

DEGRADAÇÃO ANAERÓBIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS: METANOGENESE.

I. Bianchini Jr.¹, E. P. Gianotti², M. B. Cunha³, E. L. Silva⁴

1 - Depto. Hidrobiologia, PPGERN, UFSCar. Cx. Postal 676- 13565-905. S. Carlos, SP.

2 - Depto. Hidráulica e Saneamento, EESC-USP. Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - 13560-250. S. Carlos, SP.

3- PPGERN, UFSCar. Cx. Postal 676 - 13565-905. S. Carlos, SP.

4- Depto. Engenharia Química, UFSCar. Cx. Postal 676 - 13565-905. S. Carlos, SP.

RESUMO – Neste estudo discutem-se aspectos cinéticos da mineralização e da formação de metano a partir da decomposição anaeróbia de três espécies de macrófitas aquáticas. As plantas foram coletadas na Lagoa do Infernã (Estação Ecológica de Jataí, SP; 21°33' a 21°37'S, 47°45'a 47°51'L) e conduzidas ao laboratório, foram lavadas, secas e trituradas. Foram montadas câmaras de decomposição com fragmentos das plantas e água da lagoa. Os frascos foram incubados a 22,5°C no escuro. Periodicamente determinaram-se os teores de matéria orgânica consumida, as taxas de produção de metano e os valores de pH. Observou-se que a mineralização de *Scirpus cubensis* apresentou o menor rendimento (10,1%) quando comparado com os apresentados por *Cabomba piauhyensis* (32,6%) e por *Salvinia auriculata* (13,9%). No entanto, a produção de metano durante a degradação desta espécie (*S. cubensis*) foi a maior, correspondendo a 21,1% do carbono dos detritos, seguida de 15,0% para *S. auriculata* e 1,3% para *C. piauhyensis*. Supõe-se que os conteúdos de lignina e de celulose dos detritos e o pH sejam os principais fatores que levaram a estes resultados.

1. INTRODUÇÃO

Nos sistemas aquáticos, as alterações temporais e espaciais de variáveis tais como: potencial de oxi-redução, acidez e concentração de oxigênio dissolvido determinam os tipos de microrganismos que atuam nos processos de mineralização e, conseqüentemente, nas composições das misturas gasosas produzidas. Além dos gases, a seleção de microrganismos envolve a adoção de rotas metabólicas distintas e a geração de produtos diferentes (JEWELL, 1971; TWILLEY *et al.*, 1985; GALE *et al.*, 1992; MOORE Jr. *et al.*, 1992). O processo aeróbio atua sobre uma maior variedade de matéria orgânica que, gera produtos finais mais estáveis e maior quantidade de microrganismos. Sob baixas concentrações de matéria orgânica este processo é normalmente rápido, eficiente e possui baixo potencial de odor. Na decomposição anaeróbia os compostos orgânicos complexos são convertidos a ácidos voláteis de baixa massa molecular e numa segunda etapa, os ácidos são convertidos em CH₄ e CO₂. Têm sido, também, observados outros produtos tais como: NH₃, H₂S e mercaptans (NAS, 1981;

DAVIS & CORNWELL, 1991). Devido à presença desses três compostos, este processo apresenta alto potencial de odor. Em geral, este processo produz menor quantidade de microrganismos, que a degradação aeróbia. Em condições de anoxia e de anaerobiose é possível ainda, a ocorrência de nitrogênio molecular devido a desnitrificação. A partir deste processo a formação de células é relativamente alta, mas, nem tanto quanto na decomposição aeróbia (SCHLEGEL, 1975; DAVIS & CORNWELL, 1991). Admite-se, com frequência, que os processos aeróbios sejam mais rápidos (WETZEL, 1983; ANTONIO, 1992). Entretanto, estudos desenvolvidos em uma lagoa marginal sugerem que nos ambientes anóxicos é possível que haja similaridade nas velocidades de decaimento sob condições aeróbias e anaeróbias (ANTONIO, 1996), ou mesmo, que em condições anaeróbias os processos sejam mais rápidos (ANTONIO, 1996; BIANCHINI *et al.*, 1997).

Experimentos relativos a mineralização aeróbia têm indicado que as cinéticas de mineralização podem refletir aspectos qualitativos dos detritos, assim como sugerem a ocorrência de variação nas estequiometrias dos processos (BITAR, 1995). Em termos quantitativos, ensaios de mineralização aeróbia efetuados com glicose indicaram que: i) o incremento da velocidade de mineralização pode ser devido ao aumento da concentração inicial de substrato e ii) a alteração da concentração de substrato pode interferir no rendimento dos processos de síntese (BITAR & BIANCHINI Jr., 1994). Com base no exposto, neste estudo discutem-se aspectos cinéticos da mineralização e da formação de metano, a partir da decomposição anaeróbia de três espécies de macrófitas aquáticas: *Cabomba piauhyensis*, *Scirpus cubensis* e *Salvinia auriculata*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As plantas foram coletadas na Lagoa do Infernã situada na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP (21°33' a 21°37'S, 47°45' a 47°51'L). Em seguida, foram lavadas em água corrente, secas em estufa a 45°C e posteriormente trituradas. Para a descrição da cinética de mineralização foram montadas, para cada espécie, dez câmaras contendo 4g em peso seco (PS) de fragmentos de plantas em 450 ml de água da Lagoa do Infernã filtrada em lâ de vidro. Periodicamente durante 120 dias, uma câmara de cada espécie foi desativada para a determinação do pH (potenciometria) e da matéria orgânica consumida (MOC), por gravimetria. A produção de metano foi acompanhada em 3 câmaras de decomposição (uma para cada espécie)

incubadas a 22,5°C (temperatura média da lagoa) e no escuro. Em cada uma adicionou-se 16g de fragmentos de planta (PS) e 800 ml de amostra de água da lagoa. Periodicamente, durante os 4,5 meses, as concentrações de metano foram estimadas na fase gasosa dos frascos, através de cromatografia gasosa (detector de condutividade térmica).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Figura 1 apresentam-se as variações temporais dos teores de MOC (A), do pH (B) e das taxas de formação de metano (C) durante a mineralização das plantas aquáticas. Verifica-se que houve, para os três tipos de detritos, intensas perdas de massa nos primeiros 40 dias. Em seguida, os teores de MOC praticamente estabilizaram-se. Com base nos ajustes dos resultados a um modelo cinético de 1ª ordem nota-se que dentre as três espécies, a *C. piauhyensis* foi a que apresentou a maior perda de massa (32,6%) seguida da *S. auriculata* (13,9%) e do *S. cubensis* (10,1%). Devido à metodologia empregada ressalta-se que estes resultados referem-se a perda de massa global dos detritos, ou seja, considerou-se os processos de oxidação das frações particuladas e dissolvidas de matéria orgânica. Os ajustes permitiram, ainda, estimar os coeficientes globais de mineralização: *C. piauhyensis*: 0,07 dia⁻¹; *S. auriculata*: 0,08 dia⁻¹ e *S. cubensis*: 0,18 dia⁻¹. A análise destes coeficientes, em conjunto com os valores teóricos de mineralização, indica que duas etapas definem a mineralização destas plantas. Uma, na qual ocorrem rápidas perdas de massa devido à oxidação dos compostos lábeis (aproximadamente 40 dias), com tempos de meia vida da ordem de dias e outra, referente aos decaimentos dos compostos refratários, com tempos de meia vida da ordem de meses. Neste contexto, supõe-se, que este experimento descreva, principalmente, os processos de curto prazo.

Verifica-se que os frascos que continham detritos de *C. piauhyensis*, nos quais o processo de mineralização foi mais intenso, o pH no início do experimento tendeu decrescer. Em seguida, até o 10º dia, os valores aumentaram continuamente até 6. Após este período, novamente tenderam a decrescer. Em comparação com os demais, estes frascos constituíram-se nos meios mais ácidos. Os valores de pH na mineralização de *S. cubensis* oscilaram do início até o 20º dia, em seguida tenderam ao incremento até o 60º dia; época na qual se registrou o valor máximo (6,5). Após, até o final do período de observação, os valores de pH decresceram continuamente até 5,8. Na mineralização de *S. auriculata* o pH aumentou continuamente até o 10º dia, quando se registrou seu valor máximo (6,9), em seguida, os valores oscilaram com tendência

ao decréscimo. No final do experimento o pH neste processo encontrava-se com o valor de 6,5 (Fig. 1B).

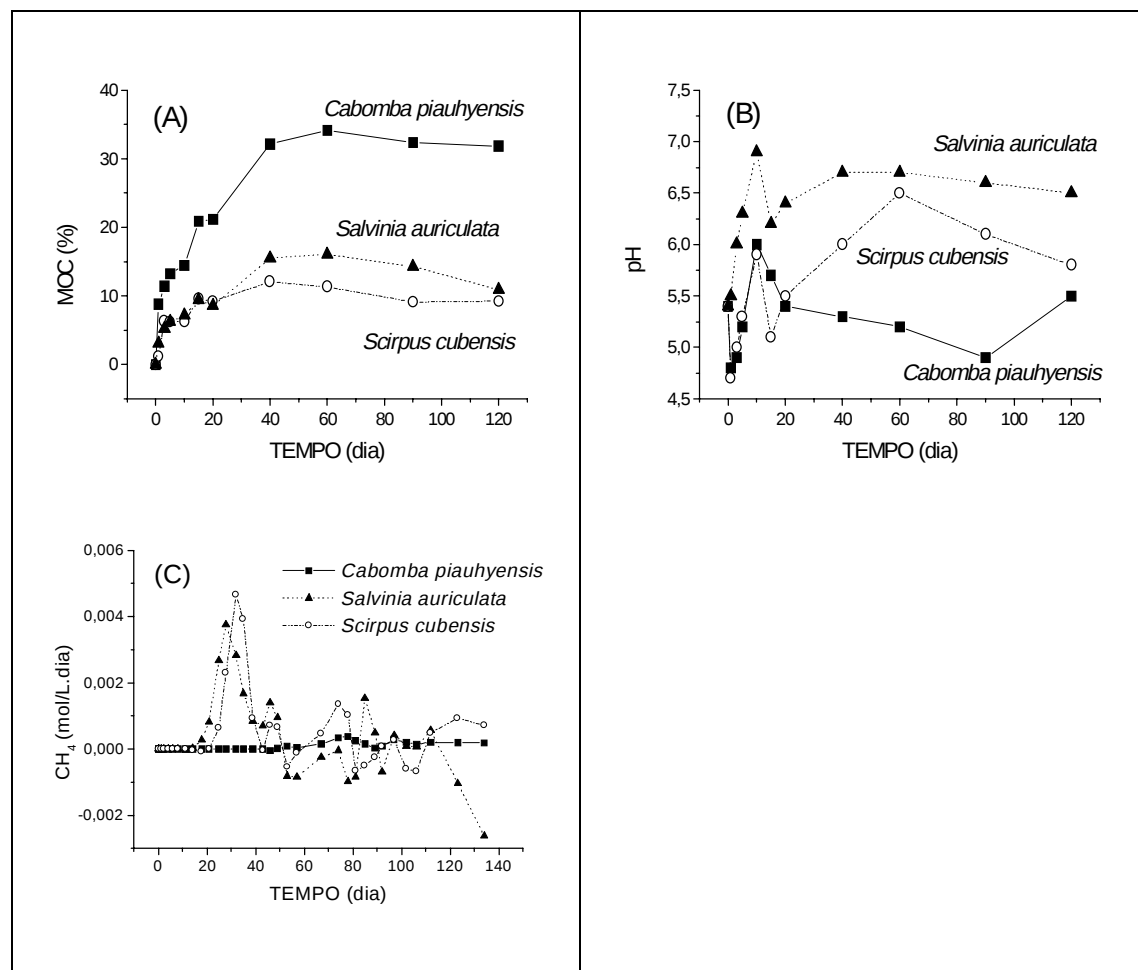


Figura 1 – Variações temporais da MOC (A), do pH (B) e das taxas de formação de metano (C) durante a mineralização de *C. piauhyensis*, *S. cubensis* e *S. auriculata*.

Em geral, em experimentos desta natureza, atribui-se ao decréscimo dos valores de pH os seguintes eventos: i) liberação de compostos orgânicos reduzidos e ii) dissolução do CO₂ decorrente dos processos oxidativos. O aumento dos valores de pH têm sido relacionados com: i) a assimilação e/ou transformação dos compostos reduzidos e ii) estruturação de sistema tampão a partir da formação dos carbonatos e/ou dos compostos húmicos (BIANCHINI Jr, *et al.*, 1997).

Através da Figura 1C verifica-se que na mineralização da *S. cubensis* e da *S. auriculata* as taxas de formação de metano foram evidentes no período compreendido entre os dias 20 e 50;

após esta fase as taxas tenderam a zero. No entanto, para *S. cubensis*, as oscilações subseqüentes das taxas definiram mais dois picos de valores positivos (entre os dias: 70-80 e 110-140); enquanto que para *S. auriculata* as oscilações ocorreram principalmente sob valores negativos. Em relação as demais, a metanogênese a partir de *C. piauhyensis* apresentou as taxas mais baixas, sempre próximas de zero. Neste processo, as taxas somente apresentaram valores um pouco mais elevados no período compreendido entre os dias 70 e 90. Comparando-se as taxas de formação de metano com os valores de matéria orgânica consumida e com o pH verifica-se que a houve maior mineralização dos detritos de *C. piauhyensis*, no entanto, provavelmente, devido às condições ácidas mantidas neste processo, a fermentação metanogênica foi preterida. Nos demais substratos, devido a ocorrência de condições mais alcalinas verifica-se que as rotas metabólicas representadas pelas taxas de metanogênese foram privilegiadas. Neste contexto, 21,1% do carbono mineralizado de *S. cubensis* foi transformado em metano, para *S. auriculata* e este valor correspondeu a 15,0% e para *C. piauhyensis* 1,3%. De modo geral, supõe-se que as velocidades e rendimentos dos processos de mineralização estejam relacionados com os teores de compostos lábeis e refratários (lignina e celulose) dos detritos. Dentro deste contexto, a metanogênese estaria basicamente condicionada ao pH e a composição do substrato.

4. CONCLUSÕES

Com base nas condições experimentais adotadas, de modo geral, conclui-se que: i) o processo de mineralização destas espécies de macrófitas aquáticas são constituídos por duas etapas, uma rápida e outra lenta; ii) os parâmetros cinéticos estimados referem-se aos processos que constituem a mineralização de curto prazo; iii) a intensificação da perda de massa dos detritos tendeu favorecer a acidificação do meio; iv) as taxas de formação de metano foram mais afetadas pelas condições de acidez do que pela disponibilidade de matéria orgânica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO, R. M. *Estimativa da Capacidade Heterotrófica de Ecossistemas Aquáticos*. (monografia de graduação). São Carlos: UFSCar. 1992, 30p.

ANTONIO, R. M. *Estimativa da Capacidade Heterotrófica do Lago Infernã (Estação*

Ecológica de Jataí, SP). Dissertação (mestrado). São Carlos: UFSCar. 1996, 82p.

BIANCHINI Jr., I.; ANTONIO, R. M. & de MOURA L. F. On the manometric method for estimating the anaerobic mineralization in aquatic ecosystems: kinetic and methodological aspects. *Rev. de Microbiol*, 28 (1): 83-90, 1997.

BIANCHINI Jr., I. & TOLEDO, A. P. P. Decomposição de macrófitas aquáticas: estudo da variação do pH e densidade óptica, sob diferentes condições de atmosfera e luminosidade. *An. Sem. Reg. Ecol. V*. São Carlos: UFSCar, 1988, p.167-181.

BITAR, A. L. & BIANCHINI Jr., I. Efeito do teor de matéria orgânica dissolvida sobre as taxas de seu processo de mineralização. *Anais do I Seminário: Qualidade de Águas Continentais no MERCOSUL*. Porto Alegre: UFRS, 1994, p.311-329.

BITAR, A. L. *Contribuição para o Estudo dos Processos de Mineralização em Sistemas Aquáticos*. (monografia de graduação). São Carlos: UFSCar. 1995, 45p.

DAVIS, M. L. & CORNWELL, D. A. *Introduction to Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1991, 882p.

GALE, P. M.; REDDY, K. R. & GRAETZ, D. A. mineralization of sediment organic matter under anoxic conditions. *J. Environ. Qual.* 21: 394-400, 1992.

JEWELL, W. J. Aquatic weed decay: dissolved oxygen utilization and nitrogen and phosphorus regeneration. *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* 43: 1457-1467, 1971.

MOORE Jr., P. A.; REDDY, K. R. & GRAETZ, D. A. nutrient transformations in sediments influenced by oxygen supply. *J. Environ. Qual.* 21: 387-393, 1992.

NAS - National Academy of Sciences. *Methane Generation from Human, Animal and Agricultural wastes*. 2º ed. Washington: National Research Council, 1981, 131p.

SCHLEGEL, H. G. *Microbiología General*. Barcelona: Omega, 1975, 448p.

TWILLEY, R. R.; EJDUNG, G.; ROMARE, P. & KEMP, W. M. A comparative study of decomposition and nutrient release for selected aquatic plants occurring in an estuarine environment. *Oikos*. 47: 190-198, 1985.

WETZEL, R. G. *Limnology*. Philadelphia: Saunders, 1983, 767p.