

II-400 - QUALIDADE DA ÁGUA E COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA EM LAGOAS DE POLIMENTO EM VIÇOSA-MG

Adriana B. Sales de Magalhães⁽¹⁾

Graduada em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz. Mestre e Doutora em Botânica, Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pós-doutoranda em Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia Civil, UFV.

Emanoela Guimarães de Castro⁽²⁾

Graduada em Ciências Biológicas, UFV.

Rafael Kopschitz Xavier Bastos⁽³⁾

Engenheiro Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/Fiocruz). PhD em Engenharia Sanitária, University of Leeds. Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil, UFV.

Endereço⁽¹⁾: Rua Papa João XXIII, 250 – Centro - Viçosa- MG - CEP: 36570-000 - Brasil - Tel.: (31) 8898-1994 – e-mail: adrianabsm@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a comunidade zooplânctônica em um sistema piloto de tratamento de esgoto sanitário em lagoas de polimento. O estudo foi realizado no período de fevereiro de 2009 a junho de 2010 em Viçosa-MG. O sistema de tratamento de esgotos era composto por um reator UASB (escala real), seguido de uma série de quatro lagoas de polimento (escala piloto). De forma a subsidiar a discussão sobre a dinâmica da comunidade zooplânctônica foram analisadas as seguintes variáveis físicas e químicas da qualidade da água nas lagoas: transparência, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal (NH₃), nitrato (N-NO₃), fósforo total (PT), ortofosfato (PO₃), sólidos suspensos totais (SST) e clorofila *a*. Durante o período de estudo, o zooplâncton esteve composto por dez gêneros apresentando baixa densidade e ampla variação temporal. Os rotíferos se apresentaram como o grupo mais abundante em todas as lagoas. Não foram encontradas correlações entre a densidade do zooplâncton e variáveis de qualidade da água capazes de explicar o comportamento desses organismos nas lagoas.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de Polimento, Zooplâncton, Qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A associação de reatores anaeróbios e lagoas de polimento resulta em sistemas de relativa simplicidade e baixo custo operacional e, ao mesmo tempo, eficiente no tratamento de esgotos sanitários. Ao longo desse sistema de tratamento biológico e particularmente em lagoas em série há uma sucessão natural de bactérias e organismos do fito e do zooplâncton, os quais tomam parte direta ou indiretamente nos processos de remoção / transformação da matéria orgânica carbonácea (DBO, DQO), nutrientes (N e P) e patógenos. Como limitações ao emprego das lagoas, além da elevada demanda de área, encontram-se a reduzida capacidade de remoção de fósforo e a produção de sólidos devido à produtividade primária, com proliferação de microalgas e, eventualmente de cianobactérias (Bastos et al., 2010). Por outro lado, o fitoplâncton é parte inerente e importante no processo de tratamento, promovendo condições ambientais determinantes na remoção da matéria orgânica, nutrientes e patógenos (von Sperling 2002). A presença de rotíferos, cladóceros e copépodes também contribui para o processo de tratamento, ao se alimentarem de bactérias, protozoários e partículas orgânicas em suspensão. Entretanto, quando em densidades elevadas, podem afetar o balanço de oxigênio, devido à herbivoria, ao provocarem diminuição do número de algas e aumento da demanda respiratória (Zulkifli 1992). A configuração das lagoas de polimento, o aporte de cargas orgânicas e as condições climáticas cumprem papel determinante na dinâmica da qualidade da água e, de forma interdependente, na dinâmica da comunidade planctônica. A compreensão dessa dinâmica ajuda a explicar importantes processos os quais têm lugar em sistemas de lagoas. Adicionalmente, quando se pretende o reúso em piscicultura, é importante especificar qualitativa e quantitativamente, a comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica. Este trabalho teve como objetivo analisar a composição e o comportamento da comunidade zooplanctônica em um sistema piloto de tratamento de esgoto

sanitário em lagoas de polimento, e buscar explicações para o comportamento dessa, relacionando com os parâmetros clássicos de avaliação da qualidade do efluente.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da unidade experimental

O trabalho foi desenvolvido na Unidade Integrada de Tratamento de Esgotos e Utilização de Efluentes da Violeira, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. O tratamento dos esgotos era efetuado por meio de um reator UASB em escala real ($115 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$) e pré-fabricado em aço, seguido de quatro lagoas de polimento em série (L1, L2, L3 e L4), todas em escala piloto e pré-fabricadas em fibra de vidro, com área útil de $16,3 \text{ m}^2$, relação comprimento / largura = 2,0 e profundidade de 0,90 m. O estudo foi realizado entre fevereiro de 2009 a junho de 2010, sendo que ao longo desse período o sistema de lagoas foi operado com variações em termos de vazão e, por conseguinte, de tempo detenção hidráulica (TDH), caracterizando dois 'períodos operacionais': (i) fevereiro a outubro de 2009, com vazão de $3,5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ e TDH de quatro dias em cada lagoa; (iii) janeiro a junho de 2010, com vazão de $2 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ e TDH de sete dias em cada lagoa.

Amostragem e análise dos dados

No período de fevereiro de 2009 a junho de 2010, foram realizadas coletas de água quinzenalmente nas quatro lagoas de polimento para determinação das variáveis abióticas e bióticas a seguir detalhadas.

As variáveis físicas e químicas mensuradas *in situ* foram: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), utilizando termômetro de bulbo, OD (oxímetro, modelo DM-4 - DIGIMED) e pH (pHmetro modelo DM-21 - DIGIMED). Simultaneamente era determinada a transparência da água, estimada através da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi, sendo seu valor multiplicado por três para estimativa da zona eufótica (COLE, 1994). As demais variáveis físicas e químicas, quantificadas em laboratório, foram: DBO_5 , DQO, SST, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, alcalinidade e clorofila *a*, todas estas determinadas por métodos padronizados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

As coletas do zooplâncton foram realizadas por meio de arrastos horizontais com auxílio de rede de plâncton com abertura de malha de $68 \mu\text{m}$, sendo as amostras acondicionadas em recipientes de vidro e preservadas com formol a 4%. Para análise taxonômica e quantificação dos organismos, utilizou-se, respectivamente, microscópio estereoscópico e microscópio óptico com aumento de até 1000 vezes. A análise taxonômica foi feita em nível de grandes grupos, com uso de literatura específica para cada grupo: Koste (1978) para Rotifera, Reid (1985) para Copepoda e Elmoor-Loureiro (1997) para Cladocera. Para a quantificação dos organismos foi utilizada cubeta de acrílico com fundo quadriculado, sendo a densidade populacional expressa em indivíduos por litro (ind L^{-1}). O fitoplâncton foi coletado com rede de abertura de malha de $20 \mu\text{m}$. Parte das amostras era utilizada para a identificação *in vivo* e outra fixada em lugol acético para quantificação dos organismos. A análise foi feita em microscópio óptico, utilizando a metodologia de contagem em câmara de Sedgwick-Rafter por campos aleatórios, sendo a densidade populacional expressa em células por mL. Os resultados foram analisados por meio de estatística descritiva com os parâmetros média, desvio-padrão e coeficiente de variação. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para testar a significância das correlações entre as variáveis biológicas e as variáveis físicas e químicas da água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade da água nas lagoas

Os valores das médias aritméticas, desvios-padrão e coeficientes de variação das variáveis monitoradas no sistema de lagoas estão apresentados na Tabela 1. De maneira geral, a qualidade da água nas lagoas mostrou grande variabilidade, o que é típico de sistemas naturais de tratamento de esgotos, dependentes de variações climáticas.

Tabela 1. Médias aritméticas, desvios-padrão e coeficientes de variação das variáveis físicas, químicas e biológicas monitoradas na série de lagoas, fevereiro de 2009 a junho de 2010, Viçosa-MG (número de amostras = 20)

Variáveis	Média aritmética				Desvio-padrão				Coeficiente de variação			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
Transp. (m)	0,12	0,14	0,16	0,2	0,04	0,07	0,05	0,06	0,33	0,5	0,31	0,3
Zona Eufótica(m)	0,37	0,43	0,48	0,61	0,13	0,20	0,15	0,19	0,35	0,46	0,31	0,31
Temp. (°C)	23,5	23,0	23,1	23,3	3	3	3,1	3,1	0,13	0,13	0,13	0,13
OD (mg L ⁻¹)	4,5	4,8	5,5	5,9	2,3	1,9	2,5	2,3	0,51	0,40	0,45	0,39
pH	7,3	7,8	8,0	8,0	0,42	0,59	0,85	1,1	0,06	0,08	0,11	0,14
DBO ₅ (mg L ⁻¹)	30,0	33,0	24,0	20,0	14	16	12	10	0,47	0,48	0,50	0,50
DQO (mg L ⁻¹)	163,0	169,0	150,0	120,0	75	81	36	40	0,46	0,48	0,24	0,33
SST (mg L ⁻¹)	88,0	101,0	74,0	62,0	46	51	29	29	0,52	0,50	0,39	0,47
N org. (mg L ⁻¹)	16,0	16,0	15,0	12,0	7	6	7	5	0,44	0,38	0,47	0,42
NH ₃ (mg L ⁻¹)	22,0	10,0	5,0	3,0	9	10	7	5	0,41	1,00	1,40	1,67
NO ₃ (mg L ⁻¹)	5,0	5,0	6,0	5,0	3	3	3	3	0,60	0,60	0,50	0,60
N total (mg L ⁻¹)	36	26	20	15	13	11	9	7	0,36	0,42	0,45	0,47
P total (mg L ⁻¹)	5	5	5	4	2	2	1	2	0,40	0,40	0,20	0,50
P-orto (mg L ⁻¹)	3,0	3,0	3,0	2,0	1	2	1	1	0,70	0,51	0,72	1,16
Alcal. (mg L ⁻¹)	135,0	105,0	84,0	71,0	53	54	40	34	0,39	0,51	0,48	0,48
Clorofila a (µg L ⁻¹)	211	232	157	105	147	119	113	122	0,70	0,51	0,72	1,16
Fito (cel mL ⁻¹)	45437	46455	33766	33575	31931	28114	30735	35370	0,70	0,61	0,91	1,05
Zoo (org mL ⁻¹)	34,4	128,2	56,7	28,5	70,6	276,7	106,9	61,7	2,05	2,16	1,89	2,16

Transp. = transparência; Temp. = temperatura; P-orto = ortofosfatos; Alcal. = alcalinidade; Fito = fitoplâncton total; Zoo = zooplâncton total

A transparência da água apresentou tendência crescente ao longo da série de lagoas, o que, muito provavelmente, está relacionado à maior disponibilidade de nutrientes (notadamente de nitrogênio) e produtividade primária mais acentuada nas primeiras unidades - observada diretamente pela quantificação do fitoplâncton e pelas medidas de clorofila *a* (decrecentes ao longo da série de lagoas), e indiretamente pelos valores de SST e de pH (respectivamente, decrecentes e crescentes ao longo da série de lagoas). Considerando a extensão da zona eufótica igual a três vezes a profundidade de visão do disco de Secchi (COLE, 1994), pode-se inferir que nas lagoas estudadas a atenuação da radiação até 1% ocorreu entre 0,15 m e 0,88 m. Como a profundidade das lagoas é de apenas 0,90 m, deduz-se que a penetração de luz não tenha sido fator impeditivo para a produtividade primária.

De acordo com König (1984), a máxima concentração de clorofila *a* nem sempre coincide com a máxima produção primária fitoplanctônica, sugerindo efeito de autosombreamento do fitoplâncton. No entanto, no presente estudo, as densidades fitoplanctônicas estiveram relacionadas com as concentrações de clorofila *a*, principalmente nas lagoas 3 e 4 que apresentaram correlações significativas a nível de 5% (L3=0,695 e L4=0,626).

Naturalmente, a disponibilidade de nutrientes não é fator limitante para o crescimento do fitoplâncton em lagoas de estabilização, sendo a relação N:P fator considerado relevante nos estudos de ecologia de espécies fitoplanctônicas (Granado, 2004). De forma geral, houve decréscimo gradual de concentração de compostos nitrogenados, particularmente de amônia, ao longo da série de lagoas. Dentre os principais mecanismos de remoção de nitrogênio em lagoas de estabilização destaca-se a assimilação pela biomassa de algas (Camargo-Valero e Mara, 2010; Camargo-Valero et al., 2010; Assunção e von Sperling, 2012). A remoção média de nitrogênio amoniacal e de ortofosfatos na série de lagoas durante o período de estudo foi de, respectivamente, 86 e 33%.

Comunidade zooplânctônica

Durante o período de estudo, o zooplâncton esteve composto por dez gêneros, sendo que o grupo Rotifera apresentou maior riqueza ao longo da série de lagoas, com seis gêneros identificados. Cladocera e Copepoda também foram inventariados com um e três gêneros, respectivamente. Além destes, ocorreram representantes das fases jovens de Copepoda (náuplios e copepoditos) e larvas de Insecta (Tabela 2).

Tabela 2: Comunidade zooplânctônica encontrada na série de lagoas, fevereiro de 2009 a junho de 2010, Viçosa-MG

Zooplâncton	L1	L2	L3	L4
Náuplio	x	x	x	x
CLADOCERA				
<i>Moina</i>	x	x	x	x
COPEPODA				
Copepodito	x	x	x	x
<i>Mesocyclops</i>		x	x	x
<i>Microcyclops</i>		x	x	x
<i>Thermocyclops</i>	x	x	x	x
ROTIFERA				
<i>Brachionus</i>	x	x	x	x
<i>Colurella</i>		x	x	x
<i>Euchlanis</i>		x	x	x
<i>Lecane</i>				x
<i>Lepadella</i>		x	x	x
<i>Proales</i>	x	x	x	x
Larva de Insecta	x	x	x	x

O zooplâncton apresentou densidade total variando de 460 org L⁻¹ na L1 a 2.509 org L⁻¹ na L2 (Figura 1). Observou-se variação temporal, inclusive com o desaparecimento de alguns organismos. Na L1, em 55% das amostras não foram detectados organismos zooplânctônicos.

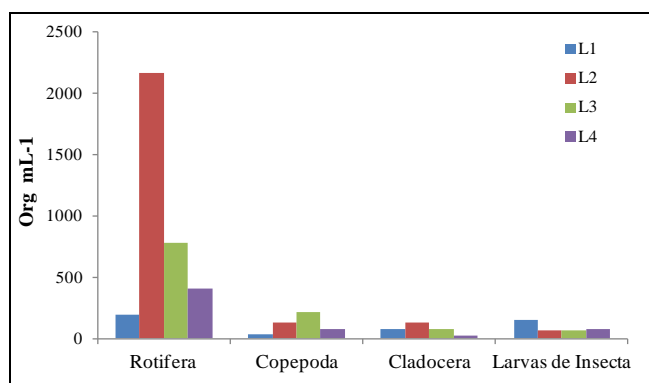


Figura 1: Densidades totais de Rotifera, Copepoda, Cladocera e Larvas de Insecta encontradas na série de lagoas, fevereiro de 2009 a junho de 2010, Viçosa-MG.

Em agosto de 2009, houve aumento marcante na concentração de organismos na L2, devido, principalmente, a elevada densidade de Rotifera (1.049 org L⁻¹), organismos que, por sinal, contribuíram com as maiores densidades em todas as lagoas. Em estudos em reservatórios no Brasil, Arcifa (1984) encontrou que populações de Rotifera são mais abundantes na maioria dos ambientes eutróficos, túrbidos e desoxigenados, e muitos autores (por exemplo, Nogueira, 2001), relacionam a dominância dos rotíferos com altos teores de matéria orgânica. Entretanto, por serem organismos oportunistas, os rotíferos se adaptam com facilidade às mudanças das condições ambientais e, assim, dificilmente se encontra um padrão de composição e ocorrência de espécies no espaço e no tempo (Rodríguez e Matsumura-Tundisi, 2000), e isso se viu confirmado nas lagoas.

Além dos rotíferos, cladóceros são também capazes de crescer em altas densidades, se alimentando de resíduos orgânicos e de bactérias (Balasubramaniam e Kasturi Bai, 1994). Porém, no presente estudo observou-se ausência de Cladocera em praticamente todo o período de amostragem.

O grupo Copepoda apresentou baixa densidade, variando de 0,1 a 74,1 org mL⁻¹, o que pode estar relacionado à reconhecida sensibilidade desses organismos à oscilações de qualidade da água (Silva e Matsumura-Tundisi, 2002).

Ao se testar evidências de correlações entre o número médio dos indivíduos do zooplâncton e os valores médios das variáveis de qualidade da água, foram encontrados coeficientes de determinação bastante variados, com resultados significativos. A densidade total do zooplâncton se correlacionou positivamente com a transparência da água. Apesar de não se ter encontrado correlação significativa entre o zooplâncton e o fitoplâncton, relações inversas foram observadas entre esses dois parâmetros (L1= -0,293; L2=0,408; L3= -0,173 e L4= -0,056), bem como entre a clorofila *a* e o zooplâncton total (L1= -0,394; L2= -0,327; L3= -0,338 e L4= -0,167), o que pode indicar pressão de herbivoria do zooplâncton sobre o fitoplâncton.

CONCLUSÕES

A comunidade zooplancônica se apresentou em baixas densidades, sendo o grupo Rotifera, o mais abundante. Não foi encontrado um padrão que explicasse o comportamento do zooplâncton na série de lagoas. Estudos complementares são necessários para facilitar o entendimento da dinâmica desses organismos em lagos de estabilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. AWWA. WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed., Washington, DC, American Public Health Association, 1998.
2. ARCIFA, M. S. Zooplankton composition of ten reservoirs in Southern Brazil. *Hydrobiology*, v. 113, p. 137-145, 1984.
3. ASSUNÇÃO, F. A. L.; VON SPERLING, M. Importance of the ammonia volatilization rates in shallow maturation ponds treating UASB reactor effluent. *Water Science and Technology*, v. 66, n. 6, p. 1239-1245, 2012.
4. BASTOS, R.K.X.; DORNELAS, F.L.; RIOS, E.N.; RUAS, D.B.; OKANO, W.Y. Dinâmica da qualidade da água e da comunidade planctônica em lagoas de polimento. Estudo de caso no sudeste brasileiro. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. v.3, n.1, p.97-107, 2010.
5. BALASUBRAMANIAM, P.R.; KASTURI BAI, R. Utilization of an aerobically digested cattle dung slurry for the culture of zooplankton, *Daphnia similis* Claus (Crustacea: Cladocera). *Asian Fisheries Science*, v 7, p. 67-76, 1994.
6. CAMARGO VALERO, M. A.; MARA, D. D. Ammonia volatilisation in waste stabilisation ponds: a cascade of misinterpretations? *Water Science and Technology*, v. 61, n. 3, p. 555-561, 2010.
7. CAMARGO VALERO, M. A.; MARA, D. D.; NEWTON, R.J. Nitrogen removal in maturation waste stabilisation ponds via biological uptake and sedimentation of dead biomass. *Water Science and Technology*, v. 61, n. 4, p. 1027-1034, 2010.
8. COLE, G. Textbook of limnology. 4th ed. Waveland Press, Illinois, 1994.
9. ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Universa: Brasília, 156p, 1997.
10. GRANADO, D.C. Variações nictemerais e sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctônica num sistema de lagoas de estabilização (Novo Horizonte SP). Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 128f., 2004.
11. KONIG, A. Ecophysiological studies on some algae and bacteria of waste stabilization ponds. PhD Thesis. University of Liverpool. Liverpool, 1984.
12. KOSTE, W. Rotatoria: Die Rädertiere Mitteleuropas Ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. Überordnung Monogonta. Gebrüder Borntraeger: Berlin, 637p., 1978.
13. NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim reservoir (Paranapanema river), São Paulo, Brazil, *Hydrobiologia*, v. 455, n. 1-3, 2001.

14. REID, J.W. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, v.9, p.17 - 143, 1985.
15. RODRIGUEZ, M. P.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Variation of density, species composition and dominance of Rotifers at a shallow tropical reservoir (Broa reservoir, SP, Brazil) in a short scale time. Rev. Bras. Biol. [online]. ISSN 0034-7108, vol.60, n.1, pp. 01-09. 2000.
16. SILVA, W. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Distributions and abundance of Cyclopoida populations in a cascade of reservoir of the Tietê River (São Paulo State, Brazil). Verh. Internat. Verein. Limnol., v.28, p. 667-670, 2002.
17. von Sperling, M. . Lagoas de estabilização. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 196p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 3), 2002.
18. ZULKIFLI, H. (1992). Traitement des eaux usées par lagunage à haut rendement: structure et dynamique des peuplements phytoplanctoniques. Thèse, Université de Montpellier I, Montpellier, France. 206p.