



II-491 - ESTUDO DE AUTODEPURAÇÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS - ESTUDO DE CASO: CÓRREGO DO RETIRO, ARAXÁ/MG

Emerson Ribeiro Lessa⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Área de Concentração: Saneamento Ambiental. Pesquisador pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Três Corações, 285 apto 701 - Belo Horizonte - MG - CEP: 30480-110 - Brasil - Tel: (31) 3313-3581 - e-mail: emersonribeirolessa@yahoo.com.br

RESUMO

Este estudo de autodepuração tem por objetivo apresentar possíveis efeitos do lançamento do efluente tratado proveniente de um Laticínios e um Frigorífico no município de Araxá. Os empreendimentos encontram-se na sub-bacia do Córrego do Retiro (Classe 2) que deságua no Ribeirão Grande, receptor de grande parte dos esgotos sanitários da cidade de Araxá.

PALAVRAS-CHAVE: Autodepuração, qualidade da água de rio, efluentes industriais.

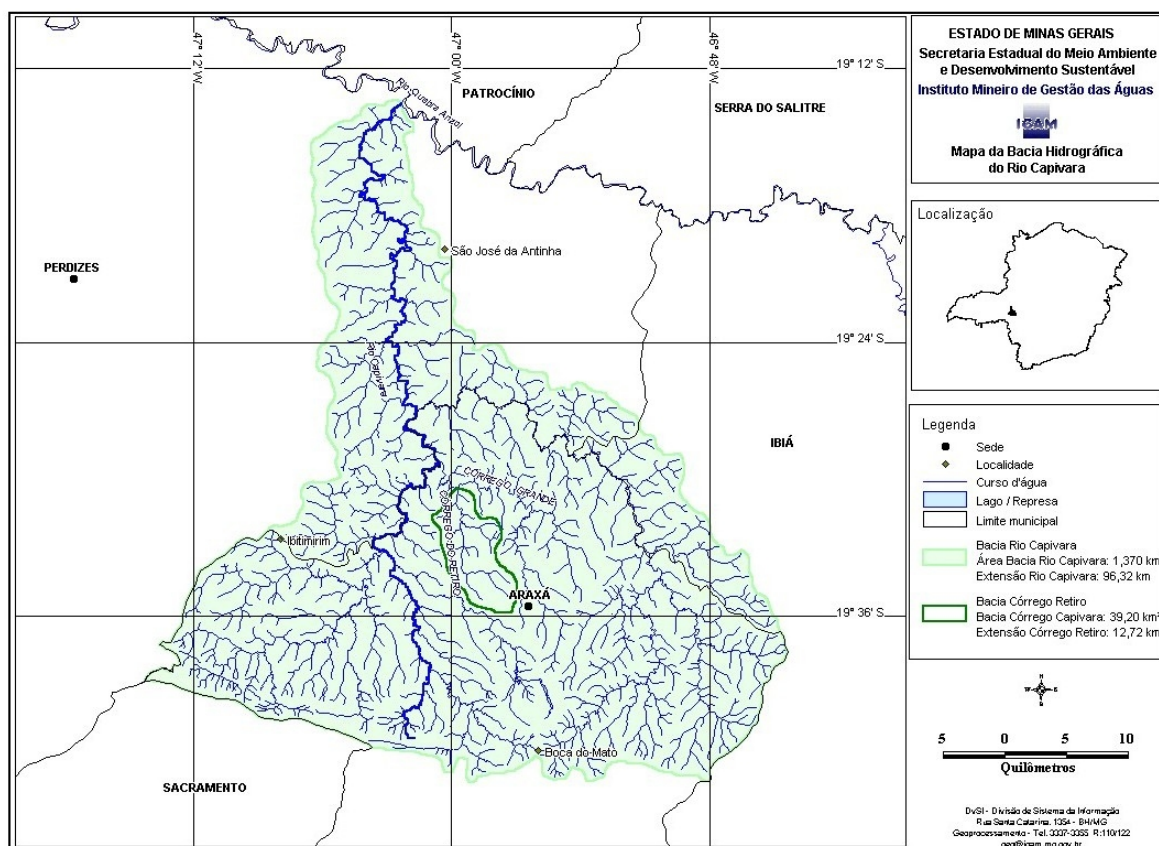
INTRODUÇÃO

Segundo Sperling 2007, nos estudos de concepção de tratamento dos esgotos, nos processos de licenciamento ambiental e no planejamento de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica há a necessidade de se conhecer o impacto do lançamento dos esgotos. A determinação da eficiência requerida no tratamento, bem como a possível alocação de cargas poluidoras em uma bacia, é função dos requisitos ambientais do corpo d'água receptor.

Ainda segundo o mesmo autor, uma eficiente forma de avaliar os impactos do lançamento de cargas poluidoras, bem como de analisar cenários de intervenção e medidas de controle ambiental, é através da utilização de modelos matemáticos de qualidade das águas.

Pode ser observado na Figura 1 abaixo a bacia hidrográfica da área de estudo.

Figura 1 – Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Capivara



MATERIAIS E MÉTODOS

Parâmetros empregados no estudo:

1) Vazões do Córrego do Retiro

Para aplicação do modelo clássico (simplificado) de Streeter-Phelps uma condição essencial para o modelo é que cada trecho seja constante e homogêneo, então considerou-se de interesse ao presente estudo os seguintes trechos:

- Trecho 1: do ponto de lançamento do efluente do Laticínios até o ponto de lançamento do efluente do Frigorífico 1,2 km; e
- Trecho 2: do ponto de lançamento do Frigorífico no córrego do Retiro até sua foz no Ribeirão Grande.....7,4 km.

De acordo com a publicação “DEFLÚVIOS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS”, de autoria da COPASA MG/HIDROSSISTEMAS, 1993, para a sub-bacia em questão, obtêm-se os seguintes valores para estimativa das vazões:

- Contribuições unitárias mínimas..... 4,44 l/s.km²
- Contribuições de longo termo (média)..... 22,4 l/s.km²
- Contribuições unitárias máximas 85,2 l/s.km²

Simulou-se para efeito de segurança, a ocorrência da vazão mínima (Q7,10) – que representa os efeitos numa situação crítica - e da vazão média (Qm) – que traduz efeitos na situação mais freqüente - do curso d'água



envolvido, ou seja, o córrego do Retiro. Para o cálculo das respectivas áreas de contribuição, foi utilizado o mapa da bacia, de onde foram extraídos os seguintes valores:

- Área contribuição até o ponto de lançamento efluentes no Cór. do Retiro..... 12,9 km²
- Área contribuição a jusante lançamento do Laticínios até o lançamento do Frigorífico6,2 km²
- Área de contribuição do ponto de lançamento até o Ribeirão Grande.....20,1 km²
- Área total da sub-bacia de contribuição do córrego do Retiro39,2 km²

Tabela 1: Segmentação das Sub-bacias e Respectivas Vazões do Córrego do Retiro

Sub-trechos	Segmento do cor.	Área (Km ²)	Vazão mínima por trecho $Q_{7,10}$ (l/s)	Vazão mínima acumulada $Q_{7,10}$ (l/s)	Vazão média por trecho Q_{media} (l/s)	Vazão média acumulada Q_{media} (l/s)
1	Trecho a montante do lançamento do Laticínios	12,9	57,3	57,3	289,0	289,0
2	Trecho a jusante lançamento do Laticínios e a montante do lançamento do Frigorífico	6,2	27,5	84,8	138,9	427,9
3	<i>Incremento pto lançamento do Frigorífico até rib. Grande)</i>	20,1	89,2	174,0	450,2	878,1

2) Vazões efluentes das Indústrias

De acordo com os resultados apresentados pelo Laticínios, a vazão média efluente da ETE é de 540.000 l/dia, ou seja, 6,25 l/s, para a qual será exposto o efeito sobre os trechos do Córrego do Retiro. Vale também ressaltar que tal vazão não é contínua, isto é, ocorrem vazões de pico no decorrer do dia e da noite. Os volumes médios referem-se à média encontrada considerando-se os dias anteriores das análises de DBO e OD realizadas.

Para o Frigorífico foi considerada uma vazão de 3,0 l/s, observando-se que tal vazão também não é contínua.

3) Oxigênio dissolvido (ODr) e OD do efluente tratado do empreendimento (ODE)

Conforme já mencionado, os valores de OD e DBO dos cursos d'água são provenientes das análises realizadas de acordo com os resultados apresentados:

Tabela 2: Dados do Monitoramento do Efluente do Laticínios

Parâmetro / Dia	13/05/04	09/06/04	24/06/04	08/07/04
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	4,5	1,9	9,0	7,3
Temperatura (°C)	28	14	21	20,0
Parâmetro / Dia	21/07/04	05/08/04	19/08/04	Média
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	0	0,5	8,9	4,5
Temperatura (°C)	16,5	19	20,0	19,8

Considerando-se que a concentração de OD no efluente tratado possa aumentar com relativa facilidade de 0,0 a 9,0 mg/l (Sperling, 1995), admitiu-se o valor médio de 4,5 mg/l. Quanto à temperatura do efluente tratado admitiu-se com temperatura média o valor 19,8°C.



Tabela 3: Parâmetros no Córrego a Montante e Jusante do Lançamento do Laticínios

Parâmetro / Dia	13/05/04	09/06/04	24/06/04	08/07/04
	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	7,3 / 7,2	8,7 / 8,5	6,7 / 7,1	7,1 / 6,9
Temperatura (°C)	24 / 25	13 / 13	21 / 19	16 / 16
Parâmetro / Dia	21/07/04	05/08/04	19/08/04	Média
	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	7,3 / 7,6	7,6 / 7,4	7,3 / 6,8	7,4 / 7,3
Temperatura (°C)	15 / 15	18 / 18	17 / 17	17,7 / 17,6

4) DBO5 do curso d'água (DBOr) e do efluente tratado (DBOe)

Os valores de DBO do curso d'água foram obtidos através das análises já citadas, cujos resultados encontram-se em anexo.

Tabela 4: Parâmetros no Córrego a Jusante e Montante do Lançamento do Laticínios

Parâmetro / Dia	13/05/04	09/06/04	24/06/04	08/07/04
	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.
DBO _{5r} mg/l	2,2 / 3,9	2,9 / 4,8	4,0 / 2,6	3,8 / 2,1
Parâmetro / Dia	21/07/04	05/08/04	19/08/04	Média
	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.	Mont. / Jus.
DBO _{5r} mg/l	5,0 / 7,0	1,7 / 6,9	0,4 / 4,9	2,9 / 4,6

As análises do afluente e efluente da ETE do Laticínios são realizadas semanalmente, sempre no período da manhã, sendo o resultado médio encontrado:

Tabela 5: Laticínios - Média dos Resultados das Análises – Janeiro a Julho de 2004

PARÂMETRO	AFL. BRUTO	EFL. L1	EFL. L2	EFL. L3	EFL. L4	EFL. L5
DBO _{5e} (mg/l)	1.271,3	498,3	479,7	368,1	243,9	217,8

A maior DBO5 encontrada foi de 1746 mg/l no dia 13/04/2004 às 21 horas, e o menor valor foi de 685 mg/l às 17:00 horas. Para a DQO o maior valor foi de 1848 mg/l (10:00 horas) e o menor valor 957 mg/l (6:00 horas). Este dia foi estabelecido aleatoriamente sendo que a coleta de amostra foi realizada de hora em hora no período de 24 horas.

De acordo com o tratamento existente teve-se, na pior situação, um efluente tratado com concentração de 297 mg/l, no dia 13/04/2004 em análises realizadas de hora em hora.

Tabela 6: Dados do Monitoramento do Efluente do Frigorífico

Data	27/02/03		27/02/03		14/02/03		13/03/03	
Parâmetros	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)
Efluente Bruto	27,0	1.237,0	-	-	24,0	1.434,0	22,5	1.422,0
Efluente Tratado	27,0	81,0	-	-	22,0	383,0	22,5	76,0
Montante Córrego	-	-	21,0	2,2	-	-	-	-
Jusante Córrego	-	-	23,0	3,3	-	-	-	-
Data	10/04/03		24/04/03		08/05/03		08/05/03	
Parâmetros	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)
Efluente Bruto	21,0	1.157,0	23,0	1.382,0	-	-	-	1.343,0
Efluente Tratado	20,5	100,0	24,0	118,0	-	-	-	167,0
Montante Córrego	-	-	-	-	-	5,2	-	-
Jusante Córrego	-	-	-	-	-	4,5	-	-
Data	22/05/03		05/06/03		18/06/03		27/02/03	
Parâmetros	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)	T (°C)	DBO (mg/l)
Efluente Bruto	19,0	1.158,0	20,0	2.218,0	18,0	1.791,0	21,0	1.210,0
Efluente Tratado	19,5	256,0	22,0	232,0	17,5	234,0	19,5	506,0
Montante Córrego	-	-	-	-	-	-	-	-
Jusante Córrego	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabela 6: Média das Análises do Frigorífico**

Parâmetros	T (°C)	DBO (mg/l)
Efluente Bruto	21,6	1496
Efluente Tratado	21,4	253
Montante Córrego	21,0	3,7
Jusante Córrego	23,0	3,9

De acordo com os resultados obtidos nas análises de DBO a jusante e a montante do lançamento do efluente do Frigorífico no córrego, e considerando uma eficiência mínima de 83% no tratamento do efluente, tem-se um efluente tratado com uma concentração **de 253mg/l**.

5) Coeficientes de desoxigenação (K1)

Segundo Sperling, 1995: “O coeficiente K1 depende das características da matéria orgânica, além da temperatura e da presença de substâncias inibidoras”.

No caso, utilizou-se valores (médios) comumente admitido por Aguirre, J.C., 2002 adaptado de Krenkel & Novotny iguais a 0,23 e 0,20 dia⁻¹.

Vale salientar ainda que tal coeficiente deve ser corrigido para a temperatura do líquido já que este se referencia a 20° C, através da expressão:

$$K_{1,T} = K_{1,20} \times 1,047^{(T-20)}$$

6) Coeficientes de reaeração (K2)

Considerando-se a faixa de 0,69 a 1,15 admitida por Sperling e Aguirre em suas adaptações de Metcalf & Eddy (1984), adotou-se o valor médio igual a 1,0 dia⁻¹. Vale no entanto a observação que valores admitidos por Owens et al, além de outros, poderiam resultar em valores superiores de reaeração.

7) Velocidade do curso d'água (v) e tempo de percurso (tp)

Admitiu-se para o córrego do Retiro a velocidade de 0,5 m/s. Em relação às distâncias, admitiram-se os valores extraídos dos mapas anexos, resultando em 1,2 km entre o ponto de lançamento do Laticínios até o ponto de lançamento do Frigorífico. Daí até o ribeirão Grande foi considerado mais 7,42 km. Resultando num percurso total de 8,62 km.

Assim para o presente estudo, do ponto zero (lançamento) até o ribeirão Grande tem-se um tempo de percurso (tp) igual a 0,199 dia⁻¹.

8) Concentrações de saturação de OD (cs)

Conforme Von Sperling (1995) a concentração de saturação varia em função da temperatura do líquido e da altitude. Assim, admitindo-se a temperatura da água igual a 17,7° C tem-se, pela expressão de Pöpel, 1979 o seguinte valor da concentração de saturação:

$$Cs' = 14,652 - 4,1022 \times 10^{-1} \times T + 7,9910 \times 10^{-3} \times T^2 - 7,7774 \times 10^{-5} \times T^3$$

$$Cs' = 9,46 \text{ mg/l}$$

Aplicando-se a correção do valor encontrado em função da altitude média de 970 m, tem-se uma concentração final de:

$$Cs = (1 - 1,148294 \times 10^{-4} \times \text{altitude}) \times Cs'$$

$$Cs = 8,41 \text{ mg/l}$$



9) Oxigênio dissolvido mínimo permissível (ODmin)

Obedecendo à legislação COPAM, admitiu-se o OD mínimo igual a 5,0mg/l, conforme prescrito para a classe 2.

10) Expressões utilizadas para elaboração das planilhas de cálculo

São apresentadas as expressões propostas para os dois trechos do curso d'água envolvido, lembrando que as planilhas que originaram este estudo encontram-se também anexadas a seguir.

a) Concentração de oxigênio da mistura (Co)

$$Co = \frac{Qr \cdot ODr + Qe \cdot ODe}{Qr + Qe}$$

b) Déficit de oxigênio (Do)

$$Do = Cs - Co$$

c) Correção de K1 em função da temperatura

$$k1 = k1_{20^\circ} \times 1,047^{(22^\circ - 20^\circ)}$$

d) Concentração da DBO após mistura (DBO5o) e da DBOúltima da mistura (Lo)

$$DBO5o = \frac{Qr \cdot DBOr + Qe \cdot DBOe}{Qr + Qe}$$

$$Lo = DBO5o \cdot kt$$

$$kt = 1 / (1 - e^{(-5 \cdot k1)})$$

e) Perfil de oxigênio dissolvido ao longo do tempo e distância (Ct)

$$Ct = Cs - \left(\frac{k1 \cdot Lo}{k2 - k1} \cdot (e^{-k1 \cdot t} - e^{-k2 \cdot t}) + Do \cdot e^{-k2 \cdot t} \right)$$

f) Cálculo do tempo crítico (tc)

$$tc = 1 / (k2 - k1) \cdot \ln \left(k2 / k1 \cdot \left(1 - \frac{Do \cdot (k2 - k1)}{Lo \cdot k1} \right) \right)$$

g) Cálculo da distância crítica (dc)

$$dc = tc \cdot v \cdot 86.400$$

h) Concentração crítica de oxigênio dissolvido (ODc)

$$ODc = Cs - Dc$$

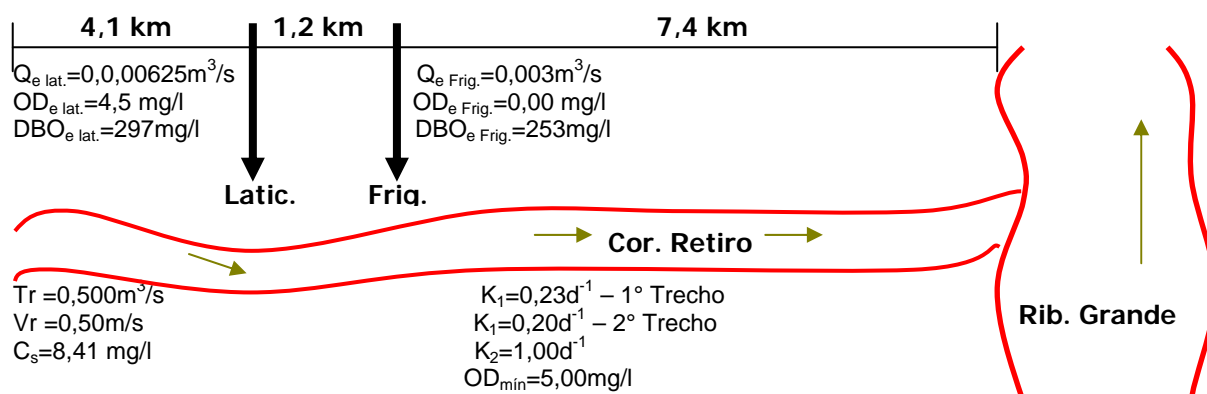
onde: déficit crítico de oxigênio (Dc) é igual a:

$$Dc = k1 / k2 \cdot Lo \cdot e^{-k1 \cdot tc}$$

11) Dados de entrada para os respectivos cálculos



Figura 2 – Resumo Esquemático dos dados de entrada



RESULTADOS

Pode-se estabelecer o seguinte cenário para a situação crítica no Córrego do Retiro até sua confluência com o Ribeirão Grande:

Tabela 7: Resumo do cenário crítico do Córrego do Retiro

Parâmetro	Laticínio		Frigorífico		Rib. Grande
	Ponto a montante do lançamento no Córrego do Retiro	Ponto após lançamento no Córrego do Retiro	Ponto a montante do lançamento no Córrego do Retiro	Ponto após lançamento no Córrego do Retiro	Ponto de confluência com o Ribeirão Grande
	$Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$	$Q_{7,10}$
OD (mg/l)	7,4	7,17	6,97	6,82	5,40
DBO ₅ (mg/l)	2,9	26,69	26,52	31,55	30,49
Colif. fecais (UFC)	100	901	876,3	Não calculado	Não calculado

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, os resultados de OD, DBO e Coliformes fecais nos respectivos trechos.

Figura 3 – Resumo dos Resultados de OD – do lançamento do Laticínios até o Ribeirão Grande – Vazão Mínima

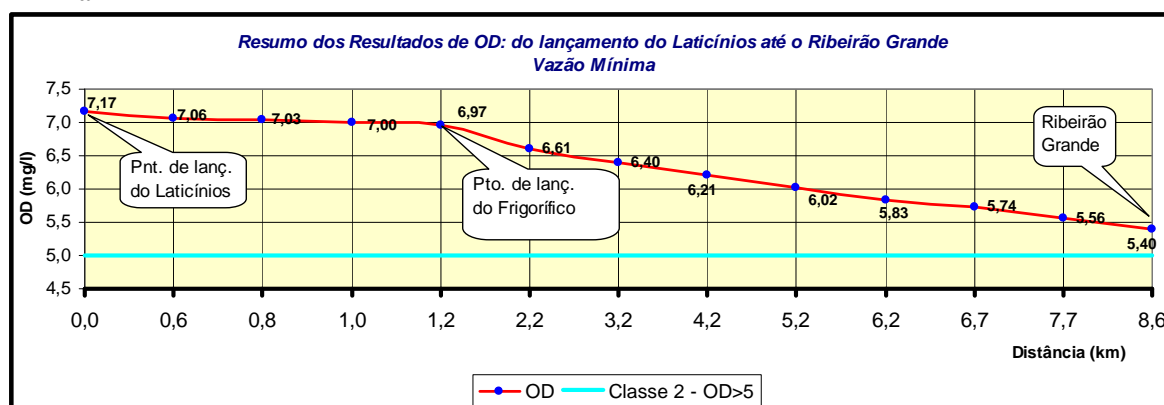




Figura 4 - Resumo dos Resultados de DBO – do lançamento do Laticínios até o Ribeirão Grande – Vazão Mínima

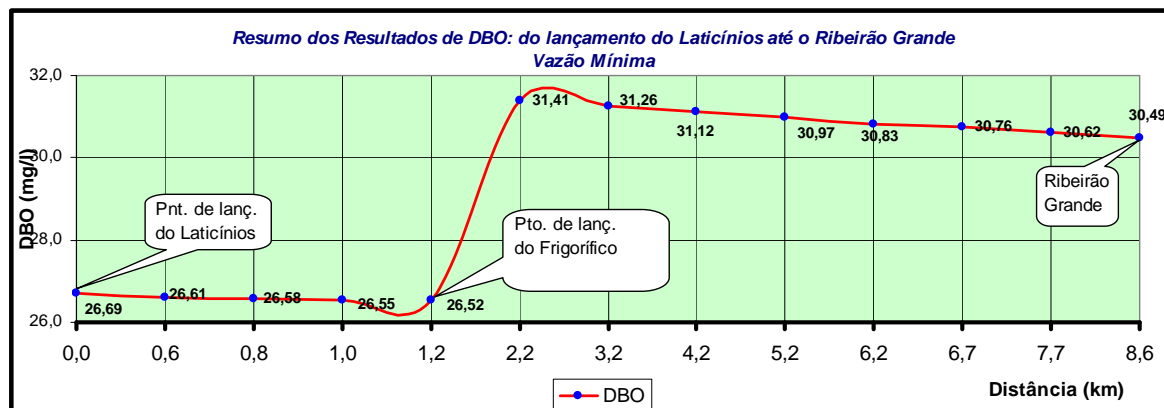
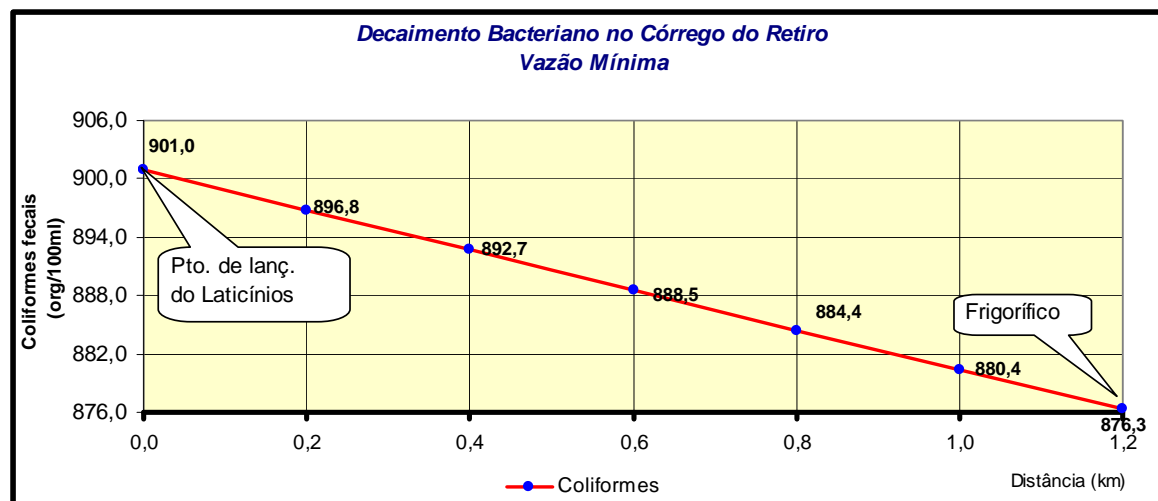


Figura 5 - Decaimento Bacterianos no Córrego do Retiro – Vazão Mínima



CONCLUSÃO

Com relação ao Córrego do Retiro (do lançamento até a confluência com o Ribeirão Grande):

- Como pode ser observado no quadro acima, para a vazão mínima e crítica do córrego do Retiro o sistema de tratamento implantado no Laticínios é efetivo, ou seja, não afeta a classe deste curso d'água, promovendo uma concentração de oxigênio dissolvido igual a 5,40mg/l na confluência com o ribeirão Grande. Este valor é superior ao mínimo permitido pela legislação, 5,0 mg/l para os corpos d'água da Classe 2. Observa-se que foi admitido também, a contribuição do Frigorífico, em virtude deste lançar seu efluente a jusante do mesmo curso d'água.
- No que se refere à DBO5, observa-se que a qualidade das águas também não foi comprometida, pois os resultados apontam um índice de DBO dentro do limite estabelecido para cursos d'água de classe 2. O valor encontrado de foi 30,49 mg/l, fica abaixo do limite estabelecido na legislação, 60,0 mg/l.
- Com relação ao índice de coliformes fecais, o valor encontrado de 876,3 UFC também encontra-se abaixo do limite legal para a Classe 2 , 1000 UFC. Mais uma vez, fica evidente que o lançamento do efluente não compromete a qualidade das águas deste córrego.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Von Sperling, M (1996). Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 2 ed. – Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais.
2. Von Sperling, M (2007). Estudo e modelagem da qualidade da água de rios. 1ª ed. – Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 588p.
3. MENDES, José Alberto da Mata; LESSA, Emerson Ribeiro. Estudo Simplificado de Autodepuração do Aterro Sanitário de Araguari /MG – Centro Tecnológico do Estado de Minas Gerais – CETEC - Outubro/2003.