

INFLUÊNCIA DO LANÇAMENTO DE ESGOTO ORGÂNICO NAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE CÓRREGOS AFLUENTES DO RIO CAMANDOCAIA, AMPARO/SP – ETAPA II

CAMILA FAIONATO FRANCO¹, EMÍLIO CARLOS NARDIN², BASÍLIO GOMES RIBEIRO FILHO³, ANDRÉ ALBERTO⁴

1- Bióloga graduada pelo Centro Universitário Amparense – UNIFIA.

2- Técnico químico do SAAE – Saneamento Ambiental de Amparo.

3- Biólogo, mestre em Comunicação pela Universidade São Marcos. Docente do Centro Universitário Amparense – UNIFIA.

4- Ecólogo, mestre em Ecologia e Recursos Naturais pela UFSCar. Docente do Centro Universitário Amparense – UNIFIA.

RESUMO

A poluição orgânica de córregos afluentes do rio Camandocaia está sendo investigada. As seguintes variáveis físicas e químicas da água foram obtidas em superfície, em três repetições, nos períodos de outono e inverno: temperatura, pH, turbidez, cor, alcalinidade, dureza, cloretos, manganês, ferro, oxigênio dissolvido (OD), porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (%OD), fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT) e vazão. No presente estudo (Etapa II), os resultados obtidos permitiram concluir que os córregos Santa Maria (2,57 mg/L de OD, por exemplo) e Três Pontes (1.750,0 µg/L de PT, por exemplo), ambos situados na margem direita do rio e os córregos Tamburi (8,2 mg/L de NT, por exemplo), Vermelho (1,9 mg/L de OD, por exemplo) e Liceu (916,8 µg/L de PT, por exemplo), situados na margem esquerda, foram os mais poluídos e os córregos São Judas (6,5 mg/L de OD, por exemplo) e Carlota (7,7 mg/L de OD, por exemplo), situados a margem direita, e o córrego Castelo (0,97 mg/L de NT, por exemplo), situado a margem esquerda, foram os menos poluídos.

Palavras-chave: poluição orgânica, esgoto domiciliar, rio Camandocaia

INTRODUÇÃO

Estudos sequenciais sobre a qualidade da água dos principais afluentes das margens direita e esquerda do rio Camandocaia estão sendo desenvolvidos. Publicados em etapas, objetivam revelar se os córregos estão poluídos por esgotos orgânicos e se existe variação sazonal dos níveis de poluição.

A primeira etapa já foi concluída e os resultados referentes aos níveis de poluição orgânica dos córregos afluentes da margem direita do rio, obtidos no período de inverno e primavera, encontram-se no artigo intitulado “Influência do lançamento de esgoto orgânico nas características limnológicas de córregos afluentes do rio Camandocaia, Amparo/SP – Etapa I”, de Alves *et al.* (2011).

No presente estudo, a Etapa II, a água de oito córregos foi analisada. Os resultados obtidos para os afluentes da margem direita são referentes ao período de outono e para os da margem esquerda são referentes ao período de inverno. As coletas de água dos córregos da margem direita foram finalizadas nesta etapa.

OBJETIVO

Analisar a água de quatro córregos da margem direita e quatro córregos da margem esquerda do rio Camandocaia.

MÉTODO

Área de estudo

As coletas de água foram efetuadas nos seguintes córregos afluentes da margem direita do rio: Córrego Três Pontes (1), Córrego Carlota (2), Córrego São Judas (3) e Córrego Santa Maria (5). O córrego do Silmara (4) estava inaccessível na ocasião da coleta.

Os córregos da margem esquerda estudados foram: Ribeirão do Castelo (6), Córrego do Liceu (8), Ribeirão Vermelho (9) e Tamburi (10).

Todos os córregos e os seus respectivos códigos identificadores podem ser observados na Figura 1.

Coleta e análise de água

Foi efetuada uma coleta de água no dia 30/05/07 (outono) em cada um dos quatro córregos afluentes da margem direita do Camandocaia e duas coletas (23 e 24/08/07 – inverno) em cada um dos quatro córregos afluentes situados à margem esquerda.

As variáveis físicas e químicas da água foram obtidas em superfície, em três repetições, nas margens esquerda e direita e centro de cada córrego, em seu curso final, cerca de dez metros da confluência com o rio Camandocaia.

As respectivas metodologias utilizadas para a determinação das variáveis limnológicas temperatura, pH, turbidez, cor, alcalinidade, dureza, cloretos, manganês, ferro, oxigênio dissolvido (OD), porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (%OD) na água, fósforo e nitrogênio totais e vazão são descritas em Alves *et al.* (*op. cit.*).

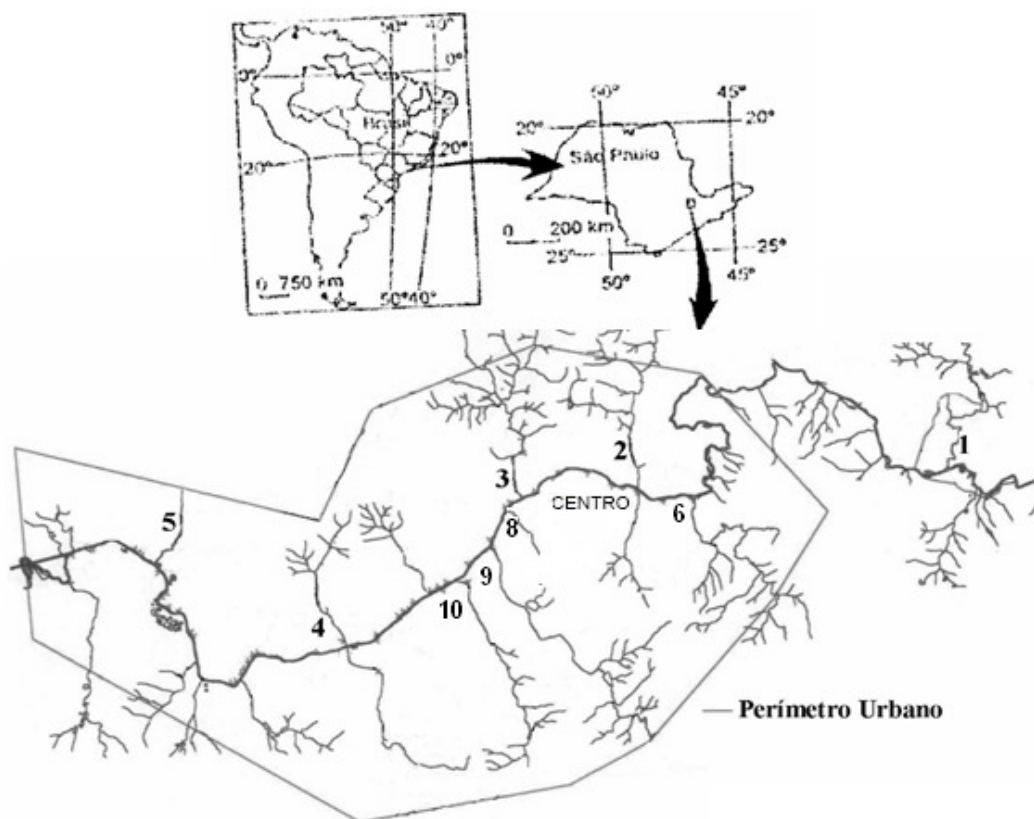


Figura 1. Mapa da rede hidrográfica da cidade de Amparo/SP evidenciando os locais de coleta de água nos córregos afluentes do rio Camandocaia. Margem direita: 1 = córrego Três Pontes; 2 = córrego da Carlota; 3 = córrego São Judas; 5 = córrego Santa Maria. Margem esquerda: 6 = córrego do Castelo; 8 = córrego do Liceu; 9 = ribeirão Vermelho; 10 = córrego Tamburi. Fonte: Alves *et al.* (2011).

Análise dos dados

Foram calculados os valores médios das variáveis físicas e químicas obtidas em cada um dos quatro córregos afluentes da margem direita do rio; os valores que representam o período de inverno foram obtidos de Alves *et al.* (*op. cit.*). A esses valores médios foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP), segundo Ludwig e Reynolds (1988).

Na ACP foram consideradas significativas as variáveis que apresentaram correlação maior ou igual a 0,71.

Os valores obtidos para os quatro córregos afluentes da margem esquerda do rio são apresentados como valores médios \pm o desvio padrão.

RESULTADOS

1. Córregos afluentes da margem direita

Na Tabela 1 podem ser observados os valores médios de todas as variáveis físicas e químicas obtidas a partir das análises de água dos quatro

córregos afluentes da margem direita do rio Camandocaia.

Tabela 1. Valores médios das variáveis físicas e químicas obtidas a partir da coleta de água dos quatro córregos afluentes da margem direita do rio Camandocaia, Amparo/SP. As coletas foram realizadas em três repetições no dia 30/05/07 – outono (presente estudo) e nos dias 12 e 22/09/06 – inverno (Alves *et al.*, 2011).

	Três Pontes		Carlota		São Judas		Santa Maria	
	outono	inverno	outono	inverno	outono	inverno	outono	inverno
Temperatura (°C)	15,5	19,0	17,0	19,5	17,0	20,5	20,0	23,0
pH	6,9	7,0	7,2	7,22	7,1	7,24	7,1	7,27
Turbidez (NTU)	7,7	5,1	7,1	4,0	5,8	3,7	11,5	22,9
Cor (Mg/PtCo)	44,3	59,2	32,7	42,3	29,3	49,7	35,3	195,7
Alcalinidade (mg/L)	120,7	132,7	105,3	124,0	97,3	152,3	112,0	142,0
Dureza T (mg/L)	42,0	45,0	37,3	40,5	44,7	48,0	33,3	39,0
Cloretos (mg/L)	24,0	32,0	17,3	14,7	24,0	22,8	20,0	17,3
Manganês (mg/L)	0,13	0,15	0,04	0,02	0,11	0,08	0,14	0,25
Ferro (mg/L)	0,92	1,27	0,39	0,98	0,30	0,98	1,27	2,91
OD (mg/L)	3,85	2,84	7,70	4,83	6,50	4,46	5,10	2,57
%OD	42,4	29,4	88,4	49,3	74,9	46,4	62,0	25,8
Fósforo T (µg/L)	1.750,0	353,4	125,9	74,6	313,7	151,8	511,2	319,3
Nitrogênio T(mg/L)	16,0	0,70	0,19	0,48	0,88	0,58	0,97	0,60
Vazão (L/s)	201,0	59,3	31,4	13,7	42,12	32,0	106,5	46,8

OD = oxigênio dissolvido na água, %OD = porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido; T = Total

Comparando-se os valores médios obtidos no outono e no inverno (Tabela 1) houve, de uma maneira geral, tendência de aumento dos mesmos na coleta que representou o inverno, quando comparados os valores para o mesmo córrego, com exceção das variáveis turbidez (córregos Três Pontes, Carlota e São Judas), OD, %OD, fósforo total e vazão. As variáveis cloretos, manganês e nitrogênio total não apresentaram tendência de aumento ou diminuição relacionados ao período de coleta.

A vazão dos córregos foi maior no período de outono e o córrego Três Pontes atingiu o maior valor (Tabela 1).

As correlações dos valores das variáveis físicas e químicas obtidas no presente estudo e os valores obtidos por Alves *et al.* (*op. cit.*) com os dois componentes principais, na ACP, são apresentadas na Tabela 2. Os componentes 1 e 2 explicam juntos 67,5% da variação total encontrada, sendo o primeiro componente responsável por explicar 40,9% da variação e o segundo componente 26,6%.

O OD e a %OD são as variáveis negativamente correlacionadas ao componente 1, sendo a primeira variável a que apresenta a maior correlação (-0,856954); a turbidez, a cor, as concentrações de manganês e de ferro exibiram

correlações positivas com o primeiro componente (Tabela 2), sendo a variável ferro a que apresenta a maior correlação, inclusive dentre todas as variáveis (0,949477).

Tabela 2. Correlações entre os valores médios das variáveis físicas e químicas obtidas na água dos córregos Três Pontes, Carlota, São Judas e Santa Maria, afluentes da margem direita do rio Camandocaia, situados no município de Amparo/SP, com os componentes 1 e 2, nas coletas de outono (presente estudo) e inverno (Alves *et al.*, 2011).

	Componente 1	Componente 2
pH	0,192967	-0,889050
Turbidez	0,751263	-0,305306
Cor	0,895604	-0,275032
Alcalinidade	0,685155	0,011732
Dureza	0,001135	0,394010
Cloretos	0,040590	0,719817
Manganês	0,826690	0,146441
Ferro	0,949477	-0,201923
OD	-0,856954	-0,353845
%OD	-0,840421	-0,323895
Fósforo	0,101320	0,806031
Nitrogênio	0,029453	0,784159
Variação total	40,9%	26,6%

Os números em negrito representam correlações significativas ($\geq |0,7|$); OD = oxigênio dissolvido na água, %OD = porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido.

Pode ser observado na Tabela 2 que o pH é a variável correlacionada negativamente ao segundo componente (-0,889050) e as variáveis cloretos, fósforo e nitrogênio totais exibem

correlações positivas a este componente, e o fósforo apresenta a maior correlação (0,806031).

As variáveis não correlacionadas com nenhum componente são alcalinidade total e dureza (Tabela 2).

É apresentada na figura 2 a ordenação dos quatro córregos em função das correlações das variáveis físicas e químicas com os dois principais componentes. Os locais de coleta tendem a se distribuírem no lado dos valores negativos em relação ao eixo x (componente 1), independentemente do período de coleta, com exceção dos Locais 1 e 4, ambos no inverno.

O Local 1, tanto no inverno quanto no outono, distribui-se no eixo positivo com relação ao segundo componente, pois alcançou os maiores valores de cloretos, fósforo e nitrogênio totais (Tabelas 1 e 2), e os demais locais de coleta tendem a distribuírem-se no eixo negativo do componente 2 ou eixo y (Figura 2).

2. Córregos afluentes da margem esquerda

Os valores obtidos para as coletas de água efetuadas nos quatro córregos da margem esquerda do Camandocaia são exibidos na Tabela 3. O córrego Tamburi apresentou os valores mais elevados de turbidez, cor,

alcalinidade, cloretos, manganês, fósforo e nitrogênio totais e os menores valores de OD e %OD. O córrego vermelho apresentou valores próximos aos encontrados para o córrego Tamburi, com exceção das variáveis: cor, fósforo e nitrogênio totais.

O córrego do Castelo apresentou os valores mais elevados de OD e %OD e o córrego do Liceu

apresentou valores elevados, quando comparado aos córregos Vermelho e do Castelo, de nitrogênio e fósforo totais (Tabela 3).

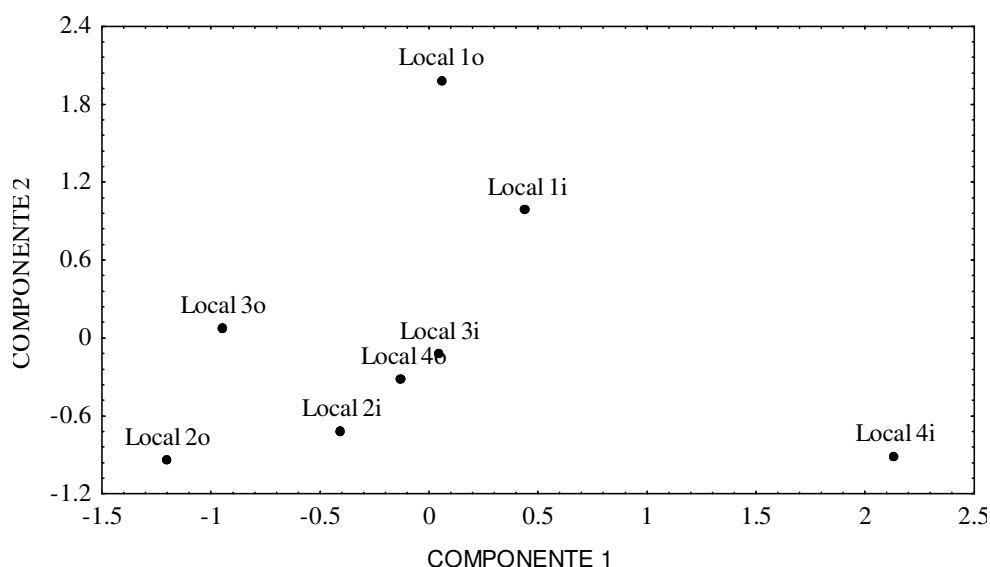


Figura 2. Ordenação por componentes principais dos locais de coleta utilizando os valores médios das variáveis indicadoras de poluição orgânica correlacionadas com os componentes 1 e 2 e obtidos na época do outono para o presente estudo e no inverno para o estudo conduzido por Alves *et al.* (2011), na margem direita dos córregos afluentes do rio Camandocaia, Amparo/SP (o= outono, i = inverno; Local 1 = córrego Três Pontes, Local 2 = córrego Carlota, Local 3 = córrego São Judas, Local 4 = córrego Santa Maria).

Tabela 3. Valores médios (\pm o desvio padrão) das variáveis físicas e químicas obtidas a partir da coleta de água dos quatro córregos afluentes da margem esquerda do rio Camandocaia, Amparo/SP. As duas coletas foram realizadas no período matutino, em três repetições, nos dias 23 e 24/08/07 – inverno.

	Castelo	Liceu	Vermelho	Tamburi
Temperatura (°C)	18,0	19,0	17,5	20,0
pH	6,81 \pm 0,04	6,94 \pm 0,06	7,10 \pm 0,03	7,01 \pm 0,04
Turbidez (NTU)	6,1 \pm 0,14	6,8 \pm 0,06	13,6 \pm 1,20	14,0 \pm 0,50
Cor (Mg/PtCo)	56,0 \pm 2,83	38,0 \pm 2,83	71,0 \pm 4,24	142,0 \pm 5,66
Alcalinidade (mg/L)	120,0 \pm 8,48	117,0 \pm 7,07	160,0 \pm 5,66	173,0 \pm 1,41

Dureza total (mg/L)	53,0±1,41	39,0±4,24	63,0±1,41	40,0±2,83
Cloretos (mg/L)	19,0±1,41	18,0	25,0±1,41	36,0±2,83
Manganês (mg/L)	0,13±0,007	0,09±0,010	0,14±0,010	0,14±0,004
Ferro (mg/L)	0,7±0,03	0,5±0,06	0,8±0,11	0,7±0,23
OD (mg/L)	4,8±1,1	2,2±0,8	1,9±0,9	1,1±0,1
%OD	56,5±12,7	25,8±9,7	21,7±10,8	17,1±3,3
Fósforo total (µg/L)	319,7±79,4	916,8±151,6	637,7±84,1	1161,2±124,7
Nitrogênio total (mg/L)	0,97±0,10	3,70±1,50	1,90±0,25	8,20±1,73
Vazão (L/s)	22,0	0,8	---	39,0

OD = oxigênio dissolvido na água, %OD = porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido na água

DISCUSSÃO

Optou-se pela comparação dos valores obtidos no período de outono com os valores obtidos no período de inverno por Alves *et al.* (*op. cit.*) porque no período de estiagem existe tendência de concentração de esgoto, pois a diluição desse efluente na água do córrego tende a ser menor (ESTEVEZ, 1988). De fato, as vazões de inverno calculadas foram inferiores as vazões de outono (Tabela 1).

O despejo de esgoto doméstico diretamente nos córregos afluentes, sem o devido tratamento, implica na diminuição dos valores de OD e tendência de elevação dos valores de variáveis tais como a turbidez, o fósforo, o nitrogênio (ESTEVEZ, 1988; VON-SPERLING, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 2003;) e o ferro (ALVES *et al.*, *op. cit.*).

No presente estudo, o córrego Três Pontes (Local 1) apresentou as concentrações mais elevadas das variáveis indicadoras da presença de matéria orgânica (fósforo e nitrogênio totais) e o córrego Santa Maria (Local 4), principalmente no inverno, apresentou a menor %OD (Tabela 1), sugerindo a presença de matéria orgânica na água

dos dois córregos e a consequente decomposição da mesma, com consumo de oxigênio dissolvido.

No caso do córrego Três Pontes, as concentrações de fósforo e nitrogênio totais detectadas no período de outono foram mais elevadas do que as detectadas em qualquer outro córrego estudado (Tabelas 1 e 3). Essas duas variáveis alcançaram valores, respectivamente, 17,5 vezes maiores e 4,3 vezes maiores que os valores limite para a Classe 1 da classificação dos corpos d'água determinados pela Resolução CONAMA n° 357/05 (BRASIL, 2005).

De acordo com os resultados obtidos na ACP, os dois componentes, com as variáveis correlacionadas (Tabela 2), explicam os níveis de poluição orgânica detectados nos córregos da margem direita e, portanto, será tanto mais poluído o córrego se estiver posicionado sobre os valores positivos mais elevados dos componentes 1 e 2 (Figura 2), sobretudo sobre o componente 1, que respondeu pela maior porcentagem da variação total encontrada (Tabela 2).

Desse modo, o córrego Santa Maria, seguido pelo córrego Três Pontes, foi o que apresentou o maior nível de poluição orgânica e os córregos São

Judas e Carlota foram os que exibiram os menores níveis de poluição. Alves *et al.* (*op. cit.*) detectaram esse mesmo quadro de poluição ao compararem os valores obtidos entre o período de inverno e de primavera: Córrego Santa Maria como o mais poluído, seguido pelo córrego Silmara, córrego Três Pontes, córrego São Judas e, por fim, o menos poluído, o córrego Carlota.

No período de inverno foram detectados os níveis mais elevados de poluição considerando-se todos os quatro córregos da margem direita, provavelmente devido as menores vazões calculadas para esse período e que resultam no menor potencial de diluição do esgoto presente na água.

Quanto aos córregos da margem esquerda, a tendência foi a de que os córregos Tamburi, Vermelho e Liceu apresentaram-se mais poluídos e o córrego do Castelo o menos poluído (Tabela 3). A poluição orgânica em cada córrego e a variação sazonal da mesma poderá ser mais bem compreendida a partir de estudos subsequentes, uma vez que novas coletas são pretendidas para diferentes períodos do ano e a aplicação da ACP certamente contribuirá para uma melhor compreensão do comportamento dos níveis de poluição também para os córregos da margem esquerda.

CONCLUSÃO

Os córregos mais poluídos da margem direita foram: Santa Maria e Três Pontes, sobretudo no período de estiagem. Por outro lado, os córregos

São Judas e Carlota foram os menos poluídos. No período de inverno os níveis de poluição tendem a ser maiores por conta do volume de água reduzido dos córregos, que dificulta a diluição do esgoto na água. Com relação aos córregos situados a margem esquerda do Camandocaia, a tendência foi a de que os córregos Tamburi, Vermelho e Liceu apresentaram-se mais poluídos e o córrego do Castelo o menos poluído.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. G., NARDINI, E. C., RIBEIRO-FILHO, B. G., ALBERTO, A. Influência do lançamento de esgoto orgânico nas características limnológicas de córregos afluentes do rio Camandocaia, Amparo/SP – Etapa I. *Revistas Eletrônicas Unisepe - Gestão em Foco*, 2011, 2(1): 1-11.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005*: 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. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20/03/2009.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988.
- LUDWIG, J. A., REYNOLDS, J. F. *Statistical Ecology: a primer on method and computing*. Willey, 1988.
- OLIVEIRA, A.M. de; NARDINI, E.C.; RIBEIRO FILHO; B.G.; *et al.* Autodepuração da poluição no rio Camandocaia, Amparo – SP. *Pluralis Multitemática*, 2003, 1(1): 33-45.
- VON-SPERLING, M. *Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias/Introdução e qualidade das águas e do tratamento de esgotos*. 2.ed, v.1. Belo Horizonte: UFMG, 1996. p. 93-100.

