



ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO BORTOLAN, POÇOS DE CALDAS (MG): RESULTADOS PRELIMINARES

Comissão das Águas da Câmara Municipal de Poços de Caldas (MG)

Equipe de amostragem, coleta e análise preliminar das águas

Universidade Federal de Alfenas (Unifal): Prof. Dr. Diego de Souza Sardinha; Prof. Dr. Gunther Brucha; Prof. Dr. Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes; Pós doutoranda Bruna Del Busso Zampieri; Mestranda Eveline Ramos.

Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN): Dr. Heber Luiz Caponi Alberti.

OAB - Poços de Caldas e presidente do CBH Mogi/Pardo: Advogado Dr. José Edilberto da Silva Resende.

Guarda Civil Municipal - Guarda Verde de Poços de Caldas: Flávio Henrique Andrade e Francisco Baldin Filho.

SUP Sul de Minas: Júnior Pretoni.

Nota: este relatório trata de uma análise preliminar dos dados amostrados no Reservatório Bortolan. O relatório final será composto por um conjunto maior de análises e pelos demais integrantes da Comissão das Águas e do Laboratório de Poços de Caldas (LAPOC) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Introdução

Ao contrário dos lagos, os reservatórios são formados pela ação direta do homem com o barramento de um vale natural ou a formação artificial de lagos. Outra característica peculiar dos reservatórios é a presença de vazões defluentes sujeitas ao controle, sendo este relacionado à exploração humana (Pedrazzi et al., 2014).

A classificação das águas superficiais no território brasileiro é estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357, a qual define as classes de águas superficiais como: águas doces (classes especial, 1, 2, 3 e 4), águas salobras (classes especial, 1, 2 e 3) e águas salinas (classes especial, 1, 2 e 3) (Brasil, 2005). Os corpos de água da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas são enquadrados como Classe 2.

Quanto a potabilidade da água, a Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021) dispõem sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água, devendo ser realizados aproximadamente 130 parâmetros (físicos, químicos, microbiológicos, radioativos, metais, agrotóxicos, nutrientes, dentre outros).

Quanto a Balneabilidade, devem ser analisados coliformes fecais (termotolerantes), *Escherichia coli* e Enterococos (águas marinhas), conforme preconizado na Resolução CONAMA nº 274 de 2000 (Brasil, 2000). Os resultados dos exames devem ser realizados durante 5 semanas anteriores e no mesmo ponto de amostragem. No entanto, também podem abranger períodos menores desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, cinco amostras durante o tempo mencionado, com intervalo mínimo de 24 horas entre as amostragens (Brasil, 2000).

Segundo Sardinha et al., (2010) o conhecimento da qualidade, uso atual e potencial de cada trecho de um corpo d'água permite um planejamento racionalizador indispensável para a recuperação e a conservação dos recursos hídricos. Como reservatório ainda tem carência quanto às informações referentes à sua qualidade mesmo sendo utilizado para práticas esportivas de contatos primários e secundários, torna-se indispensável à realização de estudos de qualidade da água mais detalhados sobre o Reservatório Bortolan.

Área de estudo

Inaugurada em maio de 1956, a Represa do Bortolan está inserida na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Antas. Atualmente sua importância não se limita apenas à geração de energia elétrica operada pelo Departamento Municipal de Eletricidade (DME) e ao turismo, mas também está relacionada a atividades de pesca e práticas de lazer como esportes aquáticos, demanda de uso que vem crescendo nos últimos anos inclusive com organização de alguns eventos e provas esportivas.



A bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, responsável por aproximadamente 47% do abastecimento público de água do município de Poços de Caldas, possui suas nascentes localizadas na borda sul da caldeira vulcânica, a aproximadamente 1.600 m de altitude, em percurso aproximado de 50 km a norte, drena uma área de cerca de 380 km² antes de formar o reservatório Bortolan a cerca de 1.250 m de altitude (Figura 1). Segundo Alberti (2008), a região da bacia é dotada de grandes reservas minerais (bauxita, argila, elementos terras raras, molibdênio, zircônio, vanádio, urânio, potássio, tório e ferro), além disso, praticamente toda bacia hidrográfica do Ribeirão da Antas se encontra ocupada por poligonais referente ao processo para exploração de lavra e grande parte dessas poligonais já possuem licença para exploração.

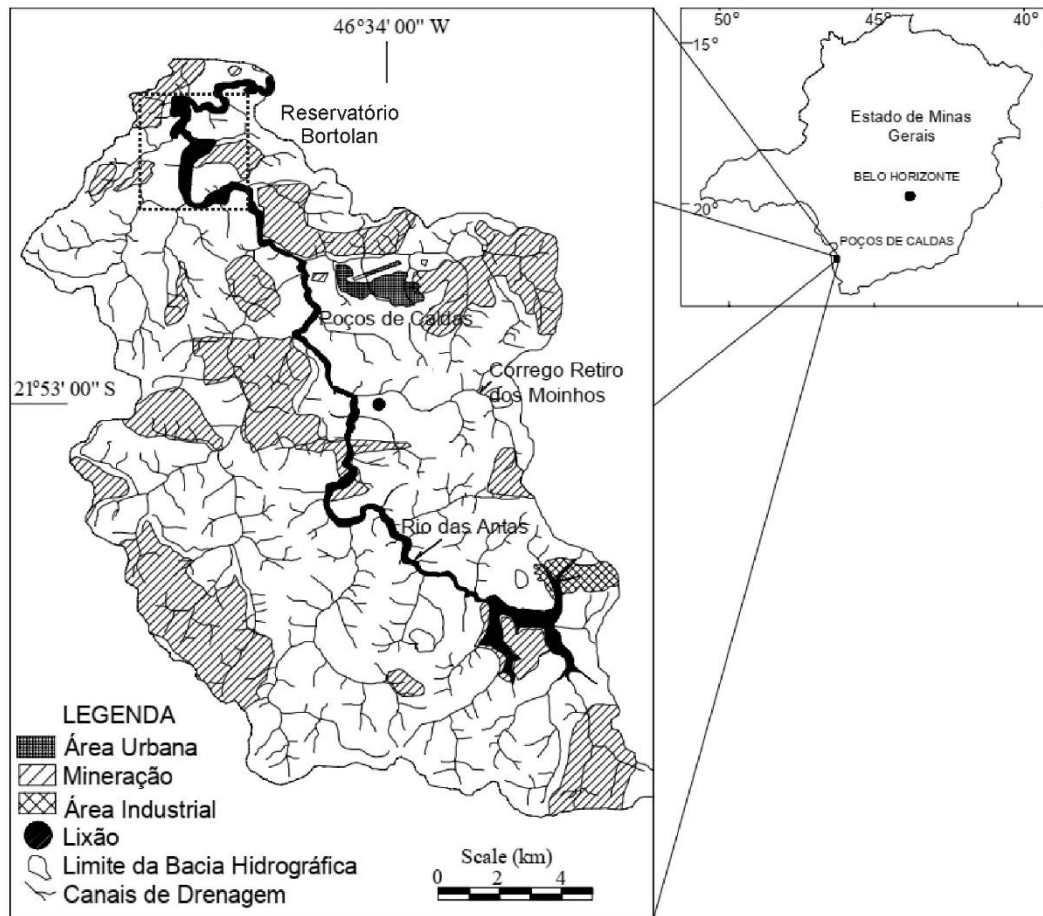


Figura 1. Usos e ocupações da terra na bacia do Ribeirão das Antas. Fonte: modificado de Palma e Zuquette (2005).

Conforme estudos de Palma e Zuquette (2005), os resíduos urbanos e hospitalares gerados são dispostos na região Sul do município de Poços de Caldas, ao lado do Córrego dos Moinhos desde 1985, tributário direto do Ribeirão das Antas. A expansão urbana do município de Poços de Caldas nas últimas décadas ocupou grande parte desta bacia, desde as regiões ao sul, mais distantes do reservatório, até as bacias de entorno imediato à represa com a implantação de áreas residências, condomínios residenciais e de chácaras, áreas de ocupação industrial, além da diversidade de atividades de extração minério. Quanto à agricultura, a região da bacia também se destaca pela cultura cafeeira, produção de gado de leite e lavouras temporárias de batata, milho, tomate e feijão, e num período mais recente cultivo de eucalipto (Figura 2).

Assim, o reservatório Bortolan está submetido a uma constante pressão antrópica, não somente pela urbanização ao longo do seu entorno direto, mas também pela diversidade de atividades antrópicas de potencial poluidor para recursos hídricos (mineração, agricultura, área urbana residencial e industrial) nas bacias hidrográficas dos seus principais tributários.

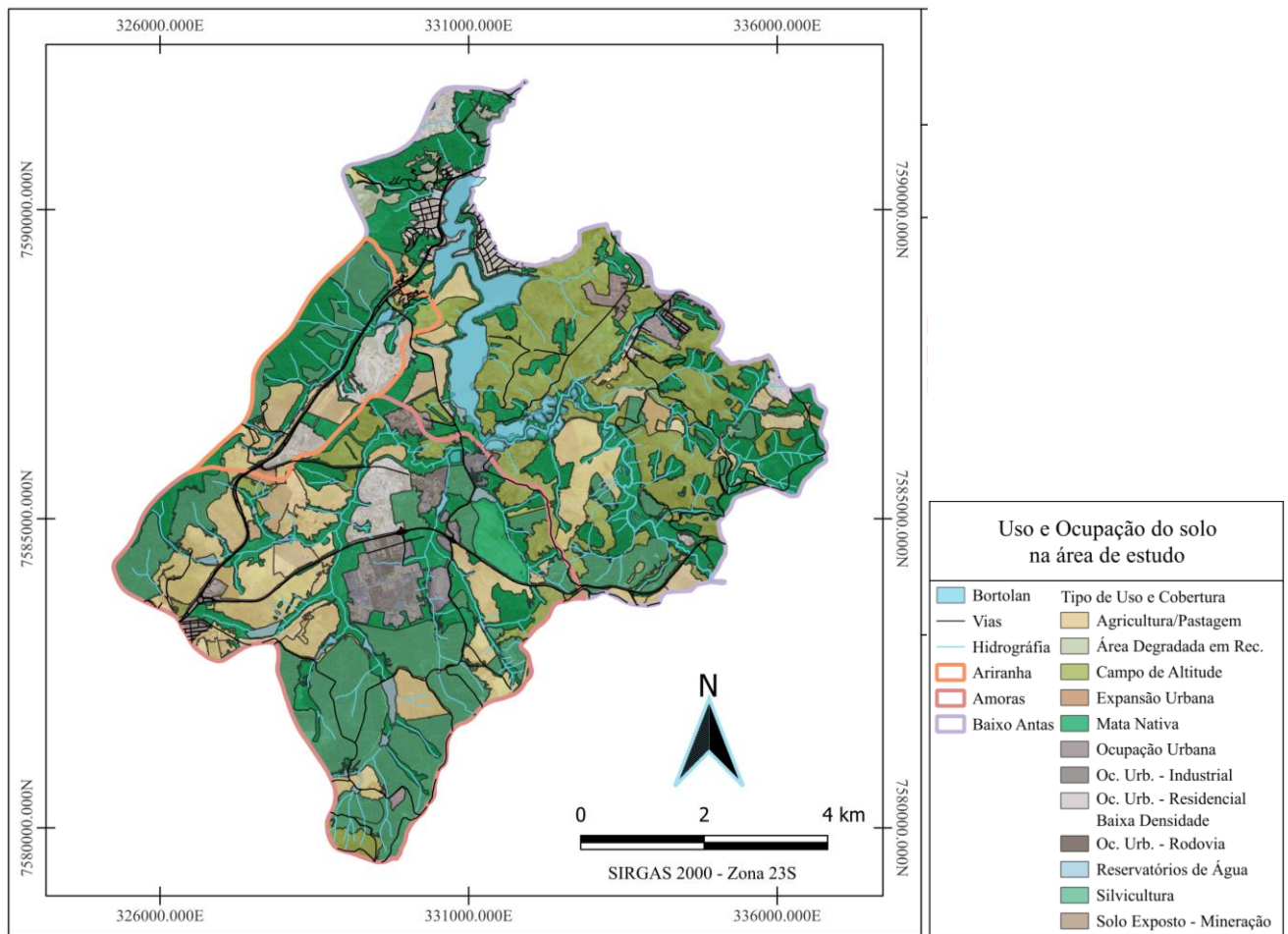


Figura 2. Mapa de Uso e cobertura na região de entorno imediato do reservatório do Bortolan.

Materiais e métodos

As cartas descritivas e interpretativas em meio digital foram obtidas a partir de pesquisas bibliográficas e inventário de dados, além de controle em campo utilizando GPS (Global Positioning System) modelo Garmin GPSMAP 62S (precisão de $\pm 3,0$ metros). As cartas temáticas foram produzidas através de digitalização com posterior edição utilizando o software, QGIS 3.14.15.

Para avaliar a qualidade das águas, foram escolhidos três pontos de amostragens representativos. Em todos os pontos de amostragem foram retirados dados relativos à altitude, horário, pressão atmosférica e temperatura do ar. Para isso, foi utilizada a Central Meteorológica Brunton - ADC Summit, temperatura do ar (resolução $0,1 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$), pressão atmosférica (resolução $0,1 \text{ hPa} \pm 1,5 \text{ mb}$) e altímetro (resolução $1,0 \text{ metro} \pm 3,0 \text{ metros}$).

As águas foram caracterizadas físico-quimicamente no dia 20/10/2023 em três pontos representativos localizados dentro do Reservatório, P1 próximo ao início ou zona fluvial, P2 na região central ou zona intermediária e P3 próximo ao vertedouro ou zona lacustre (Figura 3). Para isso, foi utilizado equipamento com eletrodos de leitura direta no próprio local de amostragem (*in situ*), com o medidor portátil U-50 Multiparameter Water Quality Checkers da Horiba, previamente calibrado, sendo analisada as seguintes variáveis: temperatura (método termistor, de -10 a $55^\circ\text{C} \pm 0,3^\circ\text{C}$); pH (método de eletrodo de vidro, de $0,0$ a $14,0 \pm 0,1$ pH); condutividade elétrica (método do eletrodo 4AC, de $0,0$ a $100,0 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,1 \%$); oxigênio dissolvido (método polarográfico, de $0,0$ a $50,0 \text{ mg}/\text{L} \pm 0,2 \text{ mg}/\text{L}$); potencial redox (método do eletrodo de platina, de -2000 a $2000 \text{ mV} \pm 15 \text{ mV}$); sólidos totais dissolvidos (conversão de condutividade, de $0,0$ a $100,0 \text{ g}/\text{L} \pm 5,0 \text{ g}/\text{L}$) e turbidez (fonte de luz LED, de $0,0$ a $800,0 \text{ NTU} \pm 1,0 \text{ NTU}$).

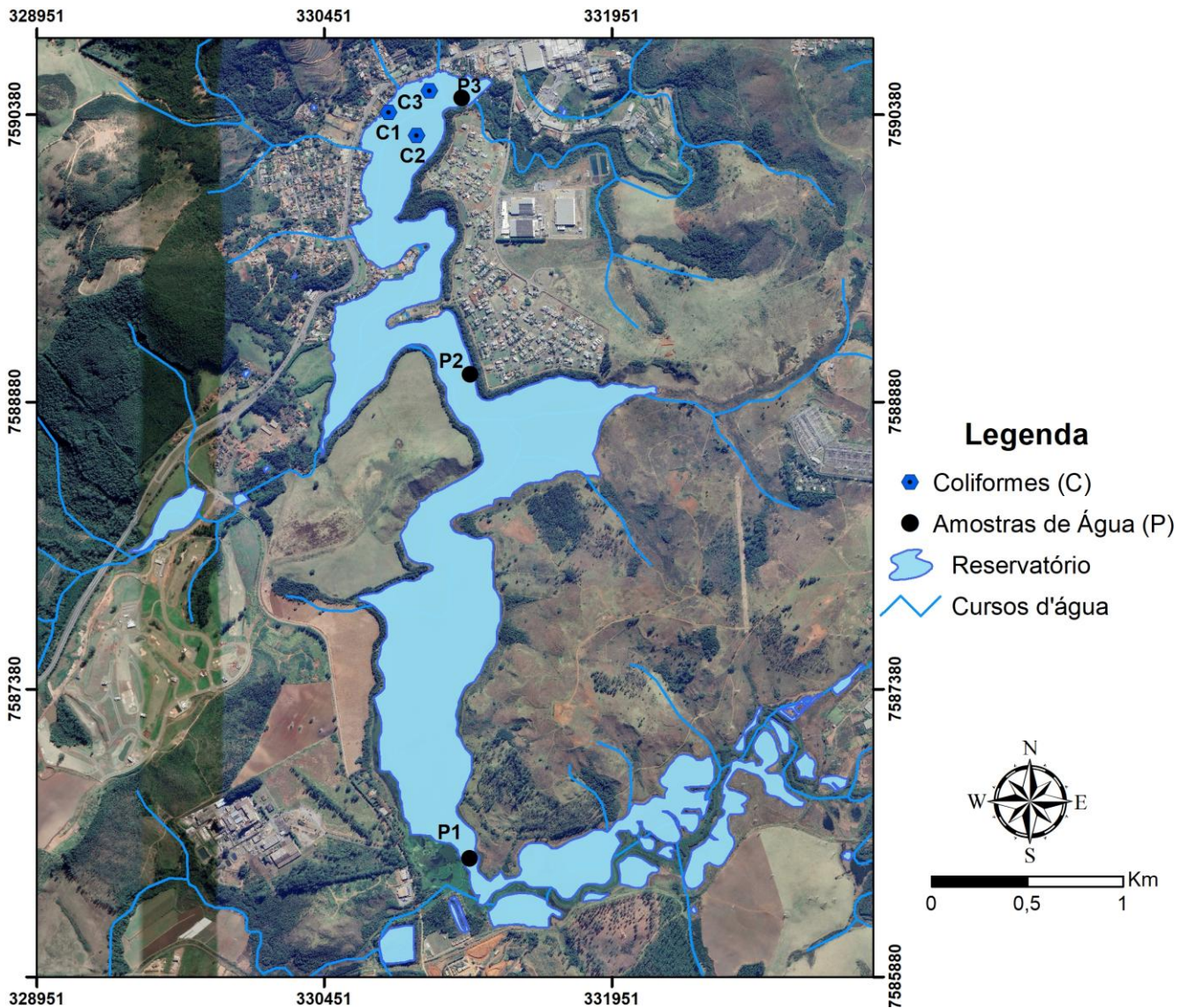


Figura 3. Pontos de amostragem de água e microbiológica (coliformes) no Reservatório Bortolan.
Fonte de imagem: Google Earth Pró (2023).

Amostras foram coletadas com garrafa Van Dorn horizontal em três diferentes profundidades, conforme Oliveira (2012) fundo ou leito ou zona afótica profunda, profundidade média e superficial de interface ar-água ou zona eufótica. Alíquotas foram armazenadas em vasilhames de polietileno, acondicionadas em isopor com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos e Solos (LEAS) do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas (ICT/Unifal). As amostras foram filtradas com membranas de acetato de celulose de 0,75 μm acoplado a um conjunto kitassato ligado a uma bomba de vácuo para quantificação teor dissolvido de Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , P, NO_3^- , Cl^- , F^- , HCO_3^- .

Os teores de sódio Na^+ e potássio K^+ foram determinados por Fotômetro de Chama MOD. 910 MS (padrão de Na^+ e K^+ de 20 ppm ou 100 ppm) resolução de 1,0 ppm \pm 0,1 ppm (ANALYSER, 2010). As concentrações de sulfato SO_4^{2-} (método turbidimétrico de sulfato de bário, de 0,0 a 70,0 \pm 0,5 mg/L), fosfato PO_4^{3-} e fósforo total P (método do ácido ascórbico, de 0,0 a 2,5 \pm 0,01 mg/L), nitrato NO_3^- (método de redução de cádmio, de 0,0 a 5,0 \pm 0,2 mg/L), fluoreto F^- (método Spadns 2, de 0,0 a 2,0 \pm 0,04 mg/L), cálcio Ca^{2+} e magnésio Mg^{2+} (método da calmagita colorimétrica, de 0,05 a 4,00 \pm 0,01 mg/L) foram quantificados por espectrofotômetro modelo DR 890 da Hach Company (HACH, 2013). Cloreto Cl^- método de tiocianato de mercúrio (II) (0,0 a 20,0 \pm 0,5 mg/L) e



alcalinidade HCO_3^- método colorimétrico ($0,0$ a $500 \pm 5,0$ mg/L) foram analisados pelo fotômetro multiparâmetro HI83300 da Hanna (HANNA, 2020).

Análises microbiológicas foram realizadas em três pontos de amostragem superficiais (C1, C2 e C3) no dia 08/11/2023 (Figura 3). As amostras foram coletadas em frascos de vidro borossilicato esterilizados, refrigeradas e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas (ICT/Unifal). Os ensaios de enumeração de coliformes totais e coliformes fecais (*E. coli*) foram realizados segundo a descrição no Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2017).

Resultados

Ponto P1: início ou zona fluvial

O ponto P1 (Figura 2) localizado próximo ao início do Reservatório Bortolan ou zona fluvial (encontro do Córrego das Amoras e Rio das Antas) nas coordenadas 7.586.622 m de latitude S e 331.077 m de longitude E a 1247 metros, é formado por uma grande quantidade de macrófitas aquáticas, o local possui odor muito forte e a água aspecto turvo com a presença de óleos e espumas.

No ponto P1 as amostragens foram realizadas as 08:44 horas, com temperatura do ar de 21,9°C e pressão atmosférica de 878,7 mb. Os resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos, analisados *in situ* encontram-se na Tabela 1 e os realizados em laboratório na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos *in situ* das águas do Reservatório Bortolan em P1.

Prof.	Temp.	pH	ORP	Cond.	Turb.	OD	OD	STD
(m)	(°C)		(mV)	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	(NTU)	(mg/L)	(%)	(mg/L)
0,15	23,79	6,84	132,00	95,00	4,70	6,85	82,80	61,00
0,25	23,76	6,80	129,00	91,00	8,90	4,53	54,70	60,00
0,25	23,81	6,77	139,00	76,00	16,30	5,51	66,60	52,00
0,35	23,73	6,79	130,00	94,00	4,90	4,15	50,10	61,00
0,60	23,65	6,74	135,00	94,00	5,50	4,04	48,70	61,00
0,80	23,60	6,68	141,00	94,00	4,80	4,09	49,20	61,00
1,00	23,62	6,62	156,00	94,00	5,50	3,94	47,50	61,00
1,15	23,62	6,36	157,00	94,00	5,70	4,12	49,60	61,00
1,30	23,60	6,02	169,00	95,00	5,60	4,27	51,40	61,00
1,45	23,60	5,68	179,00	95,00	4,90	4,33	52,20	61,00
1,55	23,69	5,76	176,00	95,00	6,20	4,13	49,80	62,00
1,60	23,48	5,74	145,00	97,00	13,00	4,78	57,50	63,00
Média	23,66	6,40	149,00	92,83	7,17	4,56	55,01	60,42
Desvio-padrão	0,10	0,47	18,01	5,47	3,74	0,84	10,20	2,75

Prof. = profundidade; T = temperatura; pH = potencial hidrogeniônico; ORP = potencial de oxirredução; Cond = condutividade elétrica; Turb = turbidez; OD = oxigênio dissolvido; STD = sólidos totais dissolvidos.

Tabela 2. Resultados obtidos para os parâmetros químicos das águas do Reservatório Bortolan em P1.

Amostra	Prof.	Cl^-	F^-	HCO_3^-	PO_4^{3-}	P	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
	(m)	(mg/L)										
P1.1	0,00	1,90	0,53	11,00	0,48	0,16	0,80	27,00	3,80	3,30	0,50	0,05
P1.2	0,70	2,10	0,49	12,00	0,61	0,20	1,20	25,00	3,60	3,10	0,47	0,02
P1.3	1,40	1,90	0,34	12,00	0,70	0,23	0,90	21,00	3,70	3,20	0,52	0,03

Ponto P2: região central ou zona intermediária

O ponto P2 (Figura 2) localizado próximo a região central ou zona intermediária do Reservatório Bortolan nas coordenadas 7.588.970 m de latitude S e 331.125 m de longitude E a 1244 metros, é formado por uma quantidade pequena de macrófitas aquáticas nas margens, o local não possui odor e a água apresenta uma cor de chá com pouca presença de óleos e espumas.



No ponto P2 as amostragens foram realizadas as 10:03 horas, com temperatura do ar de 26,0°C e pressão atmosférica de 876,4 mb. Os resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos, analisados *in situ* encontram-se na Tabela 3 e os realizados em laboratório na Tabela 4.

Tabela 3. Resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos *in situ* das águas do Reservatório Bortolan em P2.

Prof. (m)	Temp. (°C)	pH	ORP (mV)	Cond. (µS/cm)	Turb. (NTU)	OD (mg/L)	OD (%)	STD (mg/L)
0,10	26,22	7,26	131,00	14,00	60,10	5,91	74,20	9,00
0,15	26,63	7,22	130,00	73,00	13,60	5,31	67,10	50,00
0,25	26,63	7,25	151,00	96,00	6,20	6,60	83,40	62,00
0,40	26,60	7,25	147,00	96,00	5,60	7,76	98,00	62,00
0,55	26,15	7,25	165,00	97,00	5,40	9,91	124,30	63,00
0,70	26,02	7,25	166,00	97,00	5,30	8,24	103,10	63,00
0,85	25,68	7,23	165,00	97,00	6,00	9,09	113,20	63,00
1,00	25,57	7,23	169,00	97,00	6,10	9,48	117,80	63,00
1,15	25,51	7,23	168,00	97,00	5,80	9,48	117,80	63,00
1,30	25,48	7,21	168,00	97,00	5,90	9,44	117,20	63,00
1,45	25,41	7,15	168,00	97,00	6,50	9,21	114,20	63,00
1,60	25,37	7,12	170,00	97,00	5,20	8,89	110,10	63,00
1,75	25,37	7,00	166,00	97,00	5,50	8,41	104,30	63,00
1,85	25,34	7,08	163,00	97,00	6,00	8,84	109,60	63,00
2,05	25,34	7,06	160,00	97,00	6,20	8,15	100,90	63,00
2,20	25,33	7,05	161,00	97,00	5,50	8,25	102,20	63,00
2,35	25,32	7,04	157,00	97,00	4,80	8,48	105,10	63,00
2,50	25,31	7,01	152,00	98,00	6,70	8,02	99,30	63,00
2,65	25,25	6,92	139,00	98,00	6,80	7,47	92,40	64,00
2,80	25,22	6,89	110,00	99,00	8,00	5,93	73,00	64,00
2,95	25,05	6,74	134,00	100,00	6,20	4,98	61,40	65,00
3,05	25,00	6,68	128,00	100,00	5,90	4,30	53,00	65,00
3,20	24,93	6,58	107,00	101,00	8,00	3,25	40,00	66,00
3,35	24,99	6,22	102,00	102,00	13,30	2,46	30,30	66,00
Média	25,57	7,04	149,04	93,25	8,94	7,41	92,16	60,63
Desvio-padrão	0,52	0,26	21,37	17,69	11,12	2,09	26,08	11,38

Prof. = profundidade; T = temperatura; pH = potencial hidrogeniônico; ORP = potencial de oxirredução; Cond = condutividade elétrica; Turb = turbidez; OD = oxigênio dissolvido; STD = sólidos totais dissolvidos.

Tabela 4. Resultados obtidos para os parâmetros químicos das águas do Reservatório Bortolan em P2.

Amostra	Prof. (m)	Cl ⁻	F ⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	P	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
P2.1	0,00	1,80	0,50	9,00	0,39	0,13	1,00	28,00	3,40	3,30	0,55	0,00
P2.2	1,60	1,40	0,58	10,00	0,32	0,10	1,10	27,00	3,20	3,30	0,49	0,04
P2.3	3,20	1,60	0,53	9,00	0,47	0,15	1,20	29,00	3,50	3,20	0,45	0,08

Ponto P3: próximo ao vertedouro ou zona lacustre

O ponto P3 (Figura 2) localizado próximo ao vertedouro ou zona lacustre do Reservatório Bortolan nas coordenadas 7.590.441 m de latitude S e 331.132 m de longitude E a 1237 metros, é formado por uma quantidade moderada de macrófitas aquáticas nas margens, o local não possui odor e a água apresenta uma cor de chá com pouca presença de óleos e espumas. No ponto P3 as amostragens foram realizadas as 11:00 horas, com temperatura do ar de 28,8°C e pressão atmosférica de 878,4 mb. Os resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos, analisados *in situ* encontram-se na Tabela 5 e os realizados em laboratório na Tabela 6.



Tabela 5. Resultados obtidos para os parâmetros físicos e químicos *in situ* das águas do Reservatório Bortolan em P3.

Prof. (m)	Temp. (°C)	pH	ORP (mV)	Cond. (µS/cm)	Turb. (NTU)	OD (mg/L)	OD (%)	STD (mg/L)
0,20	26,94	9,22	73,00	77,00	15,20	7,52	95,50	50,00
0,20	27,00	9,39	67,00	76,00	13,90	6,43	81,70	50,00
0,30	26,84	9,20	64,00	76,00	19,70	8,01	101,60	50,00
0,50	26,74	9,15	46,00	75,00	18,10	8,89	112,50	49,00
0,60	26,64	9,30	95,00	75,00	12,20	9,86	124,70	49,00
0,80	26,53	9,11	117,00	75,00	14,70	11,44	144,30	49,00
0,95	25,23	8,01	166,00	76,00	11,70	10,12	127,20	49,00
1,10	25,89	7,44	178,00	77,00	17,60	9,92	124,00	50,00
1,30	25,81	7,36	182,00	78,00	11,00	9,32	116,40	51,00
1,55	25,79	7,34	183,00	78,00	11,90	9,40	117,30	50,00
1,80	25,77	7,32	182,00	77,00	11,20	9,70	121,10	50,00
2,05	25,77	7,28	183,00	78,00	12,10	9,13	113,80	51,00
2,30	25,76	7,23	184,00	79,00	12,40	9,44	117,70	51,00
2,50	25,73	7,23	184,00	79,00	12,00	9,38	116,90	51,00
2,75	25,72	7,24	183,00	79,00	10,00	9,12	113,70	51,00
3,00	25,71	7,34	178,00	76,00	11,90	9,80	122,10	49,00
3,25	25,70	7,37	177,00	75,00	11,20	9,74	121,40	49,00
3,45	25,70	7,40	175,00	74,00	14,80	10,34	128,80	48,00
3,60	25,69	7,44	171,00	73,00	13,70	9,33	116,30	48,00
3,75	25,68	7,49	167,00	72,00	14,40	9,78	121,80	47,00
4,00	25,67	7,44	164,00	72,00	15,70	9,69	120,70	47,00
4,20	25,64	7,19	165,00	77,00	10,60	9,15	113,90	50,00
4,40	25,61	7,09	163,00	81,00	9,20	8,07	100,40	52,00
4,45	25,79	7,64	162,00	79,00	9,80	9,26	115,50	51,00
4,60	25,32	7,06	164,00	82,00	8,50	7,05	87,50	54,00
4,80	25,52	7,04	164,00	82,00	7,00	8,13	101,00	54,00
5,00	25,44	7,00	158,00	84,00	6,60	7,04	87,40	54,00
5,20	25,34	6,96	168,00	85,00	8,30	6,32	78,30	55,00
5,35	25,26	6,92	170,00	86,00	6,40	5,51	68,20	56,00
5,60	25,15	6,88	167,00	86,00	6,50	4,54	56,10	56,00
5,80	25,07	6,86	164,00	86,00	8,40	4,40	54,30	56,00
6,00	24,96	6,83	153,00	86,00	9,20	3,51	43,20	56,00
6,20	24,72	6,78	141,00	87,00	8,50	1,85	22,70	57,00
6,45	24,66	6,77	149,00	87,00	7,70	1,90	23,20	56,00
6,65	24,62	6,74	137,00	87,00	7,90	1,54	18,90	56,00
6,95	24,58	6,72	130,00	87,00	10,30	1,25	15,30	56,00
7,20	24,54	6,71	122,00	87,00	10,00	1,01	12,40	56,00
7,40	24,54	6,71	123,00	87,00	8,70	0,94	11,40	56,00
7,55	29,49	6,66	106,00	87,00	9,80	0,54	6,60	57,00
7,70	24,51	6,56	103,00	87,00	10,40	0,59	7,20	57,00
7,95	24,70	6,28	58,00	89,00	10,82	0,22	2,70	58,00
Média	25,65	7,41	146,00	80,39	11,22	6,81	85,02	52,24
Desvio-padrão	0,91	0,83	39,75	5,22	3,21	3,51	44,03	3,33

Prof. = profundidade; T = temperatura; pH = potencial hidrogeniônico; ORP = potencial de oxirredução; Cond = condutividade elétrica; Turb = turbidez; OD = oxigênio dissolvido; STD = sólidos totais dissolvidos.

Tabela 6. Resultados obtidos para os parâmetros químicos das águas do Reservatório Bortolan em P3.

Amostra	Prof. (m)	Cl ⁻	F ⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	P	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
(mg/L)												
P3.1	0,00	2,00	0,40	4,00	0,30	0,10	0,60	17,00	3,50	2,90	0,40	0,04
P3.2	4,00	1,80	0,40	7,00	0,27	0,09	0,80	20,00	3,40	2,80	0,49	0,08
P3.3	8,00	2,00	0,46	11,00	0,33	0,11	0,90	20,00	3,30	3,10	0,28	0,19



Parâmetros microbiológicos

Os pontos C1, C2 e C3 localizam-se nas coordenadas 7.590.456, 7.590.475 e 7.590.404 m de latitude S e 330.940, 331.036 e 331.022 m de longitude E a aproximadamente 1238 metros. O local é formado por uma quantidade moderada de macrófitas aquáticas espalhadas na superfície do espelho d'água, o local não possui odor e a água apresenta uma cor de chá com pouca presença de óleos e espumas. Os resultados da contagem total e fecal (*E. coli*) estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Contagem total de coliformes nas amostras de água do reservatório Bortolan.

Amostra	Coliformes Totais	Coliformes fecais (<i>E. coli</i>)
	(UFC/100ml)	
C1	20.000	1000
C2	28.000	800
C3	18.000	220

UFC = unidades formadoras de colônias

Discussões

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 define que as águas de Classe 2 podem ser destinadas (Brasil 2005): a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) à aquicultura e à atividade de pesca. Como pode ser observado, os pontos analisados possuem alguns parâmetros próximos e/ou fora das condições preconizadas na Resolução CONAMA nº 357 (Tabela 8). A resolução também deixa claro, em seu Art. 15º que para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Tabela 8. Valores máximos permitidos para águas de Classe 2, conforme CONAMA nº 357 de 2005.

pH	Turb.	OD	STD	P	Cl ⁻	F ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	<i>Escherichia coli</i>
	(NTU)				(mg/L)				(UFC/100ml)
6,0 a 9,0	100	> 5,0	500,00	0,03	250,00	1,40	10,00	250,00	1000

A partir dos parâmetros analisados, o ponto P1 (encontro do Córrego das Amoras e Rio das Antas) é o que apresenta maior quantidade de macrófitas aquáticas, odor muito forte, água com aspecto turvo e presença de óleos e espumas, além das menores concentrações de oxigênio dissolvido (média = 4,56 mg/L) e as maiores concentrações de fósforo total (P1.1 = 0,16 mg/L), (P1.2 = 0,20 mg/L) e (P1.3 = 0,23 mg/L). Segundo Cemig (2021) a presença de macrófitas pode indicar um maior grau de eutrofização, visto que se desenvolvem melhor em ambientes com altas concentrações de nutrientes, sendo a proliferação descontrolada um resultado do constante aumento da poluição, como despejo de esgoto doméstico, fertilizantes agrícolas e efluentes industriais diretamente nos corpos hídricos. Por outro lado, as macrófitas também podem servir como habitat para organismos aquáticos e ciclagem de nutrientes.

Segundo OF. SMG Nº 1730 /2023 de 18 de outubro de 2023 da Prefeitura Municipal de Poços de Caldas (PMPC, 2023):

“O Estudo Técnico sobre a Proliferação de Macrófitas Aquáticas no reservatório Bortolan, apresentado pelo DME em Março/2021, aponta que as águas presentes no remanso do reservatório apresentam concentrações elevadas de nutrientes (principalmente fósforo) e material orgânico (esgoto), sendo um aspecto favorável para a proliferação das macrófitas aquáticas.”



O lançamento dos esgotos domésticos nas águas dos rios, reservatórios, estuários e regiões costeiras reduzem sua qualidade, restringindo seus múltiplos usos e contribui para o aumento da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, causadas pelo contato primário ou ingestão de água contaminada (CETESB, 2015). Segundo CETESB (2019) em relação ao controle sanitário das águas, um dos principais parâmetros capazes de indicar o lançamento de esgoto doméstico bruto é o aumento da densidade da bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) importante parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Quanto a Balneabilidade, segundo Resolução CONAMA nº 274 de 2000 cabe destacar:

Art. 2º

§ 1º As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

- a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;
- b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;
- c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2º Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 4º As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) $\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$ (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Os resultados indicam que, para duas das três amostras de *E. coli* os resultados estão no limite e/ou acima das condições satisfatórias de balneabilidade, porém, abaixo do limite considerado para águas impróprias. A presença de coliformes totais indica que há microrganismos capazes de fermentar a lactose e produzir gás (Tabela 7) e podem estar presentes normalmente no solo ou em efluentes não contaminados por fezes. Por outro lado, a presença de coliformes termotolerantes indica o contato recente da água com material fecal, sendo a *Escherichia coli* exclusiva de origem fecal. As amostragens microbiológicas (*E. coli*) foram realizadas próximas ao vertedouro ou zona lacustre, local



mais utilizado para práticas esportivas e de lazer onde ocorrem contatos diretos (primários) e secundários com a água.

Considerações finais

Este relatório tem caráter preliminar e foi elaborado sem os resultados dos principais metais que estão sendo analisados pelo Laboratório de Ecossistemas Aquáticos e Solos (LEAS) da Unifal e pelo Laboratório de Poços de Caldas - LAPOC da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen). Além disso, amostras de água e sedimentos também foram encaminhadas ao Laboratório de Poços de Caldas - LAPOC da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen) onde estão sendo analisados possíveis elementos radioativos.

Não há um banco de dados, disponível ao público e/ou usuários sobre o monitoramento, principalmente balneabilidade do Reservatório Bortolan. Com isso, não há conhecimento científico sobre as consequências de uso do reservatório para determinada atividade, principalmente de contato direto (primário). Sem o devido conhecimento científico e conforme Zapater (2017) e MMA (2023) o princípio da precaução pode dar uma garantia contra os riscos potenciais que, de acordo com o estado atual do conhecimento, não podem ser ainda identificados. O princípio da precaução trata das ações antecipatórias para proteger a saúde das pessoas e dos ecossistemas além de ser um dos princípios que guia as atividades humanas e incorpora parte de outros conceitos como justiça, equidade, respeito, senso comum e prevenção.

As águas analisadas com relação à (*E. coli*) indicam condições satisfatórias de balneabilidade na região próxima ao vertedouro ou zona lacustre do Reservatório Bortolan, no entanto, cabe ressaltar que foi realizada apenas uma amostragem, sendo necessária a realização de pelo menos cinco amostragens semanais para tal classificação. Por outro lado, recomenda-se cautela no uso recreativo do reservatório para práticas de contato direto e/ou primário (atividades de natação, esqui aquático e mergulho) próximas ao Ponto P1 (início ou zona fluvial) de encontro do Córrego das Amoras e Rio das Antas até que novos estudos, principalmente balneabilidade, possam ser realizados.

Referências

ALBERTI, H.L.C. 2008. Caracterização fisiográfica e avaliação hidrológica na bacia do Ribeirão das Antas, Planalto de Poços de Caldas. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 114p.

ANALYSER. 2010. Analyser Comércio e Indústria Ltda. Manual de Instruções 910MS. Fotômetro de Chama Digital Microprocessado. São Paulo, SP, 20p.

APHA. American Public Health Association. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition. Washington, D.C.

BRASIL. 2000. Resolução Conama nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71.

BRASIL. 2005. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357 de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 09 de agosto de 2023.

BRASIL. 2011. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 430 de 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 09 de agosto de 2023.

BRASIL. 2021. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. Publicado em: 07/05/2021 | Edição: 85 | Seção: 1 | Página: 127.

CBERS. Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres Disponível em < <http://www.cbbers.inpe.br> >. Acesso em: outubro de 2012.



CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. 2021. Macrófitas Aquáticas. Caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos. Belo Horizonte. Cemig, 96p. ISBN 978-85-87929-85-3

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2019. Relatório final. Rastreamento de fontes de contaminação fecal humana e animal em amostras ambientais empregando métodos fenotípicos e genotípicos. Projeto 2012-CORHI-131, contrato CORHI/FEHIDRO: 162/2013, 96p.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2015. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, 562 p. ISSN 0103-4103.

HACH. 2013. DR/890 Colorimeter Procedures Manual. Hach Company, Loveland, Colorado, EUA, 616p.

GOOGLE EARTH PRO. Imagens de satélite. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 16/11/2023.

HANNA. 2020. HI83300 Fotômetro Multiparâmetro: Manual de Instruções. Hanna Instruments Brasil, 220p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2023. Princípio da Precaução. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/7512-princ%C3%ADpio-da-precau%C3%A7%C3%A3o.html>

OLIVEIRA, T.A. 2012. Metais presentes nas águas e em tecidos de peixes da represa Billings: uma avaliação temporal. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 215p.

PALMA, J.B.; ZUQUETTE, L.V. 2005. Avaliação do comportamento de frente de contaminação em função dos diferentes valores dos coeficientes de dispersividade. Boletim Paranaense de Geociências, n. 56, p. 21-47.

PEDRAZZI, F.J.M.; CONCEIÇÃO F.T.; SARDINHA, D.S.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. 2014. Avaliação da qualidade da água no reservatório de Ituparanga, Bacia do Alto Sorocaba (SP). São Paulo, UNESP, Geociências, v. 33, n. 1, p.26-38.

PMPC. 2023. Prefeitura Municipal de Poços de Caldas. Disponível em: <https://siave.pocosdecaldas.mg.leg.br/arquivo?Id=203125#:~:text=de%20Meio%20Ambiente%3A-%E2%80%9CO%20Estudo%20T%C3%A9cnico%20sobre%20a%20Prolifera%C3%A7%C3%A3o%20de%20Macr%C3%B3fitas%20Aqu%C3%A1ticas%20no,um%20aspecto%20favor%C3%A1vel%20para%20a>

SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; GODOY, L.H. 2010. Índice simplificado na avaliação de impacto ambiental nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo, Brasil. AUGMDOMUS, v. 2, pp. 82-97. Asociación de Universidades Grupo Montevideo. ISSN:1852-2181

SILVA, E.A.; ANDRADE, A.C. 2019. A formação da zona sul de Poços de Caldas, Minas Gerais. Caderno de Geografia, v.29, Número Especial 2. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2019v29nesp2p129>

ZAPATER, T.C. 2017. Vaitekunas. Princípio da prevenção e princípio da precaução. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/356/edicao-1/principio-da-prevencao-e-principio-da-precaucao>