

AVALIACÃO DO ENQUADRAMENTO DE LAGOS URBANOS: Estudo de caso da Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte / MG – Brasil

*Witan Pereira Silva*¹
*Daniel Augusto de Miranda*²
*Alexandra Fátima Saraiva Soares*³
*Talita Fernanda das Graças Silva*⁴
*Izabel Cristina de Matos Andrade*³

Resumo – O presente trabalho apresenta, por meio de um estudo de caso, o diagnóstico e a avaliação da qualidade das águas da lagoa da Pampulha, no município de Belo Horizonte, MG-Brasil. A partir da análise de aderência do enquadramento, definido para a bacia, e na avaliação da eficiência de ações de recuperação da qualidade ao longo do tempo, foi possível elaborar um diagnóstico da qualidade das águas da lagoa entre dezembro de 2012 e dezembro de 2016. Para tal, foram consultados os dados de monitoramento do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) entre dezembro de 2012 a dezembro de 2016. Também foram realizadas visitas *in loco* com tomadas amostrais e análises de qualidade da água. A partir da avaliação dos dados de monitoramento e visitas *in loco* constatou-se que houve piora da qualidade das águas da Pampulha no ano de 2016. Com relação à aderência ao enquadramento da bacia, percebeu-se o não atendimento aos parâmetros das Classes 3 e 4, mesmo após as ações de recuperação que envolveram precipitação química de fósforo (PhosLock®), remoção de sedimento (dragagens) e manipulação da cadeia alimentar (biorremediador Enzilimp).

Palavras-Chave – Bacia hidrográfica; qualidade da água; corpos hídricos.

EVALUATION OF THE URBAN LAKES ENVIRONMENT: A case study of the Pampulha Lake in Belo Horizonte / MG - Brazil

Abstract – This paper presents, through a case study, the diagnosis and the evaluation of the water quality of the Pampulha lake in the city of Belo Horizonte, MG-Brazil. From the analysis of adherence of the framework, defined for the basin, and in the evaluation of the efficiency of actions of quality recovery over time it was possible to elaborate a diagnosis of the water quality of the lake. For this purpose, the monitoring data of the Minas Gerais Institute of Water Management (IGAM) was consulted between December 2012 and December 2016. In-site visits were also carried out with sampling points and water quality analyzes. Based on the analysis of monitoring data, analyzes and on-site visits, it was verified that there was a loss of Pampulha water quality in the year 2016. Regarding the adherence to the basin framing, it was noticed the non-compliance with the parameters of the Classes 3 and 4, even after recovery actions involving chemical phosphorus precipitation (PhosLock®), sediment removal (dredging) and food chain manipulation (Enzilimp bioremediation).

Keywords – Watershed; water quality; water bodies.

¹ Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH)

² Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG – Campus Santa Luzia)

³ Docente do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH)

⁴ Docente da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

INTRODUÇÃO

A Lagoa da Pampulha foi concebida a partir de uma demanda do poder público, em 1940, como uma represa, cumprindo a função de se tornar polo de lazer, cultura e habitação em novos padrões de “cidade jardim” como um lago urbano artificial (PBH, 2007). Contudo, o processo de urbanização da bacia da Pampulha trouxe piora na qualidade da água e perda das funções e usos preponderantes. A partir da década de 70, a represa perdeu 63% de volume (BANDEIRA, 2004; RESCK, 2007). As iniciativas de dragagem são datadas desde 1979, entretanto em 1980 a lagoa da Pampulha já havia perdido sua função de reservatório para abastecimento público de água. Segundo Bandeira (2004), Resck (2007) e PBH (2007), até 1996, um volume de aproximadamente $4,6 \cdot 10^6$ m³ de sedimento havia sido remanejado dentro da própria lagoa, culminando em um grande depósito que foi transformando em parque ecológico. Apesar do histórico de degradação a Lagoa da Pampulha foi reconhecida pela Unesco como Patrimônio Mundial da Humanidade.

Portanto, o presente trabalho propõe-se, por meio de um estudo de caso, caracterizar e avaliar a qualidade das águas da Pampulha, tendo como base o acompanhamento das ações de recuperação e monitoramento realizados nos últimos anos. Evidenciando a aderência dos parâmetros de qualidade diante do enquadramento da bacia e propor ações e melhorias para a despoluição da Pampulha.

METODOLOGIA

A metodologia deste estudo teve como base os conceitos de pesquisa científica definidos por Gil (2002), sendo ela do tipo estudo de caso, indicando métodos para avaliação qualitativa e quantitativa da poluição das águas, de modo a subsidiar informações úteis à sociedade.

Etapas metodológicas

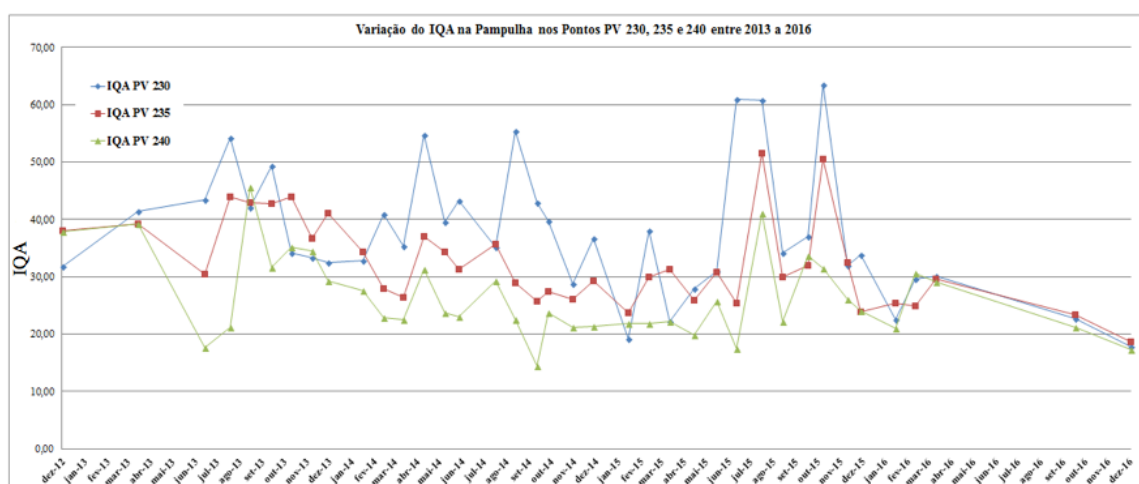
I - Análise dos dados secundários: realizou-se a análise das informações disponíveis no banco de dados de monitoramento da qualidade das águas da sub-bacia da Pampulha, disponibilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), referente ao período de 12/2012 a 12/2016. Os dados de três pontos na lagoa, foram tabulados em software específico (*Excel* versão 14.0.0), compilados e analisados, possibilitando a avaliação da qualidade da lagoa, subsidiando o cálculo do índice de qualidade da Água (IQA) e comparando com os limites estabelecidos pela DN COPAM/CERH nº01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Os valores de referência para a avaliação consideraram a definição de enquadramento como Classe 2, conforme DN COPAM nº 20, de 24/06/1997 (MINAS GERAIS, 1997).

II - Visitas *in loco* e análises de qualidade das águas: Foram realizadas visitas *in loco* nas proximidades dos pontos de amostragem na Pampulha, sendo eles: PV 230 (lat -19° 50'45,08"S; long -43° 59'29,13"O; altitude 807), PV 235 (lat -19° 51'21,25"S; long -43° 58'43,35"O; altitude 807) e PV 240 (lat -19° 50'44,97"S; long -43° 58'07,32"O; altitude 806). Foi realizado o registro fotográfico das condições ambientais aparentes da lagoa no dia 06/12/2016. A coleta e análises de qualidade das águas foram realizadas no dia 24/01/201, entre 8:00h e 10:00h. As amostras foram coletadas no ponto P2 Boia UFMG. Na ocasião, foram aferidas a profundidade no ponto de coleta e a profundidade de *Secchi*. Uma sonda de medição de oxigênio dissolvido, pH, Temperatura, ORP e condutividade elétrica também foi introduzida e os valores coletados a cada 0,5 metro. Os resultados foram transcritos e tabulados, gerando os gráficos do presente trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de monitoramento da qualidade da água na bacia da Pampulha foram disponibilizados pelo IGAM. O período das análises compreende o intervalo de dezembro de 2012 a dezembro de 2016. A partir da compilação, tabulação, análise e avaliação dos dados, foi possível realizar o cálculo de IQA de cada um dos pontos no período, resultando no gráfico da Figura 1 que evidencia a variação do IQA na lagoa no período.

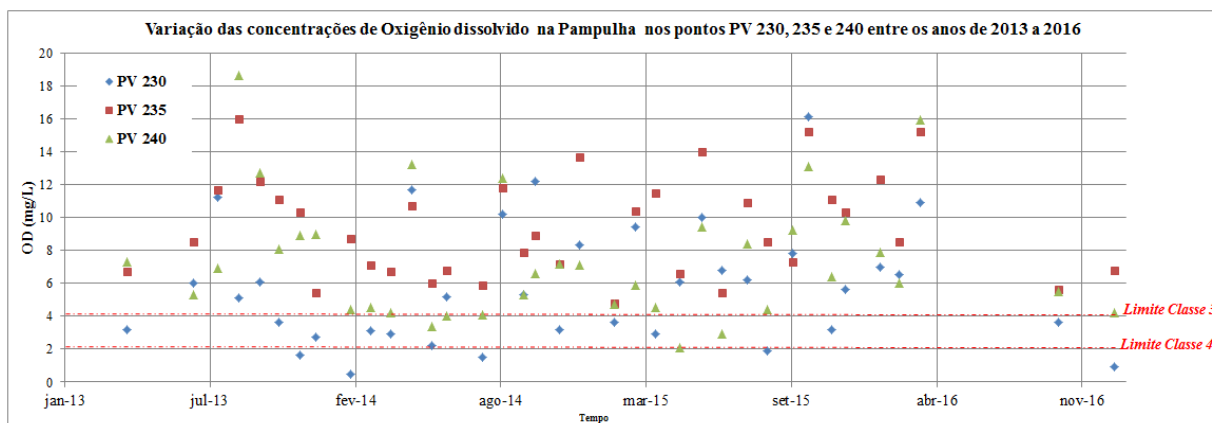
Figura 1 - Variação do IQA na Pampulha entre dezembro de 2012 e dezembro de 2016 nos pontos PV 230, 235 e 240



A partir dos dados do IGAM, com relação ao período avaliado, observou-se que: o mês de julho de 2015 apresentou o melhor IQA - superior a 60 - sendo respectivamente - PV 230 – 61; PV 235 – 52 e PV 240 – 41. Entretanto, houve variação dinâmica do IQA entre 2012 e 2016, ocorrendo evidente piora da qualidade das águas no ano de 2016, conforme evidenciado no gráfico da Figura 1.

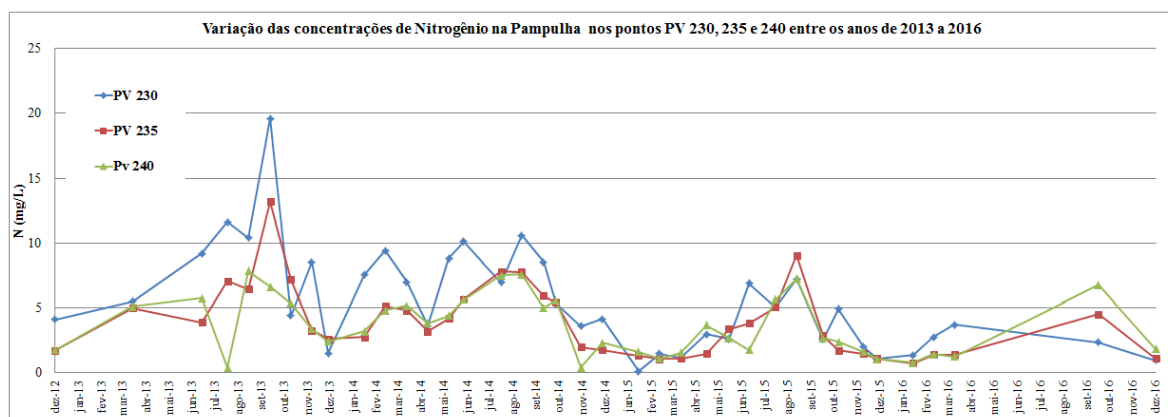
O Oxigênio dissolvido (OD) é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição nas águas, principalmente por despejos orgânicos. Os dados fornecidos pelo IGAM possibilitaram a identificação da variação do oxigênio dissolvido na lagoa da Pampulha, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Variação das concentrações de OD nos pontos de monitoramento da Pampulha



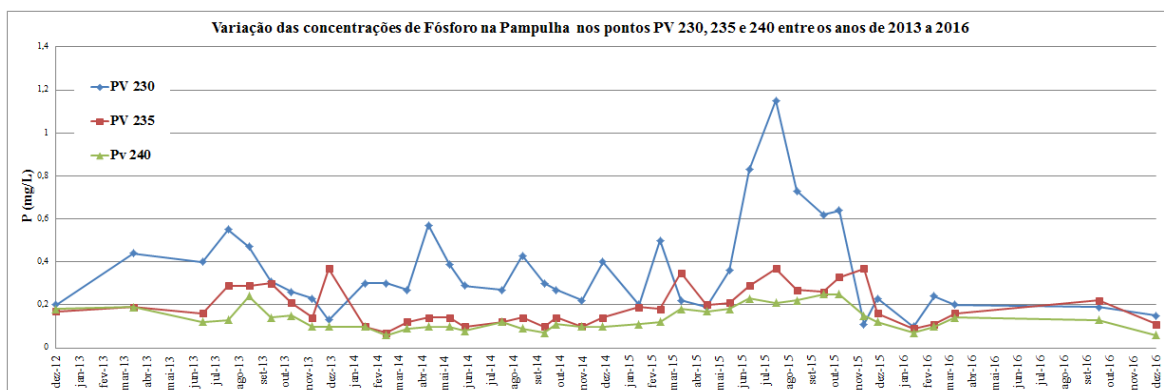
Pode-se avaliar a variação das concentrações de OD nos meses de janeiro, fevereiro, março, setembro e dezembro de 2016, o que indica considerável queda nas concentrações de OD em todos os pontos nos meses de setembro e dezembro de 2016. Tal perda pode estar relacionada ao abrupto afloramento de algas observado no período da visita do dia 06 de dezembro de 2016. Já as concentrações de Nitrogênio (N) e Fósforo (P), parâmetros postulados como limitantes ao crescimento de algas, registraram queda, o que é positivo, conforme mostrado nas Figura 3 e 4.

Figura 3 - Variação das concentrações de Nitrogênio na Pampulha



A avaliação dos parâmetros limitantes, nitrogênio e fósforo, indicou uma variação dinâmica, porém, com queda nas concentrações principalmente em janeiro e dezembro de 2016. Os períodos de queda, entretanto, coincidem com a piora na qualidade das águas, de acordo com o indicado na Figura 3.

Figura 4 - Variação das concentrações de fósforo na Pampulha



É possível que as concentrações tenham sido absorvidas e incorporadas pelos afloramentos de algas - como o identificado na Figura 5 - o que explicaria a redução nas concentrações diluídas no meio. Entende-se que é necessária a continuidade nas avaliações, nos meses subsequentes, a fim de consolidar um cenário mais claro sobre o comportamento do N e P na Pampulha.

Além dos indicadores de qualidade, avaliou-se a aderência dos parâmetros monitorados aos valores de referências na Resolução Conama nº357/05 obtendo-se a Tabela 1, que indica o não atendimento ao limite do parâmetro conforme a Classe, por meio de uma variação de cores. Dado o elevado número de parâmetros para definição das Classes, optou-se por definir parâmetros de controle, conforme sugerido por Von Sperling (2014), que abrangessem ainda as informações do banco de dados do IGAM e seus limites de concentração máxima definidas na DN 357/05. A partir da definição apresenta-se a aderência da qualidade das águas da Pampulha aos limites máximos das Classes de enquadramento.

Tabela 1 - Aderência dos parâmetros de controle aferidos na Pampulha em 2016 com os valores de referência para Classes segundo a Resolução Conama nº357/05

Tabela 1. Resultados da amostragem de qualidade da água em 2016												
Classe 2	até 75	até 30	até 5	até 2500	até 2000	até 0,03	3,7 para pH ≤ 7,5 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 para pH > 8,5	> ou = 5	6 a 9	até 500	até 100	
Classe 3	até 75	até 60	até 10	até 2500	até 2000	até 0,05	13,3 para pH ≤ 7,5 5,6 para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 para pH > 8,5	> ou = 4	6 a 9	até 500	até 100	
Classe 4	não esp.	não esp.	não esp.	não esp.	não esp.	não esp.	não esp.	> 2	6 a 9	não esp.	não esp.	
Estação	Data	Cor	Clorofila	DBO5 20	Coliforme termotolerantes	E. coli	fósforo total	Nitrogênio amoniacal total	OD	pH	Sólidos dissolvi dos totais	Turbidez
PV230			43,148	9,1	24196	19863	0,1	1,34	7	7,6	106	33,4
PV235	jan-16		138,306	19	24196	1722	0,09	0,72	12,3	8,8	115	31,3
PV240			49,128	12	24196	1187	0,07	0,76	7,9	8,1	100	24
PV230			100,793	18	24196	1721,6	0,24	2,75	6,5	6,5	198	48,3
PV235	fev-16		105,198	16	24196	240,5	0,11	1,39	8,5	7,1	174	26,8
PV240			101,994	11	241960	2785	0,1	1,41	6	6,9	112	23
PV230		18	188,235	8,4	24196	3654	0,2	3,68	10,9	8	186	45,4
PV235	mar-16	15	143,036	12	24196	107,8	0,16	1,36	15,2	9,3	172	41,1
PV240		19	206,591	12	24196	243,3	0,14	1,24	15,9	9,4	180	35,9
PV230		42	50,063	6,1	24196	24196	0,19	2,33	3,6	7,3	162	45,8
PV235	set-16	23	34,265	3,2	24196	4884,4	0,22	4,5	5,6	7,9	188	17,4
PV240		22	27,368	2,2	24196	110	0,13	6,78	5,5	7,6	230	7,87
PV230		176	7,476	4,8	24196	24196	0,15	0,95	0,9	6,7	180	198
PV235	dez-16	24	83,734	2,5	15531	3255	0,11	1,08	6,8	8,1	144	40,5
PV240		18	20,559	2,1	24195	3873	0,06	1,83	4,2	7,9	112	33,8

Observa-se que os parâmetros ‘coliformes termotolerantes’ e ‘fósforo’ não atenderam aos limites da Classe 3. De forma similar, o pH em março de 2016 e o oxigênio dissolvido em dezembro de 2016 não atenderam aos limites estabelecidos para a Classe 4.

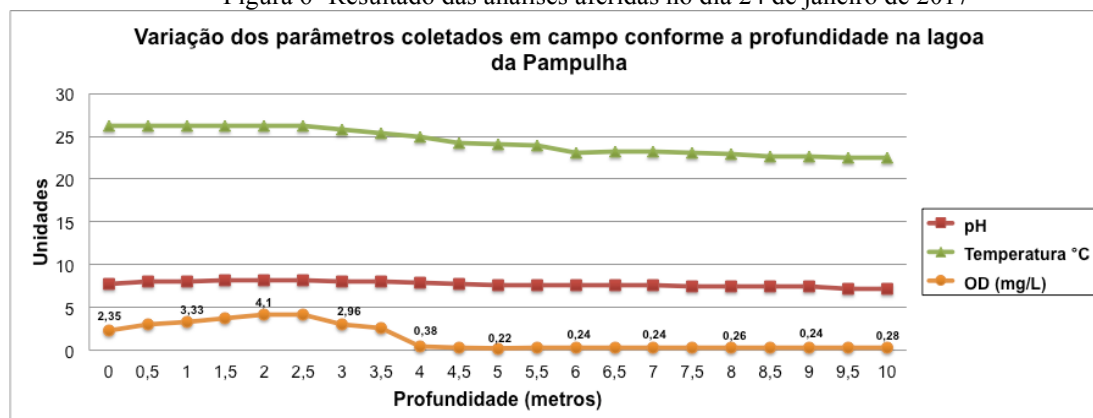
Durante a visita do dia 06 de dezembro de 2016, foi observado elevado afloramento de algas que cobriu consideravelmente o espelho d’água e atribuiu coloração esverdeada intensa nas águas da Pampulha, conforme evidenciado na Figura 5.

Figura 5 - Afloramento de algas com cobrimento do espelho d’água. Detalhe para ocorrência de zonas mortas, material flutuante, alteração na coloração e viscosidade das águas.



A campanha de análises realizada no dia 24 de janeiro de 2017 possibilitou a aferição da profundidade máxima do ponto de coleta e por meio do disco de *Secchi*, resultando em 10 metros e 0,8 metro, respectivamente. Além desses parâmetros, outros como pH, temperatura e oxigênio dissolvido foram aferidos conforme indicado na Figura 6.

Figura 6- Resultado das análises aferidas no dia 24 de janeiro de 2017



Observou-se no ponto aferido que o parâmetro OD de 0 a 1 metro de profundidade variou entre 2,35 a 3,33mg/L. Esses valores são inferiores a 4mg/L de OD, que constitui o mínimo exigido

para a Classe 3. Os parâmetros pH e temperatura apresentaram atendimento quanto aos limites das Classe 3 e 2.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As avaliações dos dados apresentados nesta pesquisa indicaram que, quanto à Classe, a lagoa da Pampulha é enquadrada como Classe 2. Verificou-se que a lagoa da Pampulha apresenta concentrações de OD que não atendem à Classe 4, indicando o estágio elevado de degradação qualidade das águas. Em todo o período avaliado, foram observados valores de fósforo, coliformes termotolerantes e clorofila acima dos limites permitidos para a Classe 3. Dessa forma, apenas o parâmetro 'sólidos dissolvidos' atende à Classe de enquadramento da lagoa da Pampulha.

Com relação ao acompanhamento de ações e monitoramento realizado na lagoa da Pampulha, observou-se ausência de integração entre os *stakeholders*, de modo que as informações sobre o monitoramento e qualidade das águas da Pampulha ficam restritas, segmentadas, incompletas e/ou não conectadas. Sugere-se a criação de uma rede interinstitucional que integre o comitê de bacia, o IGAM, as universidades próximas, a PBH, o PROPAM, a COPASA, o Ministério Público e a sociedade civil organizada. Vislumbra-se que programas e ações sejam coordenados de forma conjunta, com metas progressivas para a recuperação da qualidade das águas.

A lagoa da Pampulha é um marco da modernidade e símbolo histórico e ambiental da cidade de Belo Horizonte. Ações de recuperação ambiental devem ser tratadas com o máximo de cautela e com amplo acompanhamento e divulgação. Portanto, recomenda-se que novas avaliações multiparâmetros sejam realizadas, a fim de aferir a evolução da qualidade das águas na Lagoa da Pampulha em 2017. Apesar de ampla divulgação sobre as melhorias na lagoa, observou-se a partir das análises realizadas pelo IGAM e pelas campanhas realizadas, que em 2016 houve piora na qualidade das águas e indícios de grave afloramento de algas que indicam evolução no processo de eutrofização da lagoa. Diante disso, técnicas mais efetivas, como a suspensão total de despejos domésticos e industriais na lagoa, juntamente com a aeração do hipolímnio, remoção de sedimentos e/ou desestratificação, devem ser incorporadas ao plano de ação para a recuperação da lagoa

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, J. V. 2004 Desenvolvimento de Técnicas Nucleares e Correlatas para Estudos em Hidrologia Urbana: Aplicações na Bacia Hidrográfica da Pampulha e no Rio das Velhas, MG. 276 f. Tese (Doutorado) – DESA - UFMG, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://biblioteca.cdtm.br/cdtm/arpel/adobe/Tese_JeffersonV_Bandeira.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016

BAPTISTA, M; PÁDUA, V. L (Ed.).2016. Restauração de Sistemas Fluviais. Barueri, SP: Manole (Coleção ambiental). ISBN 978-86-204-3683-7.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 12 out 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA 20, de 18 de junho de 1986. BRASIL. Estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 11.356, 30 jul. 1986

BELO HORIZONTE. Decreto Municipal de Belo Horizonte nº 12015, de 2005. Regulamenta A Lei Nº 9.037, de 14 de Janeiro de 2005, Que "institui O Plano de Ação - Propam - e Regulamenta As Ades da Bacia, em Conformidade Com As Leis Nºs 7.165/96 e 7.166/96. Alterado Pelo Decreto 14.454/11. Disponível em: <<https://www.iusnatura.com/DetailNormas.aspx?IdCal=539>>. Acesso em: 21 set. 2016.

BRASIL.(1997). Lei Municipal nº 9433, de 1997. Institui A Política Nacional de Recursos Hídricos. Condiciona A Intervenção em águas Públicas à Autorização do órgão Competente. Institui A Cobrança Pelo Uso da água. Disponível em: <<https://www.iusnatura.com/DetailNormas.aspx?IdCal=2717>>. Acesso em: 21 set. 2016.

FERREIRA, T. F. 2009; MARQUES, David M. L. da Motta. Aplicação de Phoslock® para Remoção de Fósforo e Controle de Cianobactérias Tóxicas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), Porto Alegre, v. 14, n. 2, p.73-82, 09 jun. 2009. Semestral. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Nogueira2/publication/238791654_Mensuracao_dos_Impactos_Ambientais_de_Empreendimentos_Hidroeletricos_O_u_so_do_Metodo_de_Valoracao_Contingente/links/543287660cf22395f29c20e2.pdf#page=70>. Acesso em: 21 set. 2016.

GIL, A. C. 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo, SP: Atlas. ISBN 85-224-3169-8.

METCALF & EDDY. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Boston, EUA: McGraw-Hill. 1818 p. (Series in civil and environmental engineering). Includes bibliographical references and indexes. ISBN 0-07-041878-0 INTERNATIONAL EDITION ISBN 0-07-112250-8

MINAS GERAIS; CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA; HIDRICOS–COPAM,1997. Deliberação Normativa, n. 20. Dispõe sobre o enquadramento das águas da bacia do rio das Velhas.

MINAS GERAIS; CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA; HIDRICOS–COPAM, CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS. CERH 2008. Deliberação Normativa, n. 01. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH). DESENVOLVE TRABALHO CONSISTENTE PARA PAMPULHA OBTER O TÍTULO.DOM. Belo Horizonte. 03 out. 2015. Disponível em: <<http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1150675>>. Acesso em: 21 set. 2016

Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). 2016. CONJUNTO MODERNO DA PAMPULHA É PATRIMÔNIO CULTURAL DA HUMANIDADE. Portal PBH – Sala de notícias, 19 jul. 2016a. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=242670&pIdPlc;=&app=salanoticias>>. Acesso em: 17 set. 2016

RESCK, R. P. 2007. Avaliação Morfológica e Estudo da Variação Horizontal de Parâmetros Limnológicos do Reservatório da Pampulha. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Biologia Geral, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Mg, 2007. Disponível em: <http://pos.icb.ufmg.br/pgecologia/dissertacoes/D190_rafael_resk.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016

SPEARS, B. M. *et al.* 2013. Lake responses following lanthanum-modified bentonite clay (Phoslock®) application: An analysis of water column lanthanum data from 16 case study lakes. Water Research, [s.l.], v. 47, n. 15, p.5930-5942. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.016>.

VON SPERLING, M.2014. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte, MG: UFMG. 472 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1). ISBN 978-85-423-0053-6.