

# Correlações entre clorofila, STV e DQO

---

CARLOS EDUARDO MATHEUS

Biólogo, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, pertence ao Dept.º de Hidráulica e Saneamento da EESC-Escola de Engenharia de São Carlos-USP.

---

ELOISA POZZI GIANOTTI

Ecóloga, Mestre em Hidráulica e Saneamento, pertence ao Dept.º de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP.

---

AMÉRICA JACINTHO DE MORAES

Química, também do Dept.º de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP.

---

**F**oi estudado um modelo experimental de lagoa de estabilização (fertilizada com fezes de suínos), avaliando-se alguns parâmetros como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DQO, DBO, sólidos, nitrogênio e fósforo totais e tipos de algas. E se estabeleceram correlações significativas entre as concentrações de clorofila, DQO e sólidos voláteis, por serem de grande utilidade para a compreensão do funcionamento de ecossistemas eutrofizados.

---

Medidas da concentração de clorofila e sua relação com produtividade primária têm sido realizadas e avaliadas em ecossistemas aquáticos do mundo todo. Todavia, poucos são os estudos desenvolvidos em ambientes poluídos. De certa forma, pode-se afirmar que, particularmente com referência a lagoas de estabilização, os dados a respeito são escassos, principalmente em regiões tropicais.

De acordo com Jones e Lee (1982 a), as medidas da concentração de clorofila têm considerável utilidade como um parâmetro para caracterização da qualidade da água, principalmente em processos de eutrofização. Conforme esses autores, as medidas de clorofila podem ser correlacionadas com parâmetros tais como a DQO, sólidos em suspensão voláteis e odor.

Diversos autores, entre os quais Sawyer (1966) e Fruh *et al* (1966), comentam que além de ser um método muito fácil para medir o estado de eutrofização, as medidas de clorofila estão diretamente relacionadas com a quantidade de fitoplâncton presente. Com relação a este último aspecto, as medidas da concentração de clorofila podem ser um substituto viável para os métodos mais dispendiosos, demorados e cansativos de contagem de algas, os quais nem sempre são muito acurados (Jones e Lee, 1982b).

Portanto, além de ser um método de avaliação da capacidade de reoxigenação de corpos d'água, as medidas de concentração de clorofila estão diretamente relacionadas com a própria densidade populacional de algas e, dessa forma, refletem com muita clareza e exatidão a biomassa fitoplancônica presente.

No presente trabalho, procurou-se estabelecer relações da concentração de clorofila com alguns parâmetros clássicos utilizados para monitorar processos de tratamento de resíduos orgâ-

nicos por lagoas de estabilização, sistemas estes extremamente eutróficos.

Acredita-se, portanto, que, o estabelecimento de correlações entre concentração de clorofila e certos parâmetros como DQO e sólidos totais voláteis, são de grande utilidade para a compreensão do funcionamento e monitoramento de lagoas de estabilização.

## OBJETIVOS

Estabelecimento de possíveis correlações entre clorofila e DQO e clorofila e sólidos totais voláteis numa lagoa de estabilização experimental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização e características do sistema utilizado

O experimento foi desenvolvido no CHREA — Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, vinculado ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos — USP. Este local situa-se às margens da Represa do Lobo, no município de Itirapina, distante aproximadamente 20km de São Carlos-SP. Os estudos foram iniciados em junho de 1984 e concluídos em junho de 1985.

O modelo experimental de lagoa de estabilização facultativa foi construído em alvenaria, com 3m de diâmetro por 1m de profundidade. Esta lagoa recebia diariamente 200 l de resíduo (fezes de suínos diluídas) com uma concentração de matéria orgânica similar à de um esgoto doméstico (200-300mg/l de DBO).

O material introduzido na lagoa passava primeiramente por um decantador primário, que era uma caixa de cimento amianto de 1000 litros, que tinha como objetivo a remoção de sólidos sedimentáveis grosseiros.

A lagoa de estabilização estava enterrada 80 cm no solo, possuindo uma borda protetora de 20 cm. A saída, ao nível do solo, mantinha uma coluna d'água de 80 cm, perfazendo um volume aproximado de 5500 litros com um tempo de detenção de 28 dias aproximadamente.

### Caracterização do resíduo

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas fezes de suínos como material a ser estabilizado, principalmente por ser muito semelhante às fezes humanas.

O material fecal foi "corrigido" através de diluições, para se obter uma concentração similar à de um esgoto doméstico, perfeitamente tratável por processos aeróbios de lagoas de estabilização. Depois deste procedimento, o esgoto foi caracterizado através das seguintes análises e medidas:

- pH
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
- Demanda Química de Oxigênio (DQO)
- Nitrogênio Total
- Nitrogênio Orgânico
- Nitrogênio Amoniacal
- Fósforo Total
- Sólidos Sedimentáveis
- Sólidos Totais
- Sólidos Suspensos Fixos e Voláteis

## Coleta e análise de dados

Para este estudo, estabeleceu-se como prioridade o acompanhamento das variações de DQO, STV e clorofila. Entretanto, a fim de se avaliar o funcionamento e eficiência do sistema foram realizadas também medidas periódicas da temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, DBO, nitrogênio total e fósforo total.

As medidas de temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram realizadas duas vezes por semana: manhã (9 h) e tarde (15 h) em duas profundidades: superfície e fundo, sendo que DBO, DQO, clorofila, STV, nitrogênio e fósforo, foram acompanhadas quinzenalmente.

As técnicas utilizadas seguiram as recomendações do Standard Methods (1976), com exceção da clorofila, cuja determinação foi feita de acordo com Golterman e Clymo (1971).

Foram também realizadas análises qualitativas do fitoplâncton, com o auxílio de um microscópio bacteriológico binocular da Zeiss. As equações de correlação foram obtidas através de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados.

## RESULTADOS

### Caracterização do resíduo

Os resultados correspondem ao material bruto, ou seja, o afluente do sistema. Os valores dos parâmetros analisados estão representados na Tabela 1 e são relativos à média dos resultados de três coletas realizadas no início dos trabalhos experimentais.

**TABELA 1**  
Características médias do resíduo utilizado no experimento

Variáveis	Média
DQO (mg/l)	494,0
DBO (mg/l)	231,0
N total (mg/l)	36,4
N orgânico (mg/l)	18,9
N amoniacal (mg/l)	17,5
P total (mg/l)	21,1
Sólidos totais (mg/l)	537,0
Sólidos fixos (mg/l)	222,0
Sólidos voláteis (mg/l)	314,0
pH	7,4

### Variáveis físico-químicas

As medidas de temperatura, pH e oxigênio dissolvido encontram-se na Tabela 2.

Os valores de DBO, nitrogênio e fósforo, juntamente com as eficiências de remoção, estão na Tabela 3.

### Variáveis correlacionadas — Clorofila, DQO e STV

Os valores das variáveis correlacionadas neste estudo são apresentadas na Tabela 4. As correlações entre clorofila, DQO e STV são melhor visualizadas pelas Figuras 1 e 2.

## Análise qualitativa do fitoplâncton

De acordo com as observações microscópicas periódicas, os gêneros de algas predominantemente encontradas foram: *Tetraedron*, *Micractinium*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Golenkinia*, *Dictyosphaerium* e *Chlorella*.

## DISCUSSÃO

Em ecossistemas aquáticos que recebem altas concentrações de matéria orgânica, como é o caso das lagoas de estabilização, há normalmente um considerável desenvolvimento de fitoplâncton, que se origina a partir de grandes quantidades de nutrientes liberadas no processo de estabilização do resíduo.

O excessivo desenvolvimento de algas proporciona, portanto, um equivalente acréscimo de sólidos orgânicos em suspensão (sólidos voláteis), os quais são suscetíveis à oxidação química, o que aumenta substancialmente os valores da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Por outro lado, se considerarmos que existe uma proporcionalidade direta entre quantidade de algas e concentração de clorofila, podemos admitir a existência de correlações entre este pigmento com os valores de STV e DQO.

De acordo com Bewtra *et al* (1968), as algas, quando presentes em grande quantidade, influenciam as características físico-químicas da água por várias razões, entre elas pelo aumento do conteúdo orgânico. Estes autores obtiveram uma nítida correlação entre quantidade de algas (número de cels/l) e algumas características físico-químicas da água, como DQO, sólidos totais e suspensos voláteis e turbidez.

Em outro estudo, desenvolvido com uma série de tanques que recebiam efluente de uma refinaria de petróleo no nordeste de Oklahoma (EUA), Copeland *et al* (1964) obtiveram uma estreita correlação entre clorofila e matéria orgânica suspensa, indicando que o fitoplâncton foi o principal contribuinte de matéria orgânica.

Boyd (1973), realizando trabalho em tanques fertilizados para a criação de peixes, encontrou resultados semelhantes, ou seja, significativa correlação entre concentração de clorofila e DQO. Isto indicou que nestes tanques a produção de organismos vegetais (fitoplâncton) foi a principal fonte de DQO.

Na presente pesquisa, as variações de STV e DQO também acompanharam estreitamente as variações da concentração de clorofila. Este fato indica claramente que a maior parte dos sólidos em suspensão é de natureza autóctone, composta principalmente de células de algas. Já em 1958, Oswald *et al*, citado em Meron *et al* (1965), registraram que, quando o tempo de detenção era maior que 4 dias, as células de algas representavam quase a totalidade dos sólidos voláteis. Portanto, neste estudo ficou constatado que os sólidos em suspensão representam basicamente células fitoplanctônicas, mesmo porque o tempo de detenção foi bem superior a 4 dias, ou seja, 28 dias.

Estas afirmações foram confirmadas através da análise de regressão, evidenciando uma significativa correlação entre clorofila — DQO ( $r = 0,944$ ) e clorofila — STV ( $r = 0,906$ ).

Com relação ao funcionamento do sistema, das informações obtidas pelas análises físico-químicas (Tabelas 1 e 2) e eficiências de remoção de DBO, nitrogênio e fósforo (Tabela 3) ficou evidenciado que o sistema teve um bom desempenho, simulando as condições básicas encontradas em lagoas de estabilização reais. Os gêneros de algas encontrados são também muito comuns nestes sistemas de tratamento de resíduos orgânicos.

Os resultados deste trabalho sugerem que o manejo racional de ambientes eutrofizados pode ser aperfeiçoado com a obtenção de conhecimentos sobre as relações entre as variáveis envolvidas, no caso específico de clorofila, DQO e STV.

O monitoramento de lagoas de estabilização de resíduos orgânicos pode ser portanto melhorado, facilitando a tomada de decisão a partir das correlações obtidas.

**TABELA 2**  
**Valores médios mensais das variáveis ambientais da lagoa de estabilização experimental:**  
**temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH da água.**

Valores médios mensais das variáveis ambientais da lagoa de estabilização experimental : temperatura, da água, oxigênio dissolvido e pH da água.

Meses	T. água (°C)				oxigênio dissolvido m/l				pH			
	Manhã		Tarde		Manhã		Tarde		Manhã		Tarde	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
Junho (84)	18,7	18,8	22,1	20,4	5,2	4,6	11,6	6,6	8,9	8,6	9,7	9,2
Julho	18,8	18,4	22,6	19,9	3,9	2,6	14,7	3,6	9,5	9,3	10,2	9,5
Agosto	18,1	17,8	24,0	20,5	3,6	2,2	15,6	2,7	8,6	8,3	8,9	8,2
Setembro	20,1	19,8	25,2	21,0	3,8	1,4	13,3	1,8	9,6	9,4	10,1	9,3
Outubro	22,0	21,3	26,9	22,1	6,3	1,5	15,5	1,6	9,5	9,3	9,8	9,1
Novembro	25,7	25,0	30,4	26,8	5,9	1,6	13,7	1,9	9,6	9,3	9,6	9,3
Dezembro	24,8	24,2	28,3	25,4	5,7	1,6	13,8	2,8	9,6	9,3	9,8	9,3
Janeiro (85)	24,8	24,3	30,5	26,0	6,2	1,9	12,8	1,5	9,6	9,3	9,7	9,4
Fevereiro	23,3	22,8	27,5	24,5	4,6	1,3	10,1	1,5	9,6	9,3	9,7	9,3
Março	23,1	22,4	28,3	24,6	4,7	1,7	12,5	4,4	8,3	7,8	9,2	8,0
Abril	23,8	23,4	27,0	25,0	4,5	1,7	9,1	2,2	8,8	8,5	9,4	9,3
Maio	22,2	21,9	25,1	24,0	2,1	0,9	8,9	1,7	8,4	8,3	9,4	8,7
Junho	19,2	19,1	21,5	20,3	2,3	1,2	12,5	3,2	7,3	7,2	8,8	7,8
MÉDIA GERAL	22,09	21,6	26,5	23,3	4,7	1,9	12,6	2,7	9,1	8,9	9,6	8,9

**S = Superfície (20 cm de profundidade)**

**F = Fundo (60 cm de profundidade)**

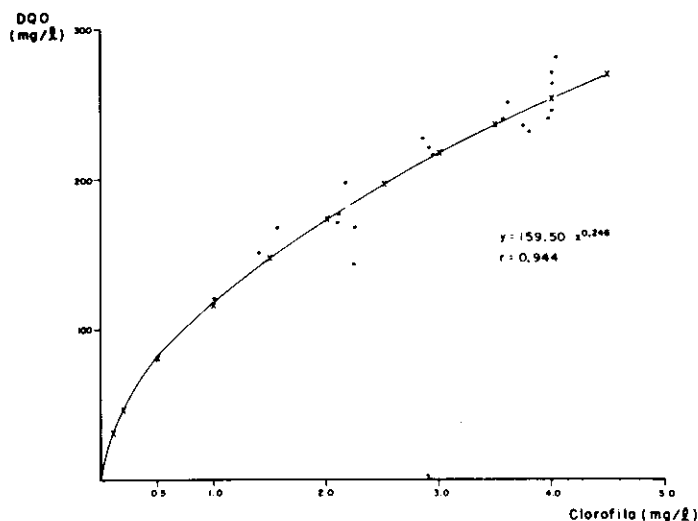
**TABELA 3**  
**Médias mensais dos valores de DBO, N e P e**  
**eficiências da lagoa de estabilização experimental.**

Meses	DBO (mg/l)		N (mg/l)		P (mg/l)		Reduções observadas (%)		
	A	E	A	E	A	E	DBO	N	P
	Julho (84)	110	23	22	7.6	9.5	2.5	79	65
Agosto	92	37	22	11.8	8.2	3.9	60	46	52
Setembro	85	36	18.2	15.1	8.0	6.0	58	18	25
Outubro	84	21	14.7	17.6	8.0	6.5	75	—	20
Novembro	111	24	24.5	16.5	9.7	9.5	78	33	1
Dezembro	206	26	30.5	12.0	19.9	9.9	87	61	50
Janeiro (85)	230	23	22.9	9.6	18.3	8.1	90	58	56
Fevereiro	130	20	23.6	17.8	19.9	8.2	85	25	59
Março	171	22	29.7	14.1	18.8	8.3	87	52	56
Abril	198	28	25.1	14.1	14.5	8.3	86	46	42
Maio	249	38	44.6	24.3	21.1	15.2	85	45	28
Junho	147	34	27.5	14.0	16.5	13.8	77	49	16
Média Geral	151	28	25.5	14.6	14.6	8.4	81	47	42

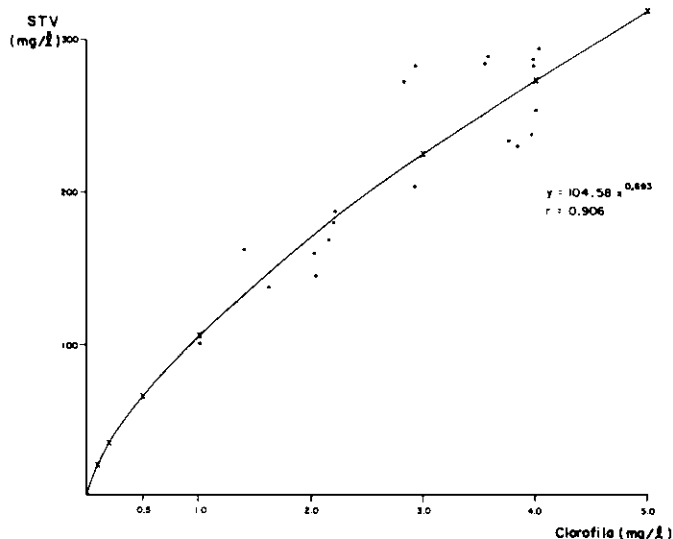
**TABELA 4**  
**Valores das variáveis**  
**correlacionadas:**  
**clorofila, DQO e STV.**

Clorofila (mg/l)	DQO (mg/l)	STV (mg/l)
3.57	239	289
3.60	250	291
4.06	270	291
4.05	244	285
2.96	220	285
2.86	224	274
2.94	214	202
4.13	280	296
3.80	230	230
3.75	236	232
2.11	175	145
2.10	170	160
2.25	167	186
2.24	142	179
4.04	263	252
3.98	240	238
1.58	167	137
1.40	150	162
1.04	120	100
2.17	196	176

**FIGURA 1**  
Correlação entre clorofila e DQO



**FIGURA 2**  
Correlação entre clorofila e STV



### CONCLUSÃO

Através dos dados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que existem significativas correlações entre os parâmetros clorofila e DQO e clorofila e STV no ambiente eutrofizado em estuário.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 — Bewtra, J.K., George, M.G. and Sharma, M. (1968) *Contribution of algae to Physical and Chemical characteristic of water*. Water & Sewage Works, 3:124-126.  
 2 — Boyd, C.E. (1973) *The chemical Oxygen Demand of Water and Biological Materials from Ponds*. Trans. Amer. Fish. Soc., 3 (102):606-611.  
 3 — Copeland, B.J., Minter, K.W. and Dorris, T.C. (1964). *Chlorophyll and Suspended Matter in Oil Refinery Effluent Holding Ponds*. Limnol. Oceanogr., 9:500-506.

4 — Fruh, E.G., Stewart, K.M., Lee, G.F. and Rohlich, G.A. (1966) *Measurements of Eutrophication and Trends*. Jour. W.C.P.F. 8:1237-1258.

5 — Golterman, H.L. and Clymo, R.S. (1971). *Methods for Chemical Analysis of Freshwater IBP*. Handbook n.º 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 171 p.

6 — Jones, R.A. and Lee, G.F. (1982a). *Recent Advances in Assessing the Impact of Phosphorus in Eutrophication — Related Water Quality*. Jour. Water Res., 16:503.

7 — Jones, R.A. and Lee, G.F. (1982b). *Chlorophyll — a raw water quality parameter*. Jour A.W.A.W., September, 490-494.

8 — Meron, A., Rebhun, M. and Sless, B. (1965). *Quality changes as a function of detention time in Wastewater stabilization Ponds*. Jour. W.P.C.F. 37(12):1657-1670.

9 — Sawyer, C.N. (1966). *Basic concepts of eutrophication*. Jour. W.P.C.F., vol. 38, (6):737-744.

10 — *Standard Methods for Examination of Water Wastewater* (1976). 14.ª ed., Washington — APHA — AWWA — WPCF, 1193 p.