

Teste de Método Manométrico para Estimativa da Mineralização Anaeróbia em Sedimentos de um Ecossistema Aquático.

ANTONIO¹, R. M., BLANCHINI JR.^{1,2}, I. & CUNHA-SANTINO¹, M. B.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e ² Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos - Via Washington Luiz, km 235, São Carlos (SP). CEP: 13565-905. e-mail: irineu@power.ufscar.br

RESUMO: Teste de método manométrico para estimativa da mineralização anaeróbia em sedimentos de um ecossistema aquático. Este trabalho tem por objetivo verificar a quantidade adequada de amostra de sedimento a ser utilizada para a estimativa da mineralização anaeróbia em sistemas aquáticos, com método manométrico. Para tanto, diferentes quantidades de amostra de sedimentos da lagoa do Infernã (21° 33' S e 47° 51' W) foram incubadas em laboratório (0,5, 1,5 e 3,0 L). A partir destas incubações foram estimadas as taxas de formação de gases e as variações temporais da temperatura. Nas condições experimentais adotadas, os resultados obtidos indicaram que para sedimentos que contenham teores de matéria orgânica semelhantes aos da lagoa do Infernã (>30,9%), deve-se utilizar 3,0 litros de amostra.

Palavras-chave: sedimentos, decomposição anaeróbia, formação de gases, lagoa do Infernã, Brasil.

ABSTRACT: Test of manometric method to estimate the anaerobic mineralization on sediments in aquatic ecosystem. This paper aims to verify the suitable amount of sediment to be used to estimate the anaerobic mineralization in aquatic ecosystems, by manometric method. For this purpose sediment samples of Infernã lagoon (21° 33' S e 47° 51' W) were incubated in the laboratory (0.5, 1.5 and 3.0 L). From these incubations the rates of gas formation and the changes of temperature were estimated. Under the experimental conditions adopted, the results point out that sediments with similar amounts of organic matter as of Infernã lagoon (>30.9%) it is necessary to use samples with a volume of 3.0 L.

Key-words: sediments, anaerobic decomposition, gas formation, Infernã lagoon, Brazil.

Introdução

Nos sistemas aquáticos, a quantidade de gases formados depende, de modo geral, das concentrações das substâncias orgânicas e de nutrientes dos sedimentos (Sorokin & Kadota, 1972). A composição química dos recursos orgânicos e os fatores abióticos condicionam as espécies de organismos decompositores presentes nos sistemas aquáticos e, conseqüentemente, as rotas pelas quais os detritos serão mineralizados. Na presença de oxigênio, o dióxido de carbono, a água e o material celular de microrganismos constituem-se nos principais produtos finais da decomposição (Davis & Cornwell, 1991). No caso dos processos anaeróbios de ciclagem, dependendo das condições predominantes, ocorre a formação de diferentes compostos (intermediários metabólicos e produtos de ressíntese) e de vários gases, dentre os quais citam-se: o sulfídrico, o nitrogênio, o dióxido de carbono, o hidrogênio, os mercaptans, o metano, etc. (Mitsch & Gosselink, 1993; Ballester, 1994).

Os estudos relacionados com a decomposição, em geral, descrevem os processos através do desaparecimento de elementos que compõem os detritos (por. ex.:

celulose, lignina, carboidratos, etc.) e/ou pela formação de produtos (por ex.: compostos húmicos, elementos inorgânicos, gases, etc.). Um dos métodos utilizados para avaliação de produtos gerados da decomposição consiste na incubação de amostras (de detritos e de sedimentos) *in situ* ou em condições de laboratório. Além das estimativas de parâmetros relacionados com a atividade heterotrófica, tais incubações permitem comparar o potencial de heterotrofia com a real disponibilidade dos compostos orgânicos aos processos de degradação (Antonio & Bianchini Jr., 2000). Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo verificar, através de incubações em laboratório e do uso de método manométrico, a quantidade necessária de sedimento para a estimativa dos processos de formação de gases.

Materiais e Métodos

As estimativas de formações de gases foram efetuadas a partir de incubações de amostras de sedimentos da lagoa do Infernã (21° 33' S e 47° 51' W). Para tanto, empregou-se um método que utiliza manômetros de baixa pressão, de acordo com procedimentos propostos por Sorokin & Kadota (1972), Antonio et al. (1996) e Bianchini Jr. et al. (1997). As amostras de sedimento foram coletadas com o auxílio de draga de Ekman e as de água com garrafa de Van Dorn.

Em laboratório foram preparados três frascos (volume = 4,1 L) contendo 0,5, 1,5 e 3,0 litros de amostras de sedimento (previamente homogeneizadas). Depois das adições das amostras, os volumes foram completados com água da lagoa. Um quarto frasco contendo apenas amostra de água foi utilizado para as determinações das temperaturas. Através da cinética de consumo de oxigênio verificada para amostra de sedimento deste ambiente (Bitar & Bianchini Jr., submetido) e na quantidade máxima de oxigênio dissolvido disponível em cada frasco ($\approx 32,10 \text{ mg} = (\text{OD})_{\text{sat}} \times 4,1 \text{ L}$; sendo $(\text{OD})_{\text{sat}}$ para 28,1 °C $\approx 7,83 \text{ mg/L}$), estimou-se que os meios tornaram-se anaeróbios em, no máximo, 15 min após as adições das amostras de sedimento; os frascos foram mantidos fechados durante todo o experimento. Diariamente registraram-se as evoluções dos volumes dos gases formados, a partir dos deslocamentos das colunas d'água das buretas (manômetros). Os frascos foram mantidos em temperatura ambiente (média: 28,1 \pm 2,3°C; mín: 23,0 °C; máx: 34,0 °C). Após os registros dos volumes de gases formados, estes foram corrigidos para as condições de 20 °C e 1 atm..

Sub-amostras de 150,0 mL de sedimento foram utilizadas para as determinações gravimétricas das densidades (EMBRAPA, 1979) e dos teores de matéria orgânica e inorgânica. Os teores de matéria orgânica e inorgânica foram determinados após a calcinação das amostras (450 °C, 2 h.), segundo os procedimentos descritos por Allen et al. (1974).

Resultados e Discussão

Os sedimentos da lagoa do Infernã apresentam, em média, as seguintes características: teor de água: 92,32%; peso seco: 7,68%; densidade real: 1,17 g/mL; densidade aparente: 0,09 g/mL; matéria orgânica: 30,88%; matéria inorgânica: 69,12% (Tab. I). Com base na classificação proposta por Ungemach (1960) pode ser classificado como orgânico (MO > 10%). Estudo que considerou variações verticais de elementos químicos do sedimento deste ambiente indicou que os teores de carbono orgânico total variam entre 6,6 e 11,9% (Gatti, 1997), sendo que tais teores decrescem intensamente nos primeiros 10 cm (de 11,9 para 7,4%). No período seco (inverno) Freitas-Lima & Godinho (2000) verificaram que o perfil de oxi-redução deste sedimento variou entre 371 (superfície) a -173 mV (60 mm) e na estação chuvosa, variou entre -128 (superfície) e -343 mV (60 mm). Através da Fig.1 apresentam-se os resultados referentes à adequação da quantidade de sedimentos a ser empregada

Tabela I : Análises das amostras de sedimentos da lagoa do Infernão.

Amostras	Água (%)	PS (%)	ρ_{real} (g/mL)	ρ_{aparente} (g/mL)	MO (%)	MI (%)
Amostra 1	91,92	8,08	1,23	0,0990	30,92	69,08
Amostra 2	92,94	7,06	1,19	0,0839	33,01	66,99
Amostra 3	93,53	6,47	1,02	0,0657	30,67	69,33
Amostra 4	91,96	8,04	1,23	0,0984	29,86	70,14
Amostra 5	91,23	8,77	1,20	0,1052	29,90	70,10
Média	92,32	7,68	1,17	0,0904	30,86	69,12

Onde: PS: peso seco; ρ_{real} : densidade real; ρ_{aparente} : densidade aparente; O: matéria orgânica; MI: matéria inorgânica.

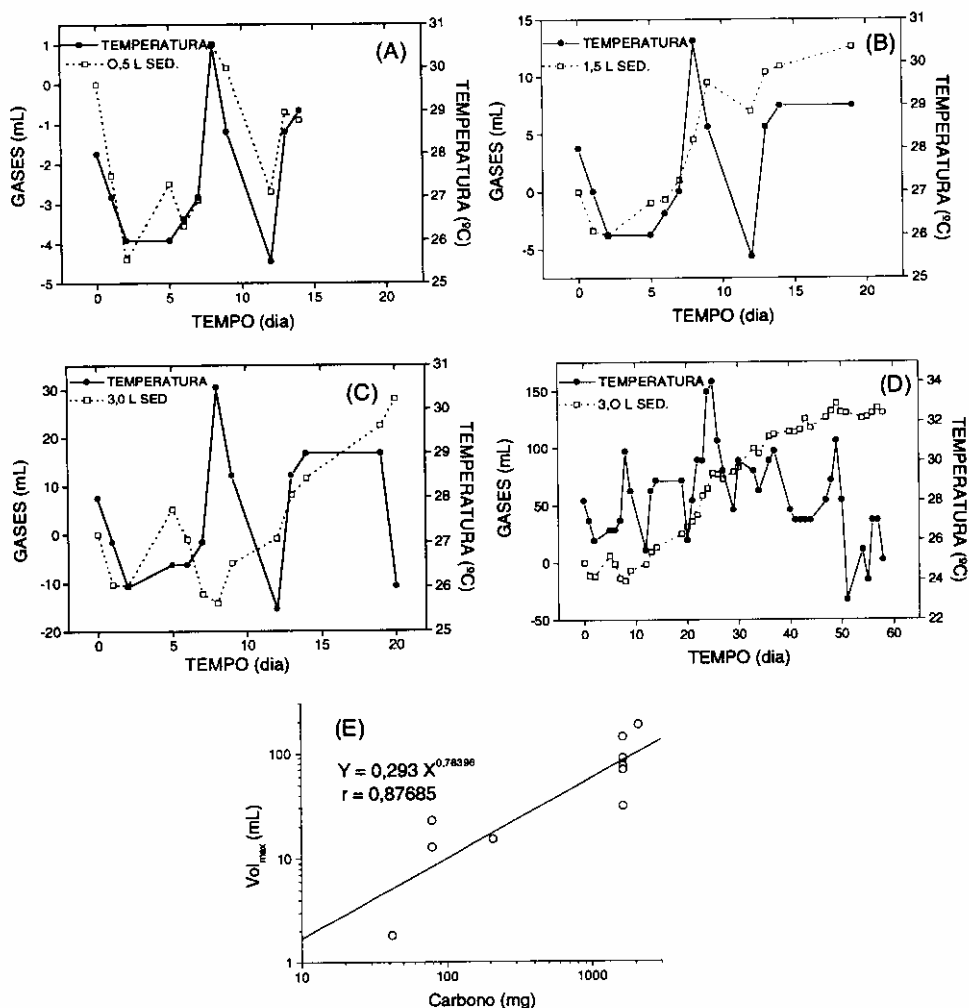


Figura 1: Variações das temperaturas e dos volumes de gases formados nos frascos com 0,5 L (A), 1,5 L (B) e 3,0 L (C e D). Apresenta-se, também, a relação entre as quantidades iniciais de carbono orgânico (de sacarose ou glicose) e os volumes máximos de gases formados (E), (Blanchini Jr. et al.,1997).

na utilização do método manométrico. Independente da quantidade inicial de sedimento é possível notar que, de modo geral, houve a ocorrência de duas fases distintas no processo de formação de gases. Na primeira, desenvolvida nos períodos iniciais das incubações (≈5 dias), observou-se o predomínio dos processos de consumo de gases sobre os de formação. Este predomínio gerou valores *negativos* de formação de gases (Frasco com amostra de 0,5 L: -4,4 mL; Frasco com amostra de 1,5 L: -3,8 mL; Frasco com amostra de 3,0 L: -14,1 mL). Supõe-se que esta fase inicial tenha se caracterizado pela adaptação e seleção dos microrganismos presentes. É possível, ainda, que tais variações decorram de alterações do potencial de oxirredução, devido às manipulações que as amostras de sedimentos foram submetidas.

Segundo Swift et al. (1979), outro fator que pode ter influenciado para que ocorressem taxas globais de liberação de gases com *sinais negativos* seria o predomínio dos processos de assimilação de gases e de elementos dissolvidos devido ao processo de imobilização (transformações de compostos inorgânicos em orgânicos; p. ex.: síntese de biomassa de microrganismos) sobre os de mineralização (transformações de compostos orgânicos em inorgânicos; p. ex.: liberação de elementos minerais e gases durante a decomposição dos recursos). Há que se considerar, ainda, que o predomínio da liberação de gases, em geral, ocorre após: 1º) os decréscimos dos valores de potencial de oxirredução em níveis que favoreçam processos tais como a desnitrificação, a redução do sulfato e as fermentações e 2º) as concentrações dos gases produzidos serem mais elevadas que as de saturação. De acordo com estas hipóteses, a partir das adaptações das populações dos microrganismos, os processos de mineralização anaeróbia suplantariam os de imobilização, iniciando-se assim, os registros das liberações de gases.

Na comparação dos resultados obtidos verificou-se que, nos casos das incubações de 0,5 e 1,5 L de sedimento, os volumes de gases formados foram pequenos (Frasco com amostra de 0,5 L - vol máx: 1,0 mL, 8º dia; Frasco com amostra de 1,5 L - vol máx: 12,6 mL, 19º dia) e suas variações temporais apresentaram-se instáveis e, basicamente, refletiram as oscilações da temperatura. Estes resultados sugerem que, para amostras de sedimentos com baixas concentrações de matéria orgânica lábil, as variações da temperatura podem interferir nas avaliações dos volumes de gases (Fig. 1 A e B).

Com base nos resultados apresentados através da Fig. 1C torna-se evidente que para sedimentos que contenham características próximas ao da lagoa do Infernã (matéria orgânica ≈30,9% e umidade ≈92,3%), o método manométrico mostrou-se mais sensível a partir da incubação de 3,0 litros de amostra. Nesta condição verifica-se que embora tenham ocorrido oscilações de temperatura, houve uma tendência nítida de incremento no volume de gases formados (Frasco com amostra de 3,0 L, vol máx: 22,9 mL; 20º dia). Os resultados indicam que nos casos em que os frascos continham menos matéria orgânica (0,5 e 1,5 L de sedimento) o método adotado não foi suficientemente sensível para acusar a formação de gases. Nestes casos supõe-se que o principal fator que possa ter interferido na subestimativa dos volumes de gases seja o conjunto de reações que transforma o CO₂ em carbonatos. Neste particular, as concentrações de carbono inorgânico neste ambiente têm variado entre 2,0 e 6,5 mg/L (dados não publicados) e o pH têm oscilado entre 4,8 (Antonio, 1996) e 6,9 (Nogueira, 1989). Desse modo, ao considerar as amplitudes de variação do pH e das concentrações de carbono inorgânico deste ambiente, é possível que em certos casos (por ex.: concentrações baixas de carbono inorgânico e valores elevados de pH) estas variáveis possam promover a formação de bicarbonatos, concorrendo com a difusão do CO₂.

A análise dos resultados apresentados através da Fig. 1 (A, B, D) permite verificar que houve relação direta entre a quantidade inicial de amostra e o volume de gases formados (Frasco com amostra de 0,5 L: 5,4 mL; Frasco com amostra de 1,5 L: 16,4 mL e Frasco com amostra de 3,0 L: 134,7 mL), a exemplo do obtido quando utilizada sacarose como fonte de matéria orgânica (Bianchini Jr. et al., 1996).

Comparando-se o volume de gases formados a partir do frasco com 3 litros de sedimento (134,7 mL, Fig. 1D) com os gerados a partir da degradação anaeróbia da sacarose e glicose (Antonio et al., 1996; Bianchini Jr. et al., 1997), Fig. 1E, foi possível calcular que, em média, 0,87 g de carbono orgânico foram mineralizados por quilo-grama de sedimento (peso úmido); considerando as características físicas e químicas deste sedimento (Tab. I) e que ele contenha 7,81% de carbono orgânico total (Gatti, 1997), estimou-se que 14,5% do carbono orgânico do sedimento foi mineralizado.

De acordo com a variação temporal da temperatura verificou-se que a incubação da amostra de sedimento da lagoa desenvolveu-se sob uma temperatura média de 28,1°C, com uma variação de 2,3 °C (desvio padrão). A temperatura mínima observada foi de 23,0 °C e a amplitude de variação situou-se em 11,0 °C. Não se observou uma tendência definida, de longo prazo, de resfriamento ou aquecimento dos frascos (Fig. 1D). De modo geral, as variações de temperatura ocorreram dentro de intervalo (23,0 - 34,0 °C) similar ao registrado na lagoa (Freitas-Lima & Godinho, 2000; Suzuki & Esteves, 2000; Antonio & Bianchini Jr., 2000), desse modo supõe-se que esta variável não tenha se constituído em fator limitante no desenvolvimento dos processos.

Na comparação entre as variações de temperatura e das taxas diárias de formação de gases (Fig. 1 D) é possível notar uma aparente interação entre as variações temporais das taxas e das temperaturas, sendo os processos de liberação favorecidos sob as temperaturas mais altas. De modo geral, a relação entre taxa de formação de gases e temperatura é esperada, pois, as taxas refletem, basicamente, as velocidades de processos metabólicos. Neste contexto, vários estudos de decomposição têm indicado a temperatura como sendo um dos principais fatores condicionantes dos processos (Levenspiel, 1974; Cunha, 1999; Brezonik, 1994).

Conclusões

Sob as condições experimentais adotadas, os resultados obtidos permitiram concluir que: 1º) o volume de gases formados foi proporcional a quantidade de sedimento incubada e 2º) o método manométrico de avaliação de gases mostrou-se mais sensível para incubações de amostras de 3 litros de sedimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela concessão de bolsa de estudo e à FAPESP pelo financiamento deste estudo (processo 91/1303-3).

Referências citadas

- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., Parkinson, J.A. & Quarmby, Y.C. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell, Oxford. 565 p.
- Antonio, R.M. 1996. Estimativa da capacidade heterotrófica do Lago Infernã (Estação Ecológica de Jataí, SP). São Carlos, UFSCar, 82p (Dissertação).
- Antonio, R.M., Bianchini Jr., I. & de Moura, L.F. 1996. Utilização de método manométrico para estimativa da mineralização anaeróbia em ecossistemas aquáticos: 1 - Aspectos metodológicos. In: Anais do XI Simpósio Nacional de Fermentações UFSCar, São Carlos, v. 2, p. 692-697.
- Antonio, R.M. & Bianchini Jr., I. 2000. Fatores ambientais e formação de gases dos sedimentos da Lagoa do Infernã. In: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (eds.) Estudos integrados em ecossistemas. RIMA, São Carlos. v.2, 2867 p.

- Ballester, M. V. R. 1994. Dinâmica de gases biogênicos (CH₄, O₂ e CO₂) em ecossistemas aquáticos da planície de inundação do rio Mogi-Guaçu (Estação Ecológica de Jataí, São Paulo). São Carlos, UFSCar, 169p (Tese).
- Bianchini Jr., I., Antonio, R.M. & De Moura, L.F. 1997. On the manometric method for estimating the anaerobic mineralization in aquatic ecosystems: kinetic and methodological aspects. Rev. Microbiol. São Paulo, 28 (Suppl. 1): 83-90.
- Bitar, A. L. & Bianchini Jr., I. (submetido para publicação em 1996) Mineralization assays of some organic resources of aquatic systems.
- Brezonik, P.L. 1994. Chemical kinetics and process dynamics in aquatic systems. Lewis, Boca Raton. 754 p.
- Cunha, M. B. 1999. Mineralização de compostos húmicos da lagoa do Infernã (Lulz Antonio, SP). São Carlos, UFSCar, 141p (Dissertação).
- Davis, M.L. & Cornwell, D.A. 1991. Introduction to environmental engineering. McGraw-Hill, New York. 822 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1979. SNLCS Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. (métodos: 1.11 e 1.12).
- Freitas-Lima, E.A.C. & Godinho, M.J.L. 2000. Bactérias do sedimento de uma lagoa marginal na Estação Ecológica de Jataí. In: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (eds.) Estudos integrados em ecossistemas. RIMA, São Carlos. v. 2, 867p.
- Gatti, L.V. 1997. Distribuição de metais em testemunhos de sedimento de duas lagoas marginais do rio Mogi-Guaçu (E.E. de Jataí, Lulz Antonio, SP). São Carlos, UFSCar, 146p (Tese).
- Levenspiel, O. 1974. Engenharia das reações químicas.. Edgard Blücher, São Paulo. v.1 , 211p.
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York. 722 p.
- Nogueira, F.M.B. 1989. Importância das macrófitas aquáticas *Elchhornia azurea* Kunth e *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da lagoa Infernã, SP. São Carlos, UFSCar, 147p (Dissertação).
- Sorokin, Y.I. & Kadota, H. 1972. Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh waters. Blackwell, Oxford. 112 p. (IBP n° 23)
- Suzuki, M.S. & Esteves, F. A. 2000. Efeitos do enriquecimento artificial de nutrientes sobre a hidroquímica e biomassa algal em limnocurrais na Lagoa do Infernã. In: Santos, J.E. & Pires, J.S.R. (eds.) Estudos integrados em ecossistemas. RIMA, São Carlos. v.2, 867 p.
- Swift, M. J., Heal, D.W. & Anderson, J.M. 1979. Studies in Ecology. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell, Oxford. 371p.
- Ungemach, H. 1960. Sedimentchemismus und seine Beziehung zum Stoffhaushalt in 40 europäischen Seen. Universität Kiel, Germany. 420 p.

Recebido em: 27 / 07 / 2001

Aprovado em: 18 / 03 / 2002