

Avaliação da qualidade das águas termais sulfurosas distribuídas nas fontes da cidade de Poços de caldas-MG

Adriana Moreira de Carvalho¹ e Alexandre Nunes Ponezi²

RESUMO

Atualmente a preocupação em relação à qualidade das águas consumidas, seja para hidropinia, recreação ou para usos terapêuticos é fato. As águas termais usadas para fins terapêuticos não poderiam deixar de estar nesse contexto. Na cidade de Poços de Caldas-MG, a população dispõe de dois Fontanários de águas termais sulfurosas para uso. Esse trabalho analisou a qualidade das águas termais sulfurosas distribuídas no Fontanário Pedro Botelho e do Fontanário dos Macacos, avaliando as águas segundo os padrões microbiológicos, bacteriológicos, físico-químicos e radionuclídeos, durante 12 meses, comparando o resultado com as legislações vigentes. Praticamente, todos os parâmetros estão dentro dos padrões de qualidade, exceto para os elementos denominados fluoreto e sódio que se encontra com valores acima do permitido pela legislação, que estipula limites para águas utilizadas para consumo humano, embora os usos a que se destinam as águas termais sulfurosas sejam para fins terapêuticos. Valores altos de fluoreto foram detectados nos dois Fontanários pesquisados. Estas alterações podem estar relacionadas com uma incorporação natural do fluoreto às águas subterrâneas, devido à lixiviação das rochas fluoritas alcalinas, abundantes nessa região. O excesso de fluoreto nas águas consumidas podem causar fluorose dentária ou a fluorose óssea. O sódio ultrapassou os limites permissíveis pela legislação Portaria n. 2914/11 em média de 20 a 25%, também para os dois Fontanários, pode-se relacionar a presença deste elemento nas águas termais sulfurosas à geologia do local.

Palavras chave: Águas minerais sulfurosas, qualidade águas termais, Poços de Caldas (MG).

ABSTRACT

Currently the concern about the quality of water consumed, either for hidropinia, recreation or therapeutic uses is fact. The thermal waters used for therapeutic purposes could not help but be in that context. In the city of Pocos de Caldas, Minas Gerais, the population has two fountains of sulphurous thermal water for use. This study examined the quality of the sulphurous hot springs distributed in Fontanário Pedro Botelho and Fontanário of the Apes, assessing the water according to the microbiological, bacteriological, physical, chemical and radionuclide standards, over 12 months, comparing the result with existing laws. Practically, all parameters are within quality standards, except for the elements called sodium fluoride and that is with values above those permitted by law, which stipulates limits for waters used for human consumption, although the uses for which the waters are intended thermal sulphurous be for therapeutic purposes. High levels of fluoride were detected in the two fountains surveyed. These changes may be related to a natural incorporation of fluoride to groundwater

¹ Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. Fone:358813-7706,Email: adrianaacarvalho71@gmail.com

² Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.Fone: 19-21392872, Email: anponezi@gmail.com

due to leaching of alkaline, abundant fluorite rocks in this region. Excess fluoride in water consumed can cause dental fluorosis and skeletal fluorosis. Sodium exceeded allowable limits by legislation Ordinance no. 2914/11 on average from 20 to 25%, also for the two fountains, one can relate the presence of sulfur element in the thermal water the local geology.

Keywords: Sulphurous mineral waters, Quality thermal waters, Poços de Caldas (MG).

1- Introdução

Criado pela população que se instalou ao redor das fontes termais sulfurosas, o Município em Poços de Caldas, situado no Estado de Minas Gerais, é rico neste tipo de recursos naturais (MOURÃO, 1952).

As fontes de águas termais sulfurosas da cidade de Poços de Caldas emergem em 3 pontos específicos localizados na região central da cidade, sendo elas: a fonte Pedro Botelho, localizada nas Thermas Antonio Carlos e a fonte Dos Macacos, localizada no Balneário Mourão, objeto de pesquisa deste trabalho, e a outra se localiza em uma propriedade particular.

O surgimento e a presença destas águas estão ligados às condições climáticas da região, especialmente, a um alto índice pluviométrico, associados à ocorrência de vulcanismo, ocorrido a milhares de anos atrás, contribuindo para criar condições favoráveis à infiltração e circulação das águas termais sulfurosas e também de outros tipos de água (FRANGIPANI, 1991).

Referência para a prática da balneoterapia e fisioterapia, as águas termais de Poços de Caldas, há vários anos são utilizadas para banhos sulfurosos de imersão e para inalação, por apresentarem propriedades terapêuticas, atividades estas exercidas pelos dois balneários existentes na cidade que executam estes serviços de forma tarifada.

A população residente na cidade tem à sua disposição, as fontes Pedro Botelho e dos Macacos de livre acesso, as quais são utilizadas para uso tópico e/ou hidropinias. Eventualmente há pessoas que engarrafam estas águas para usarem posteriormente.

Estas águas utilizadas, seja para efeitos terapêuticos ou para lazer, devem estar isentas de interferentes, principalmente aqueles referentes a ações antrópicas. Para isto é necessário que medidas preventivas relacionadas a programas de preservação destes aquíferos sejam estabelecidas e cumpridas.

As coletas e análises iniciaram-se em agosto de 2012 e encerrou-se em Julho de 2013. As análises realizadas, conforme relação Tabela 1, foram feitas nos respectivos laboratórios: DMAE- Poços de Caldas (Departamento Municipal de Água e Esgoto), Laboratório Teixeira & Filhos – Andradas e Laboratório da INB (Indústrias Nucleares Brasileiras).

Tabela 1 - Parâmetros das amostras, períodos e análises.

Parâmetros	Período	Análises
Microbiológicos	Quinzenal (ago./12 a dez./12) e mensal (jan./13 a jul./13)	<i>Coliformes termotolerantes;</i> <i>Coliformes totais;</i> Contagem de bactérias heterotróficas
	Mensal a partir de nov./12 a jul./13	<i>Salmonela e Estreptococos</i>
Biológica	Semestral	<i>Fitoplânctons</i> (algas)
Físico-químicos	Quadrimestral	Cor, temperatura, pH, condutividade, cloreto, sólidos totais dissolvidos, fluoreto, Manganês, amônia, ferro, nitrato, acidez total, dureza total, alumínio, turbidez.
Radionuclídeos	Semestral	Rádio (²²⁶ Ra), Chumbo (²¹⁰ Pb), Tório (Th), Urânio natural (U) e Rádio ²²⁸ Ra

Os métodos empregados para as análises bacteriológicas foram: método dos tubos múltiplos e membrana filtrante, conforme “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” 21th edition. Washington. 1998 e os resultados foram comparados de acordo com as determinações da nova Portaria do Ministério da Saúde n° 2914/2011 e a RDC 275/05.

Os parâmetros selecionados para as análises físico-químicas são correspondentes aos padrões de potabilidade, segundo a Portaria 2914/2011 e Laboratório LAMIM.

Os parâmetros selecionados para as análises de radionuclídeos foram baseados no nível de importância radiológica dos radionuclídeos. Os métodos foram por separação radioquímica e espectrofotometria UV/VIS e a metodologia baseada na “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” 20th edition. Washington. 1997.

2.1- Informações sobre a área de estudo

Os caracteres dos Fontanários estudados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2- Área de Estudo

Dados	Fontanário Pedro Botelho	Fontanário dos Macacos
Ano de captação	1882	1882
Localização geográfica	Lat-S: 21 ° 47' 12,5''; Long-W: 46° 34'07,1''	Lat-S: 21 47'21,9'' Long-W: 46°33'51,6''
Tipo de perfuração	Anéis alvenaria de 70 cm Ø, sobrepostos e cimentados.	Anéis alvenaria de 70 cm Ø, sobrepostos e cimentados.
Profundidade do poço	1 metro	6 metros
Tipo de captação	Natural	Natural
Distribuição	Com bombeamento	Sem bombeamento (natural)
Local reserva água	Reservatório alvenaria lacrado	Reservatório alvenaria semi- aberto
Números pontos surgências	Três pontos*	Um ponto
Localização fraturas	N14°E, N50°E e EW	N14°E, N50°E e EW
Classificação DNPM	Hipertermais, alcalinas, bicarbonatadas sódicas e sulfurosas, discretamente radioativa.	Hipertermais, alcalinas, bicarbonatadas sódicas e sulfurosas, discretamente radioativa.
Pontos legais de abastecimento	Palace Hotel, Thermas Antônio Carlos e Fontanário Pedro Botelho	Balneário Mário Mourão e Fontanário dos Macacos
Utilização da água	Banhos imersão, nebulização, hidropinia ** e outros.	Banhos imersão, nebulização, hidropinia e outros.
Importância	Social, saúde pública, científica e econômica.	Social, saúde pública, científica e econômica.
Vazão	3,31 L/s *** (ano 1990)	1,06 L/s*** (ano 1991)
Número de bicas do fontanário	2	3
Período de residência	12.500 anos	12.500 anos
Acesso	Somente diurno	Livre

2.2 – Informações sobre as Legislações pertinentes

As águas termais sulfurosas são regidas pelo Código de Águas Minerais Decreto-Lei n. 7.841/45 e estão dentro da definição de águas minerais naturais, mas não possuem uma legislação definida especialmente para esse tipo de água.

“Ainda que todos os tipos de águas façam parte do mesmo ciclo hidrológico, são abordados de maneira diferenciada na mesma legislação brasileira, dependendo da forma de seu aproveitamento ou destinação” (CARVALHO, s/d). O mesmo ocorre com as águas termais sulfurosas.

Ao que se refere à classificação e a outras legislações pertinentes às águas termais, tem-se que cabe ao DNPM estabelecer a classificação, bem como a regulamentação das águas minerais e potáveis de mesa, para fins de engarrafamento e balneabilidade. As legislações podem ser observadas na tabela 3.

Tabela 3- Legislações pertinentes

Número Legislação	Disposições gerais
Código Águas Minerais- Decreto-lei 7.841/45	Estabelece a classificação e regulamentação para águas minerais e potáveis de mesa para fins de engarrafamento e balneabilidade.
Portaria 231/98 – DNPM	Regulamenta áreas de proteção das fontes de águas minerais.
RDC 274/05- Anvisa/MS	Regulamento técnico determina limites para substâncias químicas na água mineral.
RDC 275/05- Anvisa/MS	Regulamento técnico de caracteres microbiológicos para água mineral natural e água natural.
Portaria 374/09 – DNPM	Dispõe sobre especificações técnicas para o aproveitamento de água mineral, termal...

3- Resultados e Discussão

3.1- Análises Microbiológicas

Os resultados podem ser observados nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas do Fontanário Pedro Botelho

	Contagem Bacteriana	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes	Salmonela	Streptococos Fecais
Unidade	UFC/mL	UFC/100 mL	UFC/100 mL	C.Col/100 mL	C.Col/100 mL
Portaria 2914	Até 500 UFC/mL			Ausente	Ausente
RDC 275/05	-			-	-
29.08.12	Ausente				
10.09.12					
25.09.12				*	*
10.10.12	05				
24.10.12					
08.11.12		Ausente	Ausente		
21.11.12	Ausente				
07.12.12					
15.01.13					
20.02.13	05			Ausente	Ausente
13.03.13	50				
12.04.13	Ausente				
24.05.13					
14.06.13	06				
16.07.13	01				

Tabela 5 – Resultados das análises microbiológicas do Fontanário dos Macacos

	Contagem Bacteriana	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes	Salmonela	Streptococos fecais
Unidade	UFC/mL	UFC/100 mL	UFC/100 mL	C.Col/100 mL	C.Col/100 mL
Portaria 2914	Até 500 UFC/MI			Ausente	Ausente
RDC 275/05	-			-	-
21.08.12					
10.09.12					
25.09.12				*	*
10.10.12					
24.10.12	Ausente				
08.11.12		Ausente	Ausente		
21.11.12					
07.12.12					
15.01.13					
20.02.13	04			Ausente	Ausente
13.03.13					
12.04.13					
24.05.13	Ausente				
14.06.13					
16.07.13					

Conforme resultado das análises não consta nenhuma alteração referente a esses microorganismos patogênicos acima pesquisados que no geral são bons indicadores de contaminações recentes e remotas. Ressalta-se que devido à presença do sulfeto e de flúor (este último em valores considerados altos), estes conferem uma ação bactericida às águas

termais sulfuradas, tornando-as, a princípio, livres de contaminantes patógenos. Verificaram-se alterações na contagem de bactérias heterotróficas, das 15 amostragens analisadas para o Fontanário Pedro Botelho, cerca de 33% apresentaram valores na contagem de bactérias heterotróficas, porém valores considerados baixos. Estas alterações podem estar relacionadas à inexistência de um programa de desinfecção no respectivo Fontanário.

3.2- Análises Biológicas

Os resultados encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados análises bacteriológicas

	Unidade	V.M.P/Portaria 2914/11	29/01/13 F.P.B	18/06/13 F.P.B	29/01/13 F.Macacos	18/06/13 F.Macacos
Cianofíceas	Densidade- Cél./mL					
Clorofíceas	Organismo/ml	20milcélulas/ mililitro	Zero	Zero	Zero	Zero
Diatomáceas						
Euglenofíceas						
Fitoflagelos						
Xantofíceas						

F.P. B (Fontanário Pedro Botelho) e F. Macacos (Fontanário dos Macacos) - Resultado zero significa presença no ambiente em baixa densidade. Fonte: Ecolabor (2012/2013).

Na legislação para águas minerais naturais não se contemplam as análises para *Fitoplânctons*, sendo essas baseadas na Portaria n. 2.914/11. A partir dos resultados obtidos, pode-se verificar que foi detectada a presença de algas, porém em baixa densidade, não sendo possível quantificar, tanto para o Fontanário Pedro Botelho quanto para o dos Macacos, estando os resultados dentro do estabelecido pela legislação vigente.

3.3- Análises Físico-químicas

Os resultados encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7- Resultado Análises físico-químicas do Fontanário Pedro Botelho

Parâmetros	Unidades	RDC 274/2005	V. M. P Porta- ria 2914/11	LAMIN 09/2007 Série Histórica	F.P. B Out/12	F.P. B Dez/12	F.P. B Abril/13	F.P. B Jul/13
Chuvas 24 h.	-	-	-	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Aspecto*	-	-	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido
Cor*	Uh	-	15	Ausente	7,2	1,50	0,90	-
Odor*	-	-	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
pH*	-	-	6,0 a 9,5	9,99	9,81	9,77	9,85	9,82
Turbidez*	uT	-	5	Ausente	0,41	0,42	0,86	0,31
Alumínio**	mg/L	-	0,2	<0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto**	mg/L	-	250	3,99	10,10	8,80	5,50	16,2
Dureza Total*	mgCaCO 3/L	-	500	0,50	2,60	-	17,40	4,8
Acidez Total**	mg/L CO ₂	-	***	-	0,0	-	0,0	0,0
Fluoreto**	mg/L	-	P.C 1,2	29,02	20,80	17,50	25,25	24,6
Manganês**	mg/L	0,5	0,1	0,002	0,0	-	0,0	0,0
Condutividade*	µS/cm	-	***	969,0	860,0	868,0	891,0	907,0
S.T. Dissol.**	mg/L	-	1.000	-	401,0	405,0	427,0	441,0
Ferro**	mg/L	-	0,3	<0,002	-	-	0,31	0,06
Nitrato*	mg/L	50,0	10,0	-	-	-	0,01	0,0

(VMP) Valores Máximos Permissíveis – (uH) Unidade Hazen- (F.P.B) Fontanário Pedro Botelho - Parâmetros LAMIM*- Parâmetros Potabilidade Portaria 2914/11 **- P.C 1,2 (Valor para a cidade de Poços de Caldas). ***Sem parâmetro na Legislação. Fonte: LAMIM e DMAE (2012-2013). Resultados em vermelho não atendem a legislação vigente

Tabela 8 - Resultados análises físico-químicas do Fontanário dos Macacos

Parâmetros	Unidades	RDC 274/05	V.M.P Port ria 2914/11	LAMIN 09/2007	F. Macacos out/12	F. Macacos dez/12	F. Macacos abril/13	F. Macacos jul/13
Chuvas 24 h.	-	-	-	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Aspecto*	-	-	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido	Límpido
Cor*	uH	-	15	Ausente	9,80	0,70	2,20	-
Odor*	-	-	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
ph*	-	-	6,0 a 9,5	9,83	9,80	9,75	9,85	9,83
Turbidez*	uT	-	5	Ausente	0,52	0,13	4,68	0,13
Alumínio**	mg/L	-	0,2	<0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloreto**	mg/L	-	250	4,24	11,90	7,70	6,80	18,4
Dureza Total*	mgCaCO ₃ /L	-	500	0,50	2,60	-	113,60	3,8
Acidez Total**	mg/L CO ₂	-	***	-	0,0	-	0,0	0,0
Fluoreto**	mg/L	-	P.C até 1,2	29,38	39,25	20,20	26,25	24,0
Manganês*	mg/L	0,5	0,1	0,002	0,0	-	0,0	0,0
Condutividade*	µS/cm	-	***	983,0	817,0	857,0	808,0	833,0
S.T.Dissol.**	mg/L	-	1.000	-	416,0	404,0	393,0	406,0
Amônia**	mg/L	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,03
Ferro**	mg/L	-	0,3	0,002	-	-	0,02	0,01
Nitrato*	mg/L	50,0	10,0	-	-	-	0,0	0,0

(VMP) Valores Máximos Permissíveis – (uH) Unidade Hazen- (F. Macacos) Fontanário dos Macacos - Parâmetros LAMIM*- Parâmetros Potabilidade Portaria 2914/11 ** P.C 1,2 (valor para a cidade de Poços de Caldas). ***Sem parâmetro na Legislação. Fonte LAMIM e DMAE (2012-2013). Resultados em vermelho não atendem a legislação vigente.

Com relação ao pH básico, é provável que esteja relacionado à decomposição dos silicatos alcalinos, devido aos fenômenos de hidratação e hidrólise, sendo próprio nesse tipo de água um pH mais alcalino. Nota-se que as águas possuem um pH, com variações, porém sempre alcalino.

Sobre o fluoreto, a região é rica em rochas denominadas fluoritas. Estas rochas estão em abundância nas profundezas subterrâneas. Estudos mostram que, a quantidade de fluoreto é elevada nas águas termais devido à profundidade em que se encontram estas águas, ao contato prolongado das mesmas com as rochas fluoritas e a alta temperatura da água, sendo fatores que contribuem para intensificar o processo de solubilização deste elemento (CRUZ & PEIXOTO, 1989).

3.4 - Análises de radionuclídeos

Na Tabela 9, encontram-se os resultados.

Tabela 9 – Resultados das concentrações de atividade dos radionuclídeos

Isótopos	Unidade	Portaria 2914 /11	29/10/12 P.B	20/06/13 P.B	29/10/12 Macacos	20/06/13 Macacos
²¹⁰ Pb	Bq/L	-	0,005895	0,063	0,003604	0,036
²²⁶ Ra	Bq/L	1 Bq/L	0,006959	0,004	0,003377	0,0038
²²⁸ Ra	Bq/L	0,1Bq/L	-	0,01	-	0,0065
Th-Total	Bq/L	-	0,00082	-	0,00165	-
U-Natural	mg/L*	0,03 mg/L	0,0004337	0,000327	0,001518	0,0004508

* Resultados em Bq/L convertidos em mg/L. Fontanário Pedro Botelho (P. B.) e Fontanário dos Macacos. Fonte: INB (2012/2013).

Embora até o presente momento não se tenha estipulado na legislação um limite máximo permissível de atividade radioativa para as águas minerais, a comparação é feita usando os limites máximos permissíveis para água potável, Portaria n. 2.914/11. Analisando os resultados pode-se notar que se encontram dentro do limite estipulado pela legislação.

4- Conclusão

Diante das pesquisas realizadas, concluiu-se que as águas termais sulfurosas das fontes Pedro Botelho e Dos Macacos, encontram-se adequadas do ponto de vista bacteriológico para serem utilizadas para fins terapêuticos.

Sob o ponto de vista físico-químico apesar das águas conterem um enriquecimento do fluoreto, isto se deve à dissolução da própria rocha fluorita, que com o aumento de temperatura da água contribui para intensificar o processo de solubilização, os altos valores do flúor indicam um processo de incorporação natural, não configurando contaminação antrópica.

De acordo com os resultados das análises de radionuclídeos, os respectivos Fontanários encontram-se dentro dos valores estipulados pela legislação.

É importante ressaltar, que as águas sulfurosas não podem ser ingeridas sem uma orientação médica e nem ser engarrafadas, haja vista que são impróprias para tal fim, pois em sua composição química está presente o fluoreto em altas concentrações e outras substâncias em quantidades menores, podendo causar danos à saúde, caso seu uso seja sem orientação médica.

5- Referências Bibliográficas

APHA, AWWA, WEF, “**Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**”. 20th ed. Washington. 1997.

BRASIL. Decreto-Lei n.º 7.841, de 08 de agosto de 1945. **Código de águas minerais. Diário Oficial da União Brasília, DF, 20 ago. 1945. Seção 1.**

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS n.º 275, de 21 de outubro de 2002. **Regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores / industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores / industrializadores de alimentos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 06 nov. 2002. Seção 1.

BRASIL. PORTARIA 2.914. (2011). Ministério do Estado da Saúde-MS. **Norma de qualidade da água para consumo humano. Portaria n.º 2.914, D.O.U. de 14/12/11, República Federativa do Brasil, 2011.**

CARVALHO, S.R. (s/d). **Água, um bem que precisa ser cuidado.** Projeto de Estrutura Institucional de Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos. BRA/OES/01/002-SRH-MMA.

COSTA, P. C. G. *et. al.* (1998). **Projeto hidrogeambiental das estâncias hidrominerais da companhia mineradora de Minas Gerais . 69 p.**

FRANGIPANI, A. (1991). **Avaliação do potencial hidrogeotérmico de Poços de Caldas.** São Paulo, IPT/FINEP.

MOURÃO, M. B. (1952) - **Poços de Caldas - Síntese Histórico - social-** S.P.E.D. Saraiva.