



VARIAÇÃO DIÁRIA DA CONCENTRAÇÃO DE METANO NA COLUNA D'ÁGUA DE QUATRO LAGOAS COSTEIRAS DO LITORAL NORTE DO RIO DE JANEIRO.

Guimarães, C. de C.

Marinho, C.C.; Farjalla, V.F.; Esteves, F. de A.; Bozelli, R.L.

Laboratório de Limnologia, Avenida Carlos Chagas Filho, 373. Edifício do Centro de Ciências da Saúde, Bloco A, sala A0 - 008, Universidade Federal do Rio de Janeiro. CEP: 21941 - 590, Cx. Postal: 68020
email: camillaguimaraes.bio@gmail.com

INTRODUÇÃO

Nas camadas superficiais do sedimento de ecossistemas aquáticos, cerca de alguns milímetros, ocorrem os processos aeróbicos de decomposição, uma vez que este compartimento tem um importante papel na estocagem e remineralização de nutrientes (Esteves 1998). Com a extinção do oxigênio começam a ocorrer os processos anaeróbicos, onde as moléculas orgânicas são degradadas consecutivamente por uma série de microrganismos até a formação de produtos finais gasosos, como o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4) (Conrad, 1989; Zinder, 1993). No caso dos organismos metanogênicos, é utilizado apenas um restrito grupo de substratos de pequena cadeia carbônica (ex.: metanol, etanol, acetato, CO_2/H_2), com os quais eles produzem metano, processo esse conhecido como metanogênese. Como consequência desta especialização, em muitos ambientes anaeróbicos os metanogênicos são dependentes de outros organismos para obter seu substrato (Zinder, 1993) e, por isso, a metanogênese é o último processo desse tipo de metabolismo. O CH_4 produzido, quando em condições aeróbicas, pode ser oxidado a CO_2 através da ação de bactérias denominadas metanotróficas. Estas bactérias estão presentes nas camadas superficiais do sedimento ou na coluna d'água, regiões normalmente oxigenadas. Vários estudos discutem sobre o balanço entre a produção, metanogênese, e consumo de CH_4 , metanotrofia, em ambientes aquáticos, no entanto, divergem quanto ao percentual de CH_4 oxidado a CO_2 (Rudd & Hamilton, 1978; King & Blackburn, 1996; Reay, D.S., 2001; Freeman *et al.*, 2002). Em função da dinâmica destes processos, a concentração de metano na coluna d'água pode variar significativamente, não apenas sazonalmente, mas também ao longo do dia. Marinho *et al.*, 2004), discutem fatores importantes que controlam a dinâmica de CH_4 em lagoas costeiras do litoral Norte do Rio de Janeiro, como a salinidade, nível d'água, comunidade de macrófitas aquáticas e eutrofização.

OBJETIVOS

Esta pesquisa tem por objetivo, observar a variação diária da concentração de metano na coluna d'água de quatro lagoas costeiras do litoral norte do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, no Parque Nacional (PARNA) da Restinga de Jurubatiba, localizado entre as coordenadas $22^{\circ}24'S$ e $41^{\circ}42'W$. Foram investigadas quatro lagoas com diferentes características, quanto aos impactos antrópicos, coloração da água e salinidade. A lagoa Cabiúnas têm perímetro aproximado de 10 Km e área de $0,34 \text{ Km}^2$ (Panosso *et al.*, 1998). Apresenta profundidade média de 3,5m, salinidade de 0,3ppt e pH 6,93 (Farjalla *et al.*, 2005). Esta lagoa apresenta padrão dendrítico e uma extensa região litorânea, vastamente colonizada por macrófitas aquáticas. Possui águas escuras, graças à presença de substâncias húmicas, e é caracteristicamente oligotrófica. Encontra-se relativamente bem preservada, sendo utilizada pela população como área de lazer. A lagoa Carapebus apresenta área de $6,5 \text{ Km}^2$, sendo a maior das lagoas estudadas. Apresenta profundidade média de 1,7m, salinidade de 4,4ppt e pH 7,70 (Prast *et al.*, 2004). Possui coloração mediana em relação às outras lagoas estudadas, graças à menor influência da margem e da vegetação de entorno nessa lagoa. Apresenta sinais de impacto antrópico, graças a aterros e moradias em suas margens e lançamento de esgoto in natura proveniente da comunidade do entorno da lagoa. Essa ocupação marginal persiste, pois parte da lagoa não está localizada dentro da área do parque e, portanto, não se encontra protegida. A lagoa Comprida possui área de $0,13 \text{ Km}^2$, profundidade média de 2,0m, salinidade 0,4 ppt e pH 5,54 (Prast *et al.*, 2004). Apresenta coloração muito escura devida à alta concentração de substâncias húmicas provenientes da vegetação de restinga

no entorno da lagoa. Possui margens bem preservadas e não sofre impactos antrópicos. É caracterizada como distrófica. A lagoa Piripiri tem profundidade média de 0,2m, salinidade 64,3 ppt e pH 7,66 (Farjalla *et al.*, 2005). Possui elevadas concentrações de carbono orgânico dissolvido e nutrientes. Sofre grande influência marinha, pois seu principal eixo encontra-se paralelo ao mar, enquanto que as outras lagoas possuem o principal eixo perpendicular ao mar. Essa influência pode ser observada em seu pH levemente alcalino, seus altos valores de condutividade e salinidade. Possui águas claras e sofre impactos antrópicos devido à ocupação de suas margens por casas de veraneio. Dentre as lagoas estudadas é a única não formada pelo fechamento da desembocadura de um rio, sendo formada na depressão entre os cordões arenosos da restinga.

Coleta

As coletas foram realizadas em janeiro de 2001 no caso das lagoas Cabiúnas e Piripiri e junho de 2003 nas lagoas Carapebus e Comprida. Elas ocorreram ao longo do dia para a determinação das concentrações de metano na coluna d'água. Para profundidades inferiores a 1 m foi feita uma amostragem integrada e para profundidades superiores a 1 metro as medidas foram feitas na superfície e no fundo. Com relação as lagoas Cabiúnas e Piripiri, as coletas foram realizadas na região litorânea próxima a barra de areia que separa as lagoas do mar nos seguintes horários: 8h, 12h, 16h, 20h, 24h, 4h, 8h. Nas coletas realizadas nas lagoas Comprida (estação 1 no ponto central e estação 2 região litorânea densamente colonizada por macrófitas aquáticas) e Carapebus (estação 1 localizada mais próxima a barra de areia, estação 2 região mais interior ao continente e estação 3 região litorânea densamente colonizada por macrófitas aquáticas), as estações amostrais encontravam-se mais afastadas da região próxima a barra de areia. Nessas lagoas a coleta foi feita nos seguintes horários: 6h, 12h, 18h, 24h, 6h. Nos pontos 1 e 2 da lagoa Carapebus e 1 da lagoa Comprida foram feitas medições na superfície e fundo da coluna d'água. Já nos pontos 2 da lagoa Comprida, ponto 3 da lagoa Carapebus, e os pontos únicos das lagoas Cabiúnas e Piripiri foram coletadas amostras de água integrada.

Análises

Para medir as concentrações de metano na água, foram adicionados 8 mL de água da lagoa coletados com seringas plásticas, em frascos de vidro de 12 mL com septo de borracha (*exetainers*). Previamente foram adicionados 1,6 g de NaCl (20% p/v), e realizado "vácuo" nos frascos com auxílio de seringa de 50ml. Posteriormente, retirou-se uma alíquota da atmosfera interna do frasco para medir a concentração de metano, utilizando-se um cromatógrafo gasoso (modelo Varian Star 3400-Varian Co., EUA) equipado com detector FID (200°C), injetor (120°C) e uma coluna Poropak-Q (85°C) de 1 metro (60/100 mesh) e nitrogênio como gás de arraste. Nas lagoas Cabiúnas e Piripiri, foi determinada também a concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água pelo método Winkler, modificado por Golterman *et al.*, (1978).

Tratamento dos dados

Os resultados da concentração de metano na coluna d'água foram analisados estatisticamente através da ANOVA (nível de significância-0,05), sendo as médias comparadas através

do teste estatístico não paramétrico de Mann - Whitney. Nos casos em que foram detectadas variações significativas, os dados foram comparados com o teste de comparações múltiplas de Dunn. Foi utilizado o pacote estatístico do programa de computador GraphPad InStat.

RESULTADOS

Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nas concentrações de metano entre os horários de amostragem bem como superfície e fundo em cada estação na lagoa Carapebus. No entanto, foi encontrada diferença significativa entre as estações de amostragem ($p < 0,05$). A maior concentração de metano foi apresentada pela estação 3 ($2,58 \pm 0,35 \mu\text{M}$), colonizada por macrófitas aquáticas (*Typha domingensis*) seguida pela estação 2 ($0,70 \pm 0,12 \mu\text{M}$), e estação 1 ($0,20 \pm 0,01 \mu\text{M}$). Na lagoa Comprida nos horários de amostragem de 18 e 24h foram observadas concentrações de metano significativamente maiores ($p < 0,05$) que os demais horários na superfície da estação 1 ($0,24 \pm 0,02 \mu\text{M}$ e $0,25 \pm 0,02 \mu\text{M}$, respectivamente). Na estação 2, densamente colonizada por macrófitas aquáticas (*Eleocharis interstincta*) foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todos os horários de amostragem. Já nas lagoas Cabiúnas e Piripiri não foram observadas diferenças significativas entre os horários de coleta ($p > 0,05$). As concentrações de metano nessas lagoas foram, em geral, menores do que nos outros pontos de coleta, sendo as médias das concentrações nos diferentes horários de coleta para a lagoa Cabiúnas e Piripiri iguais a $0,18 \pm 0,01 \mu\text{M}$ e $0,19 \pm 0,01 \mu\text{M}$, respectivamente. As concentrações de oxigênio nessas lagoas variaram de 3 a 11 mgO₂/L.

Os resultados da concentração de metano na coluna d'água indicaram uma maior homogeneidade das lagoas Carapebus, Cabiúnas e Piripiri em relação à lagoa Comprida, quando observados os valores de concentração de metano ao longo do dia. No geral, a concentração de metano na coluna d'água foi maior nas estações densamente colonizadas por macrófitas aquáticas, indicando uma heterogeneidade espacial entre os pontos amostrados em cada lagoa. De acordo com Fonseca *et al.*, (2004) e Minello (2004), a presença de macrófitas aquáticas é um importante fator para o incremento das concentrações de metano no sedimento das lagoas costeiras do PARNA de Jurubatiba. Os resultados obtidos por estes autores sugerem que há grande influência das macrófitas aquáticas na concentração de metano na água intersticial do sedimento nas lagoas do PARNA de Jurubatiba. Isso se dá, provavelmente, porque através da decomposição desses vegetais, é fornecido substrato lábil aos organismos metanogênicos, além do intenso consumo de oxigênio em função da grande quantidade de matéria orgânica disponibilizada pelo detrito das macrófitas aquáticas, tornando o sedimento anaeróbico, aumentando a produção do metano no ambiente.

Entre as regiões colonizadas por macrófitas aquáticas das lagoas, a que apresentou maiores concentrações de metano ($p < 0,05$) na coluna d'água foi a lagoa Carapebus. As macrófitas aquáticas das lagoas Carapebus e Comprida são

de espécies diferentes, *T. domingensis* e *E. interstincta*, respectivamente, o que pode explicar estes resultados. A estação 1 da lagoa Comprida e a estação 1 da lagoa Carapebus apresentaram concentrações de metano mais próximas entre si ($0,20 \pm 0,03 \mu\text{M}$ e $0,20 \pm 0,012 \mu\text{M}$, respectivamente), significativamente menores ($p < 0,05$) aos valores encontrados na estação 2 da lagoa Carapebus ($0,70 \pm 0,12 \mu\text{M}$).

A variação diária encontrada na estação 2 da lagoa Comprida pode ser explicada pelo balanço de dois processos biológicos: fotossíntese e respiração. Durante o dia, os processos fotossintéticos são responsáveis pelo aumento da concentração de oxigênio na coluna d'água que podem favorecer os processos de oxidação do metano, principalmente na interface sedimento - água. Durante a noite, o processo de respiração torna - se preponderante, diminuindo a disponibilidade de oxigênio na água, podendo levar a redução da oxidação, e favorecimento da metanogênese. Isso pode acontecer tanto na coluna d'água como no sedimento (Ding *et al.*, 2004). Nos demais pontos não foram encontradas diferenças diárias na concentração de metano na coluna d'água. Nos pontos centrais pode não haver uma preponderância significativa entre a fotossíntese e respiração. Nas regiões colonizadas por macrófitas aquáticas esta preponderância deve ocorrer, no entanto, a homogeneização da coluna d'água com a região limnética pela ação dos ventos pode não permitir a visualização destas diferenças.

Utsumi *et al.*, 1998) encontraram uma concentração de $0,18 \mu\text{M}$ de CH_4 a $0,5\text{m}$ de profundidade em um lago raso e eutrófico no Japão (Lake Kasumigaura). Esse valor encontra - se próximo ao menor valor visto nesse estudo e pode estar relacionado a altas concentrações de oxigênio dissolvido ($6 - 12\text{mgO}_2/\text{L}$), que contribuem para as altas taxas de oxidação de metano na coluna d'água, encontradas pelos autores neste ecossistema, contribuindo para a diminuição da concentração de metano na água. Valores semelhantes de oxigênio dissolvido foram encontrados no presente estudo, nas lagoas Cabiúnas e Piripiri, o que pode indicar altas taxas de oxidação nas lagoas do PARNA de Jurubatiba. Portanto, considerando o balanço entre a produção e a oxidação do metano, esses ambientes podem ser importantes produtores de metano, principalmente em regiões colonizadas por macrófitas aquáticas.

Marinho *et al.*, 2009), estudando a variação diária da concentração de CH_4 em dois lagos subtropicais com diferentes estados tróficos, observaram um comportamento distinto entre os ecossistemas. O lago oligotrófico (lago Polegar) praticamente não apresentou diferença significativa ao longo do dia quanto a concentração de CH_4 na água, enquanto o lago de caráter eutrófico (lago dos Biguás), apresentou uma diminuição significativa nas concentrações durante o dia. Os valores médios de concentração de CH_4 na água variaram de $0,41 \pm 0,28 \mu\text{M}$ a $3,66 \pm 1,44 \mu\text{M}$ para o lago eutrófico e de $1,43 \pm 0,20 \mu\text{M}$ a $0,19 \pm 0,03 \mu\text{M}$ para o lago oligotrófico, nos períodos de novembro de 2001 e junho 2002, respectivamente. As concentrações de CH_4 no lago eutrófico, foram semelhantes as observadas na lagoa Carapebus, neste estudo. Tais resultados corroboram estudos realizados por Marinho *et al.*, 2003), que acompanhando a variação sazonal em três estações de coleta da lagoa de Carapebus, sugerem

um efeito positivo do lançamento de esgoto sobre a produção de CH_4 neste ecossistema.

CONCLUSÃO

Através dos resultados apresentados viu - se que há heterogeneidade espacial dentro de uma mesma lagoa, assim como entre as lagoas estudadas, porém a variação entre produção e oxidação do metano durante o dia não parece ser relevante nesses ambientes. Para melhor entendimento do balanço entre a produção e oxidação do metano nos ambientes costeiros tropicais é aconselhável a mensuração de outras variáveis que possam influenciar no processo, como a concentração de oxigênio dissolvido, disponibilidade de substratos e salinidade. Investigações sobre as comunidades de *Archeae* metanogênicas e de bactérias metanotróficas também se fazem importante, pois sua abundância e diversidade podem influenciar na dinâmica do metano nesses ambientes. A presença de macrófitas aquáticas nas lagoas pareceu ser o fator mais relevante na concentração de metano na coluna d'água, assim como, na sua variação diária. O ciclo do metano em ambientes costeiros tropicais tem sido pouco estudado. Para a melhor compreensão de processos relativos a produção, oxidação e emissão de metano nesses ambientes são necessários maiores estudos.

Os autores agradecem a Petrobrás e ao CNPq pelo financiamento do projeto, ao NUPEM/UFRJ pelo apoio para a realização do trabalho de campo, a Thaís Laque pelo auxílio nas coletas de campo nas lagoas Piripiri e Cabiúnas, a toda equipe do Laboratório de Limnologia/UFRJ, sem a qual este trabalho não seria realizado.

REFERÊNCIAS

- Conrad, R. (1989). Control of methane production in terrestrial ecosystems. In - Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Eds.: Andreae, M. O. & Schimel, D. S. Wiley - Interscience Publition. p. 39 - 58.
- Ding, W.X., Cai, Z.C., Tsuruta, H., (2004). Diel variation in methane emissions from the stands of *Carex lasiocarpa* and *Deyeuxia angustifolia* in a cool temperate freshwater marsh. Atmospheric Environment 38: 181-188.
- Esteves, F.A., (1998) Fundamentos de Limnologia, 2ª. ed. Interciência, Rio de Janeiro. 602p
- Farjalla, V.F., Laque, T., Suhett, A.L., Amado, A.M. & Esteves, F.A. (2005). Diel variation of bacterial abundance and productivity in tropical coastal lagoons: the importance of bottom - up factors in short - time scale. Acta Limnol. Bras. 17(4): 373 - 383.
- Fonseca, A. L.S., Minello, M., Marinho, C.C., Esteves, F.A. (2004) Methane concentration in water column and in pore water of a coastal lagoon (Cabiúnas lagoon, Macaé, RJ, Brazil). Braz. arch. biol. technol.47 (2): 301 - 308.
- Freeman, C.; Nevison, G.B.; Kang, H.; Hughes, S.; Reynolds, B. & Hudson, J.A. (2002). Contrasted effects of simulated drought on the production and oxidation of methane in a mid - Wales wetland. Soil Biol. and Biochem. 34: 61 - 67.

- Golterman, H. L., Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. (1978), *Methods of Physical and Chemical Analysis of Freshwaters*. Blackwell, Oxford. 214p
- King, G.M. & Blackburn, T.H. (1996). Controls of methane oxidation in sediments. *Mitt. Internat. verein. Limnol.* 25: 25 - 38.
- Marinho, C.C., Fonseca, A.L.S., Minello, M. & Esteves, F. A. (2004). Resultados e Perspectivas sobre o Estudo do Metano nas Lagoas Costeiras da Restinga de Jurubatiba e na Lagoa Imboassica na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. In: *Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. Eds.: Rocha, C.F.D., Esteves, F & Scarano F, R São Carlos: RiMa Editora. p. 273 - 294
- Marinho, C.C., Minello, M., Fonseca, A.L.S & Francisco de Assis Esteves (2003). Variação da concentração de metano na coluna d'água em uma lagoa costeira (Carapebus, RJ) inserida no Programa PELD site 5. *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil.* p.230 - 232.
- Marinho, C.C., Palma Silva, C., Albertoni, EF., Trindade, CR.& Esteves, FA. (2009) Seasonal dynamics of methane in the water column of two subtropical lakes differing in trophic status. *Braz. J. Biol.*, 69(2): 631 - 637
- Minello, M. (2004). Metanogênese sob a variação de salinidade em Lagoas Costeiras do Norte Fluminense: Implicações nas condições osmóticas e na competição por substratos. Dissertação de mestrado, PPGE, Depto de Ecologia, UFRJ. 89p.
- Panosso, R. F.; Attayde, J. L. & Muehe, D. (1998). Morfometria das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus: Implicações Para Seu Funcionamento e Manejo. p. 91 - 108. In: *Ecologia da Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Ed.: Esteves, F.A., NUPEM, 442p.
- Prast, A. E, Bozelli, R.L., Esteves, F.A., Meirelles, F.P.(2004) Lagoas costeiras da restinga de Jurubatiba: Descrição de suas variáveis limnológicas. In: *Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. Eds.: Rocha, C.F.D., Esteves, F & Scarano F, R. São Carlos: RiMa Editora p 245 - 253.
- Reay, D.S. (2001). Methane production and theoretical consumption in UK livestock production: is a realistic balance possible? *Chemosph.-Glob. Change Sci.* 3: 419 - 421.
- Rudd, J.W.M & Hamilton, R.D. (1978). Methane cycling in a eutrophic shield lake and its effects on whole lake metabolism. *Limnol. and Oceanogr.* 23(2): 337 - 348.
- Utsumi, M & Nojiri, Y. (1998) Oxidation of dissolved methane in a eutrophic, shallow lake: Lake Kasumigaura, Japan. *Limnol. and Oceanogr.* 43(3): 471 - 480
- Zinder, S. H. (1993). *Physiological ecology of methanogens*. In: *Methanogenesis*. Ed.: Ferry, J. G. New York & London. Chapman & Hall. p. 253 - 303.