 431-442

Legarth, B., Tischner, T.; Huenges, E. 2003. Stimulation experiments in sedimentary, low-enthalpy reservoirs for geothermal power generation, Germany. 2003. *Geothermics* Volume 32, Issues 4-6, August-December 2003, Pages 487-495
Selected Papers from the European Geothermal Conference 2003

Lund, J.W. Freeston, D.H.; Boyd^a T. L. 2005. Direct application of geothermal energy: Worldwide review. *Geothermics*. Volume 34, Issue 6, December 2005, Pages 691-727

Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. 2005. DAEE/ IG/ IPT/ CPRM. 119pp + CDRom+ Mapas.

Marty, B; Criaud, A.; Fouillac, C. 1988. Low enthalpy geothermal fluids from the Paris sedimentary basin—1. Characteristics and origin of gases. 2003. *Geothermics*. Volume 17, Issue 4, Pages 619-633

Mohamed, M.B. 2003. Multiple integrated use of geothermal resources in Kelibi region, southern Tunisia. In: Proceedings of International Geothermal Conference. 2003. 9pp.

Molinari, L. 2003. Interpretação sismoestratigráfica da Bacia de Taubaté – SP. Monografia de graduação em Geologia da UFRJ. 105pp.

Ribeiro, M.T. 2004. Facies microclásticas de um sistema lacustre oligocênico do Sudeste do Brasil, UFRJ.

Riccomini, C. 1989. O Rift Continental da Serra do Mar. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 256 pp.

Rodrigues, A.M.; Arruda, L.B. 2007. A utilização da energia geotérmica do sistema hidrotermal Aquífero Guarani. Proceedings 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 11pp. 2007.

Singhal, B.B.S, Gupta, R.P. 1999. – Applied hidrogeology of fractured rocks – capítulo XVI – Geothermal reservoirs and hot dry rock systems

Ungemach, P.; Hidalgo, R.; Antics, M. 2008. Geothermal Potential of Madrid Area. A tentative resource/reserve assessment.

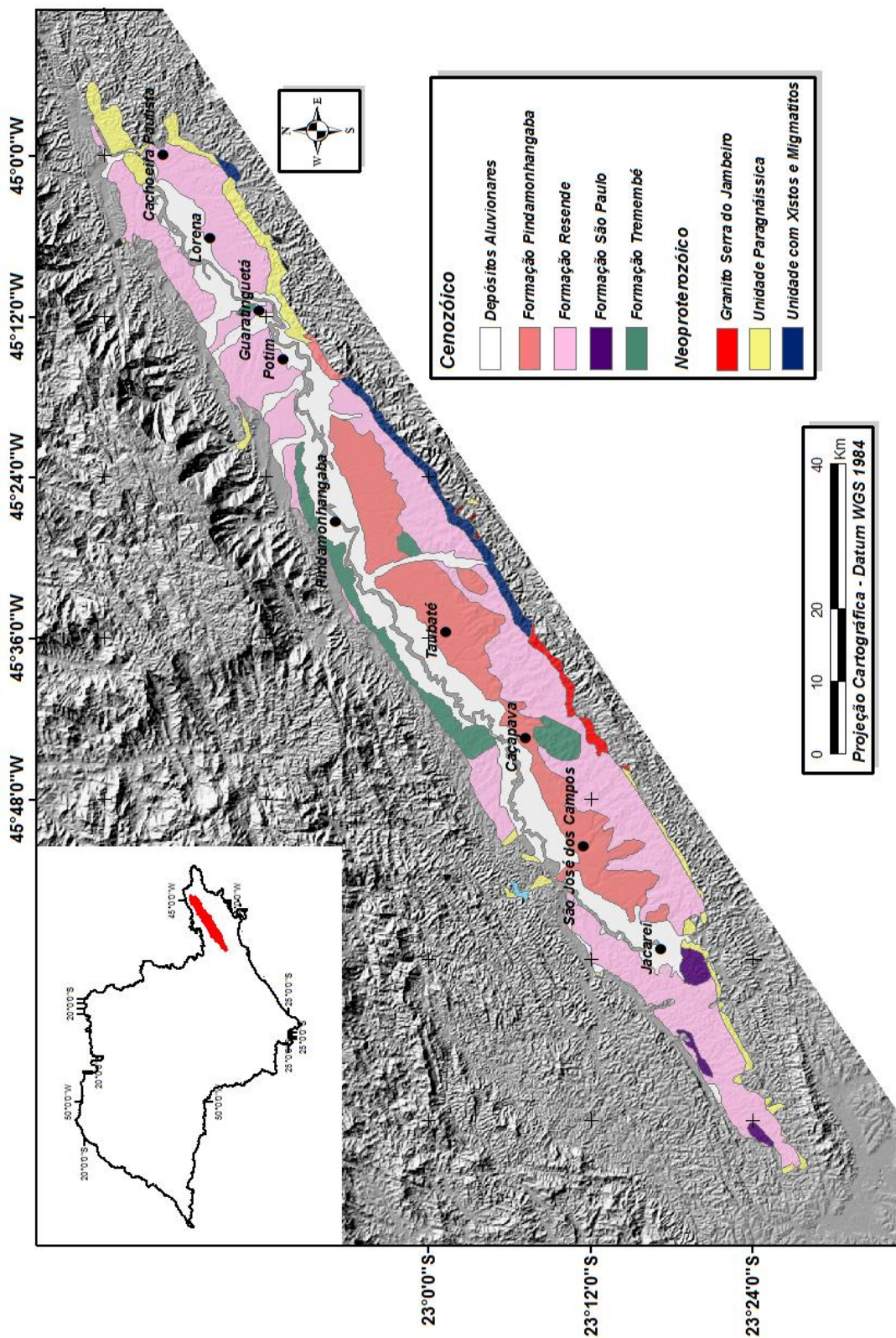
Vidal, A.; Fernandes, FL; Chang, HK. 2004. Distribuição dos arenitos na Bacia de Taubaté. São Paulo, UNESP, Geociências, v.23, n1/2, p:55-66.

Williams, C.F.; Reed, M.J.; Mainer, R.H. 2008. Open File report 2008 – 1296. A review of methods applied by the US Geological Survey in the assessment of identified geothermal resources. 30pp.

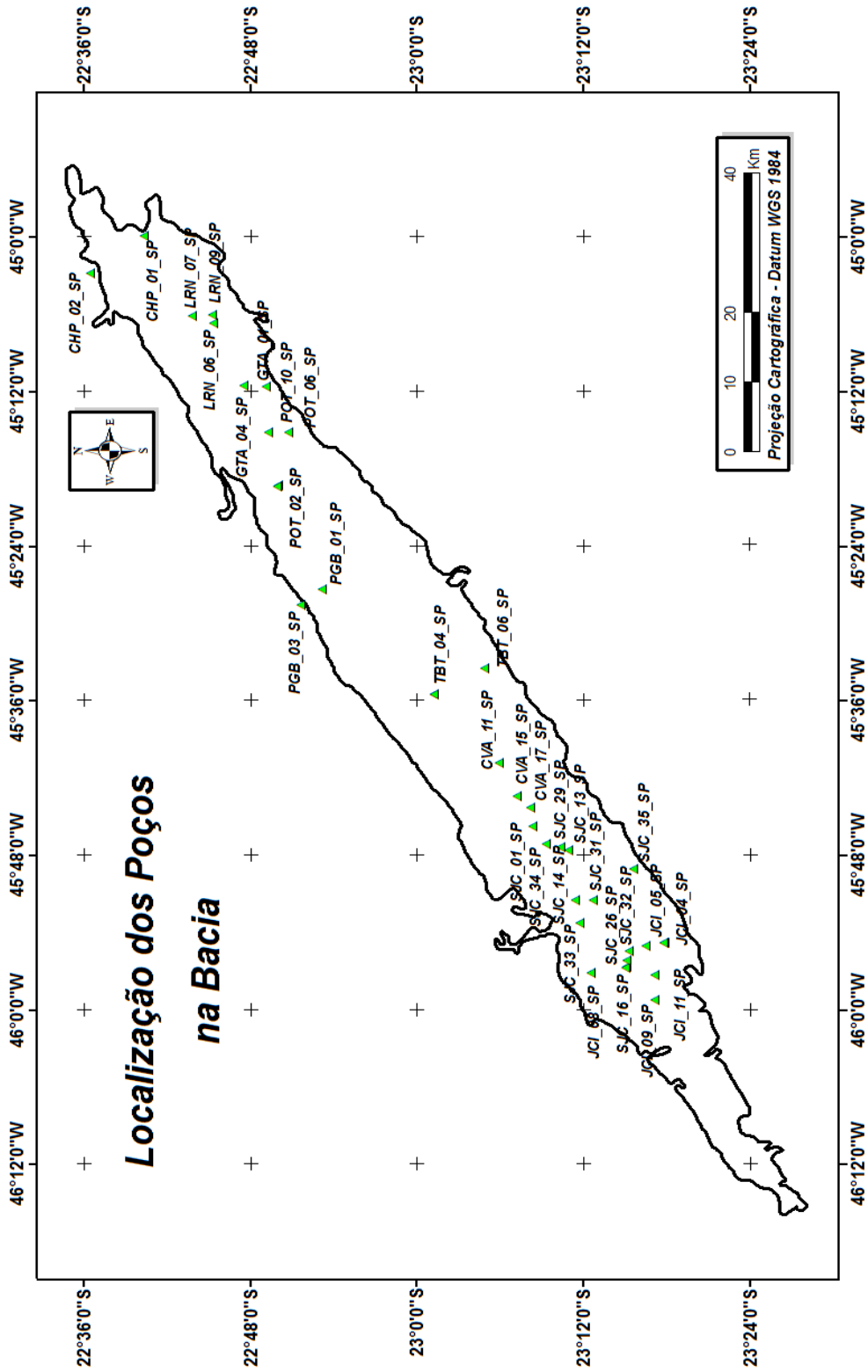
Zalán, P V , Oliveira, J.A.B, 2005. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. Boletim Geociências Petrobrás, Rio de Janeiro, v 13, n 2, pg 269-300, maio/novembro 2005.

9 ANEXOS

9.1 MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DE TAUBATÉ



9.2 MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS ANALISADOS



PLANILHAS DE DADOS DOS POÇOS ANALISADOS

Tabela 1 – Dados físicos

Tabela 1 - Dados físicos dos poços perfilados na Bacia de Taubaté										
Longitude	Latitude	Item	Cidade	Poço	Local	Data	Cota Prof.	Sonda	Perfurador	
-45,680538	-23,099309	1	Caçapava	CVA_11_SP	Victoria Vale	4/3/2000	561	216,00	9057	CPA
-45,723836	-23,120234	2	Caçapava	CVA_15_SP	Iterim	11/12/2007	575	144,00	9043	Tec Drill
-45,738246	-23,137451	3	Caçapava	CVA_17_SP	Sabesp Poço P 2	8/5/2009	575	200,00	8144	Tec Drill
-44,998767	-22,672351	5	Cachoeira Paulista	CHP_01_SP	Sub Estação de Furnas	11/11/2000	557	117,00	9057	Tec Drill
-45,046413	-22,607779	6	Cachoeira Paulista	CHP_02_SP	Embau-Sabesp P 2	30/10/2002	553	73,00	9043	Hidroenge
-45,192821	-22,819739	7	Guaratinguetá	GTA_01_SP	SAAEG - Santa Luzia	24/6/2001	535	156,00	9511	Tec Drill
-45,192500	-22,791894	8	Guaratinguetá	GTA_04_SP	Jd Los Angeles	3/4/2003	552	207,00	9511/9043	Jundsondas
-45,913237	-23,298123	9	Jacarei	JCI_04_SP	VCP Viveiro de Mudas	9/1/1999	665	169,00	8043	CPA
-45,917107	-23,275136	10	Jacarei	JCI_05_SP	Res. Mirante do Vale	9/12/1999	598	160,00	9057	Hidrogeo
-45,952591	-23,209367	11	Jacarei	JCI_08_SP	Univap	25/1/2001	616	128,00	9057	Geoplan
-45,986726	-23,286763	12	Jacarei	JCI_09_SP	Kaiser P 1	9/4/2002	568	106,00	9043	Hidrogesp
-45,913965	-23,296370	13	Jacarei	JCI_10_SP	VPC Viveiro de Mudas	7/5/2003	660	154,00	9511	Tec Drill
-45,955751	-23,286218	14	Jacarei	JCI_11_SP	Gates do Brasil	11/8/2004	572	110,00	9511	Tec Drill
-45,111665	-22,756048	15	Lorena	LRN_06_SP	Lorenpet	16/3/1999	542	174,00	9043	Hidrogesp
-45,101888	-22,730136	16	Lorena	LRN_07_SP	Sabesp P 20	19/9/2001	541	256,00	9043/9511	Hidrogesp
-45,099851	-22,754612	17	Lorena	LRN_09_SP	Tubos Apolo	16/10/2005	533	185,00	9511	Tec Drill
-45,455063	-22,885838	18	Pindamonhangaba	PGB_01_SP	Souceftec	15/2/2003	570	250,00	9511	Garça Poços
-45,476179	-22,861203	19	Pindamonhangaba	PGB_03_SP	Fazenda Morro Agudo*	16/2/2003	570	732,00	9511	Geosol
-45,320730	-22,833579	20	Potim	POT_02_SP	Penitenciária do Estado	2/7/2001	544	285,00	9511	Constroli
-45,252331	-22,846123	21	Potim	POT_06_SP	P.M. Bairro Vieira	17/9/2001	533	170,00	9043	Tec Drill
-45,322319	-22,833302	22	Potim	POT_07_SP	Penitenciária do Estado	19/11/2001	546	290,00	9511	Constroli
-45,252688	-22,821300	23	Potim	POT_10_SP	Nova Kraft	9/1/2005	547	282,00	9511	Tec Drill
-45,256783	-22,834066	24	Potim	POT_11_SP	P.M. Prog Saude Familia	6/12/2011	537	205,00	8144	Garça Poços
-45,762218	-23,139668	25	São Jose dos Campos	SJC_01_SP	San Michel	25/5/2007	588	202,00	9043	Tec Drill
-45,793870	-23,182697	26	São Jose dos Campos	SJC_13_SP	Jd Castanheira	3/6/1998	572	166,00	9511/9043	Geoplan
-45,858030	-23,191006	27	São Jose dos Campos	SJC_14_SP	Solectron	19/6/1998	604	152,00	9511	CPA
-45,944529	-23,252487	28	São Jose dos Campos	SJC_16_SP	Monsanto	3/3/2000	577	134,00	9057	Hidrogesp
-45,946200	-23,251239	29	São Jose dos Campos	SJC_22_SP	Dames & Moore	17/8/2000	572	188,00	9057	Hidrogesp
-45,936807	-23,252051	30	São Jose dos Campos	SJC_26_SP	LG - Philips	10/7/2001	606	160,00	9511	Hidrogesp
-45,789428	-23,173296	31	São Jose dos Campos	SJC_29_SP	Jd Santa Ines III	25/2/2002	617	190,00	9043	Hidrogesp
-45,858070	-23,211930	32	São Jose dos Campos	SJC_31_SP	INPE - P3	27/6/2003	575	170,00	9511	Ergerclima
-45,923897	-23,254737	33	São Jose dos Campos	SJC_32_SP	Gerdau	7/11/2003	614	231,50	9511	Constroli
-45,887564	-23,196144	34	São Jose dos Campos	SJC_33_SP	Coop Lat SJC	28/11/2003	602	150,00	9511	Sondagua
-45,785941	-23,155564	35	São Jose dos Campos	SJC_34_SP	Eugenio de Melo	15/6/2004	558	130,00	9511	Hidrogeo
-45,818371	-23,260676	36	São Jose dos Campos	SJC_35_SP	Centro Det. Provisória	11/9/2004	652	165,00	9511	Sales e Matta
-45,591933	-23,020751	37	Taubaté	TBT_03_SP	Ford do Brasil	2/11/1999	570	442,00	8043	Hidrogesp
-45,591917	-23,020487	38	Taubaté	TBT_04_SP	Pavi do Brasil	22/10/2/1999	576	221,00	9043/9511	Constroli
-45,558033	-23,080990	39	Taubaté	TBT_06_SP	Cond. Altos do Cataguá	25/8/2008	605	254,00	9043	Tec Drill

Tabela 2 – Dados geológicos

Tabela 2 - Dados Geológicos

Item	Cidade	Poço	Data	Cota	Prof.	Arenito	%	Siltito	%	Folhelho	%	Embasamento %	Rev.	%	Prof. util
1	Caçapava	CVA_11_SP	4/3/2000	561	216,00	68,00	34,34%	25,00	12,63%	105,00	53,03%		18,00	100,00%	188,00
2	Caçapava	CVA_15_SP	11/12/2007	575	144,00	87,00	60,91%	37,00	28,03%	8,00	6,06%		12,00	100,00%	182,00
3	Caçapava	CVA_17_SP	8/5/2008	575	200,00	75,00	40,54%	42,00	22,70%	68,00	36,76%		15,00	100,00%	185,00
5	Cachoeira Paulista	CHP_01_SP	11/11/2000	557	117,00	78,00	74,29%	27,00	25,71%		0,00%		12,00	100,00%	105,00
6	Cachoeira Paulista	CHP_02_SP	30/10/2002	553	73,00	35,00	62,50%	21,00	37,50%		0,00%		17,00	100,00%	56,00
7	Guaratiningueta	GTA_01_SP	24/6/2001	535	156,00	48,00	33,82%	21,00	15,44%	69,00	50,74%		20,00	100,00%	136,00
8	Guaratiningueta	GTA_04_SP	3/4/2003	552	207,00	52,00	27,86%	53,00	28,48%	81,00	43,55%		21,00	100,00%	186,00
9	Jacareí	JCI_04_SP	9/1/1998	665	169,00	127,00	77,91%	31,00	19,02%	5,00	3,07%		6,00	100,00%	163,00
10	Jacareí	JCI_05_SP	8/12/1998	698	160,00	88,00	62,86%	43,00	30,71%		0,00%	9,00	20,00	100,00%	140,00
11	Jacareí	JCI_06_SP	25/1/2001	616	128,00	104,00	88,14%	14,00	11,86%		0,00%		10,00	100,00%	118,00
12	Jacareí	JCI_09_SP	9/4/2002	588	106,00	88,00	90,87%	7,00	9,33%		0,00%		31,00	100,00%	75,00
13	Jacareí	JCI_10_SP	7/5/2003	660	154,00	116,00	81,69%	26,00	18,31%		0,00%		12,00	100,00%	142,00
14	Jacareí	JCI_11_SP	11/8/2004	572	110,00	64,00	71,11%	13,00	14,44%	10,00	11,11%	3,00	12,00	100,00%	90,00
15	Lorena	LRN_06_SP	16/3/1998	542	174,00	74,00	45,85%	86,00	53,09%	2,00	1,23%		12,00	100,00%	162,00
16	Lorena	LRN_07_SP	19/9/2001	541	256,00	154,00	64,71%	82,00	34,45%	2,00	0,84%		18,00	100,00%	238,00
17	Lorena	LRN_09_SP	16/10/2005	533	185,00	93,00	55,36%	44,00	26,19%	18,00	10,71%	13,00	17,00	100,00%	168,00
18	Pindamonhangaba	PGB_01_SP	15/2/2003	570	250,00	4,00	1,70%	88,00	28,94%	163,00	69,36%		15,00	100,00%	235,00
19	Pindamonhangaba	PGB_03_SP	16/2/2003	570	732,00	219,00	30,76%	426,00	59,83%	67,00	9,41%		20,00	100,00%	712,00
20	Potim	POT_02_SP	2/7/2001	544	285,00	30,00	10,53%	67,00	23,51%	188,00	65,98%			100,00%	285,00
21	Potim	POT_06_SP	17/9/2001	533	170,00	47,00	30,32%	60,00	38,71%	48,00	30,97%		15,00	100,00%	155,00
22	Potim	POT_07_SP	18/11/2001	546	290,00	17,00	5,86%	46,00	15,86%	227,00	78,28%			100,00%	290,00
23	Potim	POT_10_SP	9/1/2005	547	282,00	39,00	14,89%	18,00	6,87%	205,00	78,24%		20,00	100,00%	262,00
24	Potim	POT_11_SP	6/12/2011	537	205,00	113,00	57,85%	51,00	26,15%	31,00	15,90%		10,00	100,00%	195,00
25	São Jose dos Campos	SJC_01_SP	25/6/2007	588	202,00	103,00	63,56%	9,00	5,36%	60,00	30,86%		40,00	100,00%	162,00
26	São Jose dos Campos	SJC_13_SP	3/6/1998	572	166,00	61,00	41,22%	7,00	4,73%	80,00	54,06%		18,00	100,00%	148,00
27	São Jose dos Campos	SJC_14_SP	18/8/1998	604	152,00	71,00	53,79%	48,00	36,36%	13,00	9,85%		20,00	100,00%	132,00
28	São Jose dos Campos	SJC_16_SP	3/3/2000	577	134,00	69,00	59,49%	37,00	31,90%	10,00	8,62%		18,00	100,00%	116,00
29	São Jose dos Campos	SJC_22_SP	17/8/2000	572	188,00	65,00	57,93%	30,00	18,28%	39,00	23,78%		24,00	100,00%	164,00
30	São Jose dos Campos	SJC_26_SP	10/7/2001	606	160,00	81,00	61,49%	19,00	12,84%	38,00	25,68%		12,00	100,00%	148,00
31	São Jose dos Campos	SJC_29_SP	25/2/2002	617	190,00	83,00	48,37%	13,00	7,26%	83,00	46,37%		11,00	100,00%	179,00
32	São Jose dos Campos	SJC_31_SP	27/6/2003	575	170,00	80,00	52,63%	17,00	11,18%	42,00	27,63%	13,00	11,00	100,00%	152,00
33	São Jose dos Campos	SJC_32_SP	7/11/2003	614	231,50	124,00	54,03%	15,00	6,54%	90,50	39,43%		2,00	100,00%	229,50
34	São Jose dos Campos	SJC_34_SP	28/11/2003	602	150,00	81,00	60,00%	16,00	11,85%	38,00	28,15%		15,00	100,00%	135,00
35	São Jose dos Campos	SJC_35_SP	15/6/2004	558	130,00	45,00	39,13%	10,00	8,70%	60,00	52,17%		15,00	100,00%	115,00
36	São Jose dos Campos	SJC_36_SP	11/9/2004	652	166,00	123,00	82,00%	8,00	5,33%	19,00	12,67%		15,00	100,00%	150,00
37	Taubaté	TBT_03_SP	2/11/1998	570	442,00	79,00	18,85%	70,00	16,71%	270,00	64,44%		23,00	100,00%	418,00
38	Taubaté	TBT_04_SP	22/10/2/1998	576	221,00	115,00	54,50%	36,00	17,06%	60,00	28,44%		10,00	100,00%	211,00
39	Taubaté	TBT_06_SP	25/8/2008	605	254,00	71,00	29,22%	160,00	65,84%	12,00	4,94%		11,00	100,00%	243,00

Prof. = Profundidade do poço
Arenito % = Porcentagem e arenito homogêneo, no poço todo, independente no nível d'água
Siltito % = Porcentagem de siltito, no poço todo.
Folhelho % = Porcentagem de folhelho, no poço todo.
T °C = Temperatura do poço durante a perfuração executada
BHT = Temperatura do fundo do poço

Tabela 3 – Dados geotermiais

Tabela 3 - Dados geotermiais										Gradientes		
Item	Cidade	Poço	Prof.	Prof. util	Sonda	T °C	BHT	°C/Km	m/°C ⁻¹	m/°C ⁻²		
1	Caçapava	CVA 11 SP	216,00	198,00	31,65	58,84	17,00	14,25	17,00	14,25		
2	Caçapava	CVA 15 SP	144,00	132,00	27,42	56,21	17,79	12,67	17,79	12,67		
3	Caçapava	CVA 17 SP	200,00	185,00	26,78	56,65	27,29	22,12	27,29	22,12		
5	Cachoeira Paulista	CHP 01 SP	117,00	105,00	24,06	38,67	25,86	16,50	25,86	16,50		
6	Cachoeira Paulista	CHP 02 SP	73,00	56,00	23,71	66,25	15,09	6,20	15,09	6,20		
7	Guaratiningueta	GTA 01 SP	156,00	136,00	29,44	69,41	14,41	11,23	14,41	11,23		
8	Guaratiningueta	GTA 04 SP	207,00	186,00	33,68	74,62	13,40	11,31	13,40	11,31		
9	Jacareí	JCI 04 SP	168,00	163,00	24,70	28,83	34,88	26,32	34,88	26,32		
10	Jacareí	JCI 05 SP	160,00	140,00	26,40	45,71	21,88	17,19	21,88	17,19		
11	Jacareí	JCI 08 SP	128,00	118,00	24,70	39,83	25,11	16,60	25,11	16,60		
12	Jacareí	JCI 09 SP	106,00	75,00	23,50	46,67	21,43	16,00	21,43	16,00		
13	Jacareí	JCI 10 SP	154,00	142,00	24,00	28,17	35,50	26,00	35,50	26,00		
14	Jacareí	JCI 11 SP	110,00	90,00	24,80	53,33	18,75	12,50	18,75	12,50		
15	Lorena	LRN 06 SP	174,00	162,00	25,70	35,19	28,42	21,75	28,42	21,75		
16	Lorena	LRN 07 SP	256,00	238,00	23,70	15,55	64,32	56,68	64,32	56,68		
17	Lorena	LRN 09 SP	165,00	168,00	29,18	54,64	18,30	14,71	18,30	14,71		
18	Pindamonhangaba	PGB 01 SP	250,00	235,00	33,30	56,60	17,67	15,04	17,67	15,04		
19	Pindamonhangaba	PGB 03 SP	732,00	712,00	48,33	39,79	25,13	24,07	25,13	24,07		
20	Potim	POT 02 SP	285,00	285,00	40,00	70,18	14,25	11,75	14,25	11,75		
21	Potim	POT 06 SP	170,00	155,00	25,58	36,00	27,78	21,51	27,78	21,51		
22	Potim	POT 07 SP	280,00	280,00	32,50	43,10	23,20	19,20	23,20	19,20		
23	Potim	POT 10 SP	282,00	262,00	33,16	50,23	19,91	17,63	19,91	17,63		
24	Potim	POT 11 SP	205,00	185,00	36,90	86,67	9,17	11,54	9,17	11,54		
25	São Jose dos Campos	SJC 01 SP	202,00	162,00	24,40	27,16	36,82	34,55	36,82	34,55		
26	São Jose dos Campos	SJC 13 SP	166,00	148,00	25,70	38,51	25,96	20,35	25,96	20,35		
27	São Jose dos Campos	SJC 14 SP	152,00	132,00	26,40	48,48	20,63	15,94	20,63	15,94		
28	São Jose dos Campos	SJC 16 SP	134,00	116,00	27,36	63,45	15,76	11,41	15,76	11,41		
29	São Jose dos Campos	SJC 22 SP	188,00	164,00	24,80	29,27	34,17	28,75	34,17	28,75		
30	São Jose dos Campos	SJC 26 SP	160,00	148,00	29,67	65,34	15,31	11,38	15,31	11,38		
31	São Jose dos Campos	SJC 29 SP	190,00	178,00	21,78	9,94	100,56	78,65	100,56	78,65		
32	São Jose dos Campos	SJC 31 SP	170,00	152,00	26,60	43,42	23,03	18,18	23,03	18,18		
33	São Jose dos Campos	SJC 32 SP	231,50	228,50	30,00	43,57	22,95	18,15	22,95	18,15		
34	São Jose dos Campos	SJC 33 SP	150,00	135,00	26,70	49,63	20,15	14,93	20,15	14,93		
35	São Jose dos Campos	SJC 34 SP	130,00	115,00	23,39	29,48	33,92	23,60	33,92	23,60		
36	São Jose dos Campos	SJC 35 SP	165,00	150,00	24,78	31,87	31,38	24,06	31,38	24,06		
37	Taubaté	TBT 03 SP	442,00	419,00	32,55	29,95	33,39	31,24	33,39	31,24		
38	Taubaté	TBT 04 SP	221,00	211,00	31,28	53,46	18,71	15,16	18,71	15,16		
39	Taubaté	TBT 06 SP	254,00	243,00	26,70	27,57	36,27	30,45	36,27	30,45		
										m/°C ⁻²	Descontando os 50 metros iniciais	
										m/°C ⁻¹	Não descontando os 50 metros iniciais	

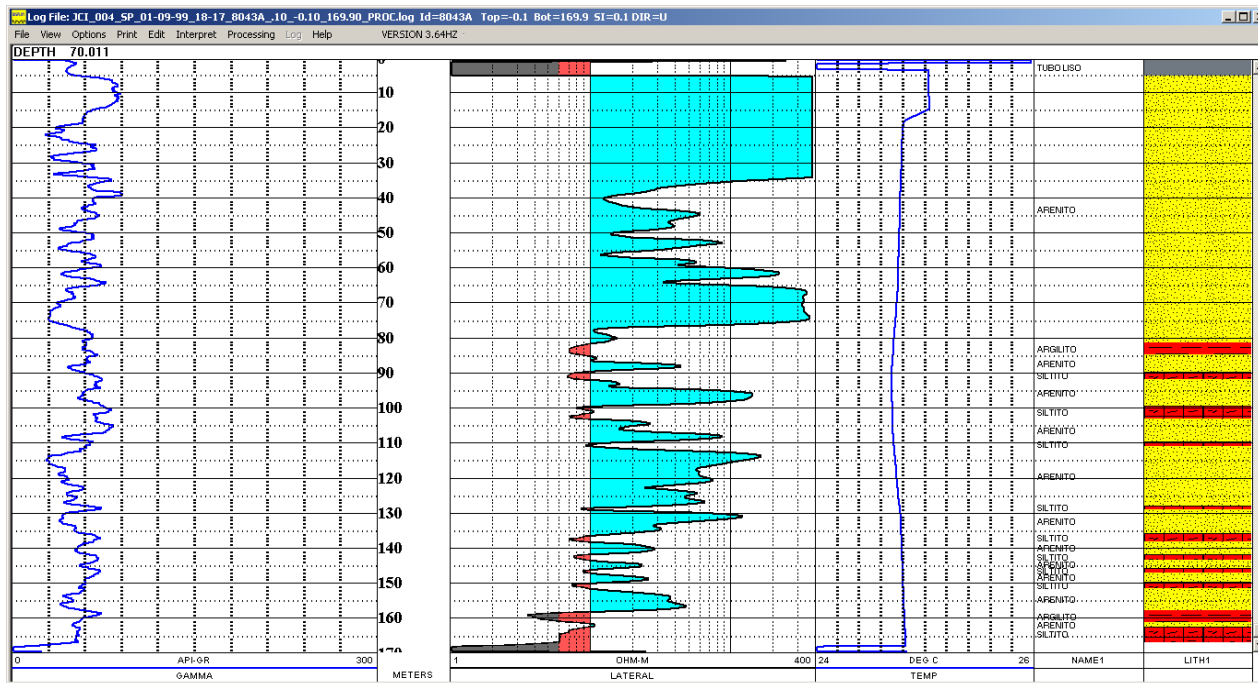
Fazenda Momo Agudo* - Este foi um furo feito para pesquisa de petróleo pela UFRJ e que não atingiu o embasamento

Fonte: Perfil Master Comercio e Servicos de Perfisagem Ltda

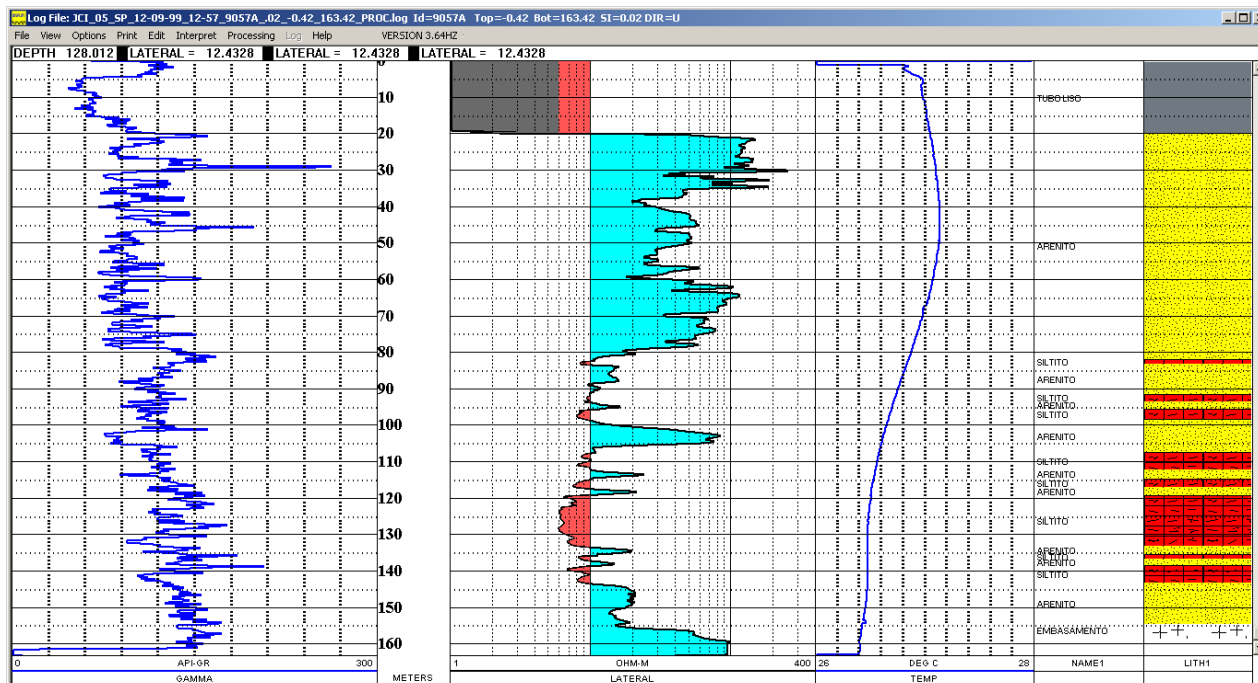
9.4 Perfis geofísicos interpretados por localidade

JACAREÍ

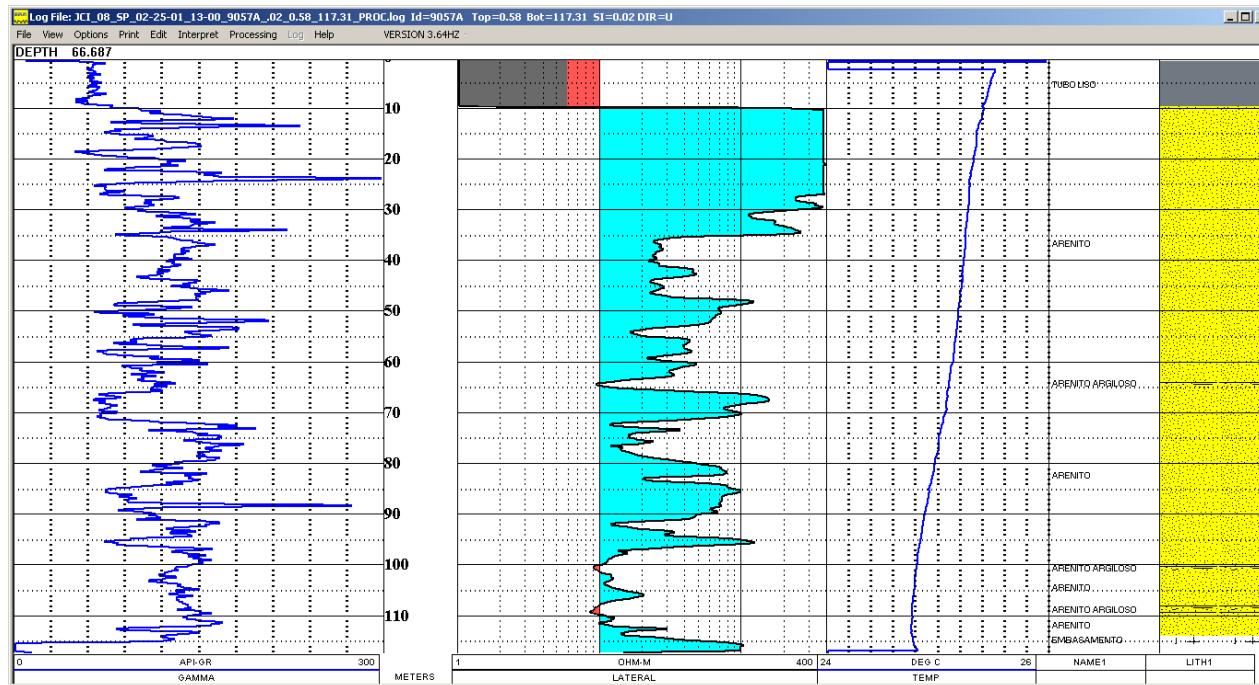
JCI-4-SP - VCP – VIVEIRO DE MUDAS



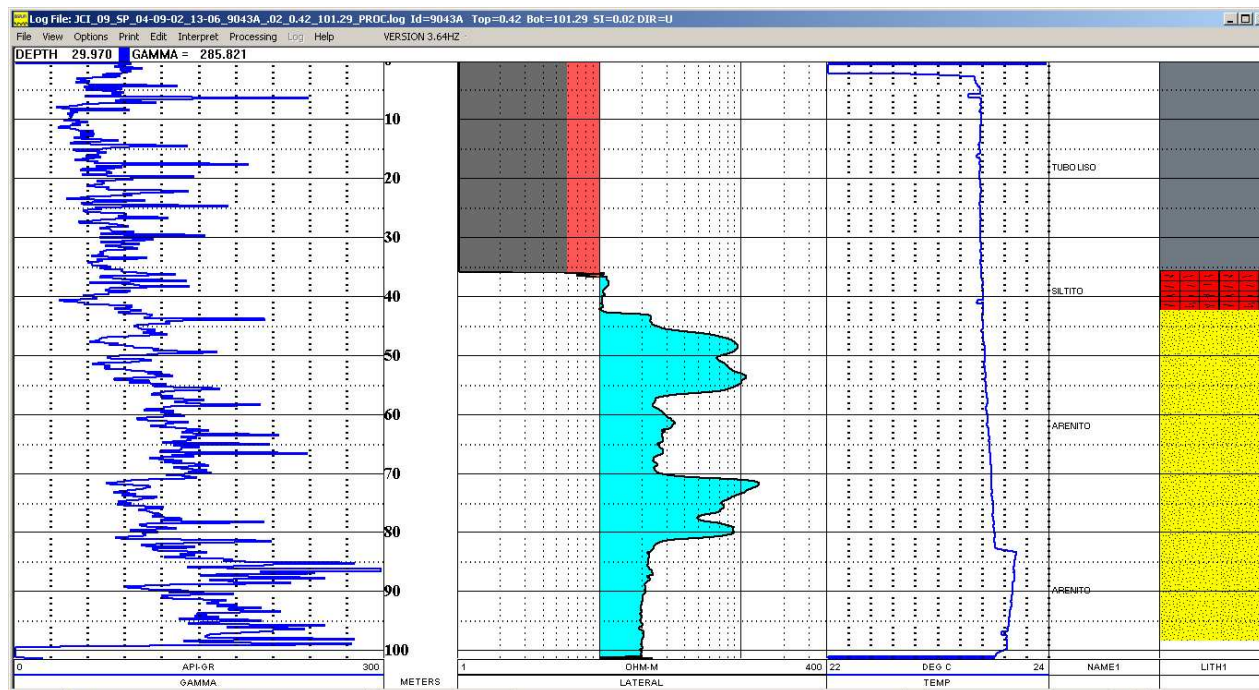
JCI-5-SP - RESIDENCIAL MIRANTE DO VALE



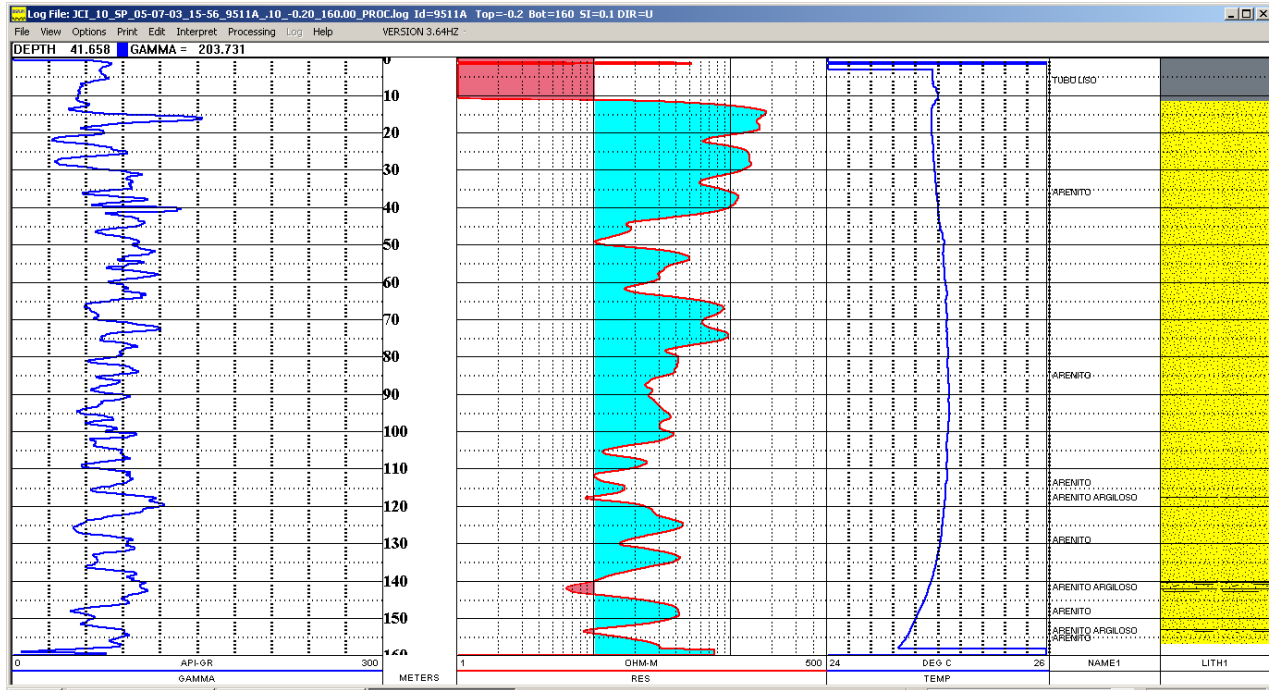
JCI-8-SP - UNIVAP



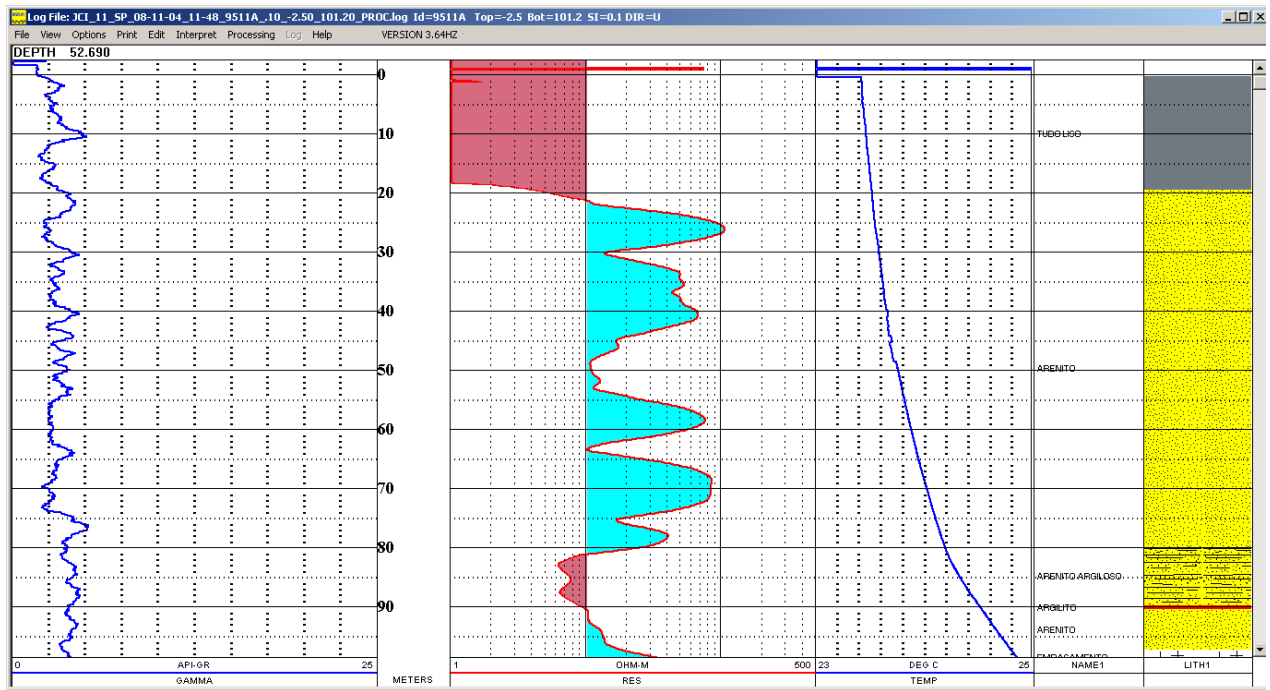
JCI-9-SP - CERVEJARIA KAISER - P1



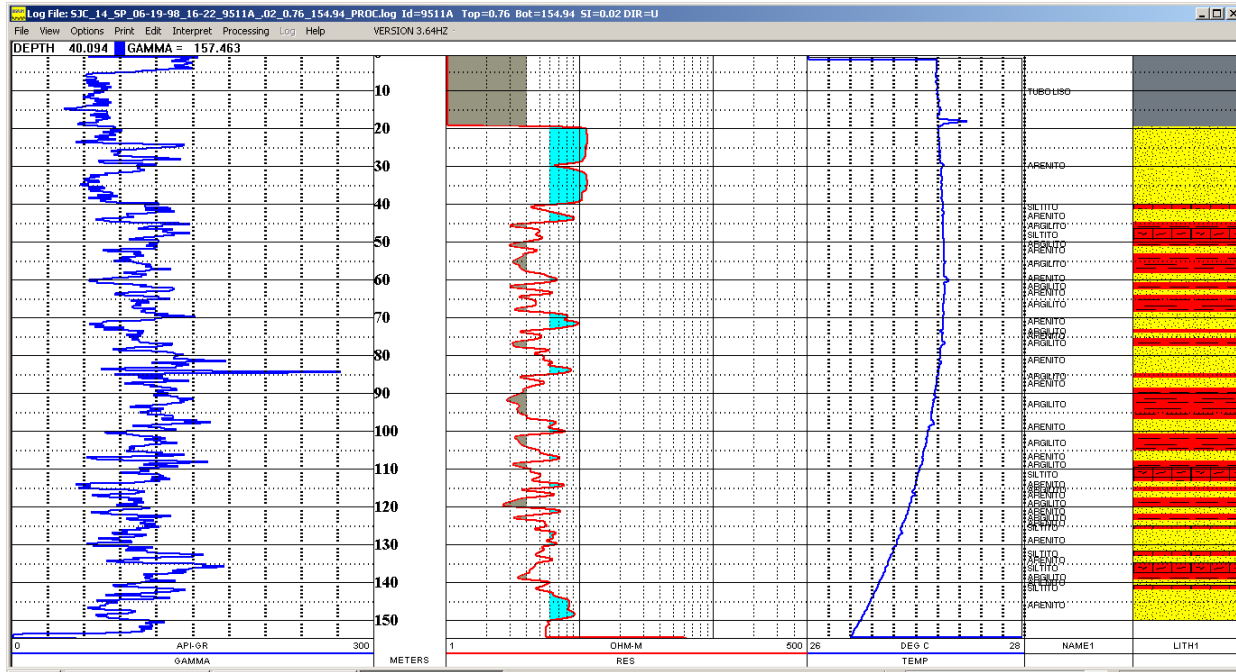
JCI-10-SP - VCP – VIVEIRO DE MUDAS - P2



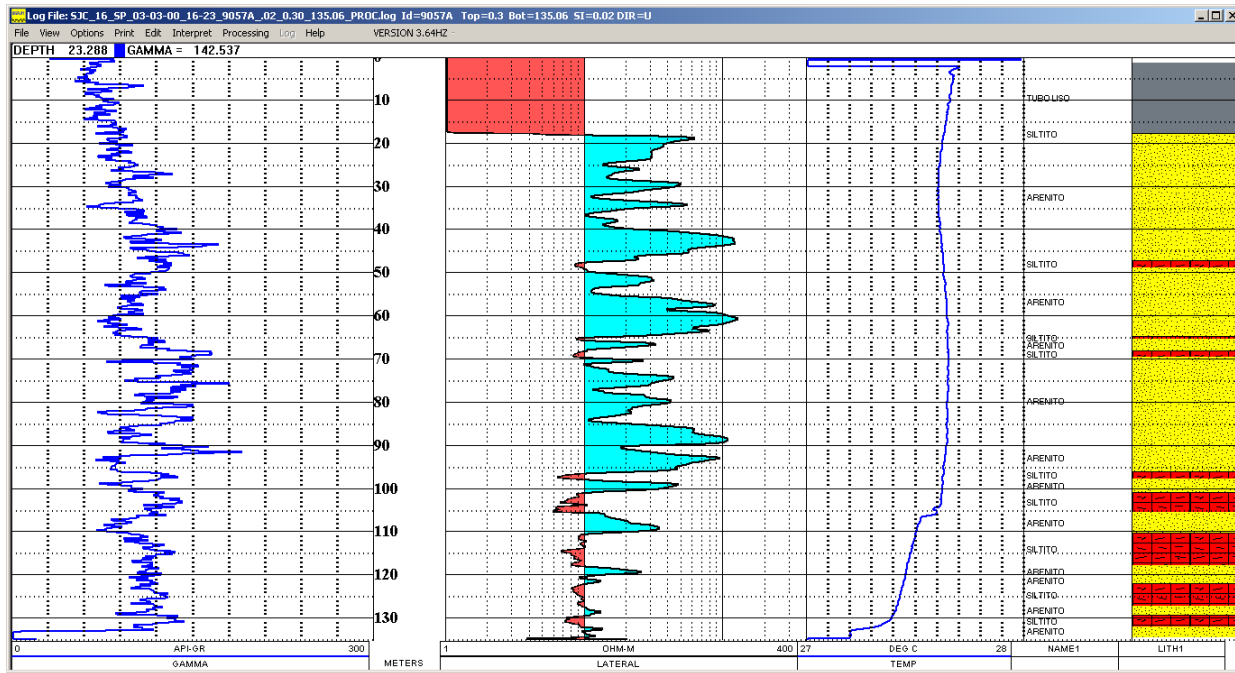
JCI-11-SP - GATES DO BRASIL



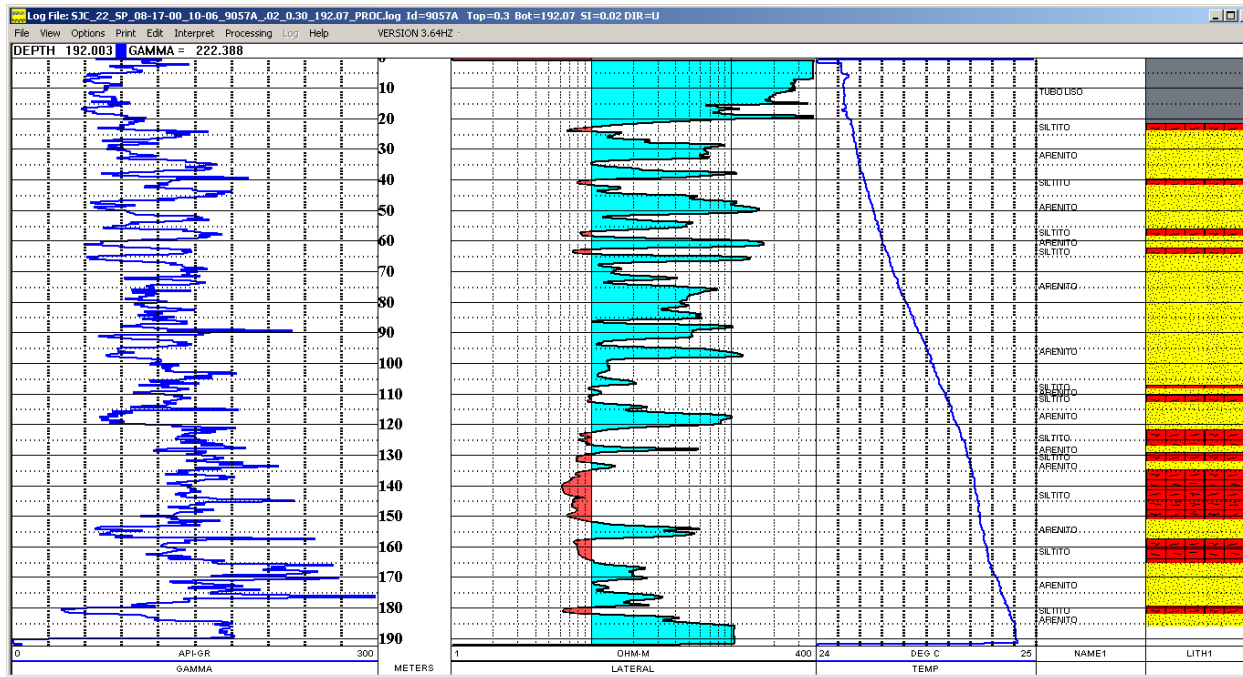
SJC-14-SP - SOLECTRON



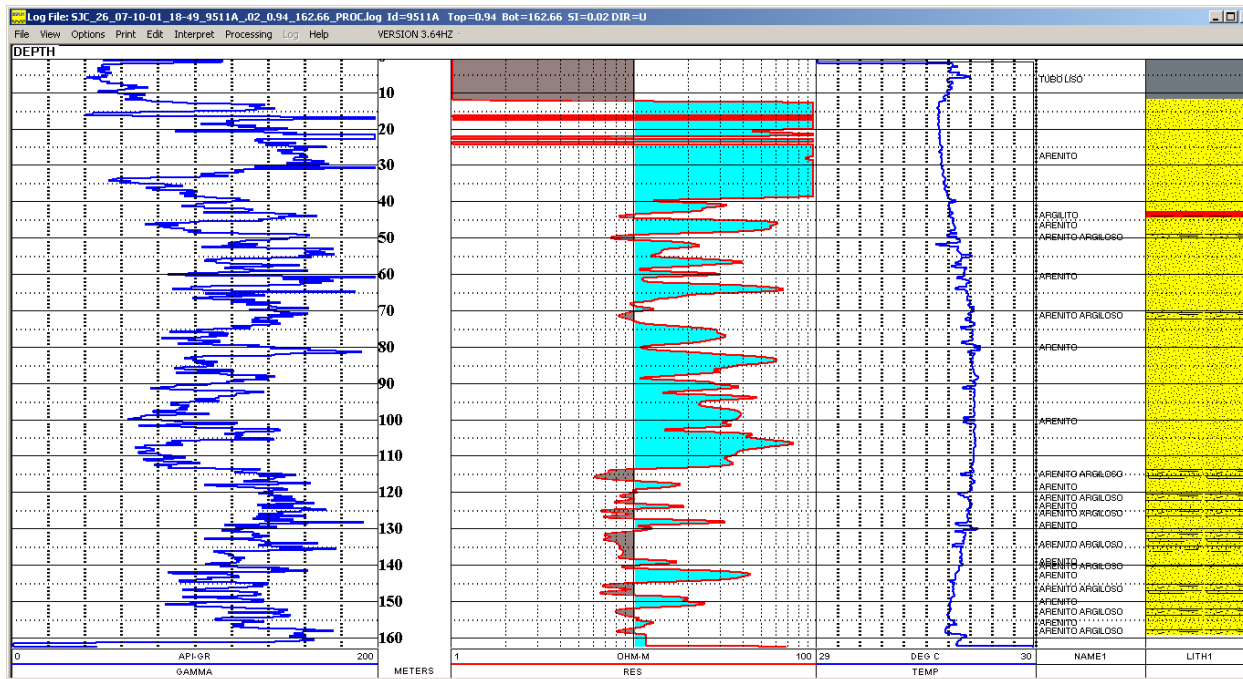
SJC-16-SP - MONSANTO



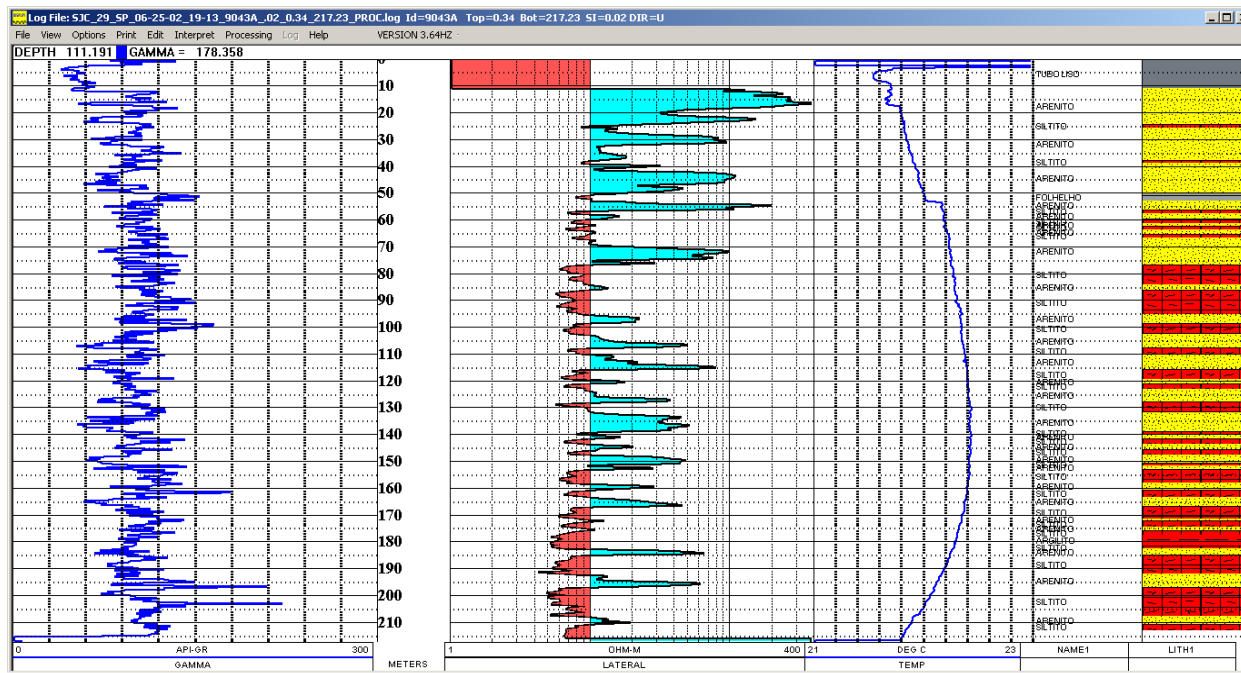
SJC-22-SP - DAMES & MOORE



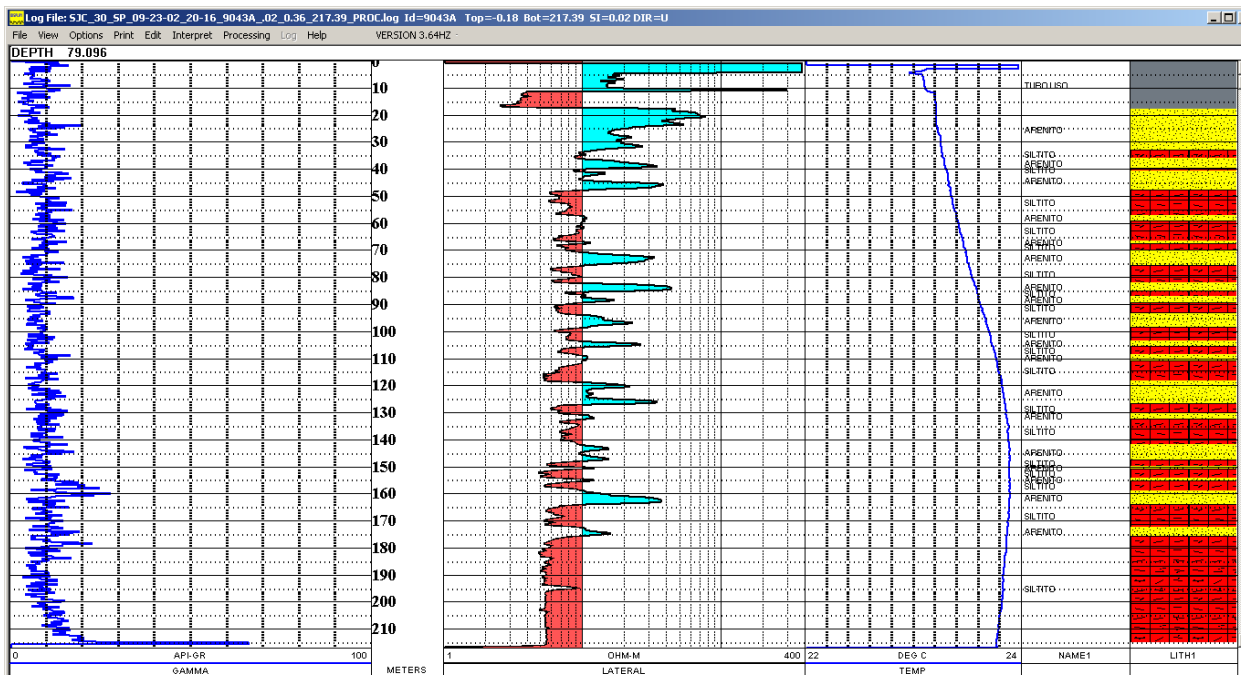
SJC-26-SP - LG- PHILIPPS



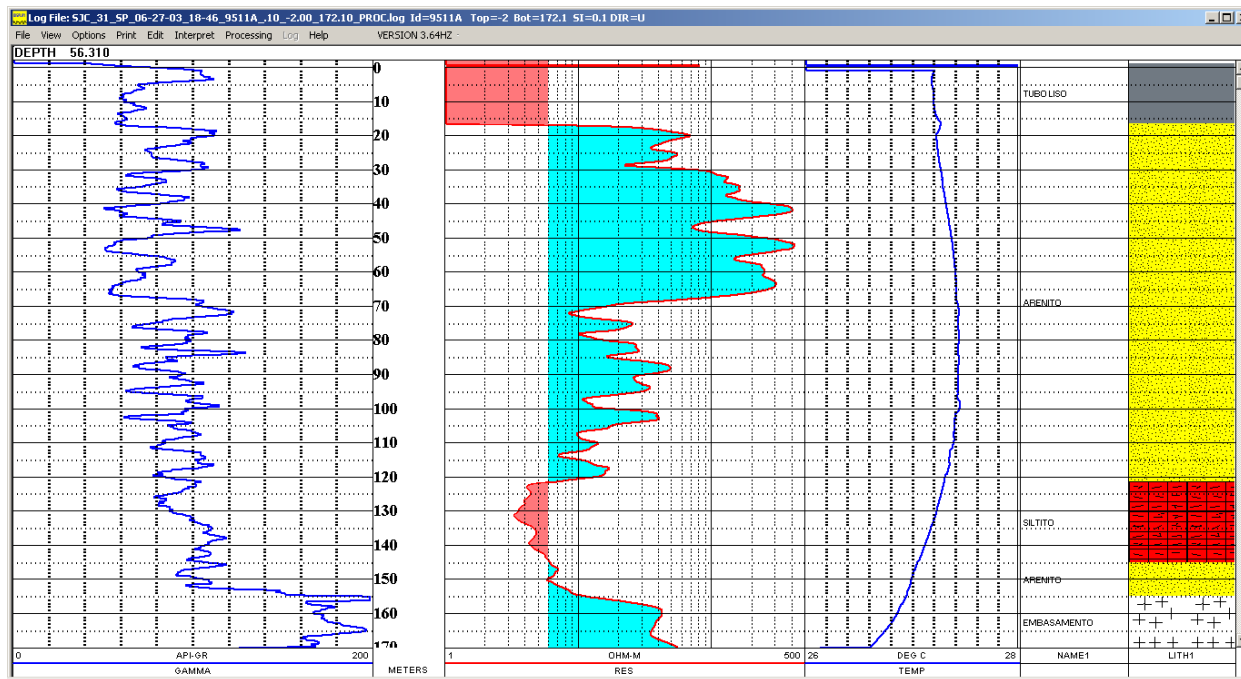
SJC-29-SP - JARDIM SANTA INES III



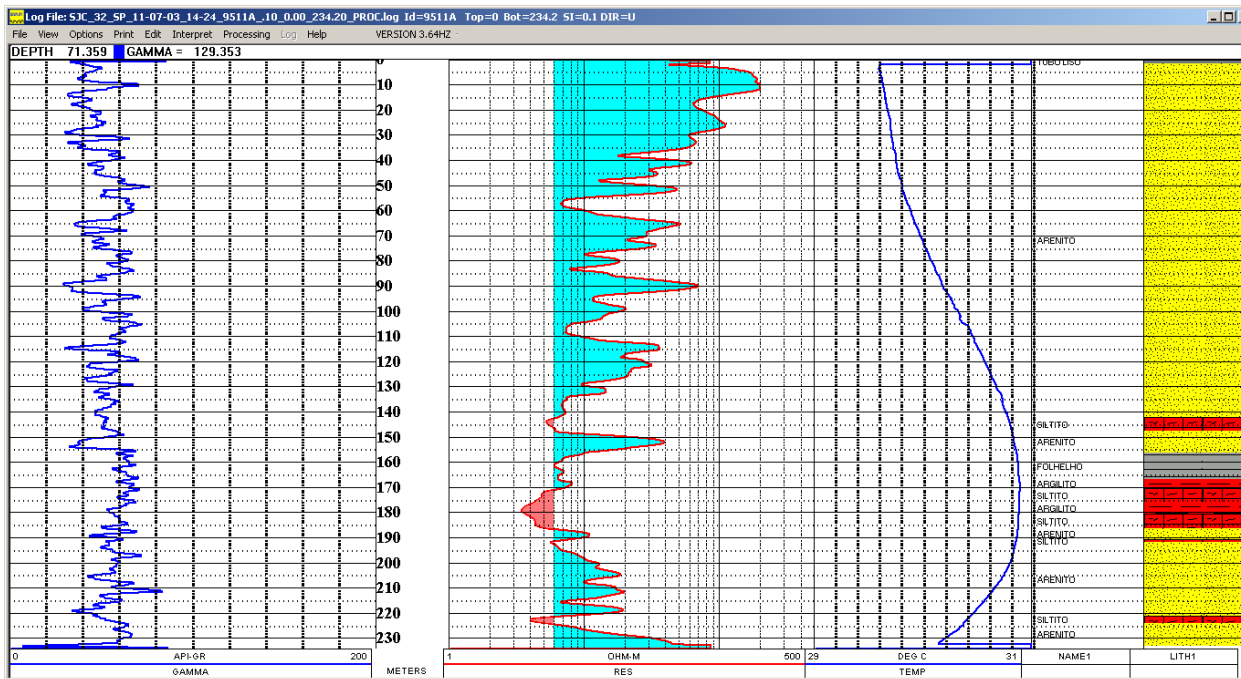
SJC-30-SP - RESIDENCIAL RIGGI



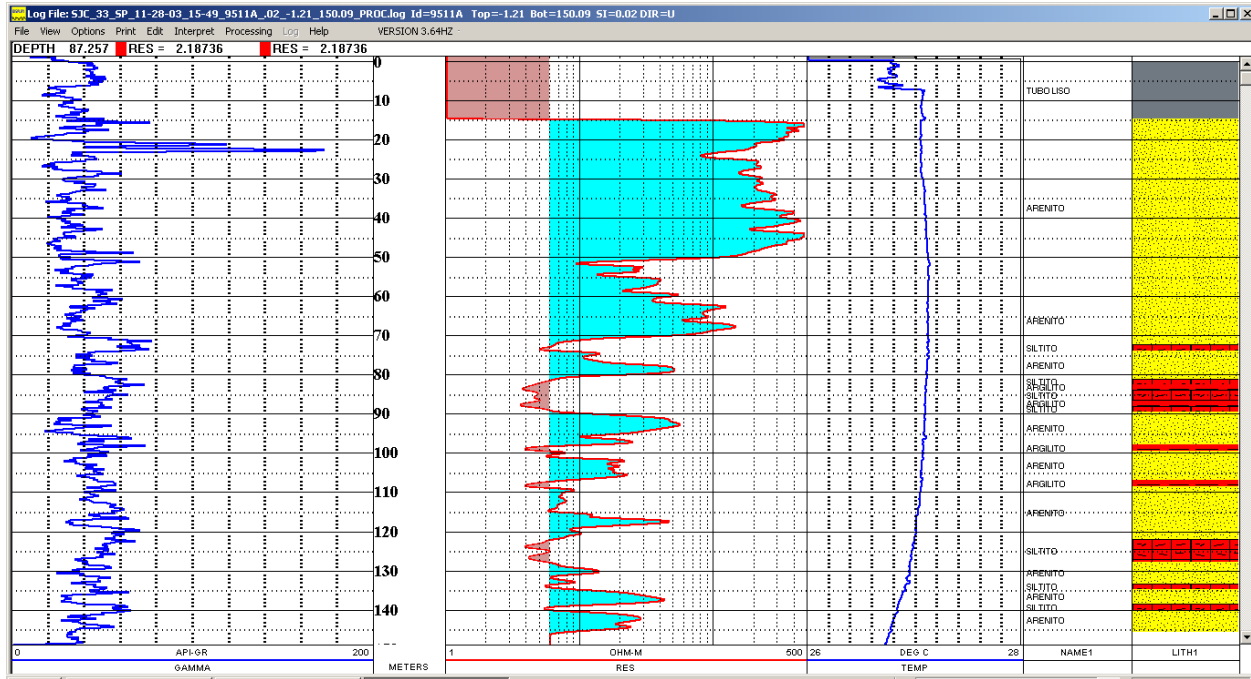
SJC-31-SP - INPE



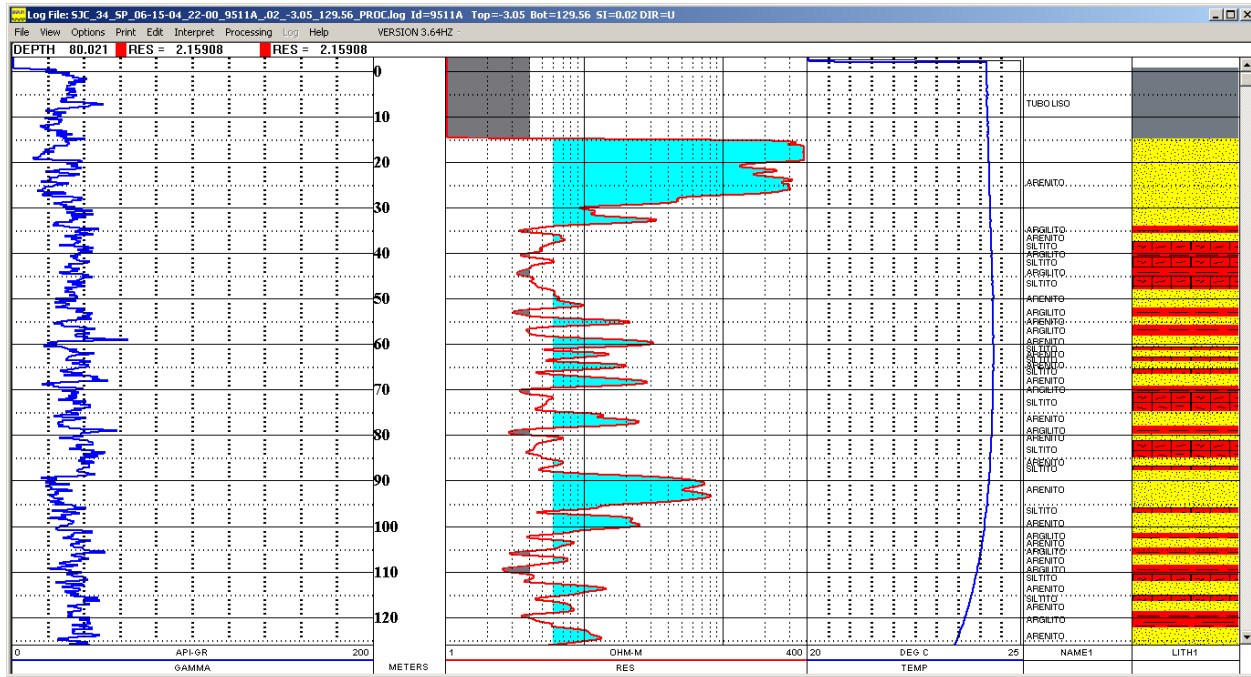
SJC-32-SP - GERDAU



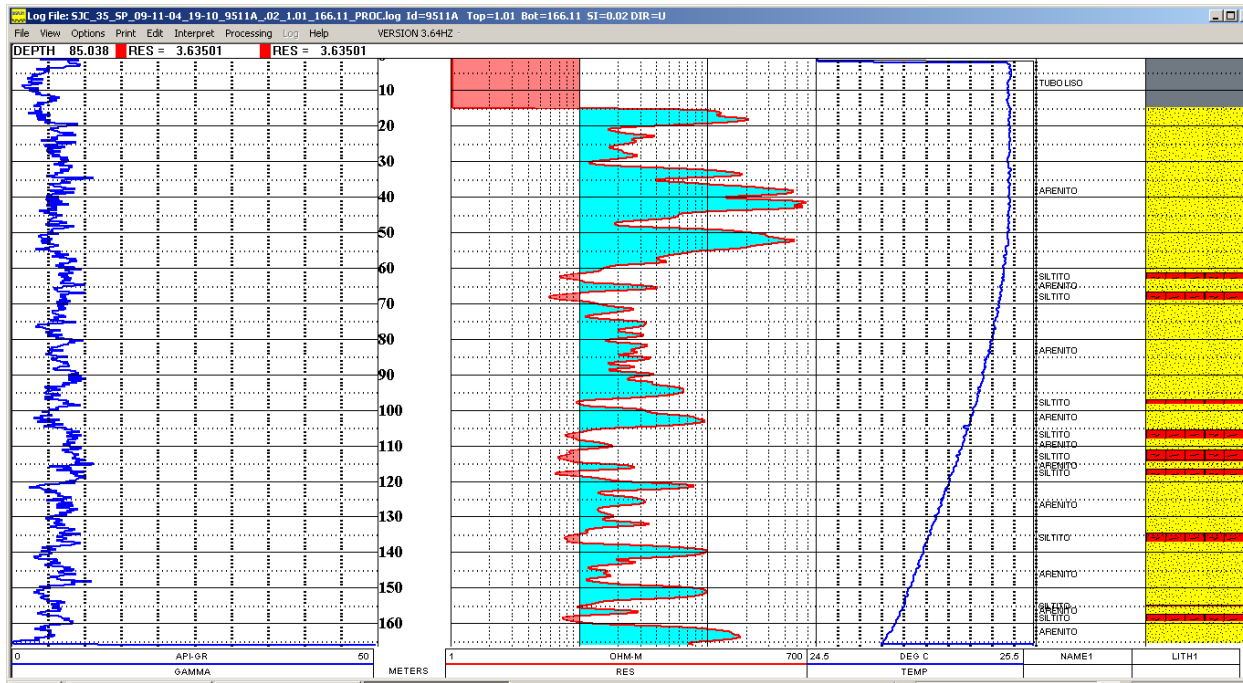
SJC-33-SP - COOPERATIVA LATICÍNIOS SÃO JOSÉ DOS CAMPOS



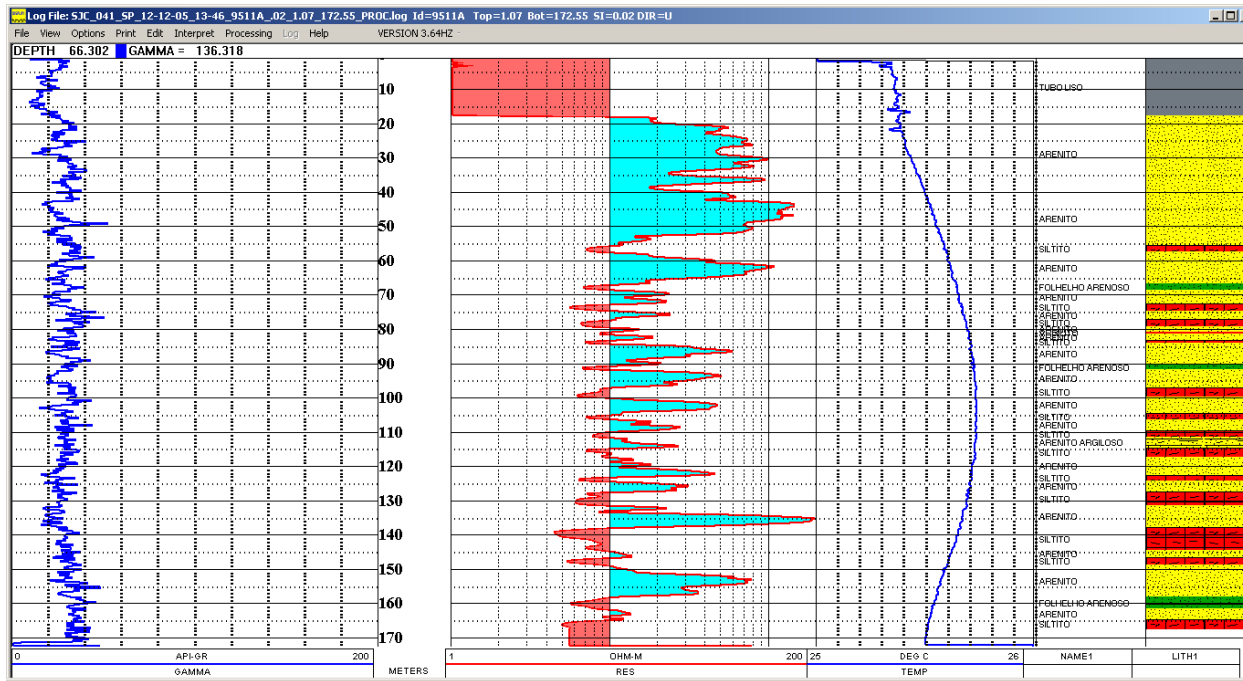
SJC-34-SP - EUGÊNIO DE MELO



SJC-35-SP - CENTRO DE DETENÇÃO PROVISÓRIA

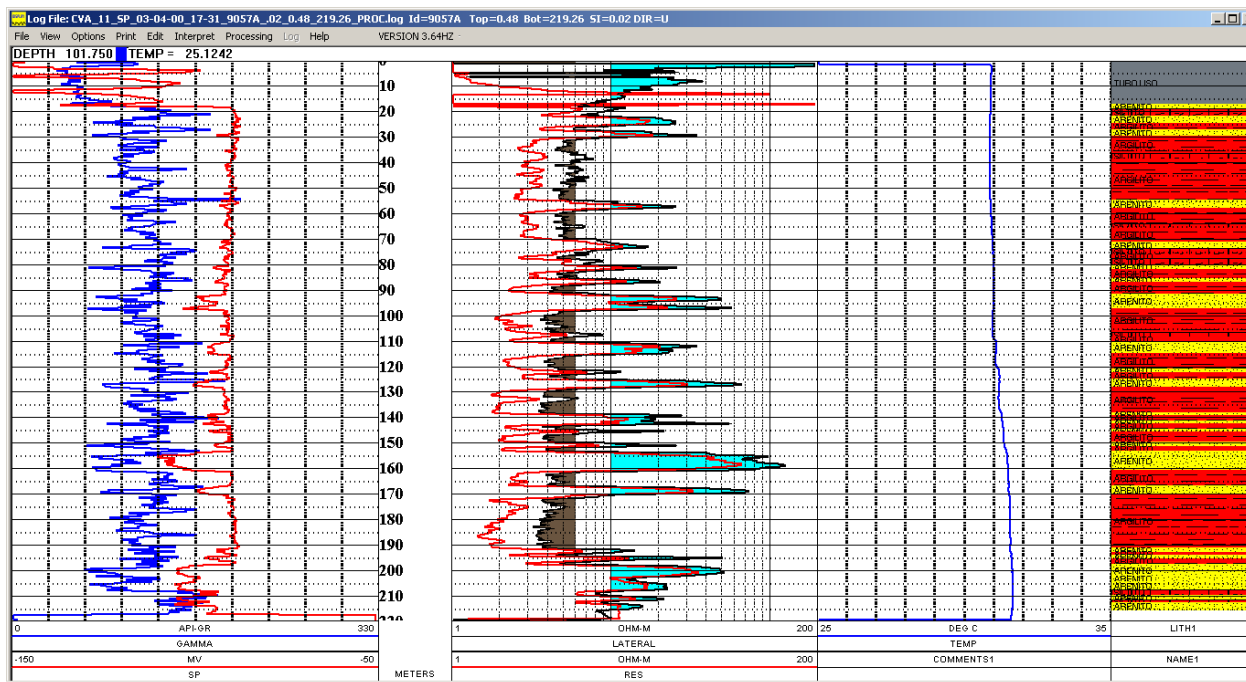


SJC-41-SP - GERDAU - P3

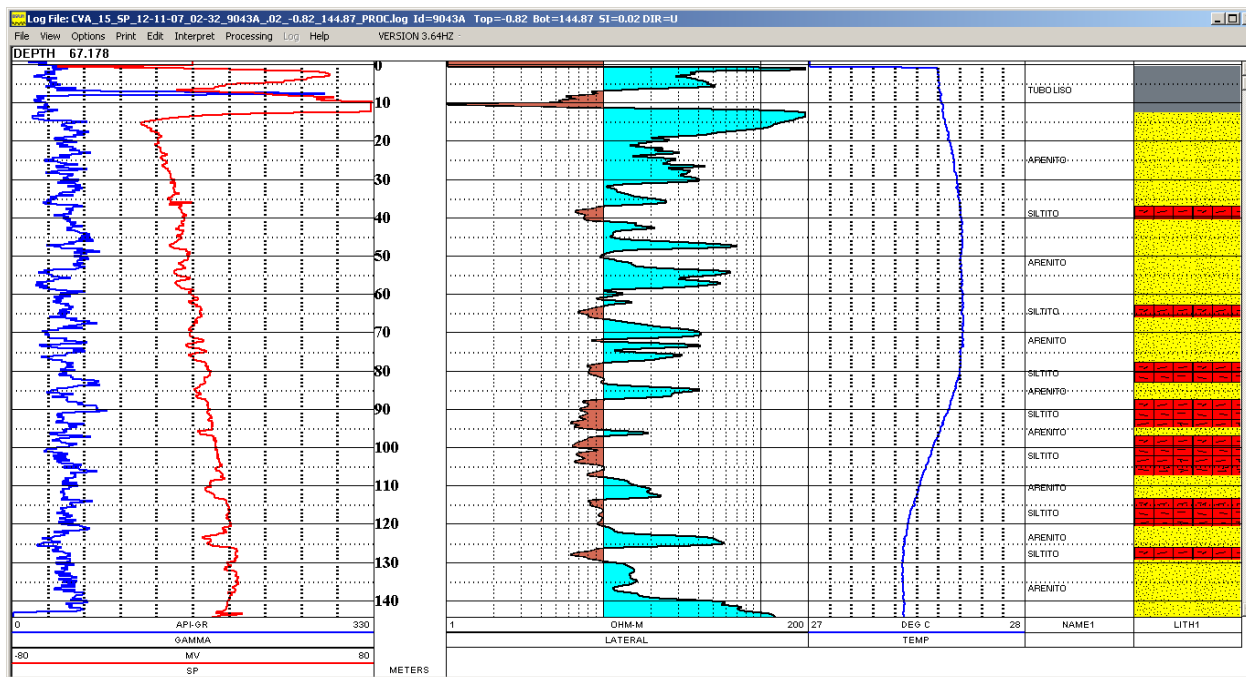


CAÇAPAVA

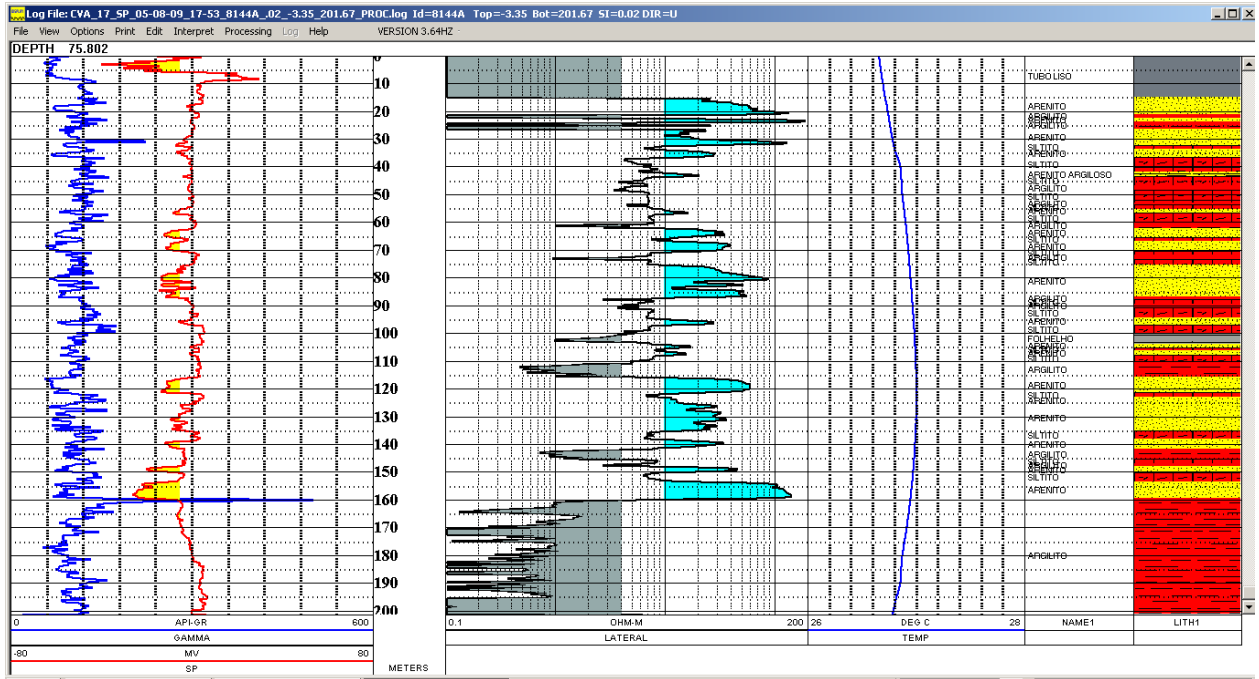
CVA-11-SP – CONDOMÍNIO VITÓRIA VALE



CVA-15-SP -INTERTRIM

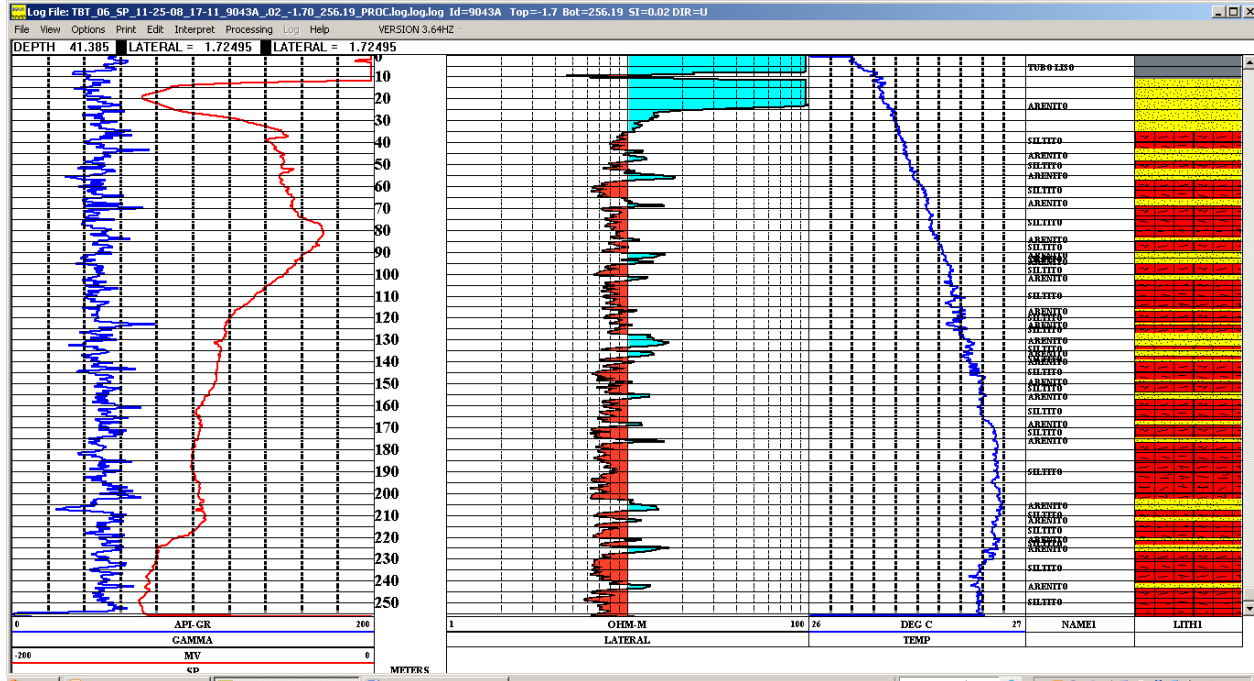


CVA-17-SP - SABESP - P12

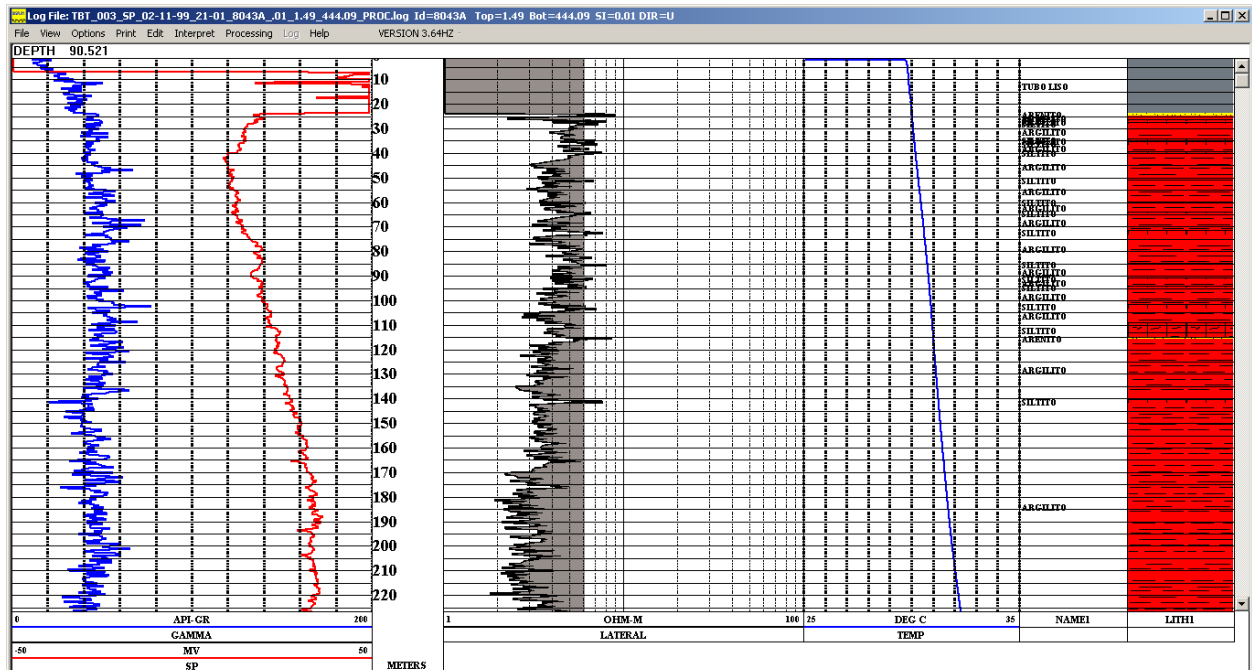


TAUBATÉ

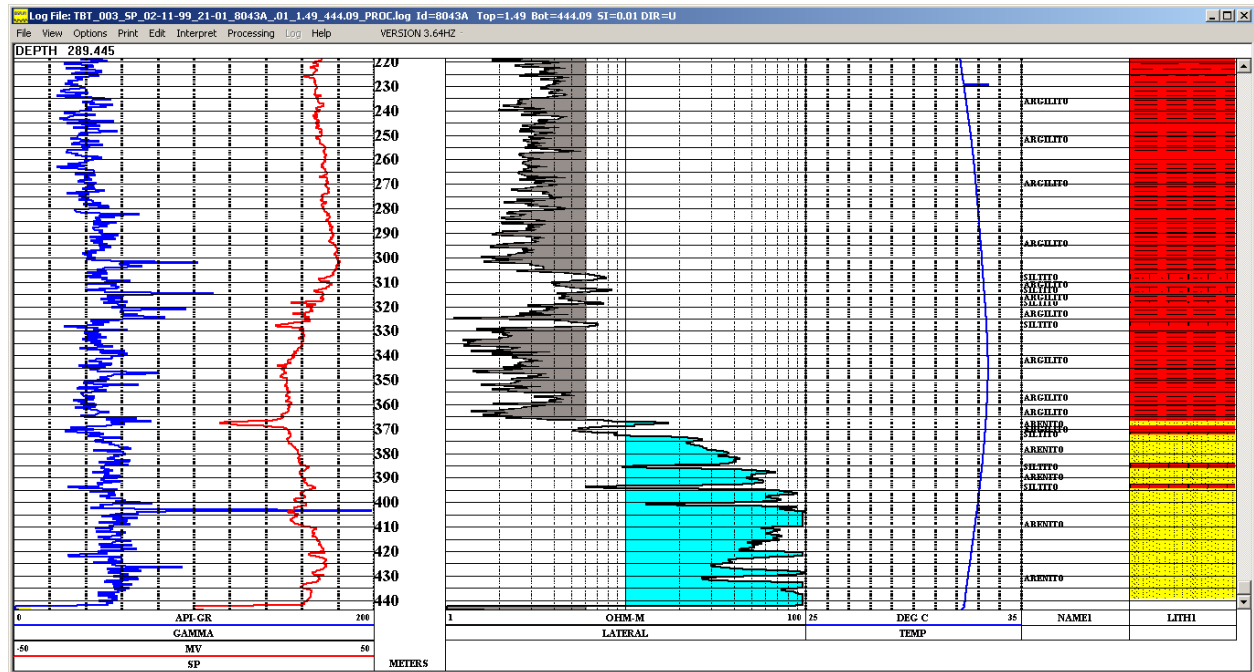
TBT-6-SP - CONDOMÍNIO ALTOS DO CATAGUÁ



TBT-3-SP - FORD DO BRASIL – PRIMEIRA PARTE DE 0 ATÉ 225 METROS

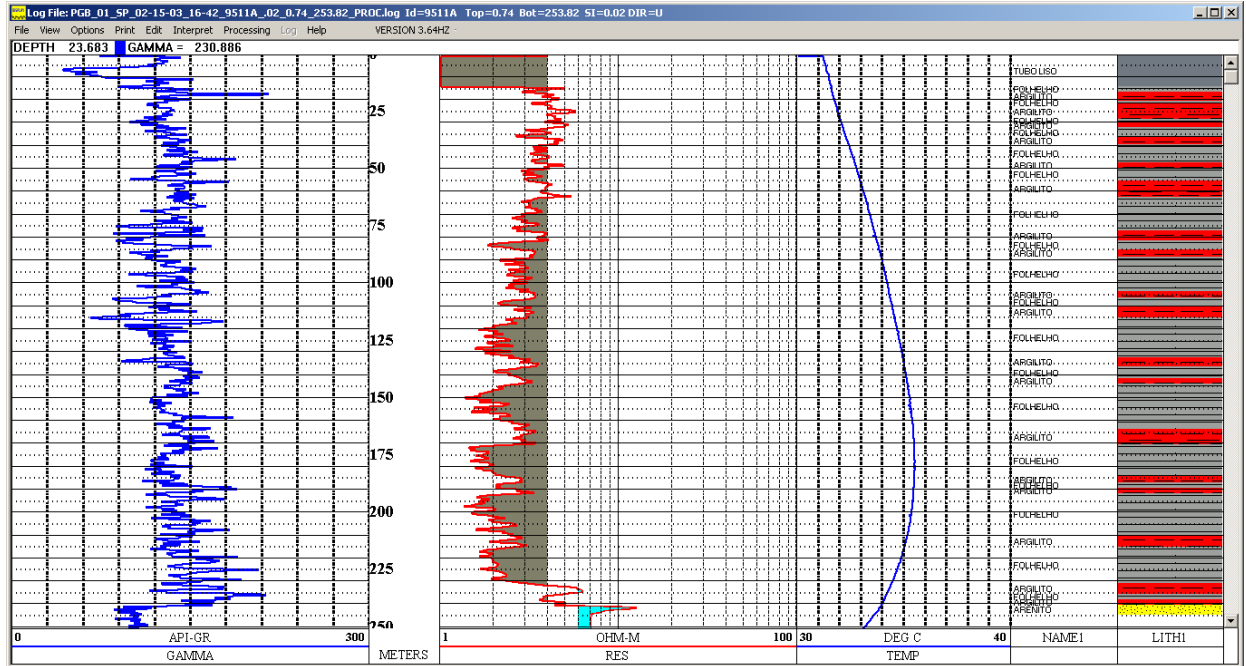


TBT-3-SP - FORD DO BRASIL – SEGUNDA PARTE DE 225 ATÉ 440 METROS

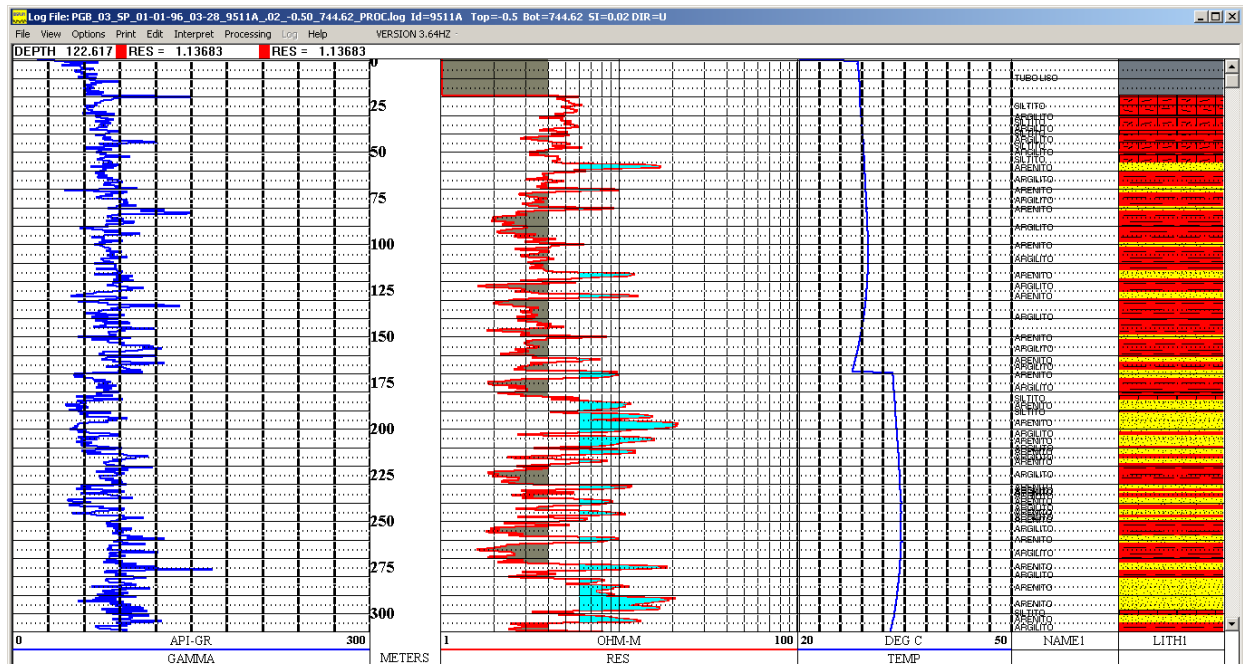


PINDAMONHANGABA

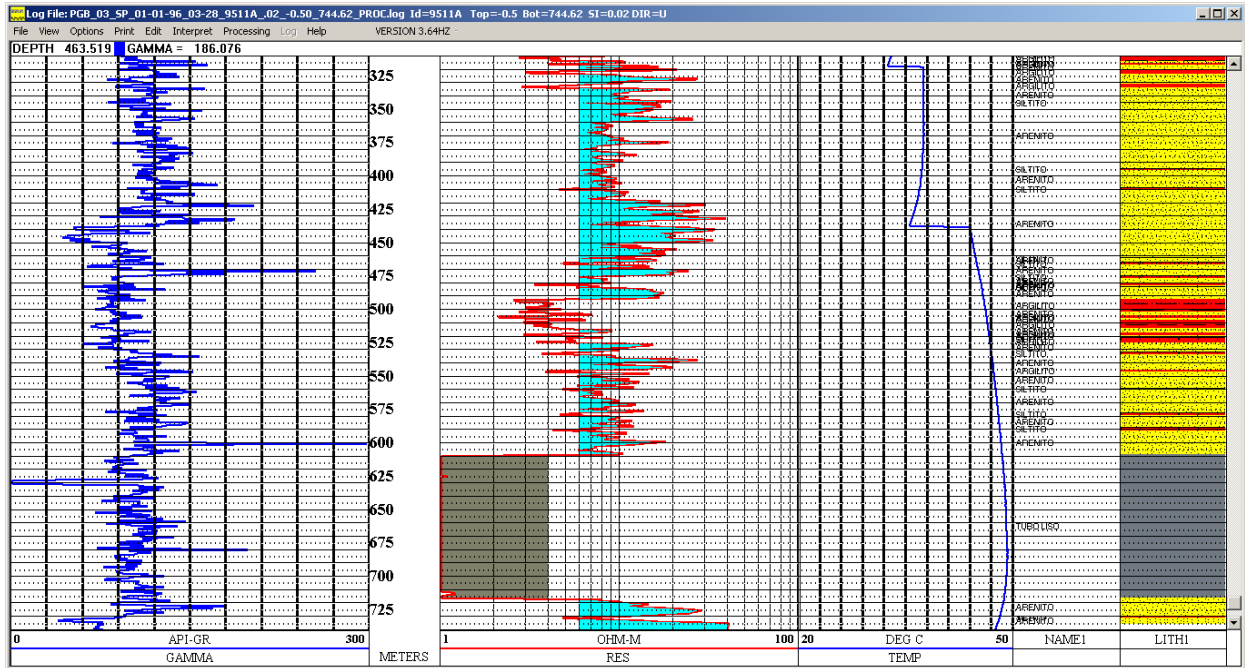
PGB-1-SP - SOUCERTEC PRODUTOS QUIMICOS



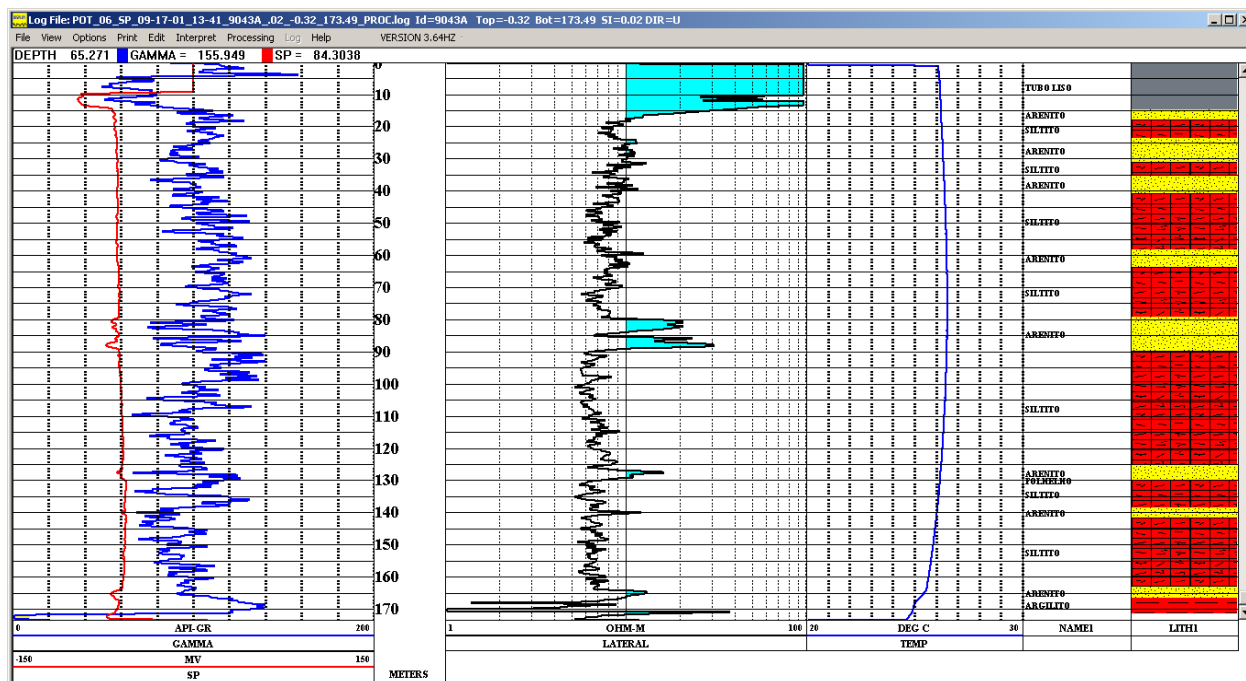
PGB-3-SP - FAZENDA MORRO AGUDO - PRIMEIRA PARTE ATÉ 300 METROS



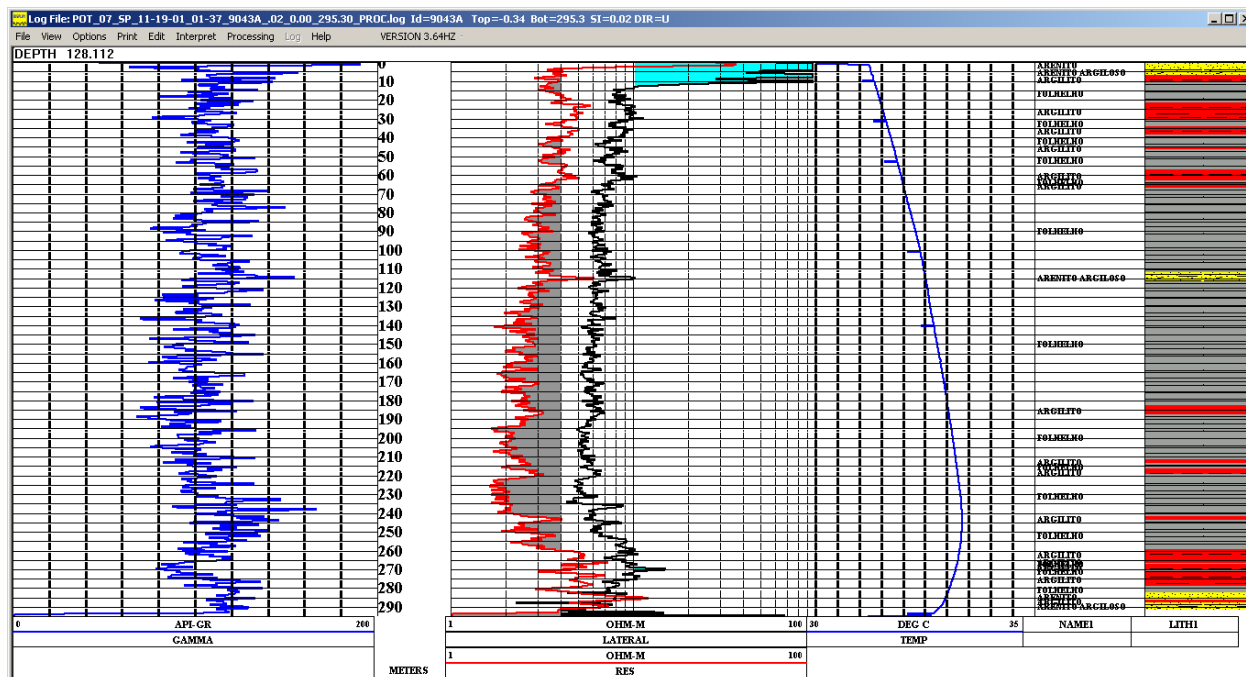
PGB-3-SP - FAZENDA MORRO AGUDO – SEGUNDA PARTE DE 310 ATÉ 732 METROS



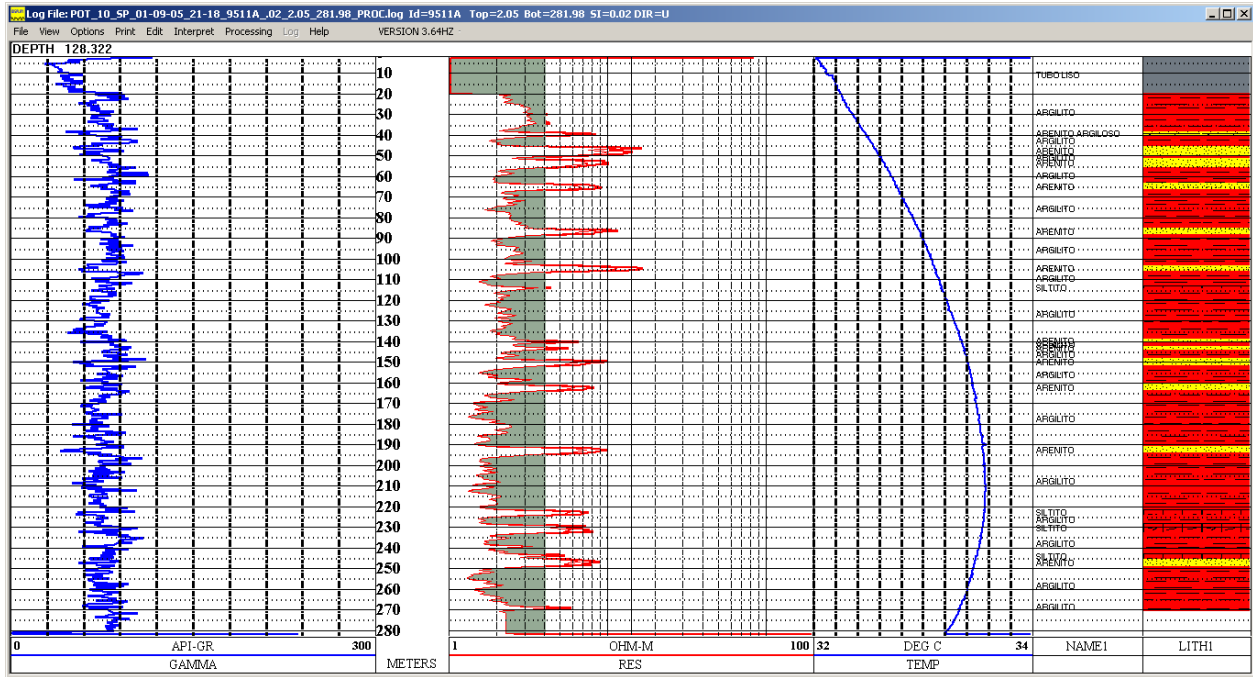
POT – 6-SP - Prefeitura Municipal – Bairro Vieira



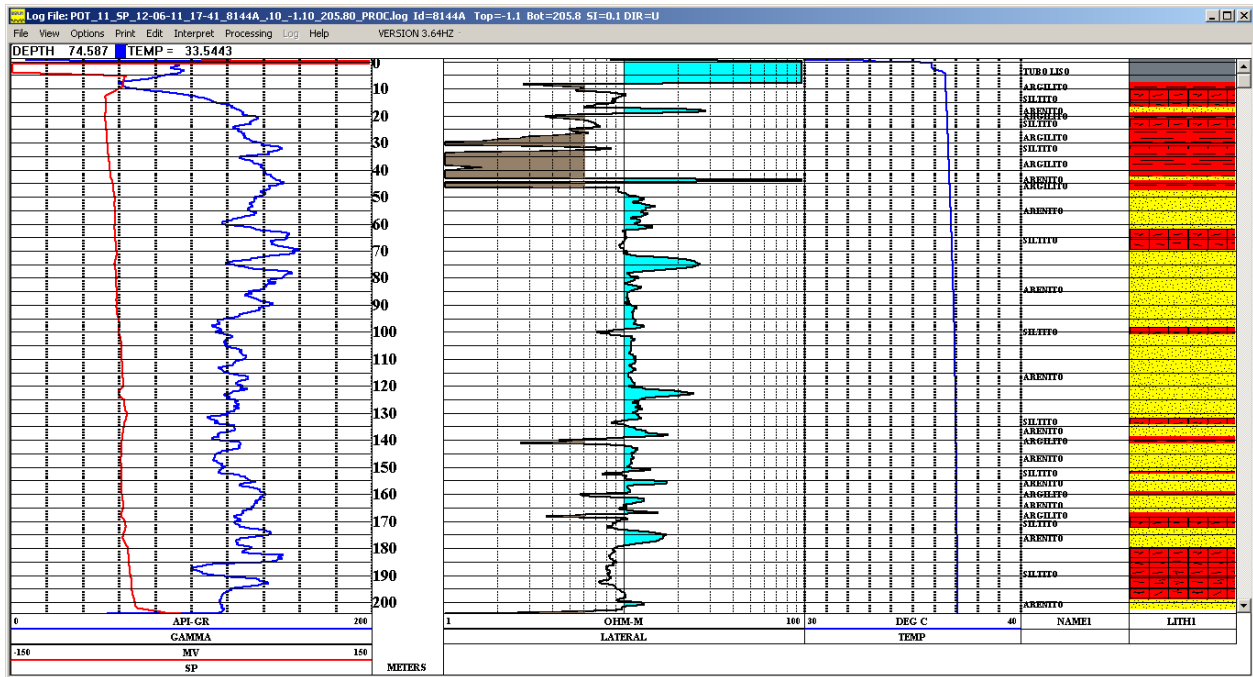
POT-7-SP - SAP – SECRETARIA DA ADMINISTRAÇÃO PENITENCIARIA – P 6



POT-10-SP – NOVA KRAFT

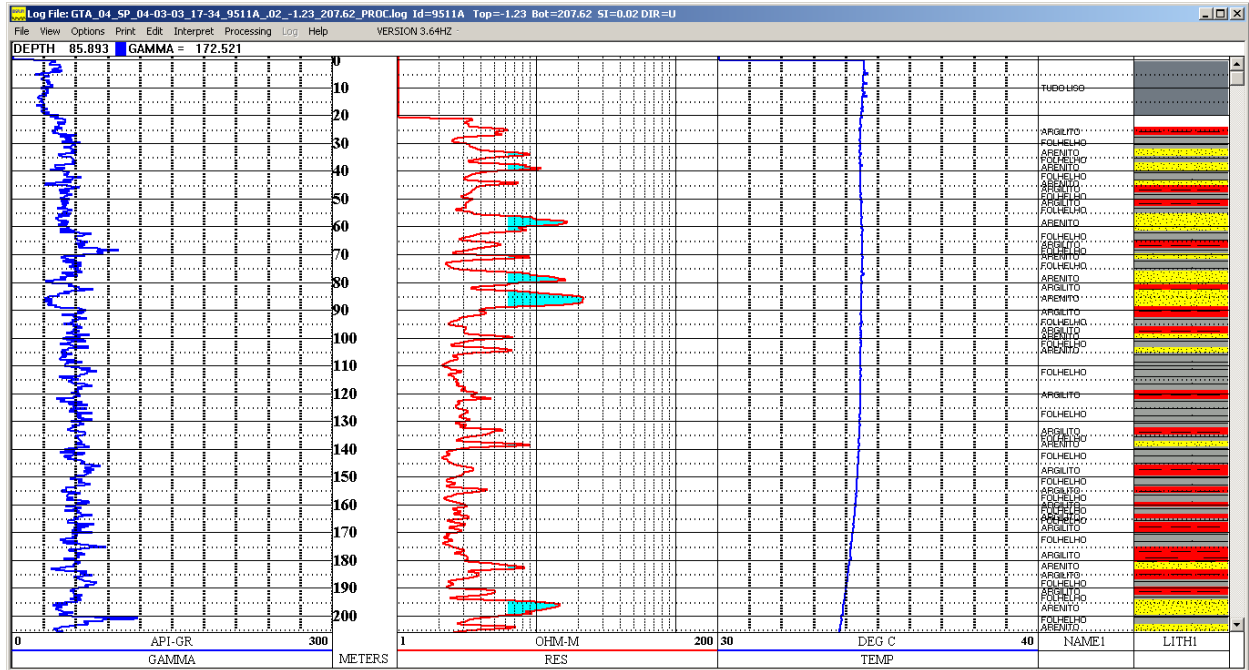


POT-11-SP - PREFEITURA MUNICIPAL – PROGRAMA SAUDE DA FAMILIA

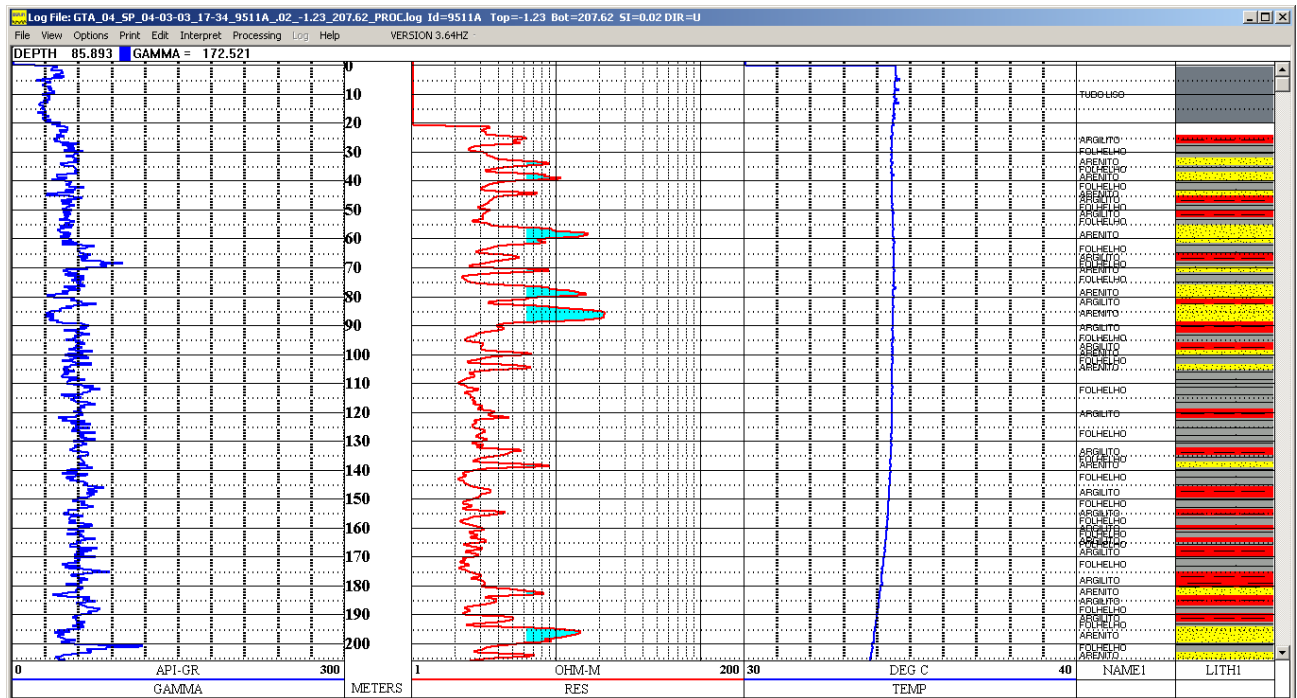


GUARATINGUETÁ

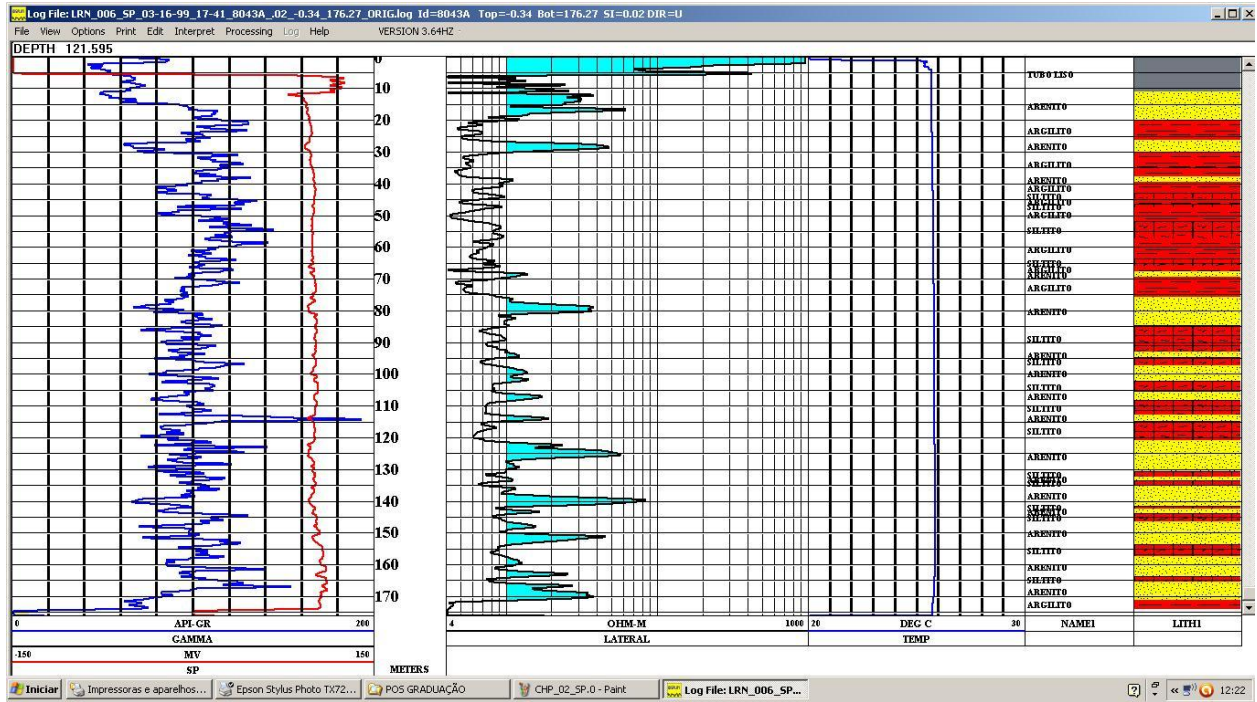
GTA-01-SP - SAAEG – JARDIM SANTA LUIZA



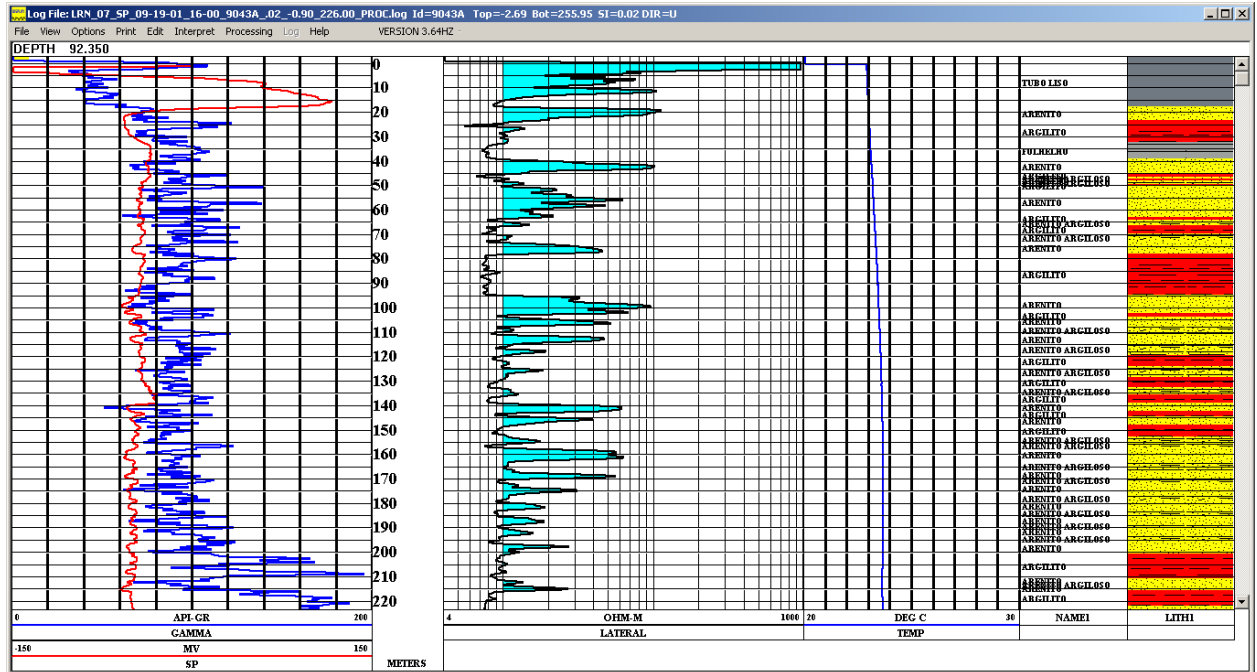
GTA-4- SP – JARDIM LOS ANGELES



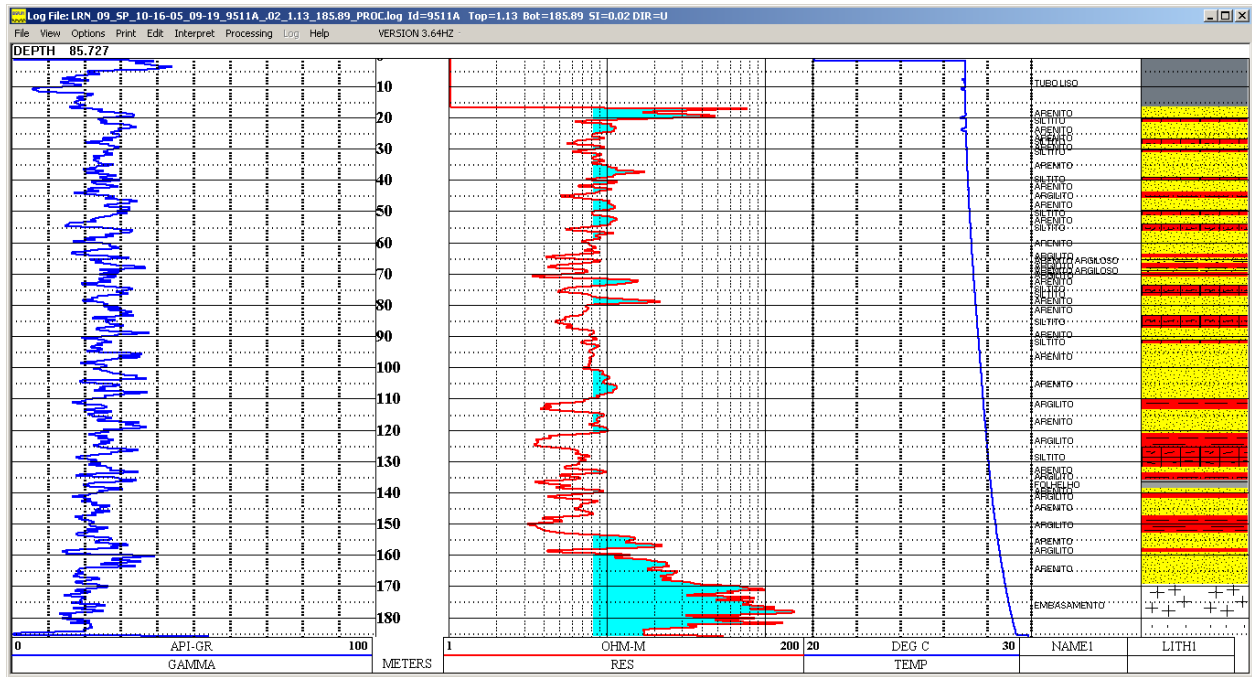
LORENA LRN-6 – SP -LORENPET



LRN-07-SP – SABESP P 20

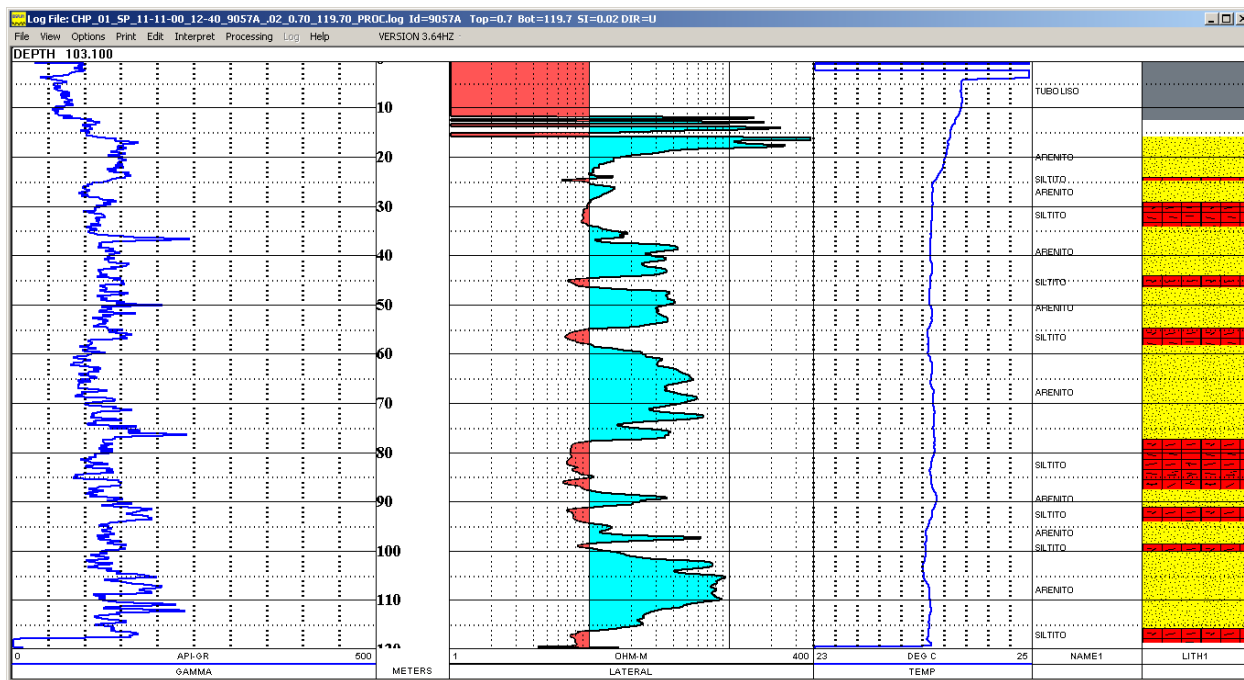


LRN-9-SP – TUBOS APOLO



CACHOEIRA PAULISTA

CHP-01-SP – SUB ESTAÇÃO DE FURNAS



CHP-02- SP – SABESP BAIRRO EMBAÚ – P 2

