IV-026 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO CÓRREGO DO PINTADO, MUNICÍPIO DE BETIM-MG

Eduardo Vieira Carneiro[(1)]
Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, PhD em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Newcastle University e Professor Titular na Universidade Fumec.
Paula Regina Balabram[(2)]
Engenheira Civil, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais e Professora na Universidade Fumec.
Cynthia Franco Andrade [(3)]
Engenheira Ambiental pela Universidade Fumec. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais.
Deyvid Wavel Barreto Rosa[(4)]
Engenheiro Ambiental e graduando em Engenharia Civil pela Universidade Fumec.

Endereço[(1)]**:** Rua Cobre, 200 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30310-190 - Brasil - Tel: (31) 3228-3000 - e-mail: eduvc@fumec.br

RESUMO

O trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade das águas e simular a capacidade de autodepuração do córrego do Pintado, localizado no município de Betim/MG. Foram realizadas análises de parâmetros biológicos, físicos e químicos, calculado o IQA e simulada a capacidade de autodepuração do referente curso d'água. Estabeleceram-se três pontos de amostragem, PA1, PA2 e PA3 localizados, respectivamente, nos trechos do alto, médio e baixo curso da microbacia do córrego do Pintado. Os resultados apresentaram, em todos os pontos, parâmetros com valores que ultrapassam os permissíveis pela legislação ambiental e recomendados pela literatura pertinente. Os mais elevados ocorrem no PA3, onde há uma ocupação bastante industrializada. Os resultados obtidos com o cálculo do IQA coincidem com a análise dos parâmetros. A simulação efetuada da capacidade de autodepuração mostra que o curso d'água consegue receber uma carga poluidora de esgoto sanitário equivalente a uma população de 978 habitantes.

PALAVRAS-CHAVE: Córrego do Pintado, Qualidade das Águas, Autodepuração.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a urbanização têm sido responsáveis por demandas crescentes de água para abastecimento público e industrial e, diante disso, o controle da poluição das águas se torna cada vez mais importante para manter os mananciais protegidos (OLIVEIRA *et al*. 2012).

A falta de planejamento na utilização dos recursos hídricos compromete a qualidade das águas para abastecimento público, fins industriais, recreativos ou práticas esportivas, causando danos aos peixes e à indústria da pesca, além de prejuízos às propriedades do entorno, à agricultura, à pecuária e à fauna natural. Além disso, o lançamento de esgotos sanitários pode comprometer a capacidade de autodepuração dos cursos d'água e contribui para a veiculação hídrica de microrganismos patogênicos (FARIA *et al*. 2012).

Segundo a Lei 4.574 de 02 de outubro de 2007, que dispõe sobre a revisão do Plano Diretor do município de Betim, o córrego do Pintado está situado em uma área de interesse ambiental. Porém, devido a sua localização entre áreas residenciais e áreas de atividade industrial dos municípios de Betim, Contagem e Ibirité, a qualidade das suas águas está sendo comprometida. Os impactos ambientais negativos ao córrego do Pintado, de uma forma geral, se não controlados podem gerar problemas sociais, econômicos e ambientais não só na microbacia, mas também na bacia hidrográfica como um todo.

Este trabalho avalia a qualidade das águas e simula a capacidade de autodepuração do córrego do Pintado.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido no córrego do Pintado, pertencente à sub-bacia do ribeirão do Sarzedo, que está inserida na bacia do rio Paraopeba, importante afluente do rio São Francisco. O córrego possui uma distância de 11,3 km, sendo a nascente no bairro Jardim Piemonte, em Betim, e a foz na lagoa de Ibirité (CIBAPAR, 2008).

De acordo com CIBAPAR (2008), a vazão de referência ($Q_{7,10}$) do córrego do Pintado é de 48 L/s. O enquadramento do curso d'água é como Classe 2, segundo a DN COPAM nº 14/1995, sendo os limites permissíveis para tal Classe estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008.

A microbacia do córrego do Pintado possui uma área total de 22,04 km², sendo que 79,4% está localizada no município de Betim, 19,9% em Ibirité e 0,7% em Contagem. A microbacia é dividida em três trechos, sendo:

- Alto curso: os limites são os bairros Jardim Piemonte e Riacho II, o Parque Fernão Dias e a Rodovia Fernão Dias BR-381. É uma região industrial com ocupação sem infraestrutura de saneamento adequada.
- Médio curso: os limites são a BR-381, as instalações da FIAT Automóveis, o limite entre os municípios de Betim e Ibirité, e a Refinaria Gabriel Passos - REGAP. É uma região predominantemente marcada pela indústria petroquímica, com grandes alterações na geomorfologia, incluindo a canalização do córrego do Pintado.
- Baixo curso: os limites são o distrito industrial de Ibirité, os bairros Palmares e Petrolina, em Ibirité, e Petrovale, em Betim. É uma região com ocupação residencial sem infraestrutura de saneamento, instalações industriais recentes e significativa área de reflorestamento.

METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, três pontos de amostragem distintos, nomeados como PA1, PA2 e PA3, foram selecionados, conforme a Tabela 1. Foram realizadas duas campanhas de amostragem que compreenderam um ciclo hidrológico, sendo a primeira na época de seca (10/10/2011) e a segunda no período de cheias (15/03/2012).

Tabela 1 – Características dos pontos de amostragens - PA

Ponto de Amostragem	Localização	Coordenadas Geográficas	Altitude
PA1	No alto curso, a jusante do Jardim Piemonte, onde se encontram as nascentes.	19°57'12.02"S 44°4'49.71"O	903
PA2	No médio curso, a montante da REGAP.	19°57'34.76"S 44°5'32.66"O	864
PA3	No baixo curso, a jusante da REGAP.	19°59'16.17"S 44°5'57.56"O	862

As amostras coletadas foram enviadas para laboratório credenciado pelo órgão ambiental, onde foram realizadas as análises para os parâmetros químicos, físicos e biológicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PARÂMETROS VIOLADOS

Foram analisados 36 parâmetros (químicos, físicos e biológicos) por ponto de amostragem, sendo que 13 desses violaram os limites legais ou recomendados, em pelo menos um ponto amostrado. A Tabela 2 apresenta os parâmetros que ultrapassaram os padrões ambientais por ponto e em cada campanha.

Tabela 2 – Parâmetros que ultrapassaram os padrões ambientais

Parâmetros	Limite Classe 2 – DN COPAM/CERH-MG nº 01/2008	Campanha 01 – 10/10/2011			Campanha 02 - 15/03/2012		
		PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3
Alumínio	0,1 mg/L Al	<0,1	<0,1	0,4	2,5	1,8	1,4
Condutividade elétrica	100 µS/cm *	462	264	786,6	455	255	621
DBO	5 mg/L O2	2	2	20	61	2	60
Índices de Fenóis	0,003 mg/L C6H5OH	<0,001	<0,001	<0,001	0,048	0,003	0,008
Manganês	0,1 mg/L Mn	0,08	0,07	0,2	0,25	0,17	0,37
Níquel	0,025 mg/L Ni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
Nitrogênio Amoniacal	2,0 mg/L N	0,29	0,22	1,89	1,71	0,34	2,27
OD	não inferior a 5 mg/L O2	6,38	7,59	2,27	4,9	5,4	3,9
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes	<1	<1	<1	5	<1	5
Sólidos Suspensos totais	100 mg/L	4	4	6	102	22	52
Sulfetos	0,002 mg/L S	<0,002	<0,002	<0,002	0,05	0,05	0,05
Zinco Total	0,18 mg/L Zn	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,05
Coliformes Termotolerantes	1000 NMP/100mL	1460	860	38000	10000	10000	98000

* De acordo com Libânio (2010), as águas naturais apresentam condutividade elétrica inferior a 100 µS/cm, podendo atingir 1.000 µS/cm em cursos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais.

Como observado, dentre os parâmetros que violaram os limites permissíveis ou recomendados, os piores resultados foram obtidos no período chuvoso e principalmente, no PA3. Tal ocorrência está associada à ocupação bastante industrializada nessa área e também ao lançamento de esgotos sanitários no trecho, conforme identificado em campo.

É importante ressaltar que o córrego do Pintado deságua na lagoa de Ibirité. Essa lagoa foi implantada em 1967 com o objetivo de atender a demanda de água da REGAP. É hoje um corpo d'água bastante sensível e que vem sofrendo um processo de degradação acentuada da qualidade de suas águas, consequência do lançamento de efluentes sanitários e industriais.

ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS - IQA

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2012), o Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation.* O objetivo era avaliar a qualidade da água para o abastecimento público. Os parâmetros utilizados para a sua determinação, de maneira geral, são aqueles mais representativos da poluição: OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, temperatura, nitrogênio, fósforo, turbidez e resíduo.

O IQA é o principal índice utilizado no Brasil, no que se refere à avaliação da qualidade das águas, mesmo possuindo limitações em sua determinação, já que não são considerados outros parâmetros também significativos na avaliação do grau de poluição da água.

O IQA varia de 0 a 100 e em função do valor obtido é classificado em faixas de qualidade de água consideradas como Ótima, Boa, Razoável, Ruim ou Péssima, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Faixas de IQA

Faixas de IQA	Qualidade da Água
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: Adaptado de ANA, 2012.

Para o cálculo do IQA adotou-se a metodologia proposta pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA (2005), onde os gráficos representativos da qualidade de cada um dos parâmetros foram substituídos por equações matemáticas. Essas foram lançadas em uma planilha no Microsoft Excel, onde foram inseridos os valores de cada parâmetro. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos com o cálculo do IQA.

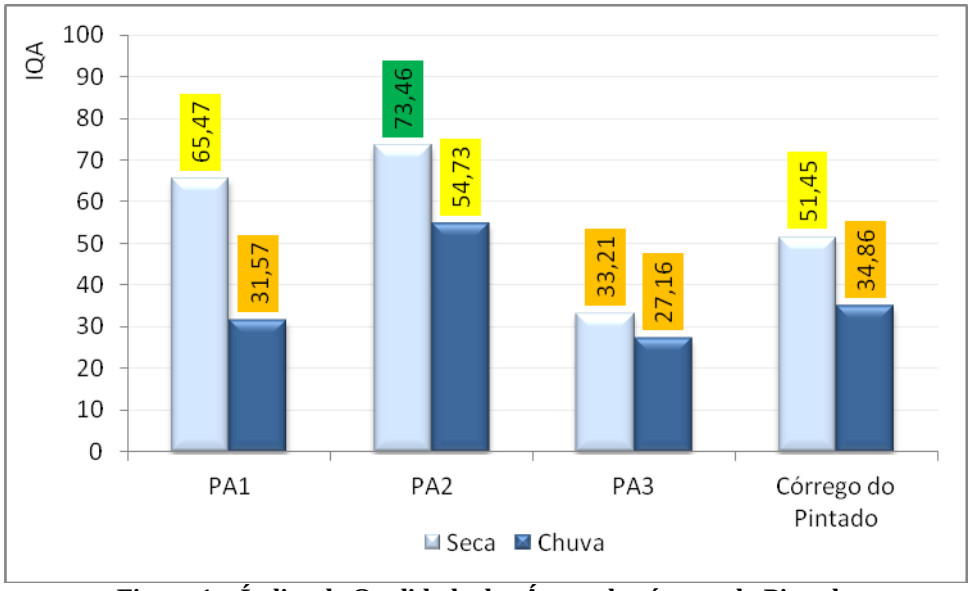

Figura 1 – Índice de Qualidade das Águas do córrego do Pintado

A campanha realizada no período chuvoso apresentou os piores resultados em todos os três pontos de amostragem, sendo o IQA do córrego do Pintado classificado como Ruim. O ponto de amostragem PA3, como esperado, apresentou no menor valor de IQA. A qualidade ruim das águas nesse ponto está associada à ocupação bastante industrializada nessa área e ao lançamento de esgotos sanitários neste trecho do córrego do Pintado e em seus afluentes, o que causa impactos ambientais negativos.

É importante ressaltar a relevância de alguns parâmetros no cálculo do IQA, como os coliformes termotolerantes, que possuem o segundo maior peso dentre os nove parâmetros utilizados. Os coliformes termotolerantes apresentaram os resultados mais elevados no PA3, o que confirma o lançamento de esgotos sanitários.

A qualidade inadequada das águas nesse trecho do PA3 confirma a necessidade de ações para mitigar os impactos ambientais no córrego do Pintado.

SIMULAÇÃO DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO

O fenômeno da autodepuração encontra-se vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas com o lançamento de efluentes líquidos. De maneira específica, tem-se como parte integrante do fenômeno de autodepuração, a conversão dos compostos orgânicos em compostos inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico (SPERLING, 2005).

Segundo Sperling (2005), o lançamento de efluentes em um corpo d'água resulta na elevação do consumo de oxigênio dissolvido pelas bactérias decompositoras durante os processos de estabilização da matéria orgânica, onde essas utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para sua respiração. O decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido prejudica diversas espécies aquáticas aeróbias.

Para a simulação da capacidade de autodepuração do córrego do Pintado, utilizou-se o modelo de Streeter-Phelps. Este modelo foi escolhido por ser amplamente adotado na comunidade científica, possibilitando a avaliação da depleção de oxigênio dissolvido no curso d'água, quando esse recebe uma carga orgânica poluidora.

A concentração de oxigênio em qualquer ponto do curso d'água pode ser determinada pela Equação 1.

$$C_t = C_s - \left[\frac{K_1.L_o}{K_2 - K_1}.(e^{-K_1.t} - e^{-K_2.t}) + D_o.e^{-K_2.t} \right]$$

equação (1)

Em que:
C_t= Concentração de oxigênio ao longo do tempo (mg/L);
C_s= Concentração de saturação do oxigênio dissolvido (mg/L);
L_o= Demanda última de oxigênio (mg/L);
D_o= Déficit de oxigênio inicial (mg/L);
K_1 = Coeficiente de desoxigenação (dia^{-1});
K_2 = Coeficiente de reaeração (dia^{-1});
t = Tempo (dias).

Os dados de entrada utilizados no modelo foram levantados em campo ou extraídos da literatura (Sperling, 2005), conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de entrada utilizados no modelo

Dados	Valores	Unidade
Classe do curso d'água	2	
Altitude média	879,17	m
Temperatura média (T)	25,25	ºC
Profundidade média (H)	0,40	m
Velocidade média (v) *	0,14	m/s
Vazão do rio ($Q_{7,10} = Q_r$)	0,0480	m^3/s
Oxigênio dissolvido no rio (Od_r)	6,88	mg/L
Demanda bioquímica de oxigênio no rio (DBO_r)	2,00	mg/L
Coeficiente de desoxigenação para T = 20 ºC (K_1) *	0,2300	dia^{-1}
Correção do coeficiente de desoxigenação para T = 25,25 ºC (K_1)	0,2927	dia^{-1}
Coeficiente de reaeração para T = 20 ºC (K_2) *	1,1500	dia^{-1}
Correção do Coeficiente de reaeração para T = 25,25 ºC (K_2)	1,3025	dia^{-1}
Distância de percurso (d)	11.300	m
Tempo de percurso (t)	0,92	dias
Concentração de saturação de oxigênio dissolvido (C_s)	7,64	mg/L
Concentração mínima permissível de oxigênio dissolvido ($OD_{min.}$)	5,00	mg/L
Concentração de oxigênio dissolvido no esgoto (OD_e)	0,00	mg/L
Demanda bioquímica de oxigênio no esgoto (DBO_e)	450,00	mg/L

* Valores extraídos da literatura.

Para a determinação da DBO no esgoto, considerou-se um consumo per capita de água de 150 L/hab.dia, que se refere ao consumo de uma cidade com população superior a 250.000 habitantes, conforme Sperling (2005).

Sabe-se que, em média, 80% dessa água consumida se torna esgoto, resultando em um per capita de esgoto de 120 L/hab.dia. Adotou-se ainda, uma contribuição per capita de carga orgânica de 54g/hab.dia.

Para a simulação do lançamento de diferentes cargas orgânicas no córrego do Pintado, foram utilizadas as seguintes cargas orgânicas e suas respectivas vazões de esgoto sanitário (Q_e) e população equivalente, conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5 – Vazões de esgoto (Q_e) simuladas

Carga Orgânica (kg/dia)	Qe (L/s)	População Equivalente (hab)
100,00	2,57	1852
80,00	2,06	1481
60,00	1,54	1111
52,81	1,36	978
50,00	1,29	926
40,00	1,03	741

Na Figura 2 são apresentadas as curvas de concentração de oxigênio dissolvido no córrego do Pintado ao longo da distância.

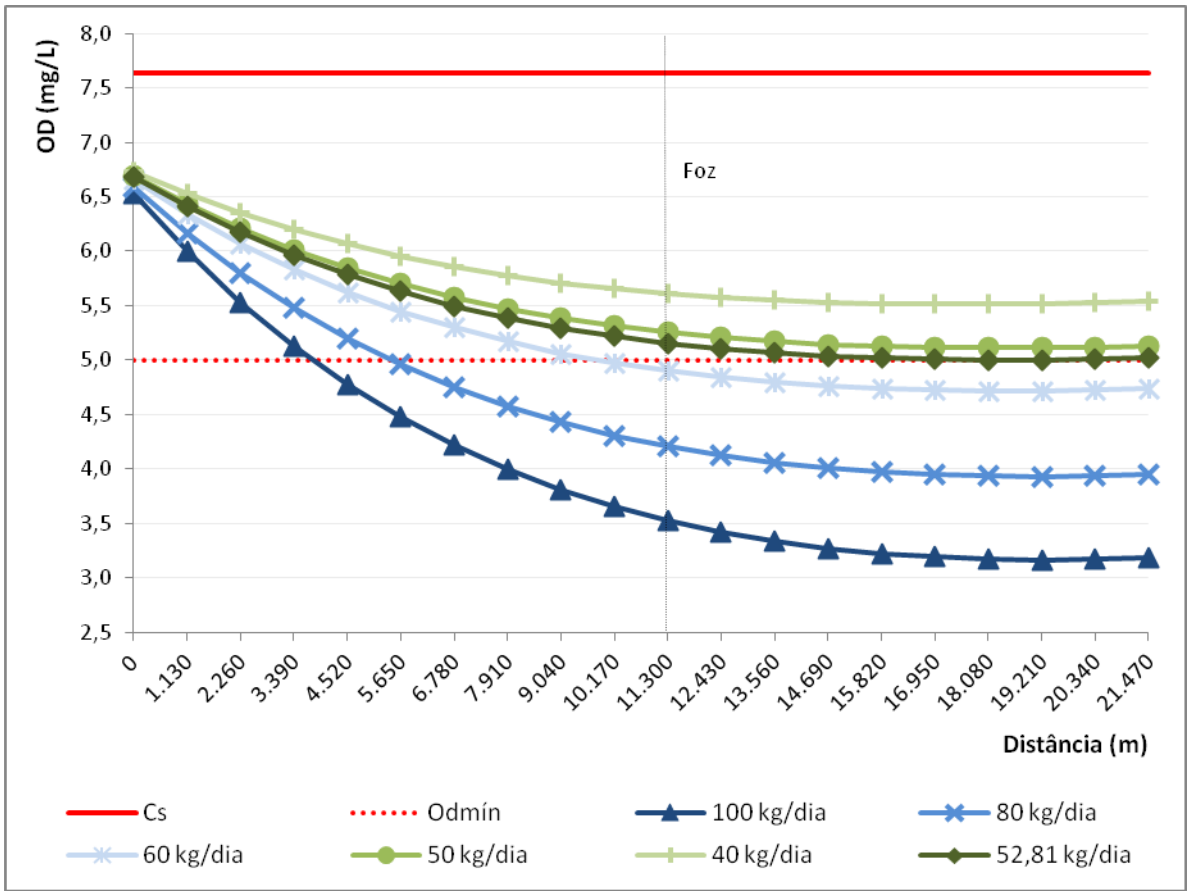

Figura 2 – Curva de concentração de oxigênio dissolvido no córrego do Pintado ao longo da distância

A máxima carga orgânica poluidora que pode ser lançada é de, apenas, 52,81 kg/dia, o que corresponde a uma vazão de esgoto de 1,36 L/s e uma população contribuinte de 978 habitantes.

Observando a curva relativa à carga orgânica de 52,81 kg/dia, nota-se que em nenhum ponto do córrego o OD alcançará concentrações menores que a permissível pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008, que é 5 mg/L.

Estudos como este são de fundamental importância para a implantação de empreendimentos e para os órgãos ambientais, uma vez que fornecem base de dados para avaliação operacional dos empreendimentos em questão e também para mensuração da resiliência do meio aquático receptor dos efluentes, compatibilizando o uso dos recursos naturais com as atividades antrópicas, em consonância com os princípios assumidos pelo desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho mostra que todo o córrego do Pintado vem sofrendo impactos ambientais negativos, devido à ocupação desordenada da sua microbacia e à falta de infraestrutura adequada de saneamento.

Os resultados indicam que o PA3, localizado no trecho do baixo curso, possui a situação mais crítica do córrego do Pintado, onde a qualidade das águas se encontra mais impactada.

Por sua vez o estudo de simulação da capacidade de autodepuração indica que o córrego não pode receber uma carga orgânica superior àquela equivalente a uma população de 978 habitantes.

Uma vez que as campanhas de amostragem resumiram-se na avaliação de três pontos do córrego do Pintado, no período de seca e chuva, recomenda-se a realização de uma campanha que contemple um maior número de pontos de amostragem e que tenha a duração de, pelo menos, um ciclo hidrológico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Mineira de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais - FAPEMIG e à Universidade FUMEC o apoio financeiro prestado, patrocinando as análises laboratoriais e bolsas de Iniciação Científica para os co-autores Cynthia Franco Andrade e Deyvid Wavel Barreto Rosa, com as quais foi possível o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKVOS, Akvos Laboratório Ambiental e de Alimentos. Relatórios Analíticos. 2011 e 2012.
2. ANA, Agência Nacional das Águas. Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br>. Acesso em: 21 de maio de 2012.
3. BETIM, Lei nº 4.574, de 02 de outubro de 2007. Dispõe sobre a revisão do plano diretor do município de Betim. Betim, 2007.
4. CIBAPAR, Consórcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do Paraopeba. Serviços de mobilização social e educação ambiental no contexto da gestão participativa e integrada das águas da Lagoa de Ibirité. Desenvolvimento urbano na bacia hidrográfica da Lagoa de Ibirité. Análise das condições de uso do solo. Intersan Engenharia. 2008.
5. FARIA, E.; ROCHA, C. P. Avaliação da capacidade de autodepuração do rio Córrego Fundo através da depressão de oxigênio dissolvido após o lançamento de efluente não tratado. In Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Silubesa. Belo Horizonte – MG, 2012.
6. MINAS GERAIS, Deliberação Normativa COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995. Dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba. Belo Horizonte, 1995.
7. MINAS GERAIS, Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispões sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2008.
8. MMA, Ministério do Meio Ambiente. Sistema de cálculo da qualidade da água – SCQA. Estabelecimento das equações do índice de Qualidade das Águas. 2005.
9. OLIVEIRA, F. C.; PÁDUA, V. L.; ROSSONI, H. A. V. Avaliação da viabilidade da disposição e do reaproveitamento do lodo de estações de tratamento de água (ETA): estudo de caso da ETA de Itaguara – Minas Gerais. In Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Silubesa. Belo Horizonte – MG, 2012.
10. SPERLING, Marcos Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte. 2005.