

PROJETO ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DA REGIÃO DE CALDAS NOVAS, GOIÁS

Eduardo Cavalcanti Campos*
José Fernando Gambier Costa*
J. M. da Motta Marques**

* Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais — SUREG-GO
** Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais — DEGEC

ABSTRACT

The Project of Hydrogeologic Study of 3,000 km² in the Caldas Novas Region, localized in the southeastern portion of Goiás State, limited by the coordinates 17°30'-18°00'S and 48°30'-49°00'W, deals with the hydrogeologic characterization of the interesting hydrothermal occurrences that constitutes the main touristic attraction in the Centro-Oeste Region. The cadaster, levelling surveys, water chemical analyses followed by both geological and geophysical mapping, as well as drilling, pumping assays and thermal water age determinations (by tritium and C¹⁴ dosages) permitted to find the geometric and hydrodynamic characteristics and to set up a conceptual model for the hydrothermal system in the area, in order to obtain the necessary data for implantation of a rational policy of the usage of this mineral resource, by the Departamento Nacional da Produção Mineral. The hydrothermalism has an economic exploitation in three distinct places: the Quente river rises, the Pirapitinga lagoon and water wells drilled in the city and suburban area of Caldas Novas. While in the former places, the profiting of the thermal water is limited to the natural springs, in the city of Caldas Novas, an ambitious mining of the resource has been made through pumping of indiscriminate drilled wells, causing increasing problems to the hydrothermal system.

HISTÓRICO

Desde que, em 1722, Bartolomeu Bueno Filho deparou-se com as nascentes termais do caudal que posteriormente foi denominado de ri-beirão Água Quente, no sopé do flanco oriental da serra de Caldas, e que Martinho Coelho, em 1777, descobriu os mananciais termais ocorren-tes na atual área urbana de Caldas Novas e no sítio denominado Lagoa de Pirapitinga, às margens do rio Pirapitinga, a região tem sido objeto de contínuas referências quanto às propriedades terapêuticas dessas fontes hidrotermais.

Durante o século XIX e nos primórdios deste, a região foi visitada por inúmeros pesquisadores, dentre os quais destacam-se Vicen-te Moretti Foggia (1838), Manuel de Melo Franco (1838) e Maurice Faivre (1842); todavia, o trabalho de mais interesse foi realizado pelo cien-tista francês August Saint-Hilaire, quando de sua estada na região, em 1819. As detalhadas verificações por ele realizadas incluíram medidas termométricas naqueles três sítios de surgência termal (ORIENTE, 1976)

Em 1970, a região foi mapeada na escala 1:250.000 quando da realização do Projeto Goiânia, executado pela PROSPEC S.A. a serviço do DNPM (BARBOSA et alii, 1970).

Em 1973, a área foi prospectada para minerais radioativos, durante os trabalhos de radiometria do Projeto Sudeste de Goiás, que a CPRM executou para a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN (COSTA & BARRETO FILHO, 1973). Neste mesmo ano, os geólogos Avery Alan Drake Jr. e Vermon Hurst, do USGS, orientaram geólogos da CPRM e DNPM na realização de trabalhos didáticos de mapeamento de detalhe na região da serra de Caldas.

Posteriormente, em 1976, o Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, executou, para a Empresa Goiana de Turismo - GOIASTUR, um trabalho de medidas termométricas (VENEZIANI & ANJOS, 1976).

Em março de 1978, a CPRM deu início à execução dos trabalhos programados para serem realizados no Projeto de Estudo Hidrogeológico da Região de Caldas Novas, em duas fases: a preliminar, encerrada em fins daquele ano (CAMPOS et alii, 1979) e a final, a ser concluída em dezembro de 1980.

OBJETIVO

Basicamente, o projeto visa à caracterização do evento hidrotermal regional, objetivando a implantação, por parte do Governo, de uma racional e adequada política de usufruto deste recurso mineral.

LOCALIZAÇÃO, VIAS DE ACESSO E COMUNICAÇÕES

A área objeto deste estudo situa-se na região sudeste do Estado de Goiás, estendendo-se por cerca de 3.000 quilômetros quadrados, correspondentes à área delimitada pelos paralelos 17°30' e 18°00' de latitude sul e pelos meridianos 48°30' e 49°00' de longitude oeste de Greenwich.

A cidade de Caldas Novas, em cujo município se localizam as ocorrências termais, situa-se a 180 km a sudeste de Goiânia e a 400 km a sul de Brasília, ligando-se a estes centros através de rodovias asfaltadas. Dispõe, ainda, de dois aeroportos que permitem o pouso de aeronaves de porte médio-pequeno e está integrada ao sistema nacional de comunicações por DDD e DDI.

CLIMATOLOGIA

A pluviosidade média anual é da ordem de 1.500 mm, com as precipitações concentrando-se no período de outubro a março e a estação seca no período de abril a setembro.

A temperatura média anual da região é da ordem de 23°C, havendo uma correspondência entre os valores médios mínimos (19°C) nos meses secos e os valores médios máximos (24°C) nos meses chuvosos.

A umidade relativa média é de 68% e a insolação anual atinge 2.536 horas (1977).

As características climáticas da região enquadram-na, de acordo com KOEPPEN (1948), no tipo Aw, que corresponde ao clima tropical chuvoso de savana, quente e úmido, com chuvas de verão.

MORFOLOGIA, HIDROGRAFIA E VEGETAÇÃO

Na região de Caldas Novas destacam-se duas feições geomorfológicas distintas: a serra de Caldas, que se constitui em magnífico

testemunho do ciclo erosivo Sul-Americano conforme propõe KING (in BARBOSA et alii, op. cit. e BRAUN, 1971) e o planalto circunvizinho, resultante da retomada dos processos erosivos que atuaram naquela superfície, a partir do Terciário Inferior.

A serra de Caldas é constituída por uma estrutura braqui anticlinal, cuja superfície aplainada é sustentada por quartzitos que resistiram ao intemperismo. Possui um formato elíptico, com diâmetros de 15 km e 9 km, aproximadamente, sendo que o maior eixo coincide com a direção N10° W. Apresenta leve caimento para W-SW, bordas recortadas e caneladas. Sua maior cota atinge 1.040 m, com altitude média de 950 m.

A região que circunda a serra de Caldas apresenta um relevo de formas arredondadas, resultante do esculpimento decorrente de uma epirogênese positiva, com cotas de 600 m a 700 m controladas pelo nível de base do rio Corumbá.

A serra de Caldas situa-se na mesopotâmia dos rios Corumbá e Piracanjuba, afluentes da margem direita do rio Paranaíba, um dos formadores do rio Paraná. Os rios Corumbá e Piracanjuba apresentam cursos em fase de rejuvenescimento. Através de processos de superimposição, escavaram seus leitos transversalmente às estruturas metamórficas do Grupo Araxá, sobretudo a norte da cidade de Caldas Novas, enquanto que, a sul do paralelo dessa estância hidrotermal, aqueles cursos tendem a se adaptar às estruturas.

A evolução da drenagem secundária e terciária (ribeirões e córregos), impôs um padrão de acomodamento às estruturas e direções de camadas, diaclases e falhas (drenagem subsequente ou direcional). No geral, apresentam padrão em treliça, localmente retangular. O padrão radial é evidenciado nas faldas da serra de Caldas, onde os ribeirões Bagre, Água Quente e Caldas constituem os exemplos mais importantes.

Na região ocorre, generalizadamente, uma formação vegetal típica: cerrado ou savana. Os cerrados são constituídos por uma vegetação primária, bastante antiga, formados em condições climáticas mais severas que as atuais. Os cerrados são constituídos, basicamente, por dois estratos: um superior, formado por árvores e arbustos de troncos e galhos retorcidos, com altura máxima de dez metros e um estrato inferior formado por gramíneas com altura máxima de um metro. A ação antrópica, representada por atividades agro-pastoris ou simplesmente predatórias, transformaram os cerrados em cerradinhos e campos sujos; as matas ciliares que desenvolvem-se ao longo dos cursos d'água, apresentam, outrossim, alto grau de devastação, sendo transformadas em tipos degradados de vegetação constituídos pelas capoeiras.

TRABALHOS REALIZADOS

Foram cadastrados 213 pontos d'água, sendo 11 nascentes, 101 poços escavados e, ainda, 91 poços tubulares, (Fig. 02), dos quais, 72 situam-se nas áreas urbana e suburbana de Caldas Novas (Fig. 03). Dos pontos inventariados, foram nivelados 153, através do método THOMMEN.

Posteriormente, foram coletadas e analisadas 50 amostras, para determinação de seus constituintes básicos; sendo que, em 10 amostras determinou-se, também, seus conteúdos em As, B, SiO₂, Cs e Pb. Para determinação de idade, em 7 amostras fez-se dosagem de C-14, e em 5, seu conteúdo em trítio.

O mapeamento regional, na escala de 1:25.000, foi executado pela equipe constituída pelos geólogos Olavo Caramori Borges e Maira Barberi Ribeiro, da SUREG-GO da CPRM, em uma área delimitada pelos para

lelos 17°33' e 17°55' de latitude sul e pelos meridianos de 48°30' e 48°52' de longitude oeste de Greenwich, perfazendo 1.500 quilômetros quadrados. O restante da área do projeto foi fotointerpretado, na escala de 1:100.000.

Foram abertos cerca de 230 quilômetros de picadas orientadas a bússola e 70 quilômetros a teodolito, para apoiar os trabalhos de geofísica. Estes constaram do levantamento de 185 quilômetros de perfis elétricos (visando ao comportamento em subsuperfície dos fraturamentos) e 96 quilômetros de perfis magnetométricos (visando à caracterização de eventual intrusão sob a serra de Caldas), além de 34 sondagens verticais com AB/2 variando entre 500 e 1.500 metros.

Pelo projeto foram perfurados 2 poços tubulares, pelo método de percussão, totalizando 828 metros. Objetivando a completar as observações dos condicionamentos lito-estruturais em subsuperfície, foram acompanhadas as perfurações de cerca de 20 poços tubulares, de propriedade de particulares.

Finalmente, objetivando a obtenção das características dos poços e do aquífero termal, foram efetuadas cerca de 150 horas de bombeamento em poços tubulares situados nas áreas urbana de Caldas Novas e lagoa de Pirapitinga.

Os mananciais das nascentes do rio Quente, que se constituem no maior volume de surgência hidrotermal da região, foram objeto de observações hidrológica e barométrica, bem como de amostragens periódicas de águas fluviais e pluviais para análise de conteúdo em Ca e Mg, durante um ciclo hidrológico completo, no período compreendido entre junho/1979 e maio/1980.

Suplementarmente (junho/1980), executam-se os trabalhos de perfilagens térmica, gama, potencial espontâneo e elétrica, bem como os ensaios de bombeamento, que ensejarão o estabelecimento de correlações e inferências necessárias à caracterização do aquífero hidrotermal. Aguardam-se, outrossim, os resultados das datações daquelas águas, através da dosagem de Carbono-14, objetivando delinear, com precisão, a direção de fluxo do aquífero termal.

BALANÇO HÍDRICO GLOBAL DA BACIA DO RIO CORUMBÁ

Utilizando-se de informações hidrológicas obtidas através de várias estações climato-plúvio-fluviométricas situadas na bacia do rio Corumbá, com uma área de 34.274 quilômetros quadrados, durante os ciclos hidrológicos de 1976/1977 e 1977/1978, pôde-se chegar a uma primeira estimativa do balanço hídrico global da bacia.

Esta tentativa de estabelecimento do balanço foi baseada na expressão:

$$P = E_r + E_s + Q_w \pm d_w \quad (1)$$

Onde:

P = precipitação total anual, em m³

E_r = evapotranspiração total anual, em m³

E_s = escoamento superficial total anual, em m³

Q_w = escoamento subsuperficial total anual, em m³

d_w = variação das reservas aquíferas anual, em m³

A Tabela I apresenta o resumo dos dados obtidos, que satisfazem a expressão (1), do balanço hídrico global.

Verifica-se que, nos volumes de defluxo total, o escoamento subsuperficial apresenta valores muito superiores aos correspondentes

valores do escoamento superficial, com percentuais de 73,1 e 67,5 respectivamente.

GEOLOGIA

A geologia da região de Caldas Novas apresenta grande complexidade, sobretudo estrutural, devido à sua evolução. As rochas aflorantes constituem-se de metamorfitos pertencentes ao Grupo Araxá (pré-Cambriano Médio), e a uma unidade, denominada informalmente pela equipe que a mapeou, de Rochas Submetamórficas da Serra de Caldas, correlacionada com o Grupo Bambuí (pré-Cambriano Superior).

ESTRATIGRAFIA

As rochas do Grupo Araxá foram subdivididas, da base para o topo, em:

Unidade 1 (p_{ca}₁) - biotita-quartzo xistos com gnaisses subordinados, mármore e rochas ultrabásicas e ácidas. Aflora em uma faixa circundando a serra de Caldas, onde está condicionada pelo falhamento de empurrão que a colocou sobre as rochas sub-metamórficas e, também, no quadrante nordeste da Folha de Caldas Novas, onde ocorre no centro de uma estrutura sinforme, com eixo N80° W.

Unidade 2 (p_{ca}₂) - clorita-quartzo xisto, aflorando em uma faixa estreita, circundando as rochas da unidade anterior que estão junto à serra de Caldas; no extremo nordeste da folha e em extensa faixa a oeste e a norte da área, onde cavalgam as rochas da Unidade 3.

Unidade 3 (p_{ca}₃) - sericita-quartzo xistos, quartzitos e quartzitos com sericita-quartzo xistos e grafita xistos subordinados. Aflora em, praticamente, todos os quadrantes, apresentando contatos normais e tectônicos com a unidade intermediária e contato normal com a unidade basal, devido ao acunhamento da Unidade 2.

As rochas sedimentares sub-metamórficas que ocorrem na serra de Caldas foram subdivididas em 2 unidades:

Unidade A (p_{ssca}) - metarenito de grã fina, bem estratificado, de cores claras, com uma lente de biotita mármore, originada a partir do dínamo metamorfismo de sedimentos margosos.

Unidade B (p_{sscb}) - metassiltito bem estratificado, de cores branca a rosada, com camadas decimétricas de metargilitos de cor cinza.

ESTRUTURAL

Foram evidenciados, claramente, dois esforços compressivos: o primeiro, vindo de oeste que, ao originar uma grande falha de empurrão, colocou os metamorfitos do Grupo Araxá sobre as rochas sedimentares correlacionadas com o Grupo Bambuí, e o segundo, vindo de norte, propiciou, em função das estruturas de intersecção com o primeiro esforço, o surgimento da estrutura dômica da serra de Caldas, onde, devido a fenômenos erosivos, estão expostas as litologias da unidade mais jovem, caracterizando uma janela estrutural, limitada pelo plano principal da falha de empurrão.

Na região foram caracterizados três sistemas principais de fraturas: o mais importante, variando entre N20° W e N20° E, com predominância meridiana e os de direções N40° -60° W e N60° -70° E, este de importância secundária.

HIDROQUÍMICA

O estudo hidroquímico foi baseado em 50 amostras de água, analisadas nos laboratórios da CETESB - São Paulo, da SANEAGO - Goiás, da Universidade Católica de Pernambuco e da SUREG-BH, da CPRM. As análises das amostras representativas são apresentadas na Tabela II.

As águas subsuperficiais são bicarbonatadas, exceto as que ocorrem em clorita xistos ($p\beta a_2$), predominantemente cloretadas. Os diversos tipos geoquímicos estão relacionados, "grosso modo", com as várias litologias: magnesianas, nos argilitos e siltitos ($p\beta sscA$) e quartzitos ($p\beta sscB$); magnesianas, cálcicas, ou mistas nos sericita xistos e quartzitos ($p\beta a_3$); sódicas nos gnaisses e xistos a duas micas ($p\beta a_1$).

As águas termais (temperatura $> 26,5^\circ C$) são bicarbonatadas das magnesianas nas nascentes de Pousada (amostras $\neq 143$), bicarbonatadas das cálcicas em Pirapitinga (amostras $\neq 100$ e $\neq 101$) e a norte de Caldas Novas (amostras $\neq 141$ e $\neq 154$) enquanto, que em Caldas Novas são bicarbonatadas mistas (amostras $\neq 22$, $\neq 25$, $\neq 27$, $\neq 31$, $\neq 68$).

O estudo dos diagramas triangulares (Fig. 04) sugere troca de bases entre as amostras $\neq 27$, $\neq 22$, $\neq 31$ e $\neq 101$, com aumento de Mg, no sentido Pirapitinga-Caldas Novas e que a amostra $\neq 25$ (bicarbonatada cloretada cálcica) poderá ser mistura do tipo da amostra *03 (clorietada sódica) com o tipo da amostra $\neq 27$ (bicarbonatada magnesia na cálcica).

A análise da evolução dos índices de troca de bases e de desequilíbrio, bem como da relação iônica rMg/rCa sugere que: a. a norte de Caldas Novas (amostras $\neq 141$ e $\neq 154$) o escoamento subterrâneo se processa de oeste para leste; b. na área de Caldas Novas (amostras $\neq 31$, $\neq 22$ e $\neq 71$) o escoamento se faz de sudoeste para nordeste, o que está de acordo com a piezometria e, em âmbito mais estrito (amostras $\neq 25$, $\neq 28$ e $\neq 22$, $\neq 31$, $\neq 71$), o escoamento é radial divergente; c. ocorre troca de (Na + K) da rocha pelo Mg e Ca da água, no sentido do escoamento.

Não existe qualquer correlação entre $\log (rNa/rK)$ versus temperatura, nas águas subsuperficiais, mas verifica-se aquela correlação nas amostras de águas termais (Fig. 05). Contudo, em algumas águas termais, esta correlação, definida pela reta $y = 0,29x + 7,21$, não é perfeita, devido a mistura de águas (caso da $\neq 25$), ou a contaminação por águas superficiais, o que poderá ocorrer nas nascentes de Pousada, onde as águas termais afloram através de fraturas (amostra $\neq 143$). A norte da serra de Caldas a amostra *103 poderá enquadrar-se na lei linear acima definida, havendo a possibilidade de mistura do tipo da amostra $\neq 68$ com o tipo da amostra $\neq 140$, contaminada por águas superficiais, o que sugere fluxo ascendente de água termal, através de fraturas.

As concentrações em trítio < 2 T.U. (amostras $\neq 143$ e $\neq 101$) sugerem que as águas termais profundas se infiltraram antes de 1952, o que pressupõe um percurso subterrâneo relativamente longo. Admite-se que teores > 2 T.U. (amostras $\neq 31$ e $\neq 141$) resultem de contaminação por águas superficiais.

HIDROGEOLOGIA

Através da integração dos trabalhos realizados, pode-se estabelecer um modelo hidrogeológico conceitual que, atendendo aos diversos condicionamentos impostos, satisfazem e justificam plenamente os eventos hidrotermais, ocorrentes na região. Pelo modelo proposto, as

águas termais estariam circulando na zona de cisalhamento, relacionada com a falha de cavalgamento que sobrepôs os metamorfitos Araxá aos da sequência sub-metamórfica da serra de Caldas. Estas águas, com características meteóricas, teriam seu aquecimento decorrente do geotermalismo, proporcionado por sua circulação profunda. Sua ascensão à superfície dar-se-ia em condições peculiares: através de falhas e fraturas que interceptassem a falha de cavalgamento em profundidade (nascentes da lagoa de Pirapitinga e da cidade de Caldas Novas) ou quando o plano da falha fosse seccionado pela superfície topográfica em condições favoráveis (nascentes do rio Quente).

Os poços tubulares, perfurados nas mencionadas áreas de ocorrências hidrotermais, desde que atinjam as estruturas falhadas ou fraturadas, apresentam vazões e temperaturas variáveis, função das suas características construtivas e das condições locais do aquífero fissura do interceptado.

Em cada um desses três sítios de maior importância, as águas termais ocorrem com características peculiares. Das nascentes do rio Quente manam águas no considerável volume de, aproximadamente, 6.000 m³/h com pH entre 5,4 e 6,4; as temperaturas variam entre 35°C e 38,5°C. Outrossim, nas nascentes da lagoa de Pirapitinga, as fontes vertem cerca de 50 m³/h, a temperaturas compreendidas entre 40°C e 49°C, tendo pH variando entre 7,7 e 8,2. Atualmente, as captações artificiais na área urbana de Caldas Novas demandam cerca de 500 m³/h de águas termais, com temperaturas oscilando entre 27°C e 45°C e pH entre 7,3 e 7,8.

Ao nível atual de conhecimento proporcionado pelos estudos desenvolvidos pelo projeto, sugere-se que a área de recarga do aquífero termal situa-se fora dos limites abrangidos pelo trabalho.

CONCLUSÕES

As conclusões ora apresentadas têm caráter definitivo constituindo o perfil característico destas ocorrências hidrotermais, tendo-se em vista que os trabalhos de campo estão em fase final de execução.

1. O modelo hidrogeológico conceitual proposto tem sido testado durante o desenrolar das atividades programadas, com resultados satisfatórios.

2. O estudo comparativo de pretéritas medidas de temperaturas, efetuadas há cerca de cento e sessenta anos, cotejadas com as medidas efetuadas no início do projeto, em abril de 1978, não revelaram significativas alterações. Entretanto, medidas efetuadas no mês de abril de 1980, possibilitaram constatar acréscimos de até 2°C, nos locais onde o bombeamento tem sido mais intenso, evidenciando uma óbvia perturbação do equilíbrio dos condicionamentos originais.

3. Embora o bombeamento dos poços tubulares existentes na área urbana de Caldas Novas, provoque rebaixamento da ordem de duas dezenas de metros, verificou-se que a recuperação, a nível de jorro se faz dentro do período de seis a doze horas.

4. A constatação da tendência de aumento de temperatura em direção à serra de Caldas, formulada em trabalho de medidas termométricas, realizadas na região pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE - de São José dos Campos - SP, em convênio com a Empresa de Turismo de Goiás - GOIASTUR, (VENEZIANI & ANJOS, op. cit.) refere-se, de fato ao incremento de temperatura decorrente da aproximação com a zona de cisalhamento da falha de empurrão que bordeja a serra.

5. Através da realização dos quatro perfis longitudi

nais, executados segundo a direção N-S, cortando a serra de Caldas pode -se constatar a inexistência de um corpo intrusivo que seria o responsável pela estrutura e pelo termalismo das águas, como aventavam hipóteses anteriormente propostas.

6. Dosagens de radônio, efetuadas em sete pontos, evidenciaram, em seis daqueles pontos, valores de radioatividade abaixo de 5 maches, não sendo, portanto, considerados como radioativos, para efeito legal, sendo que apenas, uma delas apresentou valores de 18,5 maches classificando-a como radioativa. Estes baixos valores de radioatividade eliminam a possibilidade do hidrotermalismo ser originado por desintegração de minerais radioativos.

7. A existência de eventos de hidrotermalismo em uma área relativamente extensa ensejam considerar como prospectáveis aqueles sítios que, embora afastados, situam-se dentro do esquema estrutural que condiciona sua ocorrência.

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, O. et alii - 1970 - Projeto Goiânia. PROSPEC S.A./DNPM, Petrópolis, 75 p. (inédito)
- BRAUN, O.P.G. - 1971 - Contribuição à geomorfologia do Brasil Central. Revista Bras. de Geografia, (3): 03-39.
- CAMPOS, E.C. et alii - 1979 - Projeto Estudo Hidrogeológico da Região de Caldas Novas. Relatório Preliminar. DNPM/CPRM, Goiânia (GO), 63 p. (inédito).
- COSTA, J.F.G. & BARRETO FILHO, J. dos A. - 1973 - Projeto Sudeste de Goiás. CNEN/CPRM, Goiânia (GO), p. (inédito).
- ORIENTE, T. - 1976 - As fabulosas águas quentes de Caldas Novas. Antologia. Goiânia (GO), Ed. Oriente, 3ª Edição, 166 p.
- VENEZIANI, P. & ANJOS, C.E. dos - 1976 - Projeto Caldas Novas. INPE/GOIASTUR |s. ident.| 53 p.

TABELA I - BALANÇO HÍDRICO GLOEAL DA BACIA DO RIO CORUMBÁ

PARÂMETRO	CICLO HIDROLÓGICO 1976/1977	CICLO HIDROLÓGICO 1977/1978
P (*)	52.381	51.010
E _r (*)	35.989	36.482
E _s (*)	4.186	4.417
Q _w (*)	11.414	9.200
d _w (*)	792	911

OBSERVAÇÃO: (*) Valores em 10⁶ m³

Nº	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₂ ²⁻	t°C
*3	0,01	0,73	1,40	2,20	5,33	1,50	2,00	0,00	22,0
#22	16,80	10,21	2,10	2,00	5,68	4,60	80,00	0,00	44,0
#25	3,50	2,00	1,40	2,00	6,10	<2	13,00	0,00	29,0
#27	16,00	9,72	1,40	2,40	4,97	1,20	78,00	0,00	44,0
#31	18,40	9,23	2,10	2,20	6,39	1,20	85,00	0,00	45,0
#68	9,40	1,60	8,20	2,00	0,20	3,00	40,00	6,00	27,0
#71	3,00	1,60	2,10	1,20	0,50	<2	19,00	0,00	31,5
#100	22,00	8,99	2,10	2,40	7,10	2,20	92,00	0,00	44,5
#101	21,60	8,51	2,10	2,40	7,10	0,80	88,00	0,00	49,0
*103	16,80	11,42	11,60	1,20	9,94	8,00	102,00	0,00	24,0
#140	6,40	4,86	3,50	0,80	6,39	6,00	30,00	0,00	28,0
#141	9,30	3,30	3,70	0,80	0,80	<2	39,00	2,00	29,0
#143	4,00	3,50	-	0,70	0,40	<2	20,00	0,00	37,5
#154	13,60	2,70	6,00	1,50	0,40	10,00	40,00	8,00	28,5

TABELA II - Composição química de amostras de águas subterrâneas, na região de Caldas Novas. Valores em mg/l.

* águas subsuperficiais; ~~#~~ águas termais

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE CALDAS NOVAS, GOIÁS

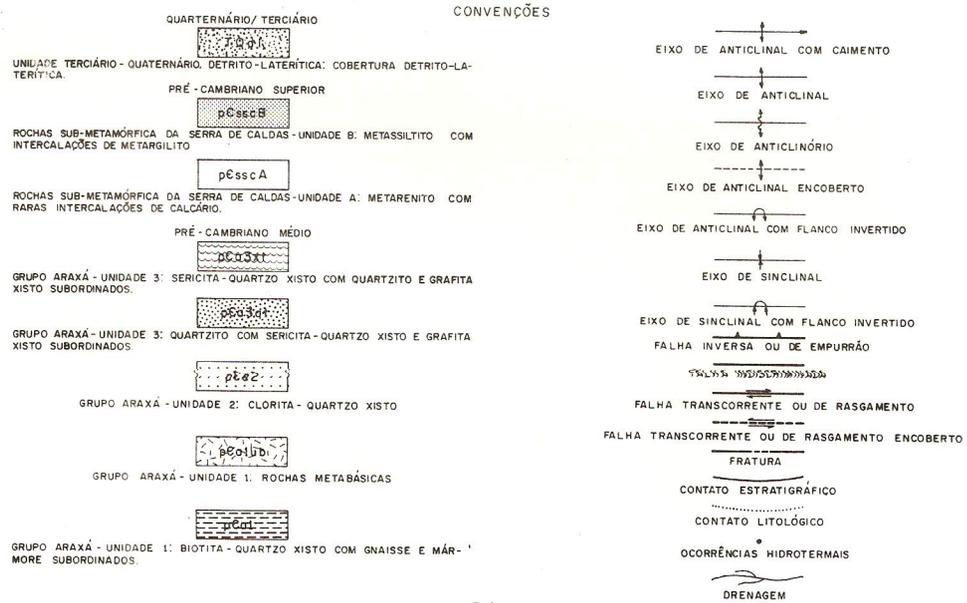
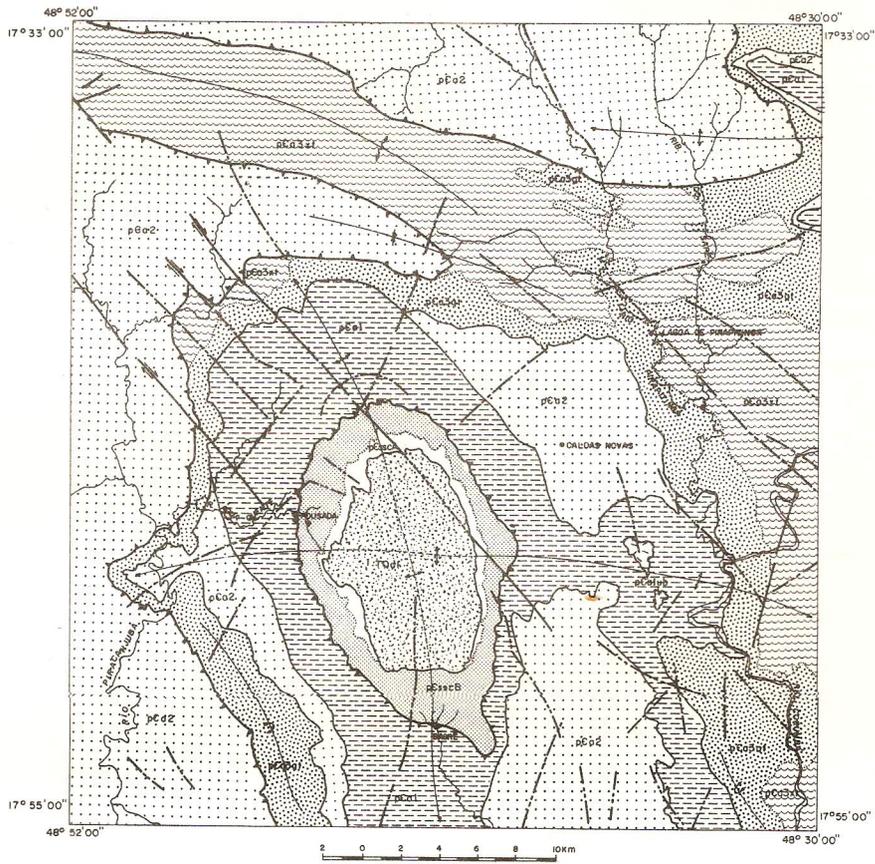
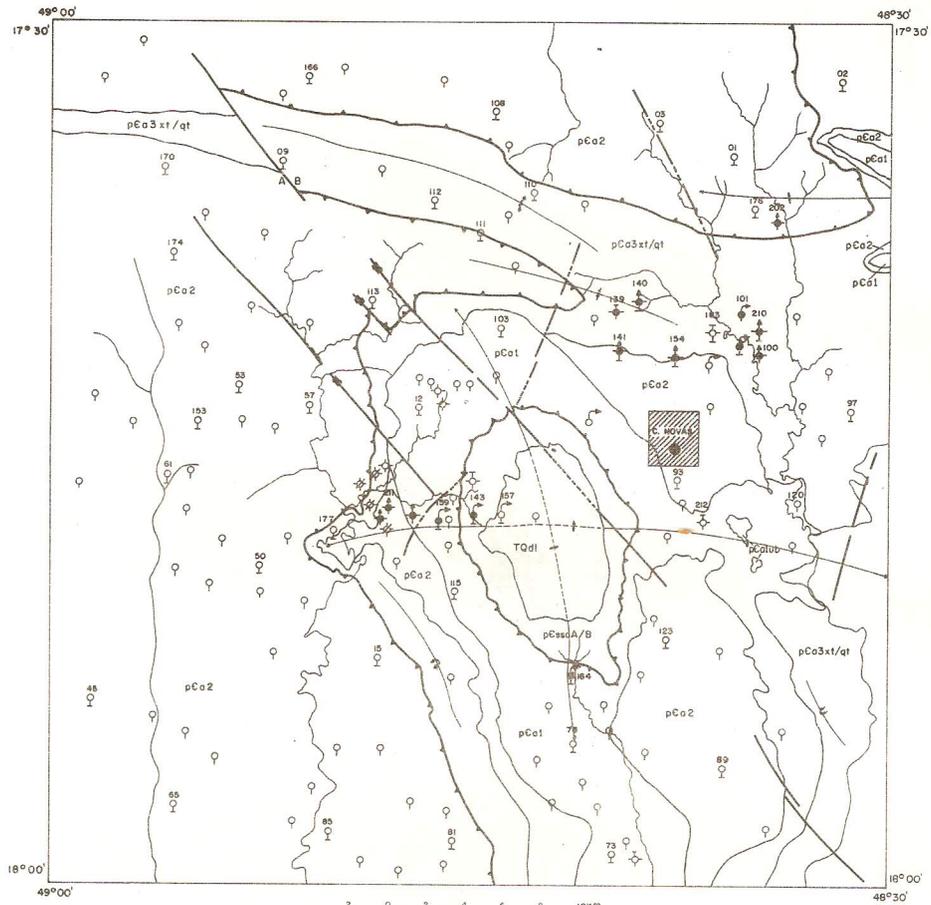


FIG. 1

MAPA DE LOCAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS CADASTRADOS NA REGIÃO DE CALDAS NOVAS
INDICAÇÃO DAS DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E PERFILAGENS



CONVENÇÕES

- NASCENTE
- POÇO ESCAVADO
- POÇO TUBULAR
- POÇO TUBULAR OBSTRUIDO / SECO
- POÇO TUBULAR ARTESIANO
- POÇO TUBULAR ARTESIANO JORRANTE
- INDICAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE HIDROTHERMALISMO
- INDICAÇÃO DE REALIZAÇÃO DE ANÁLISE BÁSICA

ANÁLISE BÁSICA:

Ca, Mg, Na, K, Fe²⁺, Fe³⁺, Cl, SO₄, HCO₃, CO₂, NO₂, NO₃,
TAC, RESÍDUO TOTAL, DUREZA TOTAL, CONDUTIVIDADE,
TEMPERATURA, pH.

Cs - Rb - As - B:

100 - 101 - 141 - 143 - 154 - 183

TRÍTIUO:

101 - 139 - 141 - 143

CARBONO-14 E RADIOATIVIDADE (RADÔNIO):

140 - 141 - 143 - 154 - 210

PERFILAGENS GAMA - SP - ELÉTRICA - TÉRMICA:

141 - 154 - 202 - 210 - 212

TEMPERATURAS:

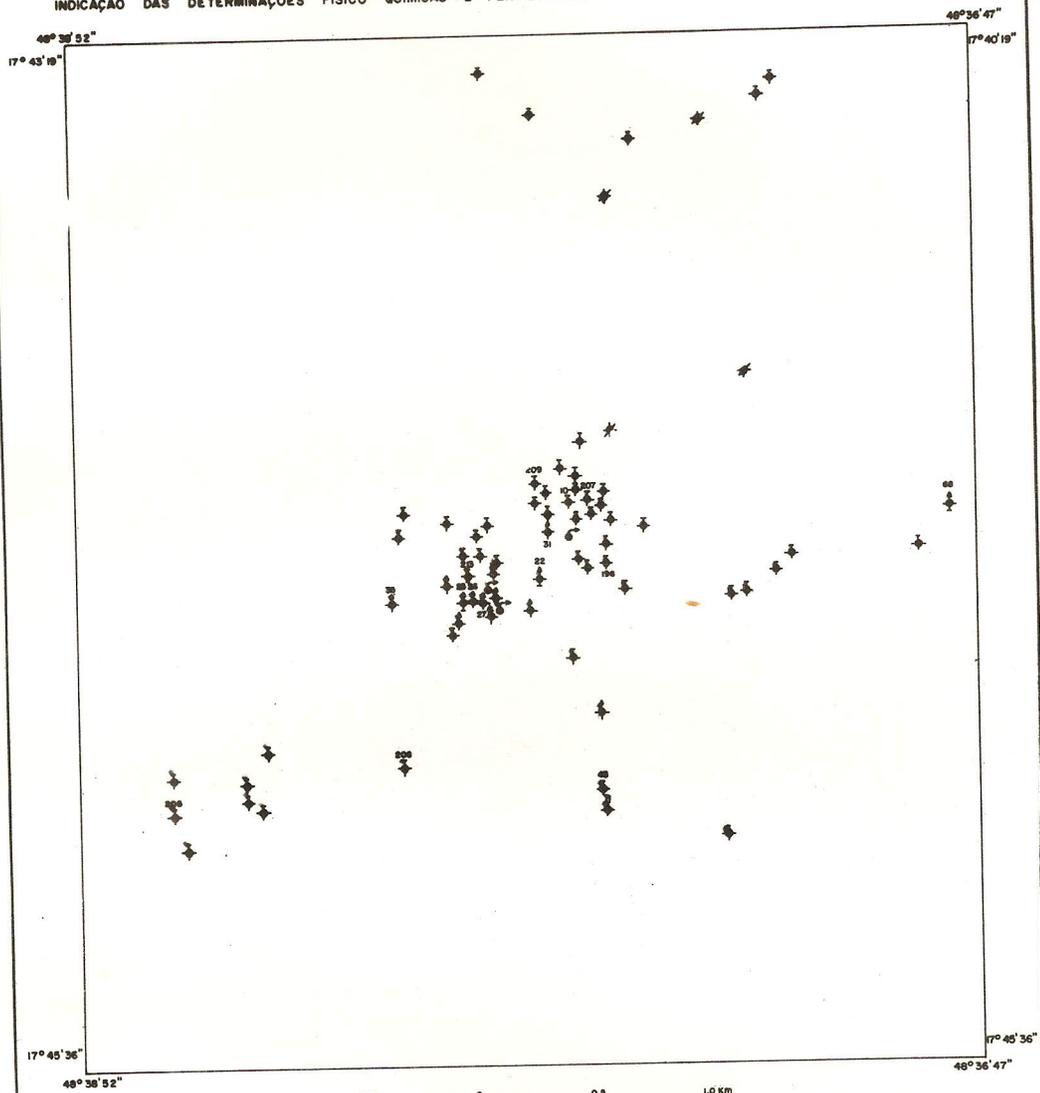
27° / 30° C: 139 - 140 - 141 - 154 - 164 - 202 - 212
30° / 40° C: 143
41° / 45° C: 100 - 210
46° / 49° C: 101

ÁREA DE DETALHE DA CIDADE DE CALDAS NOVAS

FIG. 2

MAPA DE LOCAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS CADASTRADOS NA ÁREA DE DETALHE DA CIDADE DE CALDAS NOVAS

INDICAÇÃO DAS DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E PERFILAGENS



CONVENÇÕES

- | | |
|--|--|
| <p>NASCENTE TERMAL</p> <p>POÇO TUBULAR TERMAL COM ANÁLISE BÁSICA</p> <p>POÇO TUBULAR TERMAL ARTESIANO</p> <p>POÇO TUBULAR TERMAL ARTESIANO JORRANTE</p> <p>POÇO TUBULAR TERMAL OBSTRUIDO</p> | <p>ANÁLISE BÁSICA:
22 - 25 - 27 - 31 - 66 - 71</p> <p>Cs - Rb - As - B:
22 - 27 - 31 - 68</p> <p>TRÍTIU:
31</p> <p>CARBONO - 14 E RADIOATIVIDADE (RADÔNIO):
22 - 68</p> <p>PERFILAGENS GAMA - SP - ELÉTRICA - TÉRMICA:
25 - 26 - 35 - 43 - 205 - 206 - 207 - 209 - 213</p> |
|--|--|

FIG. 3

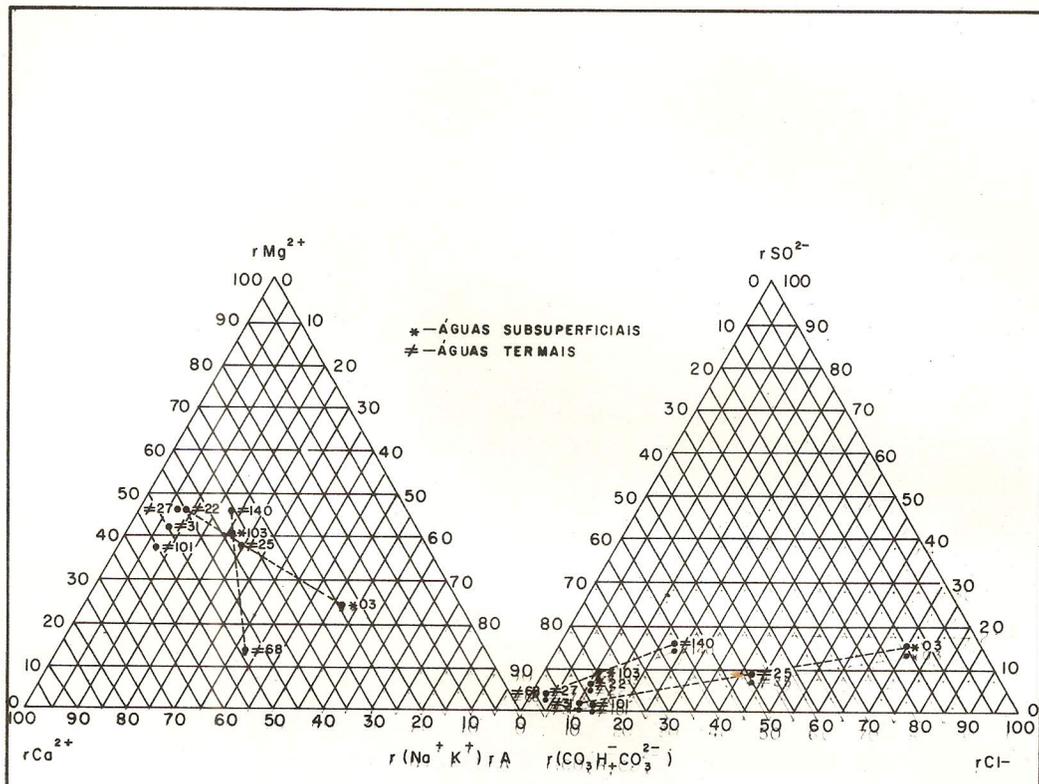


FIG. 4 DIAGRAMA TRIANGULAR-TROCA DE BASE E MISTURAS DE ÁGUAS

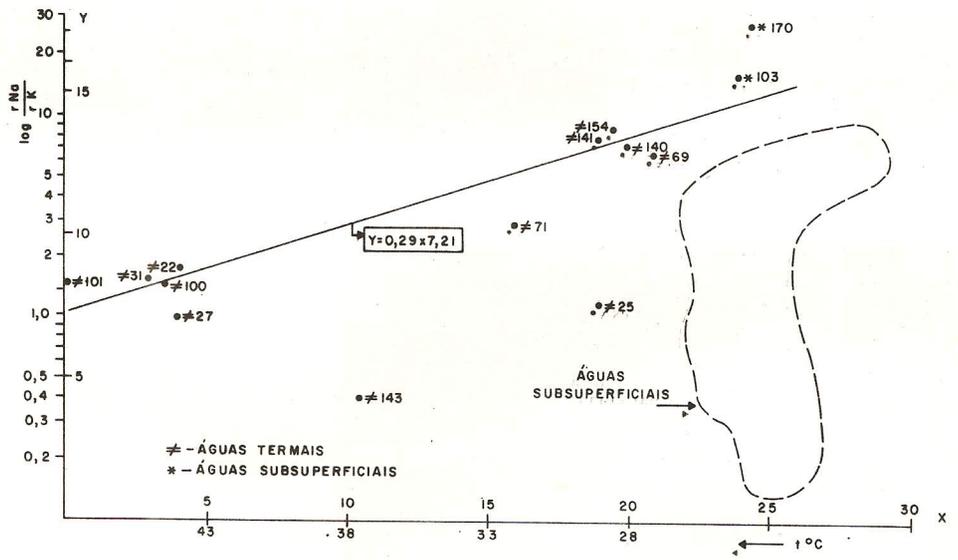
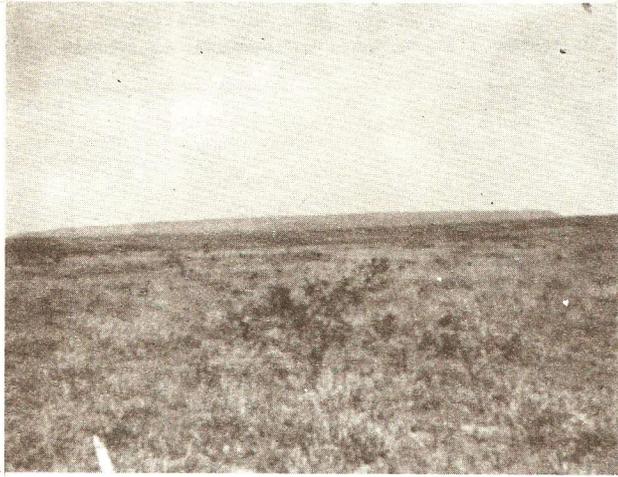
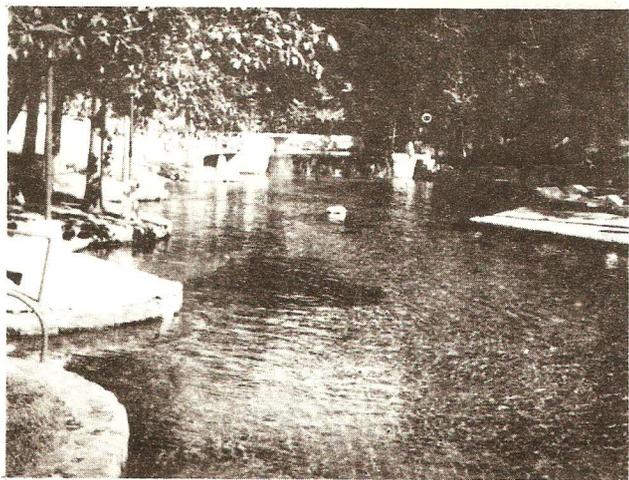


FIG. 5 log rNa/rK versus temperatura



Vista panorâmica da serra de Caldas, que se destaca em uma morfologia plana e monótona.

Nascentes termais da lagoa de Pirapitinga.



Nascentes termais do rio Quente.