



COMPORTAMENTO DO NÍVEL POTENCIOMÉTRICO DO AQUIFERO TERMAL DE CALDAS NOVAS-GO E MEDIDAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE APLICADAS PELO DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM)

PERFORMANCE LEVEL OF AQUIFER THERMAL POTENTIOMETRIC CALDAS OF NEW AND-GO AND PARENTAL CONTROL MEASURES IMPOSED BY THE NATIONAL DEPARTMENT OF MINERAL PRODUCTION (DNPM)

Ailson Machado de Andrade¹; Leonardo de Almeida²

Artigo recebido em: 22/11/2011 e aceito para publicação em: 15/02/2012

Abstract: The thermal waters of Caldas Novas and Rio Quente in the state of Goiás were explored only by natural springs until the year 1960. In the beginnings of the 1970's, a large number of wells had been drilled in the area, which were pumped indiscriminately, giving rise to a large decrease on the potentiometric surface of the thermal aquifer. Since this decade, the DNPM has taken part in several projects to recognize and study the thermal aquifer and, in 1979, a continuous monitoring of the aquifer were started, with measurement of water temperature, flow rates and static level on the wells. Since 1996, after detecting a lowering of over 50 meters in the potentiometric surface of the Araxá Aquifer System, the DNPM implemented a series of procedures, such as the closure of illegal wells, suspension of the granting of new licenses, among several others, which resulted in the recovery of about 30 meters on the level of the aquifer system. The results of this monitoring are presented in this article which also shows a new trend of lowering in the potentiometric surface of the thermal aquifer, after its remaining almost stable for more than 10 years.

Keywords: Thermal Waters. Aquifer Monitoring. Caldas Novas. National Department of the Mineral Production (DNPM).

Resumo: As águas termais do Sistema Aquífero Araxá em Caldas Novas e Rio Quente no estado de Goiás foram explotadas em surgências naturais até os anos de 1960. A partir da década de 1970, iniciou-se a perfuração de um grande número de poços que, utilizados de forma indiscriminada, provocaram grande rebaixamento na superfície potenciométrica do aquífero. A partir desta mesma década, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) participou de vários projetos para conhecimento do sistema aquífero termal e iniciou, em 1979, um monitoramento contínuo com medição da temperatura da água, medição da vazão e medição do nível estático dos poços. A partir de 1996, depois de detectado rebaixamento de mais de 50 metros na superfície potenciométrica do Sistema Aquífero Araxá, o DNPM adotou uma série de medidas, com fechamento de poços ilegais, suspensão de outorga de novos alvarás, dentre várias outras ações que resultaram na recuperação do nível de água do sistema aquífero em aproximadamente 30 metros. Os resultados deste monitoramento são apresentados neste artigo, no qual se verifica que após um período de estabilidade que se estende por mais de 10 anos, uma tendência de novo rebaixamento na superfície potenciométrica do aquífero termal vem sendo observada.

Palavras Chave: Águas Termais. Monitoramento de Aquífero. Caldas Novas. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

INTRODUÇÃO

As águas termais da região de Caldas Novas e Rio Quente, maior atração turística do estado de Goiás, foram descobertas no início do século XVIII por bandeirantes que procuravam ouro e pedras preciosas naquela região. As fontes de Caldas Velhas, nascentes do Rio Quente, foram visitadas por Bartolomeu Bueno da Silva em 1722. Em

1777, Martin Coelho de Siqueira descreveu as fontes termais de Caldas de Pirapitinga, atualmente denominada de Lagoa Quente de Pirapitinga ou Lagoa de Pirapitinga.

Segundo Peixoto Filho (2000), até a década de 1960 as estâncias hidrotermais de Caldas Novas, Lagoa de Pirapitinga e Rio Quente eram

¹ Engenheiro de Minas, Departamento Nacional de Produção Mineral, Superintendência do DNPM-GO/DF, Rua 84, nº 593, Setor Sul, Goiânia-GO (ailson.machado@dnpm.gov.br)

² Geólogo, Agência Nacional de Águas, Gerência de Águas Subterrâneas, Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Bloco B, Brasília-DF (leonardo.almeida@ana.gov.br)

aproveitadas em razão de surgências naturais. No início da década de 70, iniciou-se a perfuração dos primeiros poços tubulares profundos, os quais se apresentavam jorrantes, com vazões e temperaturas elevadas. De acordo com esse mesmo autor, no início da década de 80 já haviam 72 poços cadastrados, passando para 210 poços no início da década de 90. No final desta mesma década, haviam 411 poços cadastrados, no entanto, apenas 141 destes eram poços termais regularizados ou com regularização em andamento. Entre os demais, 155 poços foram construídos para abastecimento público de condomínios e residências, e outros 115 poços eram poços abandonados, cimentados, aterrados, interditados ou secos.

Os estudos do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM para o conhecimento da geologia, hidrogeologia e potencial do aquífero termal, tiveram início na década de 70, quando a região de Caldas Novas foi incluída no mapeamento geológico do Projeto Goiânia, com confecção de mapas na escala 1:250.000. No período de 1977 a 1979 (primeira fase) e 1980 (segunda fase), foi executado o Projeto Estudo Hidrogeológico da Região de Caldas Novas (Campos & Costa, 1980), realizado em uma parceria DNPM/CPRM, para que o DNPM obtivesse subsídios para a formulação de uma política de uso racional do potencial hidrotermal da região. Entre diversos outros estudos, o Projeto Reservatório e Termalismo, iniciado em 1986 através de convênio DNPM/FURNAS, detectou o desequilíbrio na exploração do sistema aquífero, pois a descarga era maior que a recarga. Alguns estudos específicos visando o conhecimento hidrogeológico e a sustentabilidade do aquífero termal também são apresentados nos trabalhos de Tröger *et al.* (1999), Campos *et al.* (2000), Haesbaert & Costa (2000), Peixoto Filho (2000), Tröger *et al.* (2003 e 2004), Campos *et al.* (2009) e Almeida (2011).

O monitoramento da potencimetria do aquífero termal de Caldas Novas, realizado pelo DNPM, teve início em 1979, com periodicidade anual até 1991 e com periodicidade mensal a partir de 1992. As interpretações dos dados do monitoramento mostraram que estava ocorrendo rebaixamento expressivo, contínuo e progressivo do nível do Sistema Aquífero Araxá. Esse rebaixamento, fruto da superexploração das águas subterrâneas por elevado número de poços, provocou alterações nas condições naturais de equilíbrio do sistema -

alívio de pressão com rebaixamento superior a 50 metros na superfície potenciométrica - culminando com o fim do artesianismo de muitos poços e com o desaparecimento das surgências termais no Córrego Caldas, onde no passado recente, segundo Peixoto Filho (2000), foram cadastrados 23 locais de surgências naturais de águas termais. Atualmente as fontes termais ocorrem apenas em dois empreendimentos particulares, uma ao longo do rio Quente, na cidade de Rio Quente, e outra na Lagoa de Pirapitinga, em Caldas Novas.

Com os resultados do monitoramento de longo prazo, o DNPM concluiu que se não fossem tomadas providências enérgicas, o aquífero entraria em colapso, culminando com a exaustão das águas termais. Diante dessa constatação, o DNPM passou a adotar, a partir de 1996 (Brasil, 1996), uma série de medidas para reversão desse quadro, medidas estas que são apresentadas neste artigo.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados do monitoramento potenciométrico das águas termais dos sistemas aquíferos Araxá e Paranoá na região de Caldas Novas (GO), realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO

Localização da Área e Vias de Acesso

A região de Caldas Novas, que compreende os municípios de Caldas Novas e Rio Quente, localiza-se na região central do Brasil, no sudeste do Estado de Goiás, distante 170 km de Goiânia e 350 km de Brasília. A região é cortada pelas rodovias GO 139 e BR 490 (Figura 1). A rodovia BR 153 (Belém-Brasília) é uma importante via de acesso para a região, principalmente para os turistas provenientes da região sudeste. As cidades de Rio Quente e Caldas Novas estão distantes 35 km e separadas pela Serra de Caldas Novas, que compreende uma feição fisiográfica com morfologia elíptica de aproximadamente 13x08 km em cotas superiores a 1.000 metros. A Serra de Caldas Novas, muito importante para a recarga do aquífero termal, está inserida dentro de uma unidade de conservação estadual (Parque Estadual da Serra de Caldas Novas).

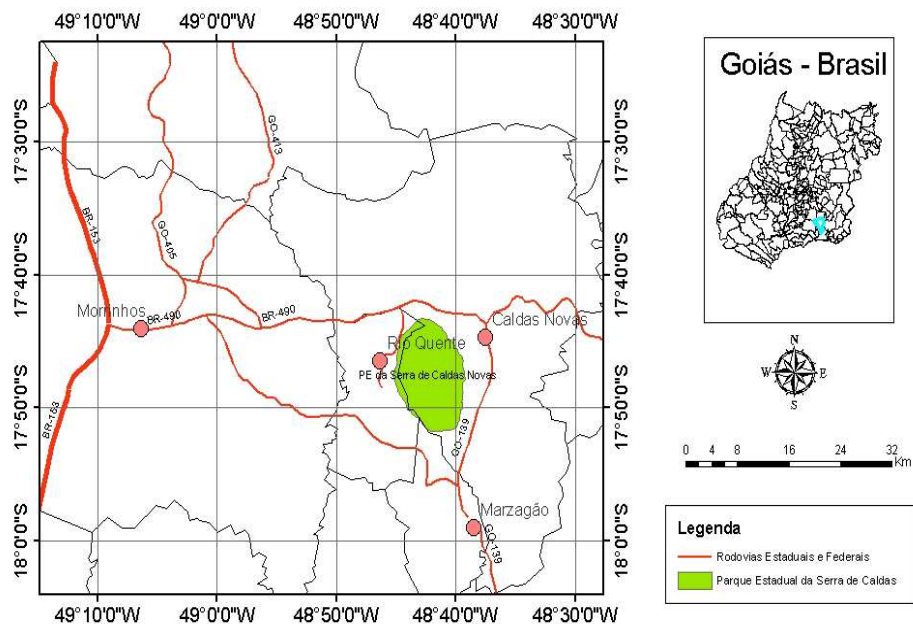


Figura 1 - Mapa de localização da região de Caldas Novas - GO.
Figure 1 - Map with the location of the Caldas Novas area in Goiás.

Geologia

A região de Caldas Novas está inserida na zona interna da Faixa de Dobramentos Brasília e constitui um extenso sistema de dobramentos neoproterozóicos, na porção oriental da Província Estrutural Tocantins (Fuck, 1994). Na região ocorrem rochas atribuídas aos Grupos Paranoá e Araxá, além de ocorrências subordinadas de conglomerados atribuídos ao Grupo Areado (Campos *et al.* 2009). A geologia é caracterizada pela superposição tectônica do Grupo Paranoá pelo Grupo Araxá. Segundo D'el-Rey Silva *et al.* (2004) e D'el-Rey

Silva *et al.* (2008), as rochas do grupo Araxá constituem uma *nappe* que recobre tectonicamente as rochas do grupo Paranoá. Os autores descrevem que os mecanismos responsáveis pelo aquecimento das águas termais estão associados a uma combinação de fraturas e antiformes regionais. Campos *et al.* (2009) descrevem que um evento de reativação da plataforma sulamericana, no período cretáceo, contribuiu para as anomalias termais na região. A figura 2 apresenta o mapa geológico da região, segundo Almeida (2011).

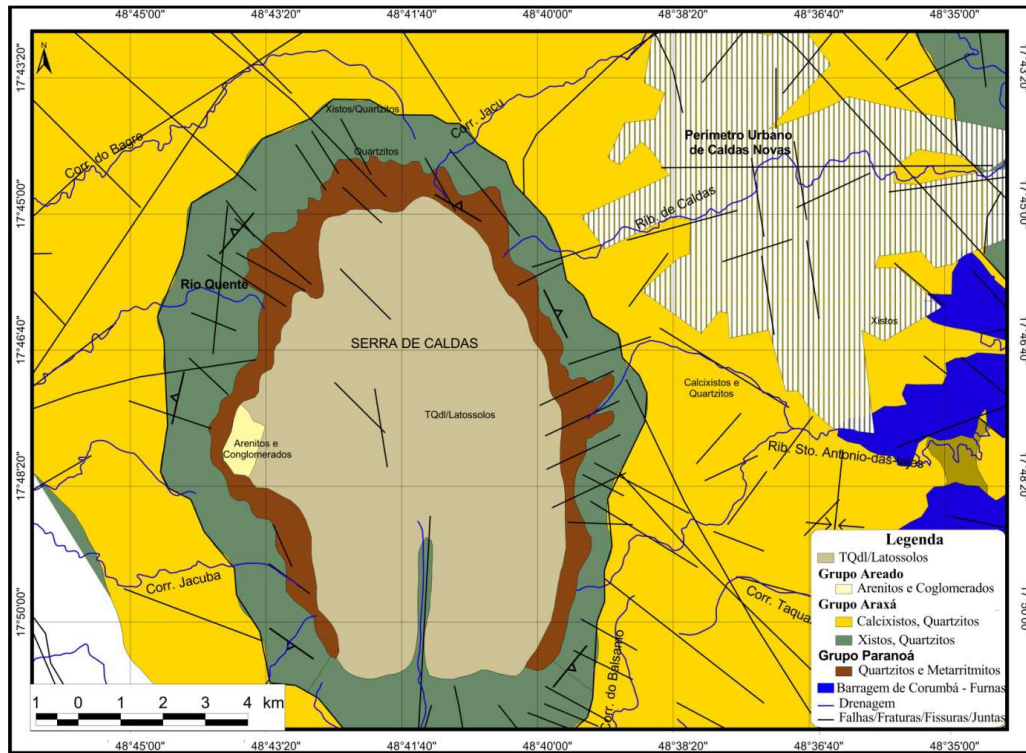


Figura 2 - Mapa Geológico da região de Caldas Novas. Fonte: Almeida (2011).
Figure 2 - Geological map of the Caldas Novas area. Source: Almeida (2011).

Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá corresponde a uma sequência psamo-pelito-carbonatada de baixo grau metamórfico, que se estende desde o Distrito Federal, a sul, até o extremo norte do estado de Goiás, com exposições isoladas na região de Caldas Novas (Dardenne, 1978).

Campos *et al.* (2009) subdividiram o Grupo Paranoá, na Serra de Caldas, em quatro unidades litoestratigráficas (base para o topo): Ortoquartzito, Quartzito Argiloso, Metarritmito e Pelito-Carbonatada. Ao Grupo Paranoá está relacionado o Sistema Aquífero Paranoá, que apresenta as temperaturas mais elevadas do aquífero termal da região de Caldas Novas e Rio Quente.

Grupo Araxá

O Grupo Araxá compreende uma unidade tectono-metamórfica da porção interna da Faixa Brasília, e corresponde à região plana distribuída nas adjacências da Serra de Caldas. É representado por xistos variados em fácies xisto verde, com muscovita-quartzo-biotita xistos, muscovita-biotita xistos, biotita-granada-muscovita xistos e recobre metassedimentos do Grupo Paranoá (Campos *et al.* 2009).

Ao Grupo Araxá está relacionado o Sistema Aquífero Araxá, aquífero de maior preocupação da gestão do DNPM, devido à superexploração por mineradores da cidade de Caldas Novas.

Cobertura Detrito-Laterítica

Sobre as rochas metassedimentares do Grupo Paranoá na Serra de Caldas ocorre uma extensa cobertura detrito-laterítica, de idade terciário-quaternária, de natureza arenosa a areno-argilosa, de coloração avermelhada. É originada, provavelmente, do retrabalhamento dos quartzitos basais e os metapelitos locais durante o processo de aplainamento e laterização durante o ciclo Sul-Americano (Haesbaert & Costa 2000). Essa cobertura é de grande importância para a recarga do aquífero termal da região de Caldas Novas e Rio Quente.

Hidrografia e Clima

A região de Caldas Novas está inserida na região hidrográfica do Rio Paranaíba, no interflúvio dos rios Corumbá e Piracanjuba, afluentes da margem direita do Rio Paranaíba. Os principais rios da região são os Rio Corumbá, Rio Piracanjuba, Rio do Bagre e Rio do Peixe. Outros cursos d'água importantes são o Ribeirão Pirapitinga, Ribeirão de Caldas e o Rio Quente.

Na região predomina o clima tropical semi-úmido, caracterizado pela existência de duas estações bem definidas, uma chuvosa com temperaturas mais elevadas e outra seca, com temperaturas mais amenas. A precipitação média anual na região varia entre 1300 mm e 1700 mm, com período chuvoso compreendido entre o fim de

setembro e meados de abril (Geocaldas/Geocenter, 2005) e AMAT (2011).

Os maiores registros de temperatura se dão em setembro e outubro, com médias máximas oscilando entre 29°C e 31°C. As mais baixas ocorrem no inverno, entre os meses de junho e julho, com média das mínimas variando entre 13°C a 18°C. Nesses meses se estabelece uma amplitude térmica diária quase sempre superior a 10°C (Geocaldas/Geocenter, 2005).

Hidrogeologia

Tröger *et al.* (1999) descrevem o contexto hidrogeológico regional dividindo-o em três aquíferos: Aquífero Paranoá, Aquífero Araxá e Aquífero Freático. Haesbaert & Costa (2000) descrevem dois grandes domínios denominados de Domínio Poroso e Domínio Fraturado.

O Domínio Poroso abrange a cobertura detrítica da Serra de Caldas e os latossolos da cidade de Caldas Novas, com espessura média de 20 me-

tros, podendo alcançar 40 metros. Este domínio possui fundamental importância para os fenômenos de infiltração das águas meteóricas e alimenta as fraturas do maciço rochoso que sustenta a Serra de Caldas (Figuras 3 e 4). O Domínio Fraturado abrange as zonas fraturadas em unidades do Grupo Araxá e Paranoá.

Com base nas variações químicas das águas, nas condições de circulação, nas temperaturas e nos tipos litológicos Campos *et al.* (2009) classificaram os aquíferos de Caldas Novas e Rio Quente em três grupos, que foram tratados genericamente por Sistema Aquífero Intergranular, Sistema Aquífero Araxá e Sistema Aquífero Paranoá. Almeida *et al.* (2006) descrevem o Sistema Aquífero Intergranular e o classificam como Sistema Aquífero Freático II. O modelo hidrogeológico da região de Caldas Novas, segundo Almeida (2011), é apresentado na figura 4.



Figura 3 - Estrutura dômica da Serra de Caldas e principais características da região de Caldas Novas. Base cartográfica *Google Earth 2006*. Fonte: Almeida *et al.* (2006).

Figure 3 - Caldas ridge domiciled structure and main features of the Caldas Novas area. Cartographic base *Google Earth 2006*. Source: Almeida *et al.* (2006).

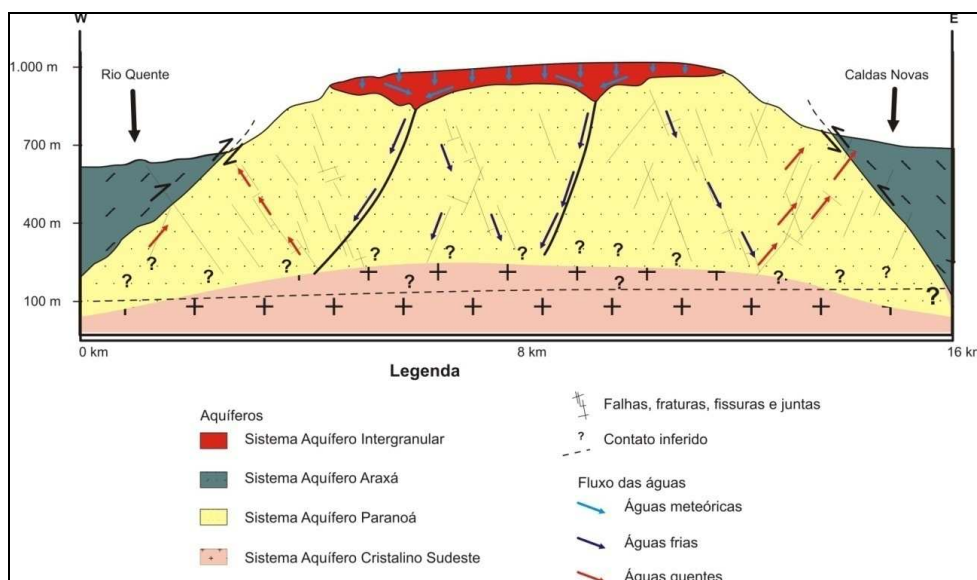


Figura 4 - Modelo Hidrogeológico da região de Caldas Novas. Fonte: Almeida (2011).

Figure 4 - Hydrogeological model of the Caldas Novas area. Source: Almeida (2011).

Sistema Aquífero Intergranular

O Sistema Aquífero Intergranular corresponde ao aquífero freático, constituído pelas coberturas detrito-lateríticas, principalmente Latossolos, e caracterizado como de natureza livre, poroso e contínuo lateralmente. Suas águas são frias e pouco mineralizadas e, segundo Campos *et al.* (2009), possuem temperaturas próximas às médias anuais locais. Segundo Peixoto Filho (2000), a perfuração de poços no centro da cidade de Caldas Novas intensificou a conexão hidráulica entre os aquíferos, aumentando a mistura das águas e causando amplas variações nas suas composições e temperaturas, provocando um aumento de 2 °C a 6 °C na temperatura das águas do aquífero freático. Segundo DNPM (1998), os poços desse sistema aquífero apresentam temperatura entre 23,7 °C e 32,5 °C, com média de 27,2 °C.

Sistema Aquífero Araxá

O Sistema Aquífero Araxá é representado por aquíferos fraturados muito heterogêneos e anisotrópicos, livres, frios ou termais, com extensão lateral restrita, controlada pela distribuição das zonas de fraturamento (Campos *et al.* 2009). Para os mesmos autores, os aquíferos frios deste sistema são aqueles que as zonas fraturadas são recarregadas diretamente pela infiltração de águas meteóricas a partir do sistema intergranular, enquanto o aquífero termal Araxá tem sua recarga devida a fluxos ascendentes a partir das águas aquecidas do Sistema Aquífero Paranoá termal sotoposto. Segundo DNPM (1998), os estudos realizados em 44 poços desse sistema aquífero em Caldas Novas mostraram que a temperatura de suas águas varia de 33 °C a 46,9 °C, apresentando temperatura média de 38,7 °C. Almeida (2011) descreve tempera-

turas no Sistema Aquífero Araxá variando entre 35°C e 49°C.

Sistema Aquífero Paranoá

O Sistema Aquífero Paranoá é um sistema de aquíferos fraturados, livres ou confinados, frios ou termais, anisotrópicos e heterogêneos (Campos *et al.* 2009). De acordo com os autores, o Sistema Aquífero Paranoá frio está relacionado às zonas de fraturas com águas de fluxos descendentes em profundidades inferiores a 400 metros e normalmente está associado a aquíferos livres, enquanto o Sistema Aquífero Paranoá termal está associado a condições de fluxo descendente em profundidades maiores que 450 metros, ou em qualquer profundidade, quando mantiver o fluxo ascendente a partir de fraturas abertas em grandes profundidades. Segundo Haesbaert & Costa (2000), a temperatura das águas dos poços desse sistema aquífero em Caldas Novas varia entre 50 °C e 58 °C, apresentando temperatura média de 55,5 °C.

Aquecimento das Águas

As águas termais da região de Caldas Novas e Rio Quente estão vinculadas exclusivamente ao gradiente geotérmico da região. Os resultados hidroquímicos realizados por Campos & Costa (1980) apresentaram baixas dosagens de Boro, Arsênio, Césio e Rubídio, indicando ausência de processos hidrotermais através de fluidos oriundos de processos ígneos. Os mesmos autores realizaram 96 km de magnetometria e verificaram a inexistência de intrusões magmáticas de natureza básica-ultrabásica ou alcalina, sob a Serra de Caldas. A conclusão destes autores é que as águas meteóricas são aquecidas por geotermalismo no

seu percurso descendente na depressão de Caldas Novas. Peixoto Filho (2000) interpretando perfila-gem térmica de 57 poços da área urbana de Caldas Novas, concluiu que o gradiente geotérmico médio foi de 40 °C/Km, entre as cotas de 250 e 550 metros.

Campos *et al.* (2009) concluíram, ao reali-zarem análises químicas de águas de nascentes, de drenagens superficiais e de poços tubulares, que não existe qualquer relação das águas quentes com corpos magmáticos em profundidade. Segundo estes autores, caso existisse um aquecimento por magmatismo, as águas necessariamente apresenta-riam elevados teores de sólidos totais dissolvidos em diversas formas iônicas, no entanto, os resulta-dos das análises realizadas apresentaram baixos teores. Os autores descrevem que o aquecimento das águas está vinculado ao gradiente geotérmico da região em regimes de fluxo regionais que alcan-çam profundidades superiores a 1.000 metros, co-mo já ilustrado na figura 4.

Situação Legal dos Poços e Processos Minerá-rios na Área de Estudos

As águas termais de Caldas Novas e Rio Quente são utilizadas sob o regime jurídico das autorizações e concessões regidas pelo Código de Mineração. Desde 1996 foi suspensa pelo DNPM a outorga de novos alvarás de pesquisa para água termal nos municípios de Caldas Novas e Rio Quente para uso em balneoterapia, num polígono de 107,308 hectares (Portaria nº 127/96 do Diretor-Geral do DNPM). Além de suspender a outorga de novos alvarás, a portaria estabeleceu o limite de perfuração de no máximo 02 (dois) poços tubulares de água mineral e/ou termal por título outorgado e ainda estabeleceu a obrigatoriedade de instalação de equipamentos aferidos para o controle da vazão nos poços profundos de água mineral e/ou termal daqueles municípios. Essas suspensões e/ou restri-ções vem sendo mantidas por sucessivas publica-ções de Portarias do Diretor Geral do DNPM, sen-do a última, a Portaria nº 42/2010, publicada em 09/02/2010, com validade de 03 anos.

Atualmente, 84 processos minerários en-contram-se regularizados ou com regularização em andamento junto ao DNPM. Destes 84 processos, 59 com concessões de lavra emitidas, 22 processos estão na fase de requerimento de lavra e 03 proces-sos encontram-se com relatório final de pesquisa concluído (DNPM, 2011). Além desses 84 proces-sos, existem outros 121 com requerimento de pes-quisa, mas devido às publicações de Portarias do Diretor-Geral do DNPM suspendendo a outorga de novos alvarás de pesquisa, a análise destes requeri-mentos permanece suspensa.

Nessas 84 áreas, regularizadas ou com re-gularização em andamento junto ao DNPM, exist-tem 141 poços tubulares, 25 surgências naturais que formam o Rio Quente e ainda as surgências da Lagoa Quente de Pirapitinga. As 25 surgências que formam o Rio Quente apresentaram juntas, segun-do Campos & Costa (1980), vazão média de 1,73 m³/s ou 6.228 m³/h, vazão essa que foi avaliada no período de junho/1979 a maio/1980. Nas nascentes da Lagoa de Pirapitinga, Campos & Costa (1980) revelaram uma vazão de 50 m³/h, cujas nascentes ficam submersas pela lagoa a uma temperatura máxima de 40,5 °C em sua superfície, e duas pe-quenas nascentes na margem direita do Ribeirão Pirapitinga, onde revelaram vazões médias de 4 m³/h cada e temperatura de 49,2 °C e 50,2 °C.

Dos 141 poços tubulares termais regulari-zados ou em processo de regularização, existem 89 poços em operação e 52 poços com exploração temporariamente paralisada. As vazões de explota-ção autorizadas pelo DNPM são variáveis de poço para poço. Dos poços em operação, a menor vazão autorizada pelo DNPM é de 6,0 m³/h, e a maior vazão autorizada é de 35 m³/h. A vazão total auto-rizada pelo DNPM para estes 89 poços em opera-ção é de 1.800 m³/h, o que se traduz em uma vazão média de 20,2 m³/h por poço e um volume autori-zado de 9.198.000 m³/ano. A maioria dos poços possui profundidade entre 300 e 650 metros, porém existem poços com profundidades maiores que 1.000 metros.

Segundo Peixoto Filho (2000), todas as aprovações de vazões do DNPM para os poços termais de Caldas Novas, foram baseadas no regi-me de bombeamento de 14 h/dia e recuperação de 10 h/dia, seguindo a recomendação feita por Cam-pos & Costa (1980).

Haesbaert & Costa (2000) relacionaram em relatório técnico 213 poços tubulares tratados como irregulares, por não possuírem autorização do DNPM. Segundo estes autores, a maioria desses poços apresenta temperatura inferior a 28 °C e são utilizados no abastecimento de condomínios em bairros de Caldas Novas, que ainda não contam com abastecimento público de água. Atualmente este tipo de uso ainda é elevado.

Os poços de água fria (temperatura inferior a 25 °C) utilizados para abastecimento doméstico requerem outorga da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Goiás – SE-MARH/GO. De acordo com informações obtidas na SEMARH/GO, em fevereiro de 2011 havia apenas 22 processos de outorga d'água em todo o município de Caldas Novas. Ressalta-se que por falta de água para abastecimento público, o DNPM tem encontrado dificuldades para impedir o uso de

águas hipotermais (entre 25 °C e 33 °C) de muitos desses poços.

MONITORAMENTO REALIZADO PELO DNPM

Métodos do Monitoramento

O monitoramento do aquífero é realizado mensalmente, por duas equipes compostas por dois técnicos do DNPM, com o apoio de dois funcionários da Associação dos Mineradores de Águas Termais do Estado de Goiás - AMAT/GO. Nesse monitoramento é feita a leitura de hidrômetros, medição da temperatura da água, da vazão e do nível estático. A leitura da temperatura e do hidrômetro é realizada em todos os 89 poços termais que se encontram em operação. Com os dados da temperatura, tem-se a evolução da temperatura da água no poço ao longo do tempo, cujas variações podem indicar problemas na construção do poço ou perda de calor do sistema. Com a leitura dos hidrômetros, são obtidos dados de vazão acumulada, permitindo o cálculo da taxa de exploração de água termal por poço e conseqüentemente por sistema aquífero, assim possibilitando verificar se o concessionário extrapolou ou bombeou uma vazão superior àquela aprovada para o seu poço. Nos casos de bombeamento excessivo, são lavrados autos de infrações para aplicação de multas. Os dados acumulados de vazões também subsidiam outros trabalhos do DNPM, como os trabalhos de auditoria para cálculo da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM. Com a medição da vazão instantânea compara-se vazão autorizada e vazão bombeada.

O limite de vazão é calculado em base trimestral. Para avaliar se o limite de vazão autorizada foi obedecido pelo minerador, o DNPM faz o somatório do volume de água explotada de cada poço em cada trimestre, e o divide pelo número de dias entre as leituras trimestrais, dividindo ainda por 14 horas, que é o regime de bombeamento autorizado.

O método de cálculo é feito pela seguinte fórmula:

$$Q_c = (V_{m1} + V_{m2} + V_{m3}) / (N_{dias} * 14)$$

Onde,

Q_a : vazão autorizada; Q_c : Vazão consumida; V_m : volume explotado no mês; N_{dias} : número de dias entre as três leituras de hidrômetros.

Se $Q_c < Q_a$, o limite foi respeitado;

Se $Q_c > Q_a$, o limite autorizado pelo DNPM não foi respeitado, logo, lavra-se auto de infração.

Para a realização do monitoramento do nível potenciométrico, os poços foram georreferenciados e tiveram suas coordenadas e cotas altimétricas lançadas em planilhas eletrônicas. Inicialmente o georreferenciamento foi realizado com GPS comum e posteriormente foram realizadas as correções, utilizando GPS Geodésico, estação total.

A leitura do nível estático da água é realizada com medidor de nível eletrônico de fita graduada. De posse dessas leituras e das informações da cota da boca de cada poço, são obtidas as cotas do nível d'água.

Para o cálculo do nível médio do aquífero, agrupam-se os poços do Sistema Aquífero Araxá e os poços do Sistema Aquífero Paranoá em duas planilhas distintas. O nível da superfície potenciométrica do aquífero de interesse (Araxá ou Paranoá) é calculado pelo somatório das cotas do nível estático de cada poço daquele aquífero, dividindo-se esse somatório pelo número de poços monitorados.

$$NE_p = C_p - P_{na}$$

$$N_{aq} = \sum NE_p / n_p$$

Onde,

NE_p = nível estático do poço; C_p = cota da boca do poço; P_{na} = profundidade do nível d'água do poço; N_{aq} = nível do aquífero e n_p = número de poços.

O monitoramento mensal do nível do aquífero pelo DNPM foi iniciado em 1992, com medições realizadas apenas nos poços do Sistema Aquífero Araxá. A opção inicial por monitorar mensalmente apenas o aquífero Araxá se deve ao fato haver grande número de poços neste aquífero, e de haver sido detectado expressivo rebaixamento de níveis até a década de 90, enquanto neste mesmo período o Sistema Aquífero Paranoá não apresentava praticamente nenhuma variação de nível, visto que seu número de poços era insignificante.

A partir de 2002, o DNPM passou a monitorar também mensalmente o aquífero Paranoá, em razão do aumento de número de poços.

A medição do nível estático é realizada em 47 poços. Estes poços foram selecionados por sua localização, distribuição em relação ao sistema aquífero, características construtivas, características hidroquímicas e condições operacionais. Para a medição do nível estático, todas as bombas dos poços são desligadas obrigatoriamente às 20h00min na noite anterior e a medição de nível é

feita às 06h00min do dia seguinte, ficando o sistema paralisado por aproximadamente 10 horas.

Além de todo o monitoramento do sistema aquífero termal de Caldas Novas, o DNPM também realiza a leitura mensal do nível estático de 30 poços de “água fria”, utilizados para abastecimento doméstico no Setor das Mansões de Águas Quentes de Caldas Novas. Os dados desse monitoramento não são objeto deste artigo.

Resultados e Discussões do Monitoramento

Com os dados de monitoramento são realizados os cálculos das vazões e do nível médio da superfície potenciométrica de cada sistema aquífero termal. Após sistematização dos dados são confeccionados gráficos para melhor visualização do comportamento dos aquíferos. Os dados do moni-

toramento do Sistema Aquífero Araxá foram obtidos em planilhas do DNPM, desde 1979 até 2011, e os dados do Sistema Aquífero Paranoá foram obtidos de planilhas cedidas pela AMAT, com dados de 1996 a 2010. A figura 5 ilustra a evolução da superfície potenciométrica de cada aquífero desde o início de seu monitoramento, no ano de 1979, até o mês de dezembro de 2011 e as figuras 6 e 7 ilustram dados representativos da evolução dos sistemas aquíferos Araxá e Paranoá, respectivamente. A figura 6 destaca os níveis potenciométricos médios do Sistema Aquífero Araxá entre os anos de 1993-1996, período com monitoramento mensal e anterior às medidas aplicadas pelo DNPM, e ilustra, também, o período compreendido entre os anos de 2007-2011, com novo rebaixamento observado.

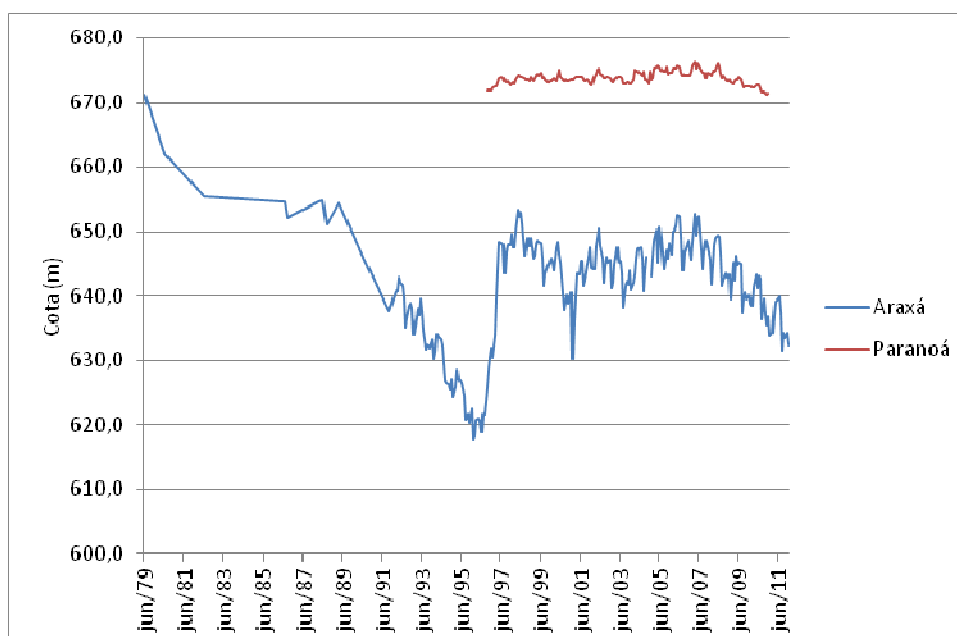


Figura 5 - Evolução do nível potenciométrico dos Sistemas Aquíferos Araxá e Paranoá. Observa-se no Aquífero Araxá, rebaixamento até 1996 e recuperação a partir deste mesmo ano.

Figure 5 - Evolution of the pontentiometric level of the Araxa and Paranoa aquifer systems. In the Araxa aquifer, one can observe a lowering trend until 1996 and its recovery since the same year.

No início do monitoramento, em junho de 1979, a cota média do nível estático do Sistema Aquífero Araxá foi medida em 671,2 metros. Um ano depois, em junho de 1980, esse nível já havia baixado para 662 metros, com rebaixamento de quase 10 metros no nível deste aquífero. Onze anos depois do início do monitoramento, em abril de 1990, o nível do aquífero já havia caído quase 24 metros, medindo nesta data 647,4 metros. A partir de fevereiro de 1992, o nível passou a ser monito-

rado mensalmente. A partir de então, foi observado um rebaixamento constante do nível do aquífero, próximo de 5,0 metros por ano. Foi verificado nos primeiros meses de 1996 que o nível do Aquífero Araxá já apresentava cota inferior a 620 metros. Em junho de 1996, ou seja, 17 anos após o início do monitoramento, o nível do aquífero estava na cota de 619 metros, representando um rebaixamento de mais de 52 metros em relação a junho de 1979.

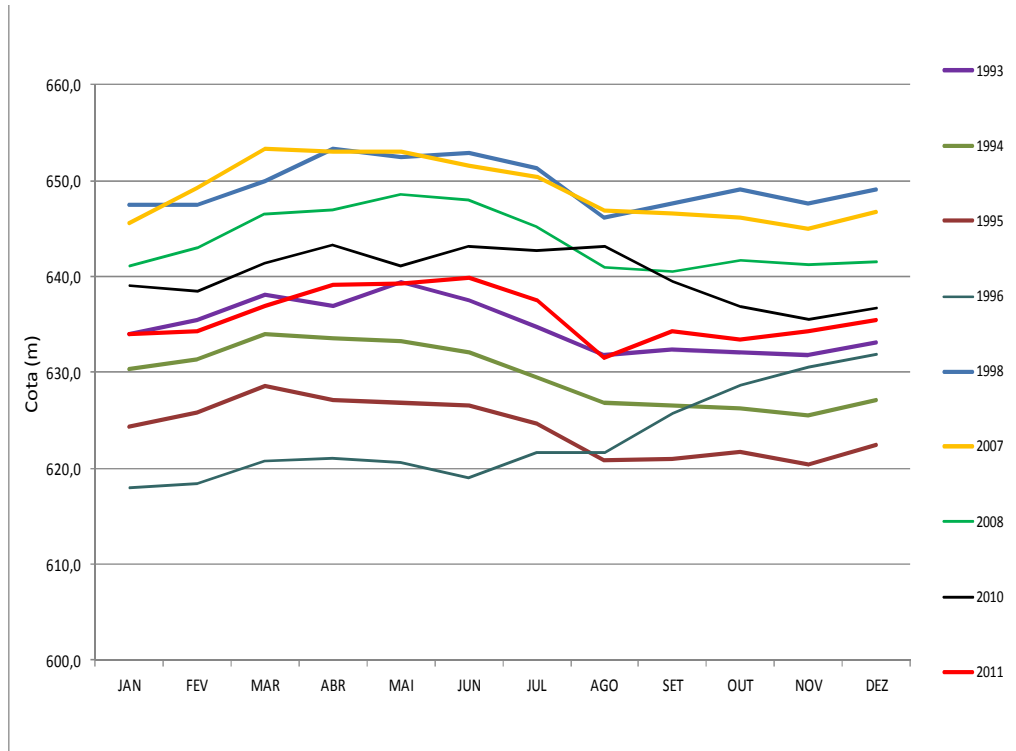


Figura 6 - Evolução do nível potenciométrico do Sistema Aquífero Araxá. Variação anual da superfície potenciométrica do aquífero.
Figure 6 - Evolution of the potentiometric level of the Araxa aquifer system. Annual variation of the potentiometric surface of the aquifer.

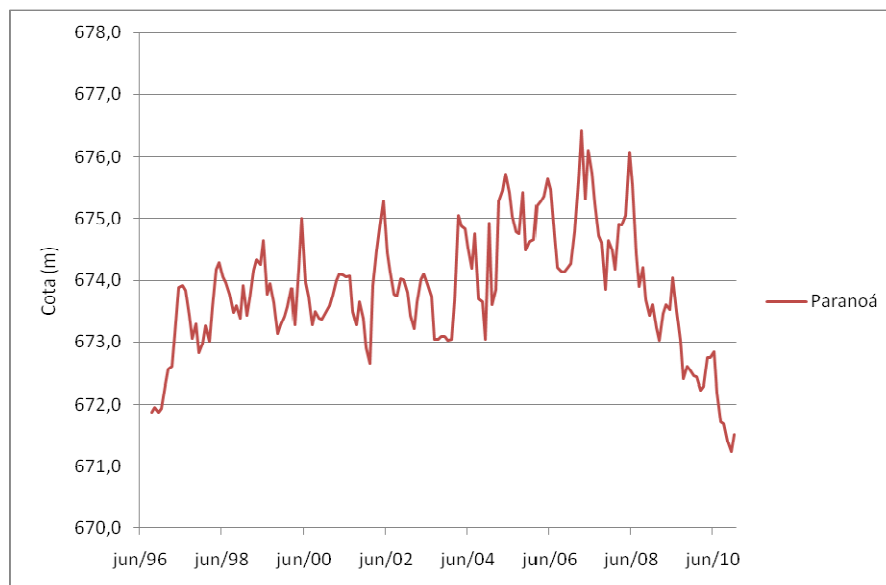


Figura 7 - Evolução do nível potenciométrico do Sistema Aquífero Paranoá. Variação anual da superfície potenciométrica do aquífero.
Figure 7 - Evolution of the potentiometric level of the Paranoa aquifer system. Annual variation of the potentiometric surface of the aquifer.

Diante de todas as informações e dados obtidos nos diversos estudos, trabalhos, seminários e monitoramento do aquífero, o DNPM adotou, a partir de 1996, um conjunto de medidas com o objetivo de impedir a continuidade do rebaixamento e permitir a recuperação do aquífero. As principais medidas adotadas pelo DNPM foram:

✓ A interdição definitiva de grande número de poços ilegais e a interdição temporária de todos os poços que se encontravam sem hidrômetro instalado;

✓ Realização de leituras mensais dos hidrômetros, limitando a produção de água à vazão máxima aprovada pelo DNPM para cada poço em particular, tomando medidas enérgicas, com base na Legislação Minerária, contra aqueles que ultrapasassem o limite permitido;

✓ Publicação da Portaria nº 127 de 07/03/96 do Diretor-Geral do DNPM, que suspendeu a outorga de novos Alvarás de Pesquisa destinados ao aproveitamento econômico de água mineral e/ou termal do sistema aquífero termal de Caldas Novas e Rio Quente;

✓ Integração com o Departamento Municipal de Água e Esgoto - DEMA E de Caldas Novas, no sentido de substituir os poços utilizados para abastecimento público por água obtida com a captação do Ribeirão Pirapitinga.

A obra de captação no Ribeirão Pirapitinga foi inaugurada em dezembro de 1996, possibilitando que o DNPM interditasse definitivamente, em fevereiro de 1997, os 06 poços utilizados pelo DEMA E para abastecimento público, que utilizavam uma vazão de cerca de 400 m³/h, em regime de 24h/dia.

Além de todas essas medidas, o DNPM fez um trabalho de conscientização dos proprietários de poços para utilizarem as águas termais exclusivamente para balneoterapia, não as utilizando para cozinha, lavagem de áreas, jardins, etc.

O DNPM também realizou um estudo das características físico-químicas das águas usadas para abastecimento doméstico em Caldas Novas e Rio Quente, para melhor conhecimento do sistema aquífero e também para atender denúncias e reclamações formuladas pela comunidade que se queixava de que muitos poços usados no abastecimento de condomínios, residências, hotéis, vilas, escolas, indústrias e hospitais da cidade de Caldas Novas e Rio Quente, não eram poços de água fria e que estes eram utilizados de forma indiscriminada e ilegal e que também seriam responsáveis pelo rebaixamento da superfície potenciométrica do sistema aquífero.

Na ocasião, foram analisados 134 poços de “água fria”, dos quais 09 poços apresentaram tem-

peratura inferior a 25 °C, 87 poços temperatura entre 25 °C e 28 °C e 38 poços temperatura superior a 28 °C, porém não foi possível interditar grande parte desses poços devido ao fato de a maioria deles situar-se em regiões onde não havia abastecimento público de água.

Com essas medidas adotadas pelo DNPM obteve-se expressiva recuperação da superfície potenciométrica do Aquífero Araxá, que atingiu em junho de 1997 a cota de 648,1 metros, recuperando cerca de 30 metros em relação ao seu máximo rebaixamento em 1996. De 1997 até meados de 2008, o nível do aquífero se manteve com pequenas oscilações próximas à cota de 648 metros, com algumas variações sazonais, exceto no período de agosto de 2000 a março de 2001, em que a cota variou entre 630 e 640 metros.

Os anos de 2000 e 2001, em que ocorreu novamente um rebaixamento expressivo do aquífero, coincidem com um período de breve afastamento de técnicos do DNPM da fiscalização em Caldas Novas. De acordo com as informações do 10º Distrito de Meteorologia/GO, os índices pluviométricos registrados na Estação Meteorológica de Itumbiara, localizada a pouco mais de 100 km da área de estudo, foram de 1515 mm em 2000 e 1366 mm no ano de 2001. Logo, os índices pluviométricos encontravam-se dentro da média histórica de chuvas da região nestes anos.

Embora o nível do Sistema Aquífero Araxá tenha se mantido quase que estável próximo à cota de 648 metros por mais de 10 anos, desde as intervenções do DNPM em 1996 (Figura 7), observa-se que a partir de 2008 o aquífero vem novamente apresentando tendência de rebaixamento de sua superfície potenciométrica. Esse rebaixamento torna-se mais expressivo a partir de agosto de 2010 e a cota média entre os meses de agosto de 2010 e dezembro de 2011, foi de 636 metros, apresentando rebaixamento médio de 12 metros em relação ao nível recuperado medido no ano de 1997. A queda mais expressiva neste período foi observada nos meses de agosto e dezembro de 2011, meses em que a cota do nível do aquífero foi de aproximadamente 632 metros.

Uma das prováveis causas dessa tendência de novo rebaixamento, que vem ocorrendo desde 2008, é a permissão para o uso de poços de água termal pelo DEMA E de Caldas Novas para abastecimento público, os quais exploram, juntos, cerca de 150 m³/h por até 24 h/dia. Essa permissão foi feita em caráter provisório até a conclusão da obra de duplicação do sistema de abastecimento público de Caldas Novas, mas permanece até os dias atuais, pois o DEMA E argumenta que a obra não foi concluída e que se for cessado este bombeamento

faltar água na cidade. Essa nova tendência de rebaixamento não parece relacionar-se com queda no volume de chuvas, uma vez que a média pluviométrica registrada na Serra de Caldas (Estação AMAT 1) foi de 1336,4 mm entre 2006 e 2009, encontrando-se dentro da média histórica.

Uma tendência de rebaixamento também pode ser observada no nível do Sistema Aquífero Paranoá. Esse aquífero manteve seu nível oscilando entre as cotas de 673 e 676 metros, desde 1998 até 2008, porém a partir de agosto de 2009 o nível do aquífero vem apresentando um ligeiro rebaixamento, com sua cota permanecendo entre 672 e 673 metros entre agosto de 2009 e agosto de 2010, e a partir de setembro de 2010 a cota média ficou em 671,5 metros. Uma das possíveis causas para esse rebaixamento é a substituição de poços que antes explotavam água no aquífero Araxá, por poços no aquífero Paranoá. Esta tendência de rebaixamento se manteve no ano de 2011.

A análise espacial, com identificação de áreas onde ocorreram os maiores rebaixamentos, é de difícil percepção devido à grande compartimentação dos sistemas aquíferos Araxá e Paranoá e, também, devido ao bombeamento alternado e intenso em centenas de poços tubulares termais e frios. De acordo com Almeida (2011) as condições hidráulicas dos aquíferos fraturados e o intenso

bombeamento de água dificultam a confecção de mapas potenciométricos na região. O autor afirma que para eliminar os efeitos pepita nos mapas potenciométricos é necessário que todos os poços termais e frios da região interrompam o bombeamento. Um planejamento integrado, envolvendo o DNPM, a SEMARH/GO e a AMAT/GO, deve ser realizado a fim de viabilizar estas medições.

Quanto ao volume de água bombeado do aquífero, conforme já relatado neste artigo, cada poço possui uma vazão autorizada pelo DNPM. De acordo com as leituras de hidrômetros no último trimestre de 2010, foram explotados nos meses de outubro, novembro e dezembro um total de 1.562.359 m³ dos 89 poços em operação. Dividindo-se este volume por 90 dias (intervalo entre as 03 leituras) e por um regime de 14h/dia, foi obtida uma vazão total de 1240 m³/h para os 89 poços. Tal vazão de exploração executada no último trimestre de 2010 foi bem abaixo da vazão autorizada pelo DNPM que é de 1800 m³/h. O volume de água explotado anualmente dos poços regularizados tem variado de 65 a 74% do volume autorizado. Ressalta-se que a fiscalização do DNPM sobre o limite autorizado é feita em cada poço individualizado, conforme representado na tabela 1 e a análise neste artigo foi feita para o limite de exploração para o conjunto de poços em operação.

Tabela 1 - Modelo de planilha de controle trimestral de vazão para os poços em operação.

Table 1 - Trimestral flow control spreadsheet model for operational wells.

Poço	Leitura		Bombeado		Leitura		Bombeado		Média trimestral	Máxima autorizada (m ³ /h)	
	Hidrom.	no mês	(m ³ /h)	Hidrom.	no mês	(m ³ /h)	Hidrom.	no mês			
	10/11	OUT	35	01/12	NOV	21	05/01	DEZ			35
P1	845.241	7.280	15	848.647	3.406	12	857.356	8.709	18	15	25
P2	174.069	5.789	12	178.321	4.252	14	184.108	5.787	12	13	15
P3	224.919	3.672	7	227.395	2.476	8	231.620	4.225	9	8	18
P4	1.004.974	11.821	24	1.011.479	6.505	22	1.020.509	9.030	18	22	24
P5	598.971	6.990	14	606.318	7.347	25	613.097	6.779	14	18	23

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O monitoramento mensal realizado pelo DNPM no Aquífero Termal de Caldas Novas e Rio Quente é de suma importância para a gestão sustentável das águas termais da região. A integração do DNPM com os mineradores locais e com outras instituições governamentais, como a SEMARH/GO, é fundamental para uma gestão responsável e para manutenção do potencial hídrico subterrâneo. O rebaixamento observado nos últimos quatro anos alerta para a continuidade e incremento do monitoramento dos aquíferos termais.

As medidas adotadas pelo DNPM a partir de meados de 1996, com interdição de cerca de 180 poços ilegais, proibição de uso de águas termais em consumo doméstico, limitação de cotas de exploração por poço, suspensão de outorga de novos alvarás de pesquisa, discussão e conscientização da sociedade para um uso racional das águas termais, dentre outras medidas, surtiu efeito imediato com recuperação de cerca de 30 metros no nível da superfície potenciométrica do Sistema Aquífero Araxá Termal.

Até que se encontrem alternativas para um equilíbrio entre recarga e descarga do aquífero, como por exemplo, a recarga artificial do aquífero que vem sendo objeto de estudo de pesquisadores da Universidade de Brasília-UnB e Universidade Técnica de Berlim, em parceria com a AMAT/GO, faz-se necessário a manutenção das restrições e/ou proibições adotadas pelo DNPM, pois de acordo com os dados históricos do monitoramento, se as medidas restritivas não fossem adotadas o sistema aquífero tenderia a um colapso.

Uma fiscalização rígida e contínua por parte do DNPM, integrada com órgãos gestores estaduais, é essencial para garantia da vida útil do aquífero, pois como se observou no monitoramento ao longo dos 30 anos, um pequeno afastamento da fiscalização, como ocorreu entre os anos de 2000 e 2001 resultou em um novo rebaixamento expressivo no nível do aquífero.

A tendência de um novo rebaixamento vem sendo mostrada nos últimos quatro anos, tanto no nível do Sistema Aquífero Araxá quanto no nível do Sistema Aquífero Paranoá. Esse rebaixamento, a princípio, parece ser potencializado pela liberação de poços para uso pelo DEMA. O DNPM solicitou a interdição destes poços no início de 2011, mas os mesmos não foram interditados por decisão liminar da justiça estadual que impedia a interdição até dezembro de 2011. As obras do DEMA foram concluídas e o DNPM está programando a interdição dos poços para ano de 2012. Com essa interdição, espera-se uma resposta positiva com a recuperação da superfície potenciométrica dos aquíferos.

Apesar das cotas de exploração autorizadas pelo DNPM estarem sendo respeitadas, ainda se verifica uma tendência de rebaixamento no nível do aquífero nos últimos anos, portanto, faz-se ne-

cessária a realização de estudo de interferência dos poços de água fria no Sistema Aquífero Termal, bem como a adoção de uma política de parceria entre DNPM, Prefeitura de Caldas Novas e SEMARH-GO, para o combate à perfuração de novos poços e controle de vazão nos poços de água fria existentes. A recarga artificial pode apresentar-se como uma alternativa, mas necessita de monitoramento contínuo, evitando potenciais riscos de contaminação e diminuição da temperatura dos sistemas aquíferos.

Dos 141 poços regularizados ou em processo de regularização, apenas 89 poços estão em operação. Portanto, antes que o DNPM promova qualquer alteração na política de gestão do aquífero, recomenda-se que sejam avaliadas as interferências que estes outros 52 poços possam promover no sistema aquífero termal, em caso de retomada de seu funcionamento.

Uma vez que existe uma demanda por substituição de poços do Sistema Aquífero Araxá por poços do Sistema Aquífero Paranoá, recomenda-se que sejam intensificados os estudos sobre o Sistema Aquífero Paranoá.

As medidas de gestão corretamente aplicadas poderão garantir a sustentabilidade do imenso potencial hídrico subterrâneo que ocorre na região de Caldas Novas e Rio Quente. O modelo de monitoramento utilizado pelo DNPM deve servir de exemplo aos órgãos gestores de recursos hídricos, e essas ações devem ser estendidas e desenvolvidas em diversas regiões brasileiras onde ocorre exploração descontrolada dos recursos hídricos subterrâneos. O monitoramento contínuo das vazões e níveis potenciométricos dos aquíferos é de fundamental importância para que ações de controle possam ser corretamente aplicadas.

AGRADECIMENTOS

A confecção deste artigo não seria possível sem a colaboração de diversos técnicos do DNPM – Superintendência GO/DF, que, há mais de 30 anos, realizam o monitoramento dos níveis potenciométricos dos aquíferos termais da região de Caldas Novas. Um agradecimento especial aos técnicos Sebastião Peixoto Filho e Fernando Evangelista Kutchenski Júnior, que contribuíram diretamente para a elaboração deste artigo e à AMAT - Associação dos Mineradores de Águas Termais do Estado de Goiás, na pessoa do geólogo Fábio Floriano Haesbaert.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L., RESENDE, L., RODRIGUES, A. P., CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do Estado de Goiás**. Superintendência de Geologia e Mineração. Governo do Estado de Goiás, v.1000, Goiânia. 2006. 232 pp.

ALMEIDA, L. **Estudo da aplicabilidade de técnicas de recarga artificial de aquíferos para a sustentabilidade das águas termais da Região de Caldas Novas – GO**. Tese de

Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília-UnB. 2011. 147 pp.

AMAT – Associação dos Mineradores de Águas Termais do Estado de Goiás, 2011. Disponível em: <<http://www.amatgo.org.br>> Acesso em: 12/jan/2011.

- BRASIL. DNPM. Portaria nº 127 de 07 de março de 1996. **Suspende a outorga de novos alvarás de pesquisa destinados ao aproveitamento econômico de água mineral e/ou termal do sistema aquífero termal de Caldas Novas e Rio Quente, no estado de Goiás.** Diário Oficial da União, Brasília, ed. 48, p. 67-68, 11 mar. 1996, Seção I.
- CAMPOS, E.C. & COSTA, J.F.G. **projeto estudo hidrogeológico da Região de Caldas Novas.** relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM. 1980. 124 p. il.
- CAMPOS, J.E.G.; FORTES, P. T. O.; SANTOS, R. V. **Geologia do Domo de Caldas Novas:** relatório técnico. Universidade de Brasília. 2000. 56 p.
- CAMPOS, J.E.G.; TRÖGER, U.; HAESBAERT, F.F. **Águas quentes de Caldas Novas, Goiás:** notável ocorrência de águas termais sem associação com magmatismo. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.. (Org.). *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. 1 ed. Rio de Janeiro: CPRM - CEDOC, v. 2. 2009. p. 177-190.
- DARDENNE, M. A. Zonação tectônica na borda ocidental do Cráton do São Francisco. *In: CONGR. BRAS. GEOC.*, 30. Recife, 1978. *Anais...*, Recife, SBG. v. 2. 1978. p. 299-308.
- D'EL-REY SILVA, L.J.H., KLEIN, P.B.W., WALDE, D. The Caldas Novas Dome, Goiás: structural evolution and implications for tectonics in the Brasília belt, Brazil. *Jour. of S. Ame. E. Sciences*, v.17, n. 2, p. 153-169, 2004.
- D'EL-REY SILVA L. J. H. D, WALDE, D., GUIMARÃES CAMPOS, J. E. & CIPULLO, R.A. **Why the Rio Quente is a special spring within The Caldas Novas thermal aquifer, central Brazil?** 1st WSEAS International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering (EG'08). Malta, 2008.
- DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Estudo das características físico-químicas das águas usadas para abastecimento doméstico em Caldas Novas/Rio Quente.** Goiânia. 1998. 39 p.
- DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Cadastro mineiro.** Disponível em: <<https://sistemas.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 24/fev/2011
- FUCK, R. A. A. Faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica na Província Tocantins, *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE*, 1994, 4. *Anais*. SBG - Núcleo GO/DF. Brasília. 1994. p. 184-187.
- GEOCALDAS/GEOCENTER - **EIA/RIMA do complexo hidrotermal de Caldas Novas:** Estado de Goiás. Relatório Final. Caldas Novas, 2 v. il. 2005.
- HAESBAERT, F. F. ; COSTA, J. F. G. **Geologia e Hidrologia da Região de Caldas Novas: Adequação à Portaria 231 do DNPM.** Relatório Técnico GEOCENTER/GEOCALDAS. Caldas Novas. 2000.
- PEIXOTO FILHO, S. **Contribuição à gestão do aquífero termal de Caldas Novas/Rio Quente.** Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2000. 183p.
- TRÖGER, U.; COSTA, J.F.G.; HAESBAERT, F.F. & ZSCHOCKE, A. **Novas contribuições aos aquíferos termais de Caldas Novas, Goiás.** *In: SBG-Núcleos Centro-Oeste e Minas Gerais. Simpósio de Geologia do Centro-Oeste e Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Resumos...* Brasília. 1999.
- TRÖGER, U.; COSTA, J.F.G.; HAESBAERT, F.F. **The thermal Aquifer and the springs of the Serra de Caldas Area - Goiás - Brazil.** *In: Int. Conf. Groundwater in Fractured Rocks. Abstract...* Praga, 2003.
- TRÖGER, U., PEIXOTO FILHO, S. & LACERDA, H. **Thermal Water Springs in Central Brazil - Hydrogeology, Chemical Composition and Isotope Studies.** *In: XXXIII IAH Congress, Mexico.* 2004.