

UTILIZAÇÃO DE MÉTODO MANOMÉTRICO PARA ESTIMATIVA DA MINERALIZAÇÃO ANAERÓBIA EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: II - ASPECTOS CINÉTICOS.

I. Bianchini Jr.^a, R. M. Antonio^b, L. F. de Moura^c

^a Depto. de Hidrobiologia e P.P.G. Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Cx. P. 676, São Carlos, SP, Brasil, CEP 13565-905. email: irineu@power.ufscar.br

^b P.P.G. em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Cx. P. 676, São Carlos, SP, Brasil, CEP 13565-905.

^c Depto. de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, Cx. P. 676, São Carlos, SP, Brasil, CEP 13565-905.

Resumo

Esse trabalho visa discutir, para ecossistemas aquáticos, aspectos relacionados com formação de gases, decorrentes da mineralização anaeróbia de matéria orgânica. Para tanto foram montados, em laboratório, 11 frascos contendo soluções de carboidratos (glicose ou sacarose). Tais soluções foram preparadas com amostras de água da represa do Monjolinho (situada do campus da UFSCar). Foram determinadas, temporalmente, as taxas de formação de gases, as temperaturas, as concentrações de oxigênio dissolvido e de carboidratos totais. Os resultados obtidos permitiram verificar que houve proporcionalidade entre concentração inicial de sacarose e volume de gases formados. A formação de gases ocorreu, a partir da época em que os teores de oxigênio dissolvido dos reatores encontravam-se abaixo de 0,2 mg/l. Indicaram, ainda, que houve, em paralelo a formação dos gases intensos decaimentos dos teores de glicose e que tais processos apresentaram-se sincronizados.

1. INTRODUÇÃO

Nos sistemas aquáticos, os processos anaeróbios de ciclagem dos detritos geram, como produtos finais da mineralização, vários de gases dentre os quais: o dióxido de carbono, o sulfídrico, o nitrogênio, o hidrogênio, os *mercaptans*, o metano, etc. A produção de cada um dos gases depende de vários fatores bióticos e abióticos. Dentre os bióticos citam-se a composição qualitativa da população e número de bacterioplâncton. A temperatura, os teores de nutrientes, o potencial redox, o pH e a composição química do detrito constituem-se nos principais fatores abióticos, responsáveis pelo condicionamento dos processos de decomposição (1, 2, 3).

Dependendo do tipo de gás e das suas concentrações, estes produtos da mineralização podem gerar alterações significativas na qualidade da água, com possibilidades de restrição do potencial de usos dos recursos hídricos e da manutenção de várias espécies. No sentido de explorar métodos que subsidiem os estudos de ciclagem, nos sistemas aquáticos, este trabalho visa discutir aspectos cinéticos relacionados com o método manométrico de estimativa de formação de gases, decorrentes da mineralização anaeróbia de matéria orgânica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do experimento foram preparados 11 frascos (vol. \approx 4,1 l) contendo amostra de água da represa do Monjolinho (22° 00' S e 47° 51' W), previamente filtrada em lã de vidro. Em 4 frascos houve adições diferenciadas de sacarose que resultaram nas seguintes concentrações finais: 0; 24,4; 122 e 1219 mg/l. Em 5 frascos adicionou-se glicose até concentração final de 1000 mg/l e os 2 restantes foram utilizados para as determinações temporais da temperatura, dos teores de oxigênio dissolvido (OD) e de carboidratos totais. As montagens dos reatores foram efetuadas de acordo com os procedimentos usualmente sugeridos (4); isto é, após a introdução das soluções, os frascos foram fechados com tampas que continham buretas (de 100 ml) instaladas. Em laboratório, os frascos foram mantidos no escuro e, diariamente, foram registradas as evoluções dos volumes dos gases (através dos deslocamentos das colunas d'água das buretas) e a temperatura. Após determinados os volumes dos gases, estes foram corrigidos para as condições de 20 °C e 1 atm. Periodicamente, foram estimados os teores de OD (por potenciometria) e os de carboidratos totais, através de método colorimétrico (5).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na comparação dos resultados obtidos verifica-se que embora tenham sido adicionados 100 mg de sacarose no Frasco 2 (24,4 mg/l), as medidas manométricas referentes ao Frasco 1 (sem adição) acusaram maior produção de gases (1,8 e 1,9 ml respectivamente). Esses resultados indicam que o método manométrico em questão não se mostrou muito sensível quando se trata do acompanhamento da mineralização em meios com baixas concentrações de matéria orgânica, tais como a grande maioria das amostras de água. No entanto, ao comparar os volumes máximos de gases formados entre os 3 frascos nos quais foram adicionados sacarose, verifica-se que este resultado mostrou-se coerente com os demais (Figura 1A), indicando ser apropriado na comparação dos processos de ciclagem, sob condições anaeróbias, em situações de elevadas concentrações de matéria orgânica, tais como as apresentadas nas incubações de amostras de sedimentos e de detritos de plantas aquáticas.

Por meio dos resultados apresentados através da Figura 1B é possível verificar que em termos médios, as variações temporais dos volumes de gases ocorridas nos Frascos 5 a 9 constituíram-se de 2 etapas. De modo geral, supõe-se que a primeira decorreu da adaptação dos organismos, na qual os processos de formação e consumo de gases foram equivalentes, ou houve o predomínio dos processos de assimilação biológica (imobilização) ou solubilização dos gases. A

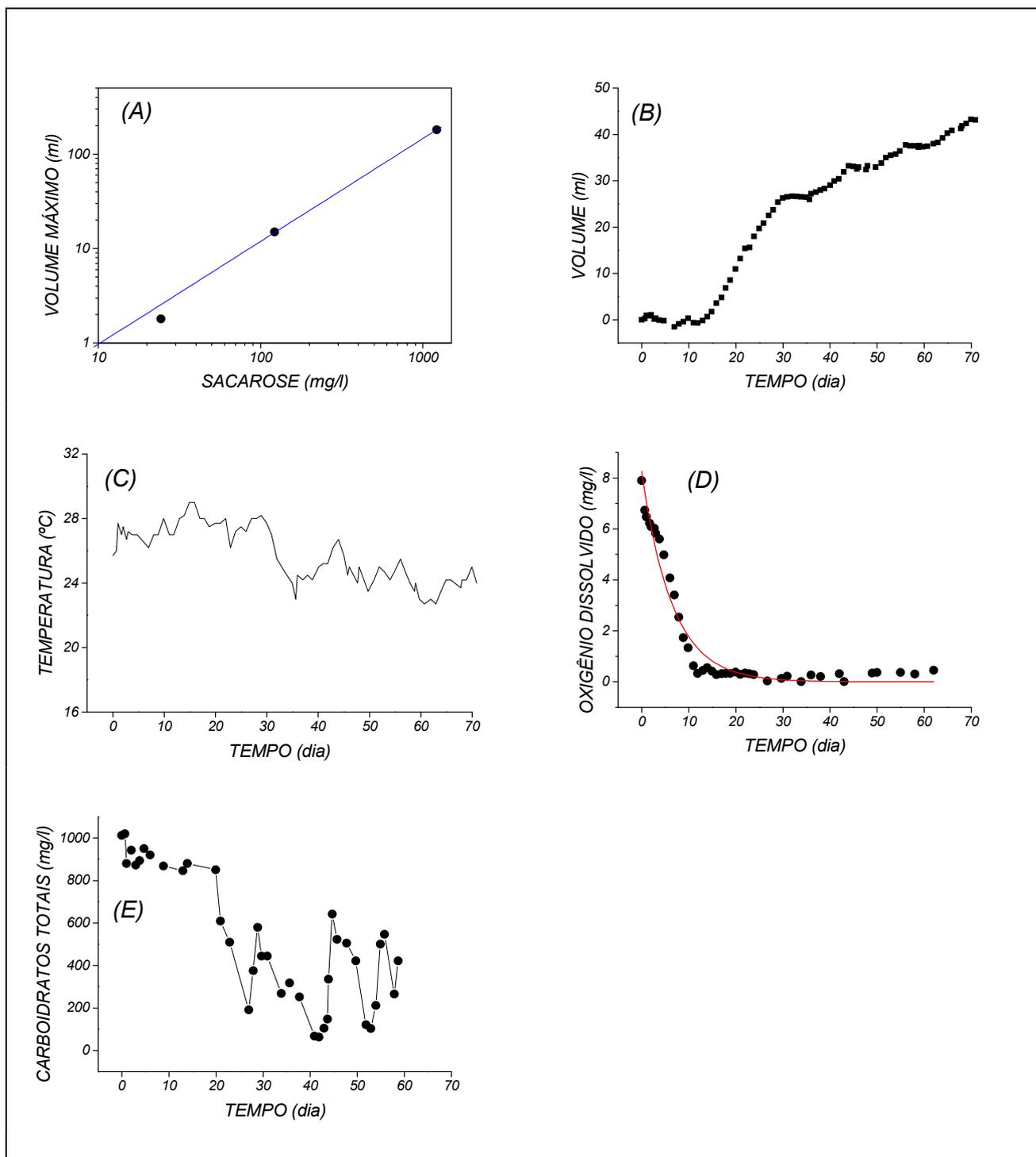


Figura 1 - Relação entre as concentrações iniciais de sacarose e o volumes máximos de gases formados (A). Variações temporais do volume de gases (B), da temperatura (C), do teor de oxigênio dissolvido (D) e da concentração de carboidratos totais (E) durante a mineralização da glicose (concentração inicial = 1,0 g/l).

segunda etapa, que perdurou até o final do período de observação (70 dias) caracterizou-se pelo predomínio dos processos de formação de gases, sobre os de seu consumo (assimilação biológica e/ou solubilização). Com relação a segunda etapa, é possível identificar, ainda, que após seu início ($\approx 13^\circ$ dia) até, aproximadamente o 28° dia, houve intensa formação de gases, após este período, as formações ocorreram, no entanto de forma descontínua.

A fase inicial do experimento foi marcada, em todos os frascos, pelo predomínio dos processos de assimilação, esta situação perdurou até o 7° dia; neste período foram assimilados, em média, 1,76 ml (Figura 1B). A análise das evoluções temporais de acúmulo de gases nos 5 frascos que continham a mesma concentração inicial de glicose (1000 mg/l) indica que a reprodutibilidade do método não foi mantida a partir do 35° dia de experimento. No entanto, admitiu-se que os resultados médios descrevam satisfatoriamente os processos globais de formação de gases (6). A ocorrência de descontinuidades durante o processo de acúmulo de gases sugere que pode ter havido uma sucessão de processos na formação dos gases, predominando, portanto, as cinéticas de reações simultâneas e consecutivas, em detrimento dos eventos em paralelo. Neste sentido, durante o processo de decomposição da matéria orgânica, verifica-se que a formação dos vários gases seguem cinéticas específicas, cada qual com produtos intermediários e condicionantes particulares (1, 2, 6, 7).

De acordo com a variação temporal da temperatura (Figura 1C) é possível notar que o experimento desenvolveu-se sob uma temperatura média de $25,8^\circ\text{C}$, com uma variação de $1,72^\circ\text{C}$ (desvio padrão). A temperatura máxima observada foi de $29,0^\circ\text{C}$ e a amplitude de variação situou-se em $6,3^\circ\text{C}$. As variações de temperatura ocorreram dentro de um intervalo ($22,7$ a $29,0^\circ\text{C}$) similar ao usualmente registrado no reservatório do Monjolinho (8, 9,10), desse modo supõe-se que esta variável não tenha se constituído em fator limitante no desenvolvimento dos processos. No entanto, devido a interação entre temperatura e taxas metabólicas, é de se esperar que esta variável tenha influenciado nas taxas de geração e assimilação dos gases (1, 4, 6, 7, 11, 12).

Comparando-se os resultados apresentados através da Figura 1 (B e D) é possível verificar que, em termos médios, na fase correspondente ao período de adaptação dos organismos (≈ 14 dias), na qual as taxas de formação não suplantaram as de assimilação, houve intenso consumo de oxigênio dissolvido. Conforme assinalado, em todos os frascos este período teve duração de 7 dias ou seja, até que as concentrações de OD decaíssem a $2,7$ mg/l. Desse modo, como era esperado, os teores de oxigênio dissolvido se constituíram em outro fator responsável pela não formação de gases, uma vez que, identifica-se a intensa liberação de gases principalmente através das rotas metabólicas típicas dos processos anaeróbios. Em condições aeróbias o CO_2 constitui-se no principal gás formado, uma vez que este produto dissocia-se na água e pode ser consumido na forma

de carbonatos, não houve incremento no volume de gases. A partir de aproximadamente o 14º dia do início do experimento é possível notar que com a exaustão do oxigênio ($\approx 0,2$ mg/l) iniciou-se efetivamente o processo de acúmulo de gases. Em paralelo a estes processos é possível identificar, através da Figura 1E, que neste período (até aproximadamente o 20º dia) houve um decaimento relativamente lento dos teores de glicose ($t_{1/2} = 9,7$ dias). A partir do 20º dia até aproximadamente o 27º, iniciou-se um intenso decaimento dos teores de glicose ($t_{1/2} = 96,8$ dias). Tal decaimento, provavelmente, tenha se refletido na acentuada formação de gases, que se iniciou no 14º dia e estabilizou-se entre o 28º ao 35º dia.

Os incrementos dos teores de glicose observados entre os dias 27 e 30, 40 e 45 e 52 e 55 provavelmente decorram da sucessão das populações de microrganismos e/ou da formação de produtos de excreção. A comparação de tais resultados com os apresentados na Figura 1 (B e E) sugere que houve sincronismo entre o aparecimento destes picos de glicose (carboidratos) e as fases de acúmulo de gases. Isto é, nos períodos correspondentes aos decaimentos dos teores de carboidratos acusou-se a formação de gases. Por outro lado, nas etapas nas quais observa-se que houve incrementos dos teores de carboidratos registra-se as fases de não formação e/ou acúmulo de gases. Estes resultados suportam a hipótese anteriormente mencionada na qual supõe-se que os processos de formação de gases sejam, predominantemente, regidos por mecanismos consecutivos. Questão esta que deverá ser melhor discutida a partir de acompanhamento qualitativo da composição da mistura de gases formados.

4. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais adotadas os resultados obtidos permitiram chegar as seguintes conclusões: 1º) Os volumes de gases formados apresentaram-se proporcionais as concentrações iniciais da fonte de matéria orgânica adicionada (sacarose); 2º) Os processos de formação de gases tornaram-se efetivos após a exaustão dos teores de oxigênio e desenvolveram-se descontinuamente; 3º) O coeficiente de decaimento dos carboidratos em condição anaeróbia foi cerca de 10 vezes maior que o estimado na presença de oxigênio e 4º) Em condição anaeróbia houve sincronismo entre os processos de formação de gases e de decaimento dos teores de carboidratos.

5. AGRADECIMENTOS

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

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) WETZEL, R. G. **Limnology**. Philadelphia: Saunders, 1983. 767p.
- (2) GAUDY, A. F. Jr., GAUDY, E. T. **Microbiology for environmental scientists and engineers**. New York: McGraw Hill, 1980. 736p.
- (3) THURMAN, E. M. **Organic geochemistry of natural waters**. Dordrecht: Nijhoff/Junk, 1985. 497p.
- (4) SOROKIN, Y. I. & KADOTA, H. **Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh water**. IBP n° 23. Oxford: Blackwell, 1972. 112 p.
- (5) DUBOIS, M., GILLES, K., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A. & SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Anal. Chem.**, v.28, p. 350-356, 1956.
- (6) ANTONIO, R.M., BIANCHINI Jr., I. & de MOURA, L. F. Utilização de método manométrico para estimativa da mineralização anaeróbia em ecossistemas aquáticos: I - Aspectos metodológicos. Anais do XI SINAFERM. São Carlos: UFSCar, (no prelo).
- (7) MANDELSTAM, J., McQUILLEN, K. & DAWES, I. **Biochemistry of bacterial growth**. 3ª ed. Oxford: Blackwell, 1982. 449p.
- (8) SELEGHIM, M. H. R. **Flutuações nas comunidades planctônicas e bentônicas de um ecossistema artificial raso (Represa do Monjolinho - São Carlos - SP), com ênfase nas populações de protozoários e bactérias**. São Carlos: UFSCar, 1992. 162p. (Dissertação)
- (9) BROCKELMANN, A. M. **Análise da abundância dos nanoflagelados e bactérias sazonalmente e a curtos intervalos de tempo, em um pequeno reservatório artificial raso (Represa do Monjolinho, São Carlos - SP)**. São Carlos: UFSCar, 1995. 105p. (Dissertação)
- (10) PAMPLIN, P. A. Z. **Caracterização nictimeral da migração vertical do zooplâncton em um reservatório artificial raso (Reservatório do Monjolinho, UFSCar, São Carlos - SP)**. São Carlos: UFSCar, 1995. 61p. (Monografia)
- (11) BREZONIK, P. L. **Chemical kinetics and process dynamics in aquatic systems**. Boca Raton: Lewis, 1994. 754 p.
- (12) LEVENSPIEL, O. **Engenharia das reações químicas**. Vol 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 211p.