

## **RESULTADOS PRELIMINARES DE VARIAÇÃO DE LONGO PRAZO EM EMISSÕES DE METANO EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS.**

*Marcelo Gomes da Silva<sup>1</sup>; Luciano Marani<sup>1</sup>; Lia Braz<sup>1</sup>; Willian José Ferreira<sup>1</sup>; Plínio Carlos Alvalá<sup>1</sup>*

**Resumo** - A rede hidrográfica brasileira tem grande potencial para a geração de energia por meio da implantação de usinas hidrelétricas. No entanto, a formação de lagos introduz mudanças no ambiente que podem levar a alterações no padrão de emissão de gases do efeito estufa. O entendimento de como ocorrem os processos de emissão destes gases em reservatórios de centrais hidrelétricas vem sendo amplamente questionado por diversos setores. Neste trabalho apresenta-se um estudo preliminar sobre o comportamento da emissão de metano em seis reservatórios brasileiros com relação à idade dos lagos. Resultados de trabalhos anteriores foram utilizados para complementar as observações com dados do período de 1 a 15 anos de idade, fase onde se espera que ocorram as maiores emissões de metano do lago para a atmosfera. Alguns dos reservatórios estão presentes nos dois estudos, o que possibilitou a avaliação comparativa do comportamento das emissões após o período de 10 anos entre os dois trabalhos.

**Palavras-Chave** - Metano, reservatórios, efeito estufa.

## **PRELIMINARY RESULT OF LONG TERM VARIATIONS IN THE METHANE EMISSIONS ON HIDRELETICAL POWER DAMNS**

**Abstract** - The Brazilian hydrographic network has great potential for energy generation through the implementation of hydroelectric plants. However, the formation of lakes introduces changes in the environment that may lead to changes in the emission pattern of greenhouse gases. Understanding how the emission processes of these gases occur in reservoirs of hydropower plants has been widely questioned by several sectors. This paper presents a preliminary study on the behavior of methane emission in six Brazilian reservoirs with respect to age of the lakes. Results from a previous study were used to supplement the observations with data from the period 1-15 years old, which was the phase here the higher emissions of methane from the lake to the atmosphere are expected. Some reservoirs are present in the two studies, which allowed an evaluation of emission behavior after the 10-year period between the two studies.

**Keywords** - Methane, reservoirs, greenhouse effect.

### **1. INTRODUÇÃO**

A disponibilidade de energia é crucial para o desenvolvimento econômico, mas poucos países dispõem de recursos hídricos abundantes para promover a energia hidrelétrica. Apesar da aparente vantagem de ser considerada uma fonte de energia ambientalmente limpa (Roland *et al.*, 2010), desde os anos 1990 uma forte preocupação ambiental com relação à contribuição das represas hidrelétricas para o balanço de gases do efeito estufa deu início a especulações sobre as emissões em reservatórios (Fearnside, 2004).

<sup>1</sup> INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. CCST - Centro de Ciências do Sistema Terrestre. Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jardim da Granja – 12227-010 – São José dos Campos/SP, (12) 3208-6806. E-mail: engmarcogomes@gmail.com; lmarani@gmail.com; lia.braz@hotmail.com; will.ferreira@hotmail.com; plinio@dge.inpe.br

Diversos pesquisadores apontam que a formação de grandes corpos de água originados com a construção de usinas hidrelétricas introduz importantes alterações no uso do solo e podem levar a mudanças significativas no balanço local de muitos gases, incluindo os principais gases do Efeito Estufa (Lima *et al.*, 2008; Duchemin *et al.*, 2006; Guérin *et al.*, 2006; Abril *et al.*, 2005; Rosa e Santos, 2000; Galy-Lacaux *et al.*, 1999).

A vegetação inundada pelo represamento do rio está sujeita à decomposição liberando CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> para a atmosfera. A condição anóxica no fundo da barragem leva à decomposição anaeróbica da matéria orgânica e à formação de CH<sub>4</sub> por microrganismos metanogênicos, que pode ser transportado para a superfície da água e então liberado para a atmosfera (Galy-Lacaux *et al.*, 1997).

A produção de metano pela decomposição da matéria orgânica tem um papel importante nos ciclos de carbono e representa cerca de 80% do gás que adentra a atmosfera (Manahan, 1994). Em geral, estas emissões dependem de uma ampla gama de características dos reservatórios que podem apresentar distribuição heterogênea. As principais fontes de matéria orgânica são a vegetação original, que pode não apresentar distribuição uniforme na área inundada.

Quantificar estas emissões passa a ter sua significância reforçada à medida que a demanda por energia se torna crescente no país. Faz-se necessária uma avaliação das emissões de gases de efeito estufa em hidrelétricas e seus impactos no balanço atmosférico.

Este trabalho apresenta dados obtidos em seis reservatórios de hidrelétricas no Brasil como parte do projeto “Uso de Tecnologias Espaciais, Geoprocessamento e Análises Estatísticas para o Estudo do Balanço de Carbono de Reservatórios de Hidrelétricas”, dentro do Projeto Estratégico Monitoramento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Hidrelétricas da ANEEL. Estes dados foram comparados com trabalhos anteriores numa avaliação da variabilidade temporal dos fluxos médios de metano e sua tendência ao longo de décadas após o alagamento destas áreas.

## **2. METODOLOGIA**

Entre março de 2011 e dezembro de 2012, a equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de São José dos Campos-SP, realizou 24 campanhas para coleta de amostras nos seis reservatórios selecionados. A distribuição dos reservatórios onde foram realizados os trabalhos de campo é apresentada na Figura 1.



Figura 1. Distribuição dos seis reservatórios estudados neste trabalho.

Foram realizadas quatro campanhas em cada reservatório, com intervalo de três meses entre cada uma, com o objetivo de cobrir todas as estações do ano, observando o ciclo de cheia e seca. No primeiro ano (2011), foram realizadas coletas em Batalha, Santo Antônio, Serra da Mesa e Três Marias, enquanto que Segredo e Xingó foram amostrados durante o segundo ano do projeto (2012). Embora neste período o projeto tenha realizado campanhas em 11 reservatórios, para este trabalho preliminar foram considerados somente os seis reservatórios citados. As principais características de cada reservatório são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Relação das hidrelétricas estudadas neste trabalho, vegetação característica, área, potência instalada, ano de construção do reservatório e idade durante as campanhas.

Hidrelétrica	Bioma	Área (km <sup>2</sup> )	Potência (MW)	Ano	Idade (anos)
Batalha	Cerrado	138	52,5	Em construção	0
Santo Antônio	Amazônica	350	3.150,4	Em construção	0
Serra da Mesa	Cerrado	1.784	1.275,0	1998	13
Segredo	Mata Atlântica	82	1.260,0	1991	21
Xingó	Caatinga	60	3.162,0	1988	24
Três Marias	Cerrado	1.040	396,0	1962	49

As coletas foram realizadas por meio da técnica de câmara estática (Khalil *et al.*, 1998; Marani e Alvalá, 2007), sendo o fluxo de metano determinado pela variação da concentração do gás no interior da câmara de PVC, com volume de 26 litros e área de contato com a interface da água de 0,066 m<sup>2</sup> que é posicionada sobre a lâmina d'água com o auxílio de flutuadores. Amostras do ar no interior da câmara foram coletas a intervalos de 1, 3, 6 e 9 minutos em seringas plásticas de

polipropileno (60 ml). As amostras foram enviadas ao laboratório, e a concentração de metano determinada por meio da técnica de cromatografia gasosa associada a um detector de ionização de chama.

Os fluxos de metano foram determinados então pela variação da sua razão de mistura no interior da câmara ao longo do tempo e são considerados válidos aqueles que apresentam variação linear, assumindo o fluxo como constante durante a amostragem e, além disso, que a razão de mistura inicial obtida na regressão linear seja próxima à observada na atmosfera no momento da coleta (Marani e Alvalá, 2007).

### 3. RESULTADOS

Ao final das 24 campanhas realizadas nos seis reservatórios, foram obtidas mais de 2.500 amostras que resultaram na determinação de aproximadamente 630 fluxos de metano. A partir dos fluxos obtidos, foi calculada a média aritmética para cada reservatório. A comparação dos fluxos médios dos reservatórios em diferentes idades é mostrada na Figura 2, que também apresenta as médias de emissão obtidas em estudos anteriores e sumarizados por COOPE (2002), marcadas em azul na figura.

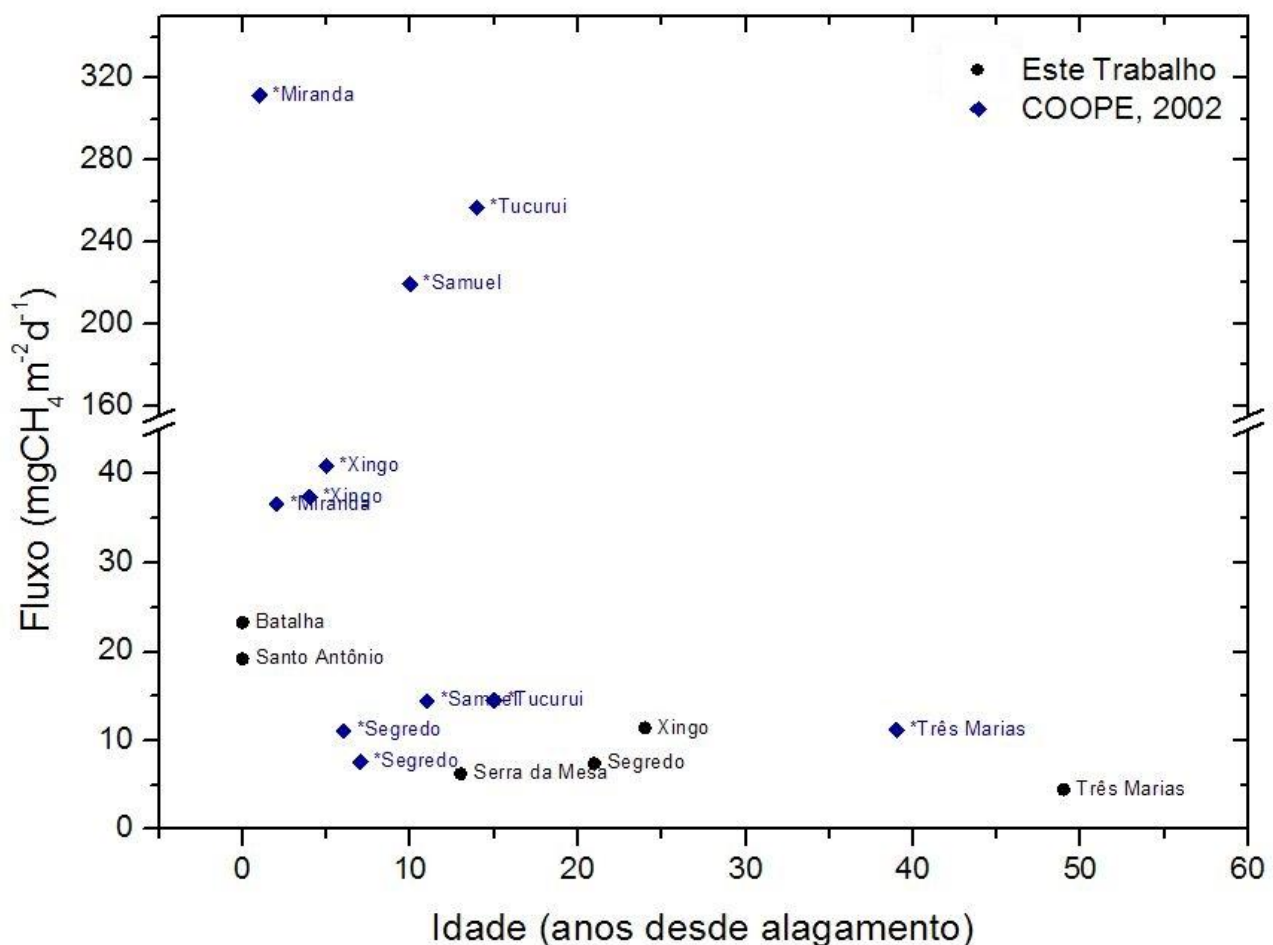


Figura 2. Fluxo de metano médio em função da idade do reservatório, obtidos neste trabalho (preto), e adaptados de COOPE (2002) (azul).

Como se observa na Tabela 1, entre os quatro reservatórios estudados neste trabalho o mais jovem é o de Serra da Mesa, com 13 anos quando foi amostrado. Este fato não permitiu a observação das emissões de metano antes desta idade, na qual se supõe que a maioria do estoque de matéria orgânica alagada se decompõe e quando seriam esperadas maiores emissões de metano.

Com o intuito de avaliar o comportamento dos reservatórios desde a construção e alagamento até algumas décadas depois, a Figura 2 apresenta também fluxos médios obtidos por COOPE (2002), para diversos reservatórios com idades de 1 a 10 anos. Também foram adicionados na figura aqueles apresentados em COOPE (2002), que sumarizam três estudos realizados na década de 1990 em diversos reservatórios, alguns dos quais foram novamente estudados neste trabalho. Assim, pode-se também comparar as emissões do mesmo reservatório após quase 15 anos das medidas apresentadas pela COOPE nos reservatórios de Xingó, Segredo e Três Marias.

Como observado com a comparação dos dados deste trabalho com os da COOPE (2002), os resultados sugerem que há uma tendência de redução de emissão de longo prazo, pois os reservatórios mais antigos apresentaram fluxos médios menores. Já os maiores fluxos foram encontrados nas três hidrelétricas ainda em construção, onde as medidas foram realizadas nos rios e afluentes da área que constituirá os reservatórios. Os maiores fluxos médios de metano foram observados nos dois reservatórios em construção (Batalha e Santo Antônio). Neles, as medidas foram realizadas nos rios e seus afluentes. Além disso, a variabilidade entre seca e cheia permite o crescimento de vegetação no período de seca, que é alagada com a chegada das cheias e toda a matéria orgânica carregada pelos afluentes se concentra na calha dos rios. Esta disponibilidade de matéria orgânica, juntamente com as menores profundidades em comparação com lagos de reservatórios, pode ser a explicação para os intensos fluxos medidos, com valores próximos aos observados em áreas rasas alagadas sazonalmente, como o Pantanal (Marani e Alvalá, 2007) e Amazônia (Bartlett *et al.*, 1990).

Os dados de COOPE (2002) mostram que a intensidade de emissão nos primeiros anos após o alagamento foi significativamente mais intensa para a maioria dos reservatórios estudados. Logo após o alagamento, a decomposição da vegetação submersa e dos estoques de matéria orgânica presentes no solo pode levar a taxas altas de emissão de metano e gás carbônico. Após os primeiros anos, com o consumo do estoque de biomassa preexistente, espera-se que estas taxas apresentem um decaimento. A partir de então, as emissões são associadas principalmente à decomposição de matéria orgânica originária da bacia de drenagem à montante e da produção primária do próprio reservatório (fitoplâncton).

Este comportamento parece se confirmar tanto pelos fluxos observados, que mostram um aumento das emissões nos primeiros anos da mudança da fase rio para a fase reservatório e a posterior redução das emissões depois de cerca de 10 a 15 anos do alagamento, quanto pela comparação da evolução da emissão nos três reservatórios presentes nos dois estudos.

#### **4. CONCLUSÕES**

Os lagos formados pela implantação de usinas hidrelétricas se mostram fontes potenciais para a emissão de gases do efeito estufa. Neste trabalho, apresentamos os valores médios de emissão de metano em seis reservatórios, estudados entre 2011 e 2012, e o comportamento destas emissões com relação à idade dos lagos. A comparação com trabalhos anteriores permitiu cobrir um período de zero a 49 anos após o alagamento. Os resultados evidenciam que as emissões são mais significativas nos primeiros anos após o alagamento, apresentando uma tendência de redução principalmente 15 anos após o alagamento. Esta observação também é confirmada quando se comparam os fluxos médios obtidos nos reservatórios presentes nos dois estudos.



O consumo dos estoques de matéria orgânica originalmente submersa provavelmente é a principal causa deste comportamento. Após o decaimento destes estoques, as emissões se mostraram menores, e devem ter como origem a matéria orgânica transportada para o reservatório pelos afluentes e a produção primária do próprio reservatório.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao apoio da equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental e ao INPE, ao projeto, às concessionárias FURNAS, ELETRONORTE, CHESF E COPEL pelo apoio em campo e ao CNPq pela bolsa de doutorado (processo CNPq n° 142967/2011-4)

## REFERÊNCIAS

- ABRIL, G.; GUÉRIN, F.; RICHARD, S.; DELMAS, R.; GALY-LACAUX, C.; GOSSE, P.; TREMBLAY, A.; VARFALVY, L.; SANTOS, M.A.DOS; MATVIENKO, B. (2005). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana), *Global Biogeochem. Cycles* 19, GB4007.
- BARTLETT, K.B.; Crill, P.M.; BONASSI, J.A.; RICHEY, J.E.; HARRISS, R.C. (1990). Methane flux from the Amazon River floodplain: emissions during the rising water. *J. Geophys. Res.* 95 (D10), Pp. 16773-16788.
- COOPE. (2002). Emissões de Dióxido de Carbono e de Metano pelos Reservatórios Hidrelétricos Brasileiros, in: *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência*. Ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 114p.
- DUCHÉMIN, E.; LUCOTTE, M.; CANUEL, R.; SOUMIS, N. (2006). Reservoir emissions upon ice break-up: first assessment of methane and carbon dioxide emissions from shallow and deep zones of boreal reservoirs upon ice break-up. *Lakes Reservoirs Res Manage* 11, pp. 9–19.
- FEARNSIDE, P.M. (2004). *As Usinas Hidrelétricas Mitigam O Efeito Estufa? O Caso Da Barragem De Curuá-Uma*. [S.N.].
- GALY-LACAUX, C.; DELMAS, R.; JAMBERT, C.; DUMESTRE, J.F.; LABROUE, L.; RICHARD, S.; GOSSE, P. (1997). Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11(4), pp. 471-483.
- GALY-LACAUX, C.; DELMAS, R.; KOUADIO, J.; RICHARD, S.; GOSSE, P. (1999). Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2), pp. 503-517
- GUÉRIN, F.; ABRIL, G.; RICHARD, S.; BURBAN, B.; REYNOUARD, C.; SEYLER, P.; DELMAS, R. (2006). Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33.
- KHALIL, M.K.; RASMUSSEN, R.; SHEARER, M. (1998). Effects of production and oxidation process on methane emissions from rice fields. *Journal of Geophysical Research*, 103(D19) pp. 25233-25239.
- LIMA, I.B.T; RAMOS, F.M.; BAMBACE, L.A.W.; ROSA, R.R. (2008). Methane emissions from large dams as renewable energy resources: a developing nation perspective. *Earth and Environmental Science*, 13(2), pp. 193-206.

- MANAHAN, S.E. (1994). *Environmental Chemistry*, 6th ed., CRC Press, Inc., Boca Raton, p. 117
- MARANI, L.; ALVALÁ, P.C. (2007). Methane emissions from lakes and floodplains in Pantanal, Brazil. *Atmospheric Environment* 41, pp. 1627-1633.
- ROLAND, F.; VIDAL, L.O.; PACHECO, F.S; BARROS, N.O.; ASSIREU, A.; OMETTO, J.P.H.B.; CIBLERIS, J. J. (2010). Variability of carbon dioxide flux from tropical (Cerrado) hydroelectric reservoirs, *Aquat. Sci.*, 72(3), pp. 283–293.
- ROSA, L.P.; SANTOS, M.A. (2000). Certainty and uncertainty in the science of greenhouse Gas emissions from power dams-a report on the state of the art for the World Commission on Dams. In: *Final Report WCD*.