

# INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS EM FLUXOS DE METANO NO PANTANAL SUL-MATOGROSSENSE

LUCIANO MARANI<sup>1</sup> E PLÍNIO CARLOS ALVALÁ<sup>2</sup>

**RESUMO:** O metano tem um importante papel na química da troposfera e estratosfera e na transferência de radiação. A maioria do CH<sub>4</sub> é produzida microbiologicamente sob condições anaeróbicas. As áreas alagadas naturais são a principal fonte de metano para a atmosfera. Neste trabalho, apresentamos os resultados de oito campanhas realizadas, durante os anos de 2004 e 2005, na região do Rio Miranda, dentro da região do Pantanal. Os fluxos de metano foram determinados usando a técnica de cúpula estática. Algumas variáveis que podem afetar as emissões de metano, como a profundidade da água, pH e potencial de oxiredução foram medidas. O fluxo médio, obtido a partir de 562 fluxos válidos, foi de  $133 \pm 393 \text{ mgCH}_4\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . A liberação de metano para a atmosfera acontece principalmente através do fluxo ebulitivo (através de bolhas), correspondendo a mais de 90% do fluxo total, com pequena parcela através de fluxo difusivo. Variáveis ambientais como profundidade e estratificação da coluna d'água mostraram ser um fator decisivo na emissão de metano por bolhas, e os fluxos difusivos mais intensos ocorreram em águas com as menores concentrações de oxigênio dissolvido.

**ABSTRACT:** Methane has an important role in tropospheric and stratospheric chemistry in the radiation transfer. The majority of CH<sub>4</sub> is produced microbially under anaerobic conditions. Natural wetlands are the principal source of methane to the atmosphere. In this work we present the results of eight campaigns those were performed during 2004 and 2005 near the Miranda River, inside the Brazilian Pantanal region. The methane fluxes were determined using the static chamber technique. Some environmental variables that may affect methane emissions, such as the water depth, pH and redox potential were also measured. The overall average flux from the 562 valid measured fluxes was of  $133 \pm 393 \text{ mgCH}_4\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ . The losses by bubbling dominate the methane release to the atmosphere, account up to more than 90% of the total flux, with short part through diffusive flux. Environmental variables like water depth and the presence of stratification on the water column seems to be an important factor in the methane emission by bubbles, and the more intense diffusive fluxes was occurred under condition of lowest concentrations of dissolved oxygen.

## Palavras-Chave

Emissão de metano; Áreas Alagadas.

## INTRODUÇÃO

O metano tem um papel importante na química da atmosfera, sendo um dos principais sumidouros do radical hidroxila (OH) que determina o poder oxidante da atmosfera. Além disso, o metano é um dos principais gases do efeito estufa, com uma contribuição relativa de cerca de 20% ao efeito observado (Wuebbles e Hayhoe, 2002).

---

<sup>1</sup> Divisão de Geofísica Espacial - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, DGE – INPE  
Av. dos Astronautas, 1.758 - CEP 12227-010 - São José dos Campos - SP - Brasil  
e-mail: lmarani@dge.inpe.br / Phone: 55-12-3945-6888 / Fax: 55-12-3945-6810

<sup>2</sup> Divisão de Geofísica Espacial - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, DGE – INPE  
Av. dos Astronautas, 1.758 - CEP 12227-010 - São José dos Campos - SP – Brasil  
e-mail: plinio@dge.inpe.br / Phone: 55-12-3945-6806 / Fax: 55-12-3945-6810

Desde o início da industrialização, a concentração de metano atmosférico aumentou por um fator de 2,5 estando próxima de 1750 ppbv (partes por bilhão em volume). O monitoramento contínuo da concentração global média nas últimas duas décadas mostra que esta tem aumentado continuamente. Sobreposta a essa tendência existe uma considerável variação interanual. O aumento nas concentrações é causado principalmente pela atividade humana, enquanto as variações interanuais podem ter uma contribuição considerável das áreas alagadas, que constituem a principal fonte natural de metano para a atmosfera terrestre.

Uma das principais áreas alagadas no Brasil é a região do Pantanal, uma planície alagada que representa um grande, mas pouco estudado, ecossistema tropical. O Pantanal ocupa uma área de 138.183 km<sup>2</sup>. O alagamento na região apresenta claramente um ciclo sazonal, com máximo após dezembro. Existe um atraso em relação ao período de chuvas, que tem início em outubro, devido ao lento escoamento da água na região. Alvalá e Kirchhoff (2000) mostraram a existência de um comportamento sazonal no fluxo de metano em uma lagoa próxima ao rio Miranda, associado à variação sazonal do alagamento na região. Além disso, outros fatores ambientais, como oxigênio dissolvido, profundidade e temperatura da água podem ter grande influência na emissão de metano de áreas alagadas para a atmosfera (Hamilton et al., 1995; Bastviken et al., 2004). Este trabalho apresenta uma análise da influência destes fatores ambientais nos fluxos de metano medidos em 5 áreas alagadas no Pantanal durante 2004 e 2005. As coletas foram realizadas a cada 3 meses (março, junho, setembro e dezembro de cada ano), na área próxima (cerca de 30 km) à Base de Estudos do Pantanal - BEP (19°34'S, 57°01'W), da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

## **METODOLOGIA**

Os fluxos de metano foram determinados usando a técnica de cúpula estática, descrita por Devol et al. (1988, 1990) e Bartlett et al. (1988, 1990). As cúpulas, com área de 0,066 m<sup>2</sup> e volume de 26 l, eram cobertas com uma manta refletiva para evitar variações na temperatura interna. Um bote foi utilizado para colocar as cúpulas nos pontos de coleta. As amostragens foram realizadas entre as 11:00 e 16:00 horas (hora local), feitas sempre sobre condições de pouco vento (abaixo de 3 m/s). Basicamente, a técnica consiste de coletas de amostras de ar realizadas em intervalos de tempo do interior de uma câmara. As amostras são coletadas em seringas de polietileno de 60 ml, equipadas com uma torneira de 3 vias, com trava tipo “*luer lock*”, em intervalos regulares (6, 12 e 18 minutos após a colocação da câmara). Além disso, variáveis ambientais que podem afetar as emissões de metano, como a profundidade, temperatura do ar e da água, pH, EH (potencial de oxidação) foram medidos.

As concentrações de metano foram determinadas no Laboratório de Ozônio, no INPE, utilizando-se um cromatógrafo a gás comercial (Shimadzu, GC-14A), equipado com um detector de

ionização de chama e uma coluna de análise empacotada com uma peneira molecular 5Å de zeolite. O fluxo de metano foi calculado a partir da variação da concentração de metano na cúpula, com um fluxo mínimo detectável  $1 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .

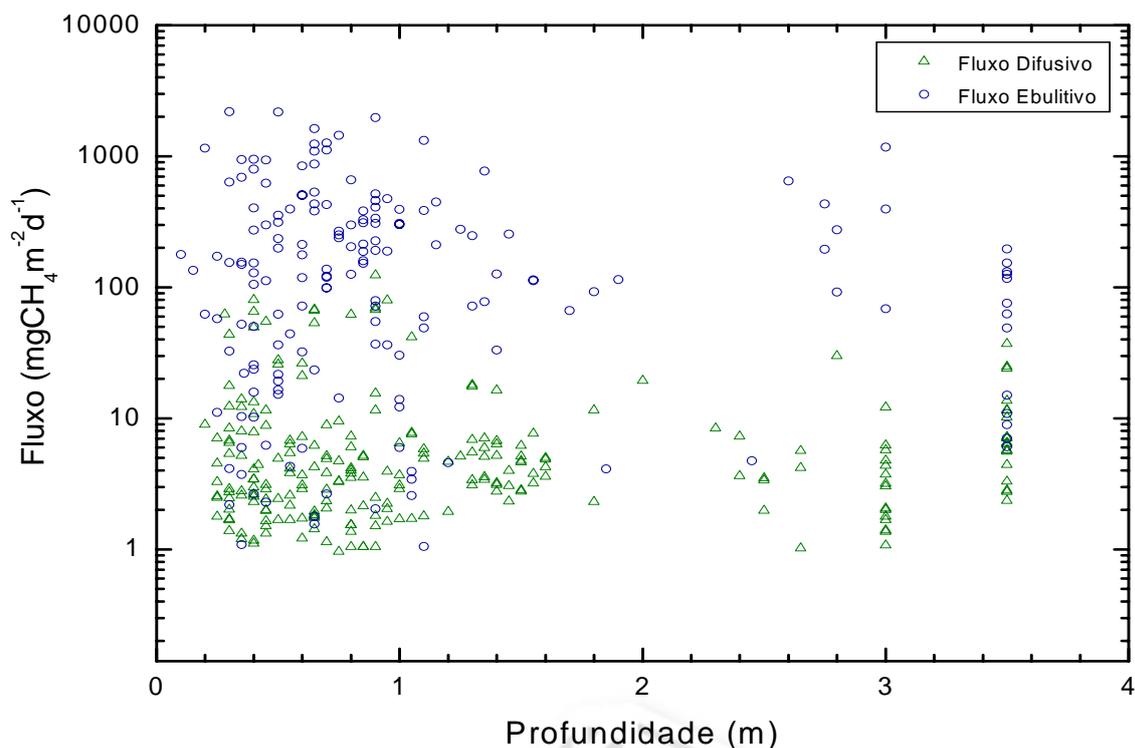
O fluxo de metano da superfície da água para a atmosfera é considerado constante ao longo do intervalo de tempo da medida, assim espera-se que o crescimento da concentração dentro da cúpula seja linear. Em algumas medidas, grandes aumentos na concentração são observados. Estes aumentos são considerados relacionados à emissão de metano dos sedimentos para a atmosfera através da liberação de bolhas. Os fluxos, então foram divididos em difusivo (constante) e ebulitivo (através de bolhas). Muitos pesquisadores (Devol et al., 1990, Crill et al., 1988, Bartlett et al., 1988, 1990; Bastviken et al, 2004) observam que a fração do componente ebulitivo pode chegar a aproximadamente 80% do fluxo geral, sendo assim o principal componente da emissão de metano das áreas alagadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de coletas (2004-2005) foi caracterizado por poucas chuvas na região, com a inundação atingindo uma área menor que a média histórica em 2004, enquanto o ano de 2005 pôde ser caracterizado como um período de seca (EMBRAPA, 2005).

O fluxo difusivo variou de 1 a  $145 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , com um fluxo médio de  $13 \pm 21 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (n=342) e uma mediana de  $5 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . Por outro lado, os fluxos ebulitivos apresentaram valores maiores que aqueles observados para o transporte difusivo, além de uma maior variabilidade (de 1 a  $5719 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), com uma média de  $320 \pm 581 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (n=220) e uma mediana de  $130 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . O fluxo geral médio sobre todas as medidas foi de  $133 \pm 393 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , próximo aos valores reportados por Bartlett e Harris (1993) em medidas realizadas na planície Amazônica ( $148 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ).

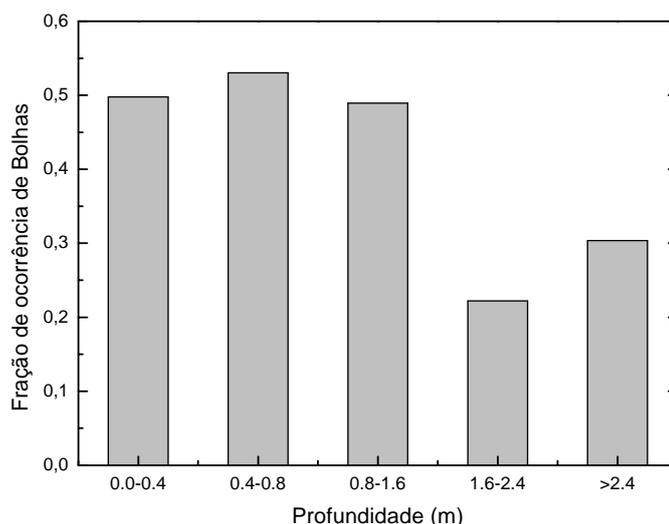
A Figura 01 mostra a distribuição dos fluxos difusivo e ebulitivo em função da profundidade. Apesar de, aparentemente, os fluxos difusivos e ebulitivos mais intensos estarem em águas mais rasas, não foi observada uma correlação estatística significativa entre a profundidade e o fluxo de metano.



**Figura 01.** Fluxo difusivo e ebulitivo em função da profundidade

A liberação de metano através de bolhas ocorreu em 47% das medidas de fluxo, mas foi responsável por mais de 90% do total da emissão de metano. Keller e Stalard (1994) observaram que o fluxo ebulitivo depende da profundidade e de variações na pressão hidrostática, com a intensidade de bolhas sendo inversamente proporcional à profundidade. Por outro lado, Bastviken et al. (2004) observaram que a frequência de bolhas é não linearmente relacionada com a profundidade. Assim, o mecanismo de transporte por bolhas parece ser mais complexo, envolvendo diversas variáveis, como a turbulência na água e mudanças na pressão hidrostática próxima aos sedimentos. A Figura 02 apresenta a frequência da ocorrência de bolhas em função da profundidade. Em nossas medidas, a frequência de ocorrência variou entre 22% e 53%, com a maior frequência em áreas alagadas rasas. Profundidades maiores que 2,4 metros foram encontradas apenas em uma baía permanente, que apresentou frequência de bolhas alta, próxima à observada para as áreas mais rasas.

A partir do potencial de oxiredução  $EH$  (medido em mVolts), pode-se obter a *intensidade de oxiredução*,  $p\varepsilon$ , um parâmetro considerado equivalente ao pH mas que representa a tendência da solução em doar elétrons. A partir do  $p\varepsilon$  e do pH, a pressão parcial de oxigênio dissolvido na água ( $p_{O_2}$ ) pode ser calculada, como descrito por Stumm e Morgan (1996). Neste trabalho, mediu-se o pH e o  $EH$  na superfície da água. Em duas campanhas (março e setembro de 2005), também foram realizadas medidas destas variáveis a 50 cm de profundidade, com o auxílio de uma mangueira e seringa (mostradas na Tabela 01).



**Figura 02.** Frequência de ocorrência de bolhas por faixa de profundidade

Os fluxos de metano não mostraram uma correlação estatisticamente significativa com as medidas de pH e  $EH$  ( $p_{O_2}$ ) superficial. Para os fluxos difusivos, observou-se uma ocorrência de fluxos mais intensos em águas com menor  $p_{O_2}$ . Este resultado está relacionado ao fato de uma menor concentração de  $O_2$  ser característica de um meio mais anaeróbico, responsável por uma menor destruição do metano dissolvido na coluna de água durante seu transporte para a superfície. As medidas em duas profundidades mostraram que, quando existe uma estratificação da água (representada pela existência de um gradiente nas grandezas medidas) o fluxo difusivo é minimizado, e a liberação de metano se dá principalmente através de bolhas.

TABELA 01. Medidas de pH, EH,  $p\epsilon$  e  $p_{O_2}$  (apresentada na forma de log) em duas profundidades

Prof. da medida	Fluxo Difusivo (n=54)		Fluxo Ebulitivo (n=67)	
	Superfície	50 cm	Superfície	50 cm
pH	$7,4 \pm 0,8$	$7,3 \pm 0,8$	$7,4 \pm 1,0$	$7,2 \pm 1,0$
EH (mV)	$-0,020 \pm 0,021$	$-0,019 \pm 0,021$	$-0,005 \pm 0,026$	$-0,012 \pm 0,022$
$p\epsilon$	$-3,6 \pm 3,9$	$-3,6 \pm 3,8$	$-1,0 \pm 4,5$	$-2,1 \pm 3,7$
log $p_{O_2}$	$-67,8 \pm 15,0$	$-68,1 \pm 14,0$	$-56,9 \pm 15,9$	$-62,8 \pm 15,0$

## CONCLUSÕES

O fluxo médio de metano observadas na região do Pantanal Sul Matogrossense ( $133 \text{ mgCH}_4\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) foi próximo ao observado em outras áreas alagadas tropicais, como a planície Amazônica. O fluxo ebulitivo domina a emissão geral, respondendo por cerca de 90% do metano emitido no período. Apesar de os fluxos difusivo e ebulitivo não apresentarem uma correlação direta com a profundidade, a frequência de ocorrência de bolhas parece estar bem relacionada com a espessura da lâmina de água, sendo maior em menores profundidades. Além da profundidade, outros fatores

parecem influenciar no mecanismo preferencial de transporte do metano dos sedimentos para a atmosfera através da coluna de água. A existência de um gradiente na concentração de oxigênio dissolvido (causado por uma estratificação da coluna de água) parece ser um fator decisivo para minimizar o fluxo difusivo, favorecendo assim a liberação por meio de bolhas.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a UFMS (Universidade Federal do Mato Grosso do Sul) pelo apoio operacional, aos técnicos do Laboratório de Ozônio pelo apoio técnico, e ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), CNPq (projeto 474816/03-6) e CAPES pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvalá, P.C. e Kirchhoff, V.W.J.H. Methane fluxes from the Pantanal floodplain in Brazil: seasonal variation. In: J. van Ham et al. (Eds.) **Non-CO2 Greenhouse gases: scientific understanding, control and implementation.**: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Bartlett, K.B. Crill, P.M. Bonassi, J.A. Richey, J.E. Harriss, R.C. Methane flux from the Amazon River floodplain: emissions during the rising water. **J. Geophys. Res.**, 95, 1990.
- Bartlett, K.B. Crill, P.M. Sebacher, D.I. Harris, R.C. Wilson, J.O. Melack, J.M. Methane flux from the central Amazonian floodplain. **J. Geophys. Res.**, 93, 1988.
- Bartlett, K.B., and Harriss, R.C., Review and assessment of methane emission from wetlands, **Chemosphere**, 26, 1993.
- Bastviken, D., Cole, J., Pace, M. and Tranvik, L., Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and global estimate, **Global Biogeochemical Cycles** 18, 2004.
- Crill, P.M. Bartlett, K.B. Wilson, J.O. Sebacher, D.I. Harriss, R.C. Melack, J.M. MacIntyre, S. Lesack, L. Smith-Morrill, L. Tropospheric methane from an Amazonian floodplain lake. **J. Geophys. Res.**, 93-D2, 1988
- Devol, A.H. Richey, J. E. Clark, W.A. King, S. L. Martinelli, L. A. Methane emissions to the troposphere from the Amazon floodplain. **J. Geophys. Res.**, 93, 1988.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Cheia e seca no Pantanal, <<http://www.cpap.embrapa.br/destaques/cheia.htm>>, (online), 2006.
- Hamilton, S.K., Sippel, S.J., and Melack, J.M., Oxygen depletion and carbon dioxide and methane production in waters of the Pantanal wetland of Brazil, **Biogeochemistry**, 30, 1995.
- Keller, M.,e Stallard, R.F., Methane emission by bubbling from Gatun Lake, Panama. **Journal of Geophysical Research**, 99, 1994.
- Stumm, W. e Morgan, J.J.; Aquatic Chemistry – Chemical equilibria and rates in natural waters, Wiley-Interscience Publication, New York, 1996.
- Wuebbles, D.J. e Hayhoe, K. Atmospheric methane and global change. **Earth-Science Reviews**, 57, 2002.