



Vol. 2, No. 1, 56-64, 2009
ISSN 0718-378X

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

USO DE BIOSÓLIDOS COMO ESTRATÉGIA DE FERTILIZAÇÃO DA ÁGUA PARA PRODUÇÃO AQUÍCOLA.

Patrícia de Souza Lima Cunha¹
Eduardo Arruda Teixeira Lanna²
Rafael Kopschitz Xavier Bastos³
Leandro Monteiro de Freitas⁴
Fabrício Rezende⁵

*Use of biosolids as a strategy for fertilization of water
for aquaculture*

ABSTRACT

The use of biosolids (BS) was tested, comparatively to dicalcium phosphate (DP), and quail manure (QM), for water fertilization and the production of zooplankton and phytoplankton in experimental tanks. The experiments also included a control tank, without fertilization (WF). The control parameters were: Daphnia sp. biomass, chlorophyll a, water electrical conductivity (EC), pH, dissolved oxygen (DO), temperature, ammonia, organic nitrogen, total phosphorus, calcium and magnesium. The highest weight of Daphnia sp. biomass was found in the tanks fertilized with QM (35.98 g), followed by those with BS (16.80 g), WF (6.75 g) e DP (5.24 g). In general, the results consistently reflected the composition of the fertilizers used and the water quality dynamics in the respective tanks (regarding, mainly, the nutrients' contents). Chlorophyll a concentrations and Daphnia sp. biomass were apparently correlated, probably reflecting the interactions between the phytoplankton and zooplankton communities. The results suggest that biosolids can be successfully used as water fertilizer for the production of phytoplankton and, consequently, zooplankton.

Keywords: Biosolids, chlorophyll a; Daphnia sp., dicalcium phosphate, quail manure

¹ Bióloga (PUC-MG). Mestre em Zootecnia (UFV) Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia 36570-000, Viçosa-MG. E. mail: paty_ca13@hotmail.com

² Biólogo (UFV), Mestre em Produção Animal, Zootecnia (UFV), Doutorado em Nutrição de Peixes (UNESP -Botucatu).

³ Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP / FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK).

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental (UFV).

⁵ Engenheiro Agrônomo (UFV), Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais (UFMG), Mestre em Produção Animal (UENF), Doutorando em Zootecnia (UFV).

USO DE BIOSSÓLIDOS COMO ESTRATÉGIA DE FERTILIZAÇÃO DA ÁGUA PARA PRODUÇÃO AQUÍCOLA

Patrícia de Souza Lima Cunha¹
Eduardo Arruda Teixeira Lanna²
Rafael Kopschitz Xavier Bastos³
Leandro Monteiro de Freitas⁴
Fabrício Rezende⁵

¹ Bióloga (PUC-MG). Mestre em Zootecnia (UFV)
Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia 36570-000, Viçosa-MG. E. mail:
paty_ca13@hotmail.com

² Biólogo (UFV), Mestre em Produção Animal, Zootecnia (UFV), Doutorado em Nutrição de Peixes (UNESP -Botucatu).

³ Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP / FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK).

⁴ Graduando em Engenharia Ambiental (UFV).

⁵ Engenheiro Agrônomo (UFV), Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais (UFMG), Mestre em Produção Animal (UENF), Doutorando em Zootecnia (UFV).

RESUMO

O uso de biossólidos (BS) foi testado, comparativamente ao de fosfato bicálcico (FB), biossólido (BS) e fezes de codorna (FC), na fertilização da água para produção de fitoplâncton e zooplâncton em tanques experimentais. O experimento incluiu ainda um tanque controle, sem fertilização (SF). Como parâmetros de controle foram avaliados a biomassa de *Daphnia* sp., clorofila *a*, além dos seguintes parâmetros de qualidade da água: condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico, fósforo total, cálcio e magnésio. O peso máximo da biomassa de *Daphnia* sp. foi encontrado nos tanques adubados com FC (35,98 g), seguido dos com BS (16,80 g), SF (6,75 g) e FB (5,24 g). Em linhas gerais, esses resultados mostraram-se condizentes com a composição dos fertilizantes utilizados e com a dinâmica da qualidade da água (principalmente dos nutrientes) nos respectivos tanques. Observou-se correspondência entre os valores de clorofila *a* e o peso da biomassa de *Daphnia* sp., o que, muito provavelmente, reflete interações entre o fitoplâncton e o

zooplâncton. Os resultados sugerem que bio sólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e, conseqüentemente, de zooplâncton.

Palavras-chave: bio sólidos, clorofila *a*; *Daphnia* sp.. fezes de codorna, fosfato bicálcico.

Introdução

Um dos fatores mais importantes para o sucesso na piscicultura é a utilização de alimento natural (fitoplâncton e zooplâncton), principalmente nos estágios iniciais de crescimento dos peixes. O zooplâncton é um importante componente na dieta de larvas e alevinos de peixes; alguns organismos utilizam diretamente a matéria orgânica (como rotíferos e ciliados) outros se alimentam de fitoplâncton (zooplâncton herbívoro), como alguns copépodes e cladóceros (por exemplo *Daphnia* sp.) (SIPAÚBA-TAVARES e ROCHA, 2001).

Fertilizantes inorgânicos ou orgânicos podem ser adicionados em ambientes aquáticos para promover o desenvolvimento da cadeia alimentar, possibilitando, assim, o aumento da produtividade aquícola. Fertilizantes inorgânicos apresentam como vantagens a composição e disponibilidade de nutrientes constantes, além da facilidade de ajuste dos níveis de cada nutriente, mas, geralmente, possuem custo relativamente elevado. Em contrapartida, fertilizantes orgânicos são, em geral, de baixo custo e apresentam vários macro e micronutrientes, porém em disponibilidade e composição variáveis, além de poderem incluir contaminantes. Estercos de animais, principalmente de aves e suínos, têm-se comprovado efetivos na produção de plâncton, em tanques de produção de organismos-alimento e em tanques de alevinagem em estações de piscicultura (MOTOKUBO, 1988; FARIA *et al.*, 2000; FARIA *et al.*, 2001; AVAULT, 2003). A utilização de excretas humanos e esgotos sanitários na piscicultura é também uma prática muito antiga e disseminada em diversas partes do mundo (EDWARDS, 1992; BASTOS, 2003).

Todo processo de tratamento biológico de esgotos gera subprodutos sólidos, lodos de esgotos, os quais, após devidamente tratados e aptos a aplicações produtivas, são denominados bio sólidos e têm sido utilizados em práticas agrícolas, como fertilizantes ou condicionadores de solos (ANDREOLI *et al.*, 2001). Entretanto, praticamente não há registros sobre o uso de bio sólidos como fertilizantes em práticas aquícolas.

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial de utilização de bio sólidos como fertilizante de águas aquícolas, comparativamente a outros fertilizantes orgânicos e inorgânicos, tendo como variáveis de controle a produção de fitoplâncton e zooplâncton (*Daphnia* sp.) e parâmetros de qualidade da água.

Material e métodos

O experimento foi realizado nos meses de fevereiro e março de 2008, com duração de treze dias, nas instalações do Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foram utilizados 24 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, sendo: SF - água limpa + 500 mL de 'água verde' (com plâncton selvagem) + 0,26 g de biomassa de *Daphnia* sp., sem fertilização (controle); BS - água limpa + 500 mL de 'água verde' + 0,26g de biomassa de *Daphnia* sp. + 50 g de bio sólido; FB - água limpa + 500 mL de 'água verde' + 0,26g de biomassa de *Daphnia* sp. + 50g de fosfato bicálcico; FC - água limpa + 500 mL de 'água verde' + 0,26g de biomassa de *Daphnia* sp. + 50 g de fezes de codornas. Na Tabela 1 apresenta-se a composição química dos fertilizantes utilizados.

Tabela 1. Composição química dos fertilizantes utilizados para produção de *Daphnia* sp.

Fertilizante	N	P	K	Ca	Mg	S	CO
	----- % -----						
Bio sólido	0,92	0,38	0,11	11,94	0,22	0,98	3,74
Fosfato bicálcico	0,17	11,14	0,08	17,73	0,48	0,35	0,78
Fezes de codorna	4,79	2,55	2,96	9,69	0,55	0,41	8,42
Fertilizante	Zn	Fe	Mn	Cu	B	C/N	pH H ₂ O
	----- ppm -----						
Bio sólido	542	5.707	493	189	14,1	4,06	7,5
Fosfato bicálcico	221	7.751	451	50	10,5	3,90	3,3
Fezes de codorna	459	2.219	468	60	50,0	1,75	6,7

O bio sólido utilizado neste trabalho é produzido a partir do lodo gerado no tratamento de esgoto sanitário (doméstico) - ETE Viçosa, Viçosa - MG, por meio de um conjunto reator UASB + biofiltro aerado submerso. O lodo, já estabilizado no próprio sistema de tratamento, é descartado em leitos de secagem, onde permanece por cerca de 15 dias, até alcançar o teor de umidade recomendado para a higienização por caleação (BASTOS *et al.*, 2007). Trata-se, portanto, de material mineralizado e higienizado, com qualidade Classe A, de acordo com a Resolução CONAMA 375 /2006 (BRASIL, 2006).

Semanalmente (primeiro, oitavo e décimo terceiro dias) foram aferidos os seguintes parâmetros físicos e químicos da qualidade da água dos tanques: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade elétrica (CE), (medidas de campo, em cada um dos seis tanques de cada tratamento), clorofila *a*, cálcio, magnésio, fósforo total, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, (determinação em laboratório, medidas em três tanques, tomados aleatoriamente dentre as seis repetições de cada tratamento). Essas análises foram realizadas no Laboratório de

Controle de Qualidade da Água da UFV, conforme procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, WEF, AWWA, 1998). Um dia após a adubação, foram inoculados 500 mL de 'água verde' (com plâncton selvagem), cujas características físicas e químicas são especificadas na Tabela 2. Após dois dias foram adicionados 0,26 g de zooplâncton (*Daphnia* sp.) em cada tanque. Ao finalizar o experimento, a água de cada tanque foi filtrada para a determinação da biomassa de *Daphnia* sp. nos diferentes tratamentos. A biomassa algal foi aferida indiretamente através do parâmetro clorofila *a*.

Tabela 2. Características físicas e químicas da água com plâncton selvagem ('água verde') utilizada na produção de *Daphnia* sp.

pH	CE	T	Clorofila- <i>a</i>	OD	N-NH ₃	N-org	P-total	Ca	Mg
-	μS cm ⁻¹	°C	μg L ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----					-
8,1	189,3	22,2	180,0	5,9	ND	5,3	5,3	27,6	20,7

T: temperatura; CE: condutividade elétrica

Resultados e discussão

Na Tabela 3 são apresentadas informações sobre a qualidade da água nos tanques de cultivo de *Daphnia* sp. submetidos aos diferentes tratamentos. Para efeito de resumo, são incluídos apenas os valores médios observados no primeiro dia (antes da fertilização dos tanques) e os resultados ao término do experimento (13º dia).

A temperatura média da água dos tanques adubados permaneceu entre 24,6°C e 30,0°C, mantendo-se, portanto, durante todo o período experimental, dentre os valores recomendados para o cultivo de zooplâncton, mais especificamente de cladóceros (24 ± 4°C) (SIPAÚBA-TAVARES e ROCHA, 2001).

Tabela 3. Valores médios dos parâmetros indicadores da qualidade da água nos tanques de cultivo de *Daphnia* sp.

TRAT	T ₀								
	pH	OD	CE	Norg	N-NH ₃	Ptotal	Ca	Mg	clorofila <i>a</i>
FC	7,5	5,7	79,3	0,6	nd	0,03	10,2	7,9	nd
BS	7,3	5,0	82,7	0,7	nd	nd	10,5	9,2	nd
FB	7,4	5,0	79,7	0,8	nd	nd	10,8	9,8	nd
SF	7,2	5,6	81,5	1,0	nd	0,02	8,20	13,1	nd
Trat	T _f								
FC	7,8	15,5	197,8	4,4	0,05	3,16	44,3	36,7	59,7
BS	7,8	5,8	155,2	1,1	nd	0,45	31,5	28,2	7,0
FB	7,1	7,1	162,4	1,7	nd	57,9	31,5	30,5	4,3
SF	7,6	6,2	77,4	1,6	nd	0,05	33,4	16,5	nd

FC:fezes de codorna; BS: biossólido; FB:fosfato bicálcico; SF: sem fertilizante. T₀: início do experimento, antes da inoculação dos tanques; T_f: final do experimento ao 13º dia.Todos os parâmetros são expressos em mg . L⁻¹, exceto pH e condutividade elétrica (CE) (µS . cm⁻¹) e clorofila *a* (µg . L⁻¹); nd: não detectado.

O incremento dos valores de OD ao longo do experimento (em todos os tratamentos, mas com destaque para o tanque fertilizado com fezes de codorna) reflete, muito provavelmente, a intensificação da atividade fotossintética das algas nesse período. O mesmo se aplica aos valores de pH, embora o incremento tenha sido menos acentuado. Durante todo o período experimental, o OD manteve-se acima ou próximo aos limites recomendados para a piscicultura: ≥ 4 mg OD L⁻¹ (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). Os valores de pH iniciais e finais encontram-se também dentro os limites recomendados, entre 6 e 8 (piscicultura e cultivo de zooplâncton, no caso específico dos cladóceros, entre 6 e 7) (SIPAÚBA-TAVARES, 1994; SIPAÚBA-TAVARES e ROCHA, 2001), muito embora os valores registrados na coleta intermediária, nos tratamentos com FC e BS, tenham se aproximado de 10 (dados não incluídos).

À exceção do tanque não fertilizado, nos demais a CE apresentou também tendência de elevação ao longo do período experimental, novamente com destaque para o tratamento com fezes de codorna (FC). Simplificadamente, a condutividade elétrica representa a concentração de íons na água. os valores encontrados refletem, portanto, a concentração de nutrientes, liberados pelos adubos, dissolvidos na água.

As concentrações de Ca e Mg encontradas nos diferentes tratamentos certamente refletiram a composição dos respectivos fertilizantes (Tabela 1) e mantiveram-se também em níveis adequados para cultivo de organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES, 1994).

O nitrogênio e o fósforo são elementos dos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, podendo atuar como nutrientes limitantes da produção primária. As formas de nitrogênio prontamente assimiláveis pelo fitoplâncton são o íon amônio (NH_4^+) e os nitratos (NO_3^-), porém a amônia livre (NH_3) pode exercer efeito tóxico sobre os organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). Em geral, os teores de nitrogênio e fósforo encontrados nos diversos tratamentos refletiram a composição dos respectivos fertilizantes, com destaque para nitrogênio nas fezes de codorna (FC) e fósforo no fosfato bicálcico (FB) (Tabela 1). À exceção do tanque não fertilizado, em todos os demais tratamentos, os valores de nitrogênio amoniacal e fósforo elevaram-se da primeira para a segunda (8º dia) coletas (dados não apresentados), decaindo na terceira (13º dia). Esse padrão foi análogo ao das variações observadas para os teores de clorofila *a*, ou seja, considerando que o aporte de nutrientes foi pontual (no início do experimento), com o incremento de biomassa no tempo, gradualmente foram-se exaurindo as reservas de nutrientes na água.

Os valores bem mais elevados de clorofila *a* nos tanques adubados com FC estão certamente relacionados com os teores de nutrientes, também mais elevados, nesse fertilizante (Tabela 1). O tratamento com biossólidos proporcionou a segunda maior produção de fitoplâncton, embora em valores relativamente baixos. Boyd (1973), observou, em viveiros fertilizados e não fertilizados, valores médios de clorofila *a* de $62,7 \mu\text{g L}^{-1}$ e $7,4 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. Sipaúba-Tavares (1994) cita valores de, respectivamente, $100 - 700 \mu\text{g L}^{-1}$ e $3 - 100 \mu\text{g L}^{-1}$. Cabe registrar que em experimentos em seqüência aos aqui apresentados, a aplicação de 50 g e 100 g de biossólidos resultou em, respectivamente, 10,5 e $46,8 \mu\text{g clorofila } a \cdot \text{L}^{-1}$; ainda em outro experimento, a aplicação de 50 g de biossólidos, corrigidos com suplementação variável de P e K, resultou em teores de clorofila-*a* de $30 - 68 \mu\text{g L}^{-1}$ (CUNHA, 2008). Todavia, em condições com as destes experimentos, as concentrações finais de clorofila *a*, em si, não explicam de todo a produção de fitoplâncton, haja vista a predação deste pelo zooplâncton (herbivoria).

Na Tabela 4 encontram-se os dados referentes à biomassa de *Daphnia* sp. O tratamento com FC apresentou valores significativamente superiores ($p < 0,05$) aos dos demais tratamentos. O peso alcançado no tratamento com biossólido (BS) foi, aproximadamente, o triplo dos tratamentos sem fertilização (SF) e com fosfato bicálcico (FB), embora esses resultados não tenham diferido estatisticamente. O resultado inferior obtido no tratamento com FB pode estar relacionado à composição menos balanceada desse fertilizante e seu caráter mais ácido (Tabela 1). Observou-se correspondência entre os valores de clorofila-*a* e o peso da biomassa de *Daphnia* sp., o que, muito provavelmente, reflete interações entre as comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica.

Tabela 4. Valores médios e coeficiente de variação da biomassa da clorofila α , biomassa inicial, biomassa final e ganho de biomassa de *Daphnia* sp., por tratamento.

Parâmetros	Tratamentos				CV (%)
	SF	BS	FB	FC	
Bi <i>Daphnia</i> sp. (g)	0,26	0,26	0,26	0,26	-
Bf <i>Daphnia</i> sp. (g)	6,75 (b)	16,80 (b)	5,24 (b)	35,98 (a)	55,71
Ganho biomassa (g)	6,49	16,54	4,98	35,72	-
Bf clorofila α (mg L ⁻¹)	0,00 (b)	7,00 (b)	4,33 (b)	59,66 (a)	34,89

SF: sem fertilizante; BS: biossólido; FB:fosfato bicálcico; FC:fezes de codorna; Bi: biomassa inicial; Bf: biomassa final; CV:coeficiente de variação. Valores seguidos, entre parênteses, por letras iguais na mesma linha são estaticamente semelhantes.

Conclusões

Os resultados obtidos sugerem que biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e de zooplâncton. A aplicação de biossólidos não comprometeu qualidade da água a ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos. Entretanto, em estudos complementares deve-se procurar o ajuste de doses ou de correção da composição do biossólido com vistas à otimização da produção de plâncton.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pela concessão de, respectivamente, bolsa de Mestrado e de Iniciação Científica, e de recursos financeiros de apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.

- Andreoli, C. V.; von Sperling, M.; Fernandes, F. (Coord.). *Lodo de esgotos: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: DESA / UFMG, SANEPAR. 2001 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6).
- Avault, J. W. JR. Fertilization: is there a role for it in aquaculture? *Aquaculture Magazine*, v. 29, n. 2, pp. 47-52. 2003
- Bastos, R. K. X.; Pereira, C. M.; Pivelli, R. P.; Lapolli, F. R.; Lanna, E. A. T. Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R.K.X.(Coord.) *Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura*. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p.163-223. (Projeto PROSAB).
- Bastos, R. K. X.; Assunção, F. A. L.; Rosa, A. P.; Henrique, C. S.; Souza, A. C. S. Gerenciamento do lodo em um sistema UASB + BF. *Revista AIDIS de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales*, v. 1, n. 2, 2007. Disponível em < <http://www.metrik.cl/aidis/>> Acesso em: 12 abr. 2008
- Boyd, C.E. Summer algal communities and primary productivity in fishponds. *Hydrobiologia*, v. 41. p 357-390, 1973.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA Nº 375/2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências*. Brasília-DF: DOU nº167, 30/08/2006, pp. 141-146.
- Cunha, P. S. L. .Uso de biossólidos como estratégia de fertilização da água na produção de *Daphnia* sp. Dissertação de Mestrado. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2008
- Edwards, P. *Reuse of human wastes in aquaculture A technical review*. UNDP- World Bank Water Research Program. Washington D.C: THE WORLD BANK, 350p, 1992
- Faria, A. C. E. A.; Hayashi, C.; Soares, C. M.; Gonçalves, G. S. Avaliação dos grupos zooplânctônicos em tanques experimentais submetidos à adubação com diferentes substratos orgânicos. *Acta Scientiarum*, v. 22, nº. 3, p. 375-381, 2000.
- Faria, A. C. E. A.; Hayashi, C.; Soares, C. M.; Furuya, W. M. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. *Acta Scientiarum*, v. 23, n. 2, p. 291-297, 2001.
- Motokubo, M. T.; Antoniutti, D. M.; Mainardes-Pinto, C. S. R.; Takino, M. Produção de zooplâncton em tanque de cultivo de curimatá, *Prochilodus scrofa*, submetidos a diferentes fertilizantes orgânicos. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 15, no. 2, p. 189-199, 1988.
- Sipaúba-Tavares, L. H. *Liminologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: FUNEP, 70p, 1994.
- Sipaúba-Tavares, L. H.; ROCHA, O. *Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos*. São Carlos: RIMA, 106p. 2001.