

## II-548 – AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS RESULTADOS OPERACIONAIS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM ESCALA REAL, COM TRATAMENTO TERCIÁRIO – ETE IBIRITÉ

**Saulo Nonato de Souza<sup>(1)</sup>**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Engenheiro de Operação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Frieda Keifer Cardoso**

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC. Mestre em Saneamento pelo Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Minas Gerais – DESA/UFMG. Analista de Planejamento e Controle da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG.

**Priscilla Otávia Tito Jardim**

Especialista em Microbiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Graduada em Ciências Biológicas pela UFMG. Analista de Saneamento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Sirlei Geraldo de Azevedo**

Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Especialista em Engenharia da Qualidade (PUC Minas). Graduado em Engenharia Química pela UFMG. Analista de Saneamento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Vera Lúcia, 184 - Sinimbu - Belo Horizonte – MG - CEP 31530-600 – Brasil - Tel: +55 (31) 99819-7952 - e-mail: [saulo.souza@copasa.com.br](mailto:saulo.souza@copasa.com.br)

### RESUMO

A ETE Ibirité, objeto deste estudo, foi implantada com a tecnologia de lodos ativados associada ao MBBR e é operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG. Está localizada no município de Ibirité. O efluente final desta unidade é lançado na Lagoa de Ibirité, conhecida também como Lagoa da Petrobrás. Os resultados avaliados demonstraram elevada capacidade de remoção de matéria orgânica, nutrientes e outros poluentes, gerando um efluente final com características superiores aos padrões estabelecidos na legislação vigente (DN COPAM/CERH-MG Nº 01/2008). O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho da fase líquida do sistema de tratamento de esgoto implantado na ETE Ibirité, onde serão avaliadas as concentrações efluentes e eficiências de remoção dos principais constituintes dos esgotos sanitários e do atendimento aos padrões de lançamento, tendo como referência um ano e meio de monitoramento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodos Ativados, MBBR, Tratamento Terciário, Eficiência, Escala Real.

### INTRODUÇÃO

O sistema de lodos ativados é bastante utilizado em nível mundial, principalmente quando se tem uma demanda por efluente de qualidade e possui baixa disponibilidade de área para a implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE. Segundo VON SPERLING (2005), o desenvolvimento tecnológico trouxe novas perspectivas para este processo de tratamento, dentre elas a incorporação de leitos móveis como meio suporte para o crescimento da biomassa.

O MBBR (*moving bed biofilm reactor*) é uma das variantes desta alternativa técnica e pode ser utilizada em estações existentes com o objetivo de ampliar a capacidade de tratamento, pois o meio suporte permite o aumento da biomassa no reator sem que ocorra o aumento do volume desta unidade. Também pode ser aplicada em ETE novas.

A ETE Ibirité, objeto deste estudo, foi implantada com a tecnologia de lodos ativados associada ao MBBR e é operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG. Está localizada no município de Ibirité, na Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH. Todos os cursos de água do município de Ibirité deságuam no Ribeirão Ibirité e por sua vez, no ponto mais baixo, a Represa Ibirité ou, como mais conhecida, Lagoa da Petrobrás.

O efluente final desta unidade é lançado na Lagoa da Petrobrás, devendo atender aos padrões de lançamento vigentes no Estado de Minas Gerais (DN COPAM/CERH-MG N° 01/2008): DBO: 60 mg/L ou eficiência de remoção de no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70%; DQO: 180 mg/L ou eficiência de no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65%; SST: até 100 mg/L; SSed: até 1 mL/L.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A concepção do projeto da ETE Ibirité para o tratamento da fase líquida compreende o tratamento preliminar dos esgotos (Foto 01: gradeamento, desarenação e peneiramento) seguido de decantação primária (Foto 02), processo biológico dos lodos ativados integrado à tecnologia “Moving Bed Biofilm Reactors - MBBR” (Foto 03) e com configuração para viabilizar simultaneamente a remoção de matéria orgânica (DBO), a nitrificação e a desnitrificação biológica, e, decantação secundária (Foto 04). O tratamento terciário (Fotos 05 e 06) é constituído de processo físico-químico para a remoção de fósforo, incluindo a precipitação, floculação, sedimentação e filtração, além da desinfecção por ultravioleta.

Para o tratamento da fase sólida a concepção do projeto inclui adensamento por gravidade do lodo primário, adensamento por flotação do lodo secundário e terciário, a digestão anaeróbia dos lodos (Foto 07), o desaguamento do lodo digerido por centrifugação (Foto 08) e a secagem térmica do lodo centrifugado (Foto 09). A Foto 10 apresenta o sistema de geração de energia. O efluente final da ETE Ibirité (Fotos 11 e 12) é lançado na Lagoa de Ibirité, que se constitui em um corpo d’água bastante sensível e que convive atualmente com um processo acelerado de deterioração da qualidade das suas águas.

Em primeira etapa a ETE Ibirité possui capacidade instalada para tratar uma vazão de 140,0 L/s e atendimento a uma população de 116.358 habitantes. Na estação foram implantados: 02 decantadores primários em formato circular, com diâmetro de 14,00 m e altura útil de 4,00 m; 02 unidades de lodos ativados com 03 câmaras cada, com as seguintes dimensões 10,00 x 10,00 x 6,10 m. Cada câmara possui o volume útil de 610 m<sup>3</sup>; 02 decantadores secundários com diâmetro de 22,00 m e altura útil de 4,00 m.

O tratamento terciário para a remoção de fósforo possui uma unidade de mistura rápida com volume útil de 15,6 m<sup>3</sup>, 02 unidades de mistura lenta com volume útil de 51,12 m<sup>3</sup>, 02 decantadores lamelares com volume útil de 253,7 m e com as seguintes dimensões 7,80 x 7,80 x 4,17 m. Além disso, há 02 filtros de disco acoplado a eixo horizontal com abertura da tela de 10-200 µm. A desinfecção final é realizada através de radiação ultravioleta.

Devido à vazão afluente estar abaixo da capacidade de tratamento instalada os esgotos afluentes são encaminhados para 01 decantador primário, 01 reator de lodo ativado, 01 decantador secundário e sistema terciário e desinfecção.

A seguir é apresentado registro fotográfico das unidades implantadas.



**Foto 01: Tratamento Preliminar**



**Foto 02: Decantadores Primários**



**Foto 03: Reatores de Lodo Ativado**



Foto 04: Decantador Secundário



Foto 05: Sistema Terciário



Foto 06: Sistema de Desinfecção



Foto 07: Biodigestores



Foto 08: Sistema de Desidratação



Foto 09: Sistema de Secagem



Foto 10: Sistema de Geração de Energia



Fotos 11 e 12: Efluente Final



### Programa de monitoramento

A ETE Ibitaré iniciou sua operação em julho de 2015. Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no monitoramento realizado pela COPASA MG no período de agosto/2015 a dezembro/2016. Parâmetros monitorados e analisados no trabalho: DBO, DQO, nitrogênio (NTK, amoniacal e nitrato), sólidos sedimentáveis e suspensos totais e fósforo (fosfato).

Esses parâmetros foram amostrados no período de agosto/2015 a abril/2016 com frequência mensal e de maio/2016 a dezembro/2016 com frequência semanal. As amostras foram realizadas de forma composta no esgoto afluente (antes do tratamento preliminar) e no efluente final (logo após o sistema de desinfecção). As amostras realizadas entre as diversas unidades do processo de tratamento foram realizadas de forma simples. Na tabela 1 abaixo são informadas as técnicas analíticas utilizadas pelo laboratório da Companhia de saneamento responsável pelo monitoramento:

**Tabela 1: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas.**

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
DBO	Standard Method 5210 B (Teste 5 dias)	mg/L
DQO	Standard Method 5220 D	mg/L
SS	Standard Method 2540 F	mL/L
SST	Standard Method 2540 D	mg/L
NTK	Standard Method 4500 Norg B-C	mg/L
N-Amoniacal	Standard Method 4500 NH3 C	mg/L
Fósforo total	Standard Method 4500 P E	mg/L

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 faz um comparativo entre os dados de projeto e as eficiências de remoção dos parâmetros nas unidades. Assim, ao avaliar os tratamentos preliminar, primário e secundário, pode-se notar eficiências elevadas de remoção de 96% DBO e 95% de SST. A remoção de nitrogênio e fósforo pode ser evidenciada no tratamento secundário, chegando a 83% de remoção de NTK e 70% de fósforo.

**Tabela 2: Eficiências de remoção dos parâmetros por unidades operacionais**

Parâmetros	Unidade	<i>Tratamento Primário-projeto</i>			<i>Tratamento Primário-operação</i>		
		Afluyente	Efluyente	% remoção	Afluyente	Efluyente	% remoção
DBO	mg/L	519	311	40	182	64,4	64,6
SST	mg/L	577	231	60	253,5	65	96,1
NTK	mg/L	50	47,5	50	46,4	28,5	38,4
P total	mg/L	10	8	20	6,8	2,8	58,6

Parâmetros	Unidade	<i>Tratamento Secundário-projeto</i>			<i>Tratamento Secundário-operação</i>		
		Afluyente	Efluyente	% remoção	Afluyente	Efluyente	% remoção
DBO	mg/L	311	20	94	64,4	2,5	96,1
SST	mg/L	231	30	87	65	3,1	95,2
NTK	mg/L	47,5	2	96	28,5	5	82,6
P total	mg/L	8	7	13	2,8	1,2	58,9

Parâmetros	Unidade	<i>Tratamento Terciário-Projeto</i>			<i>Tratamento Terciário-operação</i>		
		Afluyente	Efluyente	% remoção	Afluyente	Efluyente	% remoção
DBO	mg/L	20	5	75	2,5	2,4	4,33
SST	mg/L	30	5	83	3,1	3,8	82,6
NTK	mg/L	2	2		5	7,2	
P total	mg/L	7	1	86	1,2	1	12,5

### Caracterização qualitativa dos micro-organismos no Reator Biológico:

O monitoramento de zooplâncton na ETE Ibitaré iniciou-se em março de 2016. A quantidade e a diversidade de micro-organismos nos tanques de aeração têm sido usadas como indicadores biológicos do grau de eficiência do processo, sendo capazes de demonstrar as condições de depuração.

Nos meses de março a julho/2016 houve predominância do protozoário *Aspidisca* que pertence ao grupo dos ciliados livre natantes o que demonstra altas relações alimento/micro-organismos. No mês de agosto/2016 houve maior equilíbrio em relação aos grupos ciliados livres natantes (*Litonotus*), ciliados fixos (*Vaginicola*, *Vorticella*) e rotíferos (*Rotaria*) indicando bom desempenho do sistema nesse período. Setembro e outubro/2016 houve predominância de *Aspidisca* (ciliados predadores de flocos) e *Litonotus* (ciliados livres

natantes). Em novembro/2016 houve bom desempenho do sistema com predominância do ciliado *Operculária* (protozoários ciliados fixos) e em dezembro/2016 houve novamente predominância de *Aspidisca*.

O monitoramento qualitativo dos micro-organismos evidenciam boas condições de depuração no reator biológico caracterizado pela presença dos ciliados fixos. Alguns organismos caracterizam boas condições de nitrificação, evidenciado pela presença de predadores de flocos na maioria dos meses analisados. Pode-se notar uma boa formação de flocos e remoção de amônia, caracterizado pela presença da *Aspidisca* em vários meses, bem como, os dados físico-químicos com boa remoção de amônia e formação de nitrato.

### Eficiência do Processo

A seguir pode-se visualizar os dados de concentrações afluentes e efluentes, conforme proposto neste estudo e de acordo com os valores médios mensais no período de estudo. Os resultados avaliados (Figuras 1 a 7) demonstraram elevada capacidade de remoção de matéria orgânica, nutrientes e outros poluentes, gerando um efluente final com características superiores aos padrões estabelecidos na legislação vigente (DN COPAM/CERH-MG N.º 1/2008 e NT DIMOG/DISAN 002/2005).

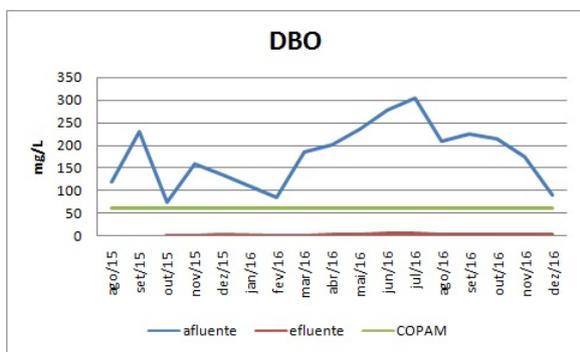


Figura 1: Monitoramento de DBO

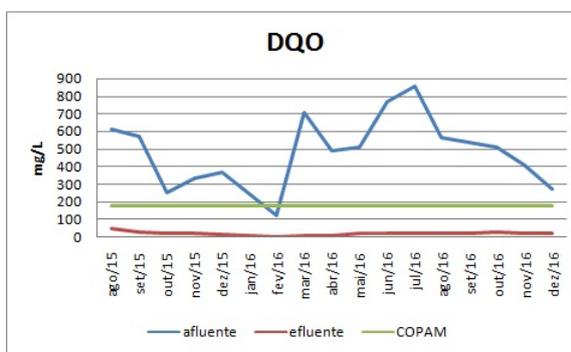


Figura 2: Monitoramento de DQO

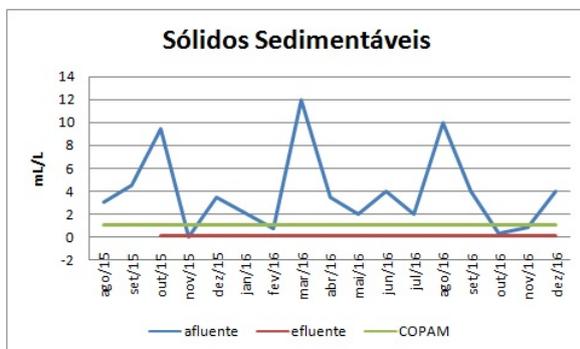


Figura 3: Monitoramento de SS

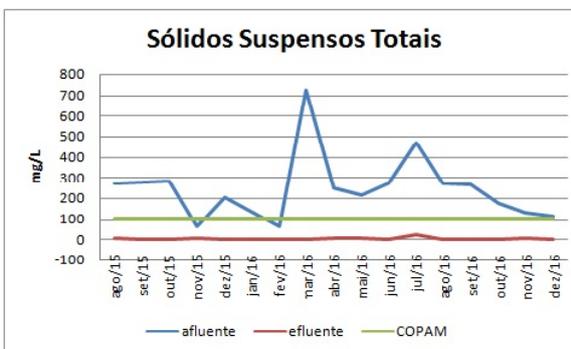


Figura 4: Monitoramento de SST

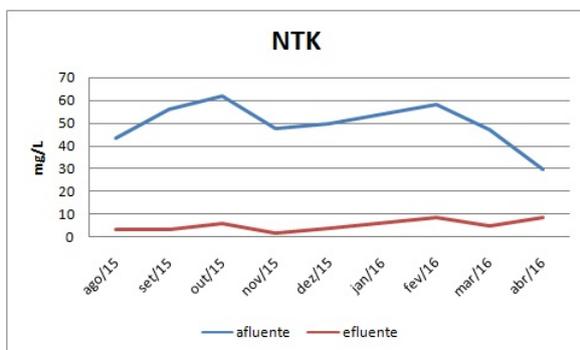


Figura 5: Monitoramento de NTK

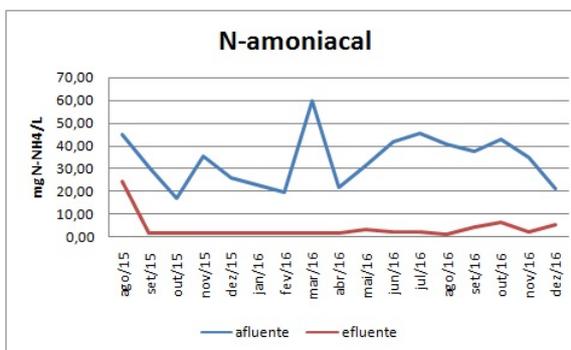
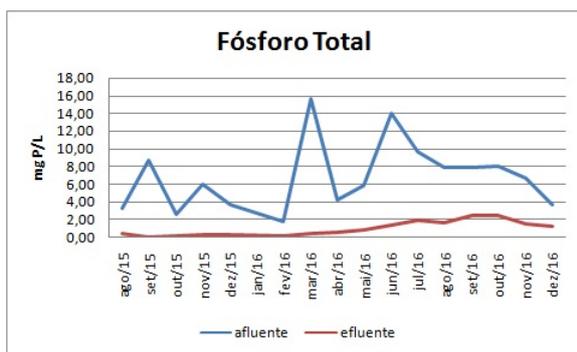


Figura 6: Monitoramento de N-Amoniacal



**Figura 7: Monitoramento de Fósforo Total**

Com o auxílio de planilhas eletrônicas elaboradas pelo grupo de pesquisa em tratamento de águas residuárias do DESA-UFMG, os dados de monitoramento foram analisados e estão demonstrados na tabela 3 a seguir.

**Tabela 3: Estatística descritiva dos dados de concentração e remoção na ETE Ibirité**

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
DBO (mg/L)	Número de dados	49	49	49
	Média	208	2	98,6
	Mediana	208	2	98,8
	Mínimo	74	1	94,5
	Máximo	472	8	99,6
	Desvio padrão	88	1	1,1
	Coeficiente de variação	0,42	0,56	0,01

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
DQO (mg/L)	Número de dados	49	49	49
	Média	558	21	95,4
	Mediana	528	21	95,7
	Mínimo	123	9	89,8
	Máximo	1902	54	99,0
	Desvio padrão	348	8	2,4
	Coeficiente de variação	0,62	0,40	0,03

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
SS (mL/L)	Número de dados	16	16	16
	Média	4	0,10	88,0
	Mediana	4	0,10	97,1
	Mínimo	0	0,10	0,0
	Máximo	12	0,10	99,2
	Desvio padrão	4	0	24,9
	Coeficiente de variação	0,89	0,00	0,28

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
SST (mg/L)	Número de dados	49	49	49
	Média	329	3	98,0
	Mediana	221	3	98,5
	Mínimo	48	0	88,2
	Máximo	2515	21	99,9
	Desvio padrão	452	3	2,2
	Coeficiente de variação	1,38	0,95	0,02

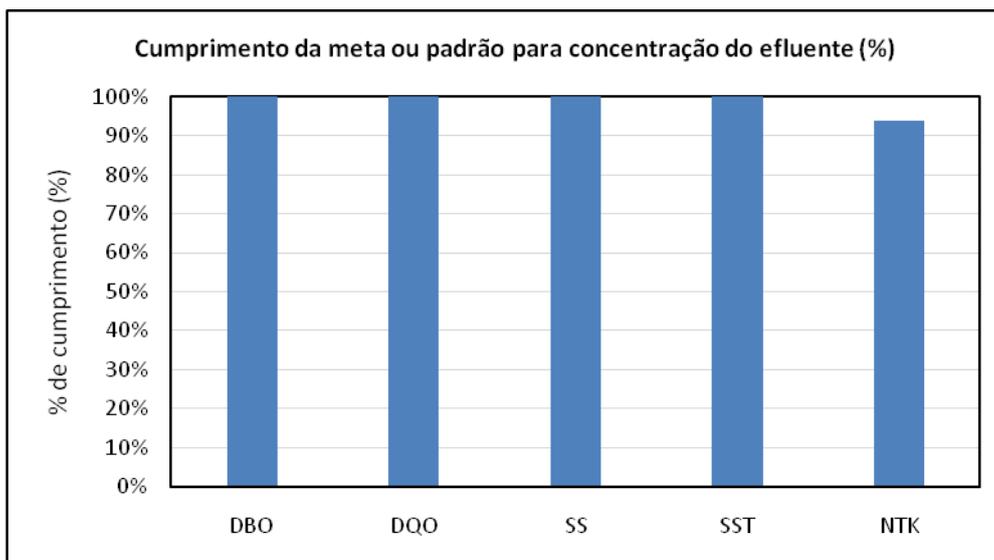
--	--	--	--	--

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
NTK (mg/L)	Número de dados	49	49	49
	Média	54	5	87,8
	Mediana	47	5	90,7
	Mínimo	24	1	36,0
	Máximo	277	28	98,9
	Desvio padrão	37	6	14,0
	Coefficiente de variação	0,69	1,05	0,16

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
N – Amônia-cal (mg/L)	Número de dados	49	49	49
	Média	40,1	3,4	89,8
	Mediana	35,4	1,9	95,3
	Mínimo	16,4	0,9	23,5
	Máximo	227,1	25,6	99,0
	Desvio padrão	30,2	5,1	15,5
	Coefficiente de variação	0,75	1,50	0,17

Parâmetros	Estatística	Afluente	Efluente Final	Eficiência (%)
Fósforo total (mg/L)	Número de dados	49	49	49
	Média	8,5	1,5	79,3
	Mediana	7,3	1,2	82,8
	Mínimo	1,8	0,1	14,4
	Máximo	44,1	7,5	99,3
	Desvio padrão	7,4	1,4	17,35
	Coefficiente de variação	0,87	0,92	0,22

Na figura 8 podemos verificar que a unidade de estudo atendeu aos padrões de lançamento estabelecidos na regulamentação supracitada em 100 % das ocorrências, parâmetros DBO, DQO, Sólidos Sedimentáveis e Sólidos Suspensos Totais. Ressalta-se que no estado de Minas Gerais não há padrão definido para nitrogênio e fósforo em efluentes de estações de tratamento esgoto doméstico. A título de comparação vemos que o padrão NTK foi atendido em 92 % das ocorrências quando comparamos com os valores previstos na Deliberação nº 91/271/EEC de maio de 1991. Regulamentação está em vigência na comunidade européia e estabelece que a concentração de nitrogênio amoniacal para populações acima de 100.000 habitantes deve ser de até 10 mg/L.



**Figura 8: Percentual de atendimento aos padrões de lançamento conforme legislação vigente (DBO, DQO, SS e SST). Parâmetro NTK conforme padrão vigente na comunidade européia.**

## RECOMENDAÇÕES / CONCLUSÕES

O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos e complementa também a remoção de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. Na ETE Ibirité conclui-se que o tratamento adotado é efetivo na remoção dos nutrientes.

Unidade apresenta ainda excelentes eficiências de remoção dos principais poluentes existentes nos esgotos. Cabe ressaltar que o tratamento terciário é recomendado quando o uso do efluente tratado tem a finalidade de reúso ou até mesmo, balneabilidade. No caso da ETE Ibirité, há uma proposta de reúso do efluente tratado nos processos industriais da Petrobrás, essa por sua vez localizada próxima a ETE.

A ETE Ibirité iniciou a sua operação em julho/2015. Entretanto, mesmo estando no início de operação a estação apresenta bons resultados de eficiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COMUNIDADE EUROPÉIA. Diretiva do Conselho da Comunidade Européia de 21 de Maio de 1991. Estabelece as diretrizes para a coleta, tratamento e descarga de águas residuais urbanas e ao tratamento e descarga de águas residuais. Bruxelas, 21 de maio de 1991.
2. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008. 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 efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental. 2008.
3. MINAS GERAIS. Nota Técnica - NT DIMOG/DISAN 002/2005. Estabelece critérios para o monitoramento dos efluentes líquidos, águas superficiais e águas subterrâneas associados às estações de tratamento de esgotos. Minas Gerais. Cons. Estadual de Política Ambiental. 2005.
4. VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1, 3ª ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA/UFMG. Editora UFMG. 443p. Belo Horizonte, 2005.