



## PAPEL DA AQUICULTURA NA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM RESERVATÓRIOS

Thassia Pine **Gondek**<sup>1</sup>; Marcelo Gomes **da Silva**<sup>2</sup>; Danilo F. T. **Garofalo**<sup>3</sup>; Viviane C. **Bettanin**<sup>4</sup>;  
Ana Paula **Packer**<sup>5</sup>

Nº 20411

**RESUMO** – O crescimento da população mundial apresenta desafios ao nosso futuro, sobretudo aos sistemas de alimentos e à agricultura. Um dos principais impactos associados à essa cadeia produtiva de proteína animal é a liberação dos gases de efeito estufa (GEE), entretanto as informações sobre as emissões associadas à cadeia produtiva de peixes ainda são escassas. O principal objetivo desse trabalho foi avaliar a influência das atividades aquícolas no balanço de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. Para isso, foram realizadas três campanhas extensivas de coleta de amostras no ano de 2019 nos meses de abril, julho e setembro no reservatório de Ilha Solteira em três regiões - Formoso, Cancan e Ponte Pensa – sendo selecionados pontos para a coleta, o tanque rede, a montante e a jusante, e calculado os fluxos dos gases nas áreas. Os resultados preliminares indicam que há influência dos tanques na emissão de metano, entretanto esta é restrita à área de manejo e não tem impacto nas áreas à jusante. Já em relação aos gases dióxido de carbono e óxido de nitroso não foi observada nenhuma alteração significativa produzida pela aquicultura.

**Palavras-chaves:** Gases de efeito estufa, aquicultura, reservatório, mudanças climáticas

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geologia, UNICAMP, Campinas-SP; thassiapgondek@gmail.com

2 Colaborador, Doutor em Geofísica Espacial, Bolsista DTI-A, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

3 Colaborador, Doutor em Geografia, Consultor, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

4 Colaboradora, Graduação em Química, Técnica, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP;

5 Orientadora: Pesquisadora Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; paula.packer@embrapa.br



**ABSTRACT** – *The growth of the world population presents challenges to our future, mainly to the food and agriculture systems. One of the main impacts associated with this animal protein chain is the release of greenhouse gases (GHG), but information on how the fish production chain is still scarce. Therefore, the main objective of this work was to evaluate the influence of aquaculture in the balance of CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O. For this, three extensive data and data collection campaigns were carried out in 2019, during April, July, and September at Ilha Solteira reservoir. Three regions were considered - Formoso, Cancan and Ponte Pensa - with points being selected for collection, the tank network, upstream and downstream, and calculation of gas flows in the areas. Preliminary results show that there are influence of tanks on methane emissions, but this is restricted to the management area and has no impact on downstream areas. Regarding the gases carbon dioxide and nitrous oxide, no significant changes were observed in aquaculture.*

**Keywords:** Greenhouse gases, aquaculture, reservoir, climate change

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial apresenta desafios ao nosso futuro, sobretudo aos sistemas de alimentos e à agricultura. Impulsionadas pela forte demanda de uma classe média global emergente, as dietas se tornarão mais ricas e diversificadas, e o crescimento de alimentos de origem animal será particularmente forte (GERBER *et al.*, 2013). Um dos principais impactos associados à cadeia produtiva de proteína animal é a liberação dos principais gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera, como o metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Em 2005, foi estimado que as cadeias produtivas de proteína animal foram responsáveis pela emissão de aproximadamente 7,1 gigatoneladas (Gt) de CO<sub>2</sub>-eq (1 Gt = 10<sup>6</sup> toneladas), correspondendo a aproximadamente 14,5% do total de emissões induzidas por atividades humanas (49 Gt de CO<sub>2</sub>-eq) (GERBER *et al.*, 2013; IPCC, 2014). A criação de gado bovino é considerada a principal fonte emissora de GEE por quilograma de carne produzido (15,6 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg), sucedida por suínos (6,1 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg) e aves (5,4 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg) (MACLEOD *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas houve uma tendência para a elevação do consumo da carne de peixe, destacando-se que a produção mundial de animais aquáticos provenientes da aquicultura teve uma taxa média de crescimento anual de 4,8% durante o período 2011-2017 (COCHRANE *et al.*, 2009). Em relação ao consumo do peixe per capita, houve um aumento de 9,0 kg em 1961 para 20,2 kg



em 2015, um crescimento médio de aproximadamente 1,5 kg por ano (FAO, 2018). Desse modo, a pesca e a aquicultura globais contribuem com um total de 88,6 milhões de toneladas de peixe, desempenhando anualmente um relevante papel na segurança alimentar de um grande número de países, além de serem essenciais para atender à demanda de proteínas de uma crescente população global (PANMAO *et al.*, 2019).

O Brasil possui o potencial de se tornar protagonista na aquicultura, sendo o setor de produção de proteína animal que apresentou maior incremento percentual entre 2004 e 2014, com crescimento anual médio de quase 8%, em comparação à bovinos (5,1%), frango (4,1%) e suínos (2,9%) (SCHULTER; VIEIRA, 2016). O cultivo de peixes demonstrou um aumento ainda mais significativo de 31% no país entre os anos de 2014 (578.800 t) a 2019 (758.006 t) (MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2020). Parte deste aumento se deve à prática de cultivo de peixes em tanques rede em reservatórios de Águas da União. Neste contexto, o Reservatório da UHE Ilha Solteira tem grande importância no cenário nacional de cultivo de peixe com produção de aproximadamente 121.083 t/ano em 2019, o que corresponde à aproximadamente 16% da produção do país. (MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2020).

Devido à sua importância, o reservatório de Ilha Solteira foi selecionado para investigação dos possíveis impactos relacionados ao cultivo de peixe em tanques rede. As informações sobre as emissões de GEE associadas à cadeia produtiva de peixes ainda são escassas e não permitem a comparação com as principais cadeias produtivas de proteínas animais (COCHRANE *et al.*, 2009). A maximização dos benefícios dos setores de pesca e da aquicultura só pode ser alcançada através do equilíbrio cuidadoso dos princípios de sustentabilidade ambiental, social e econômica na gestão de nossos recursos aquáticos naturais. (FAO, 2018; FAO, 2019).

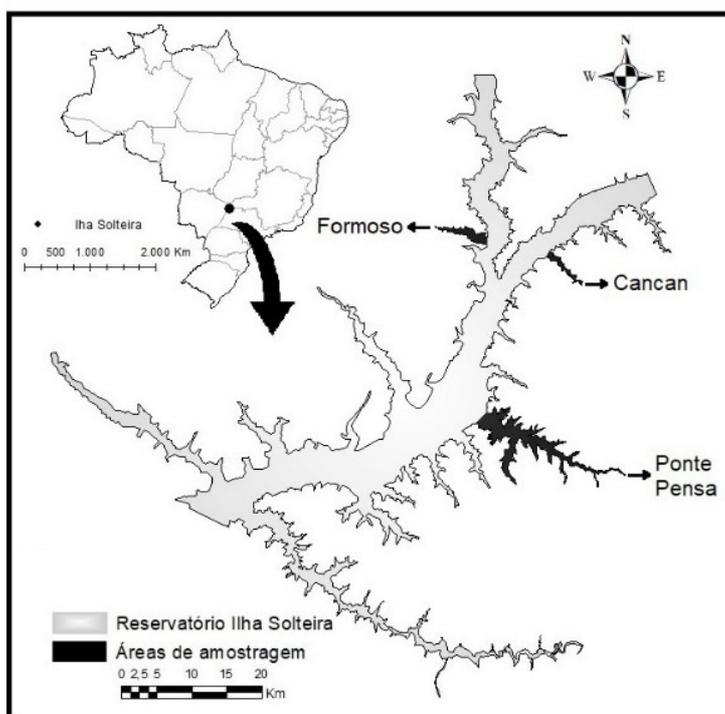
Portanto, o presente trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa de caráter descritivo quantitativo exploratório, realizada no reservatório de Ilha Solteira, localizado na divisa dos Estados de São Paulo e do Mato Grosso do Sul. O principal objetivo foi avaliar a influência das atividades aquícolas no balanço de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O, assim como investigar a variação de fatores biogeoquímicos que influenciam a emissão de GEE.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O Reservatório de Ilha Solteira está localizado entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, 20°25'42" S e 51°20'34" W, no Planalto Centro Ocidental, com altimetria média entre 300 e 600 m. Com área aproximada de 375.460 km<sup>2</sup> e volume máximo de 21,06 km<sup>3</sup>. A

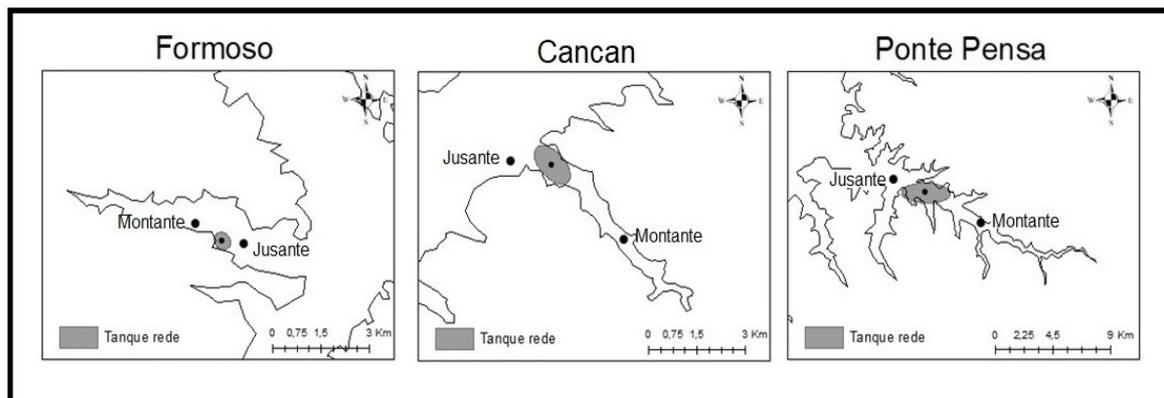
região possui clima tropical (Aw) – segundo a classificação climática de Köppen – com chuva no verão e seca no inverno e com temperaturas médias de 26,7° C nos meses mais quentes e abaixo de 21,5°C nos meses mais frios. É considerado um clima úmido devido à efetividade da precipitação (dentre 60 mm a 240 mm mensais) (CESP, 2006; LARRUBIA, 2020; VASILIO, 2006).

Foram realizadas três campanhas extensivas de coleta de amostras e dados no ano de 2019 nos meses de abril, julho e setembro. As amostragens foram realizadas em três tributários secundários do reservatório (Formoso, Cancan e Ponte Pensa) com criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques rede. (Figura 1)



**Figura 1.** Localização geográfica do Reservatório de Ilha Solteira e os locais de estudo – Formoso, Cancan e Ponte Pensa

Nessas três áreas amostrais - Formoso, Cancan e Ponte Pensa – foram selecionados pontos para a coleta sendo esses a montante dos tanques rede, que seria a emissão natural do tributário, os pontos no tanque rede, e o ponto à jusante dos tanques rede (Figura 2).



**Figura 2.** Locais de amostragem à montante, entre os tanques rede e à jusante. A extensão dos tanques rede foi representada com uma elipse.

As amostras de (GEE) foram coletadas com câmaras difusivas e funis coletores para quantificar os fluxos de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  trocados na interface água-atmosfera. A utilização dos dois equipamentos permite a diferenciação da forma de transporte onde as câmaras retêm apenas a componente difusiva e os funis coletam as bolhas liberadas do sedimento (IEA/HYDRO, 2012). As amostras de GEE foram armazenadas em vials de 20 ml e transportados para a Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna - SP) para determinação da razão de mistura de GEE em cada amostra através de cromatografia gasosa (CIOLA, 1985)

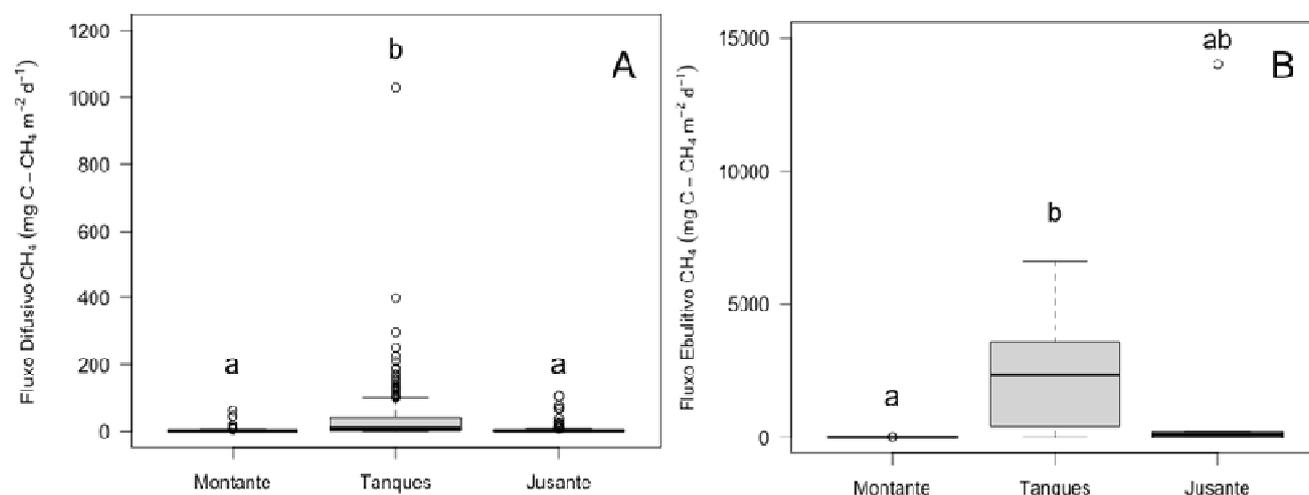
Em cada ponto amostral foram medidos parâmetros biogeoquímicos da água. A temperatura da água, pH, potencial de oxirredução, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido e total de sólidos dissolvidos foram medidos com uma sonda multiparâmetros de qualidade da água da marca Horiba (modelo U-53), enquanto que a profundidade foi medida com um profundímetro portátil da marca Hondex (modelo PX-7). O sedimento nos pontos amostrais foi coletado com o auxílio de uma draga do tipo Van Veen para quantificação em laboratório de carbono orgânico total e nitrogênio orgânico total.

Para testar a hipótese que tanques rede influenciam as emissões de GEE no reservatório de Ilha Solteira, os fluxos de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis, devido à ausência de normalidade, em relação aos locais de coleta à montante dos tanques rede, nos locais dos tanques rede e à jusante dos tanques rede. O nível de significância de 0,05 foi considerado para as análises estatísticas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Metano (CH<sub>4</sub>)

A Figura 3 apresenta os fluxos de CH<sub>4</sub> coletados nas áreas de Formoso, Cancan e Ponte Pensa, nos meses de abril, julho e setembro de 2019. Para avaliar a influência do manejo de peixes, os fluxos obtidos em diferentes compartimentos do reservatório ao longo das três campanhas foram agrupados em função do local de amostragem referente à montante dos tanques, entre os tanques rede e à jusante. Os fluxos difusivos e ebulitivos de metano são apresentados nas Figuras 3A e 3B, respectivamente. Os fluxos difusivos e ebulitivos de CH<sub>4</sub> tiveram valores significativamente maiores nos pontos de tanques rede, quando comparados com os fluxos no montante e jusante, sugerindo que o manejo dos peixes pode ter influência na emissão de CH<sub>4</sub>. Os fluxos ebulitivos, apesar dos elevados valores quando comparados aos fluxos difusivos, não foram registrados em toda a área dos tanques, indicando que a liberação de bolhas é pontual e não deve ser extrapolada para toda a área dos tanques. Os valores dos fluxos à jusante dos tanques apresentam valores próximos aos observados no montante, indicando que a influência dos tanques na emissão de metano é restrita à área de manejo e não tem impacto nas áreas à jusante.



**Figura 3.** Boxplot dos fluxos difusivos (A) e ebulitivos (B) de metano nas áreas à montante, entre os tanques rede e à jusante dos tanques. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

A influência dos tanques rede no fluxo de metano está de acordo com informações publicadas em outros estudos. Pires (2014) indicou que o sistema de cultivo em tanques-rede provocou um incremento de matéria orgânica no sedimento. Segundo Ghinham *et al.* (2018) o aumento de matéria orgânica no sedimento foi associado como um fator com significativamente

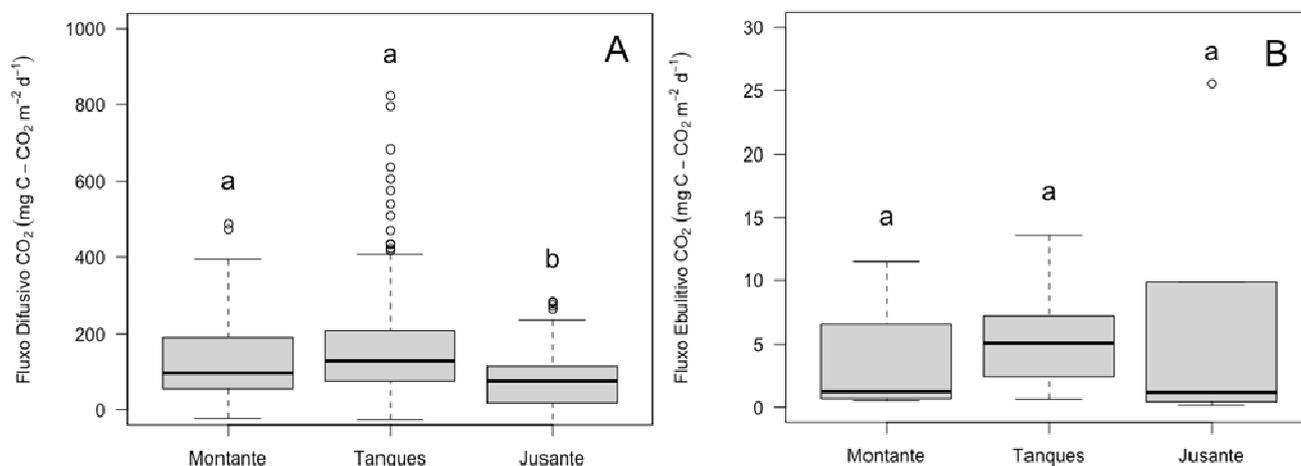


contribuição para o aumento da emissão metano em ambientes aquáticos. Deste modo, é possível sugerir que o aumento dos fluxos de metano está associado ao aumento dos sedimentos dos tanques redes, provavelmente relacionados a matéria orgânica proveniente da ração não consumida pelos peixes e fezes.

De acordo assim com os resultados obtidos neste estudo, o aumento de emissão de CH<sub>4</sub> nos tanques rede foi pontual considerando que o fluxo de CH<sub>4</sub> à jusante retornou à valores semelhantes aos observados na montante. Este resultado está em acordo com o observado por Ramos *et al.* (2012) e Mallasen *et al.* (2012) que afirmam que a piscicultura possui um impacto de baixa intensidade onde pontualmente existe alterações que não se estendem aos arredores, com a resposta ambiental e assimilação aquática.

### 3.2 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

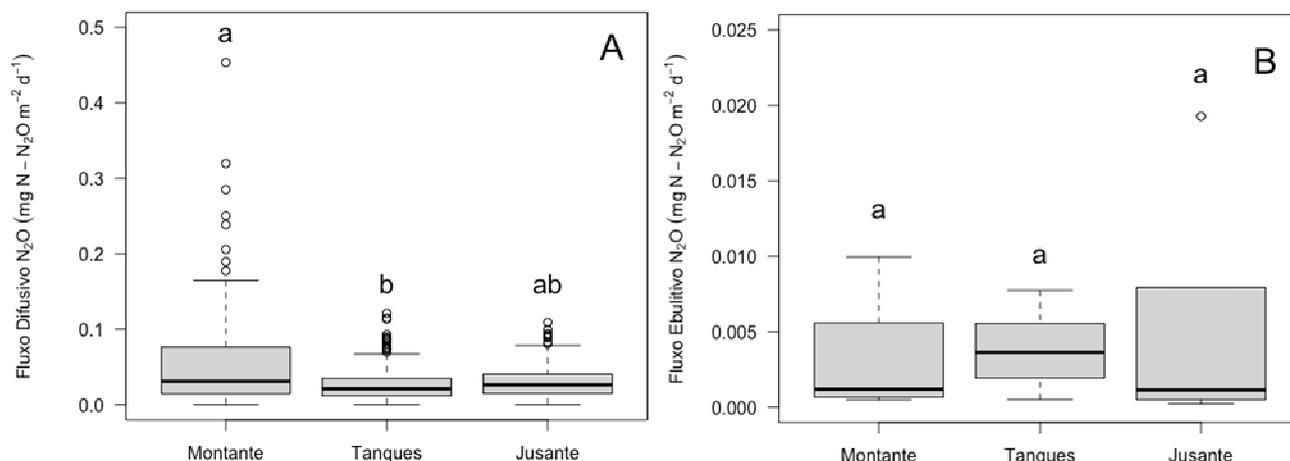
A Figura 4 apresenta os fluxos de CO<sub>2</sub> coletados nas áreas de Formoso, Cancan e Ponte Pensa, nos meses de abril, julho e setembro de 2019. Para avaliar a influência do manejo de peixes, os fluxos obtidos em diferentes compartimentos do reservatório ao longo das três campanhas foram agrupados em função do local de amostragem referente à montante dos tanques, entre os tanques rede e à jusante. Os fluxos difusivos e ebulitivos de dióxido de carbono são apresentados nas Figuras 4A e 4B, respectivamente. A comparação entre as formas de transporte mostrou que fluxos difusivos tiveram maior média quando comparados com fluxos ebulitivos. Para os fluxos difusivos, os valores de montante e tanques não se diferenciam estatisticamente dentre si, e os fluxos à jusante foram significativamente menores. Com relação aos fluxos ebulitivos, não houve diferença significativa entre montante, tanques e jusante.



**Figura 4.** Boxplot dos fluxos difusivos (A) e ebulitivos (B) de dióxido de carbono nas áreas à montante, entre os tanques rede e à jusante dos tanques. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

A Figura 5 apresenta os fluxos de N<sub>2</sub>O coletados nas áreas de Formoso, Cancan e Ponte Pensa, nos meses de abril, julho e setembro de 2019. Para avaliar a influência do manejo de peixes, os fluxos obtidos em diferentes compartimentos do reservatório ao longo das três campanhas foram agrupados em função do local de amostragem referente à montante dos tanques, entre os tanques rede e à jusante. Os fluxos difusivos e ebulitivos do óxido nitroso são apresentados nas Figuras 5A e 5B, respectivamente. A comparação entre as formas de transporte mostrou que fluxos difusivos tiveram maior média quando comparados com fluxos ebulitivos. Para fluxos difusivos, a maior média de N<sub>2</sub>O foi observada à montante. Por não haver diferença estatística entre os tanques e a jusante, não existem indícios científicos que sugerem influência do manejo de peixes no balanço de N<sub>2</sub>O difusivo. Os fluxos ebulitivos não tiveram diferença significativa entre a montante, tanques e jusantes, corroborando que o manejo não tem influência na emissão de N<sub>2</sub>O, apesar da alimentação e fezes dos peixes com elevado teor de nitrogênio que se deposita no sedimento. Os resultados observados estão de acordo com Mallasen *et al.* (2012), onde não foi observado alterações nas concentrações de nitrogênio total relacionadas ao cultivo dos peixes, se mantendo uniforme em tanque, jusante e montante, desse modo não possuindo alterações significativas em relação a produção de N<sub>2</sub>O.



**Figura 5.** Boxplot dos fluxos difusivos (A) e ebulitivos (B) de óxido nitroso nas áreas à montante, entre os tanques rede e à jusante dos tanques. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si ( $p < 0,05$ ).

### 3.4 Parâmetros biogeoquímicos

A influência de parâmetros biogeoquímicos foi analisada através de correlação com os fluxos difusivos de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . A correlação não pode ser aplicada aos fluxos ebulitivos devido ao pequeno número de ocorrências de liberação de bolhas do sedimento.

Não foi possível relacionar nenhum parâmetro com os fluxos difusivos de metano, somente com dióxido de carbono e o óxido nitroso. Em relação ao dióxido de carbono foram significantes a pressão, temperatura da água, pH e turbidez (Tabela 1). O óxido nitroso teve correlação com a temperatura do ar, condutividade elétrica, total de sólidos dissolvidos e nitrogênio em sedimento (Tabela 1). Os dados obtidos abaixo são relativos aos dados coletados nas áreas de Formoso, Cancan e Ponte Pensa, nos meses de abril, julho e setembro de 2019.

**Tabela 1.** Parâmetros relacionados com os fluxos difusivos de metano, dióxido de carbono e óxido nitroso. Sendo R a correlação e P a significância, utilizando a correlação de Pearson. Valores significativos estão em cinza.

Parâmetros	$\text{CH}_4$		$\text{CO}_2$		$\text{N}_2\text{O}$	
	R	P	R	P	R	P
Temperatura do ar	0.14	0.49	-0.20	0.32	0.54	0.00
Pressão	-0.12	0.56	0.43	0.03	0.05	0.76
Profundidade	0.29	0.14	-0.29	0.14	-0.02	0.91
Temperatura da água	0.24	0.23	-0.57	0.00	0.17	0.39
Ph	-0.01	0.95	-0.61	0.00	0.05	0.81
Potencial de oxirredução	0.20	0.31	-0.36	0.07	0.03	0.88
Condutividade Elétrica	0.04	0.84	0.16	0.43	0.60	0.00
Turbidez	-0.02	0.94	0.41	0.03	-0.18	0.36



Oxigênio dissolvido	0.01	0.97	-0.23	0.25	0.14	0.48
Total de Sólidos Dissolvidos	0.04	0.84	0.15	0.47	0.61	0.00
Carbono em Sedimento	0.06	0.78	0.20	0.33	-0.36	0.06
Nitrogênio em Sedimento	0.05	0.82	0.17	0.39	-0.39	0.04

A análise mostrou que a variação de parâmetros biogeoquímicos está intrinsecamente correlacionada com a variação do balanço de gases de efeito estufa. Em relação ao metano, que mostrou ser influenciado pela piscicultura em tanque rede, é necessário utilizar métodos de análise estatística multiparâmetros para avaliar a interação entre os parâmetros. As relações dos parâmetros ambientais com os fluxos de GEE são complexas por atuarem em diversos processos bioquímicos que resultam na produção ou consumo dos GEE. A análise de correlação é importante para entender a importância da variação dos parâmetros no balanço de cada gás. Entretanto, análises estatísticas mais robustas devem ser empregadas para entender a interação em conjunto dos parâmetros no balanço dos gases. A análise estatística multivariada será realizada em uma próxima etapa do projeto e por isso não foi apresentada neste trabalho.

#### 4 CONCLUSÃO

O manejo dos peixes tem influência nos fluxos difusivos e ebulitivos de metano devido ao aumento da emissão de CH<sub>4</sub> nas áreas de tanque rede, entretanto, mesmo com esse aumento pontual, os valores voltam ao padrão, onde montante e jusante possuem valores próximos. Em relação ao dióxido de carbono e óxido de nitroso a variação observada entre as áreas foi associada a alterações do ambiente, e não ao manejo dos peixes. Com as análises preliminares não foi possível identificar quais parâmetros podem estar correlacionados com o aumento do fluxo do metano.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq por financiar o presente projeto.

Os resultados apresentados neste trabalho fazem parte do banco de dados constituídos pelo Projeto Ações Estruturantes e Inovação para o Fortalecimento das Cadeias Produtivas da Aquicultura no Brasil (BRS AQUA), financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Embrapa e Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP/MAPA).



## 6 REFERÊNCIAS

CESP. **40 Peixes do Brasil**: CESP 40 anos. Rio de Janeiro, 2006. 208 p.

CIOLA, R. **Fundamentos da cromatografia a gás**. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1985. 453 p.

COCHRANE, K.*et al.* **Climate change implications for fisheries and aquaculture**: overview of current scientific knowledge. Rome, FAO, 2009. 212 p. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530).

FAO. **FAO yearbook**: fishery and aquaculture statistics. Rome: FAO, 2019. 108 p. Disponível em: <[http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2017\\_USBcard/booklet/CA5495T\\_web.pdf](http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2017_USBcard/booklet/CA5495T_web.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2018**: meeting the sustainable development goals. Rome: FAO, 2018. 227p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i9540EN/i9540en.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

GERBER, P. J.*et al.* **Tackling climate change through livestock**: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO, 2013. 139 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020

GHINHAM, A.; DUMBABIN, M.; SIMON, A. Importance of sediment organic matter to methane ebullition in a sub-tropical freshwater reservoir. In: SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 621., 2018. [**Anais...**]. Austrália: [s.n.], 2018. p. 1199–1207.

IEA/HYDRO. Annex XII: hydropower and the environment, task 1: managing the carbon balance in freshwater reservoirs. In: GUIDELINES FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF NET GHG EMISSIONS FROM RESERVOIRS, v. 1, 2012. **Measurement programs and data analysis, international energy agency e implementing agreement for hydropower technologies and programmes**. Rio de Janeiro: International Energy Agency; Agency, 2012. 180 p.

IPCC. **Climate change 2014: mitigation of climate change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>> Acesso em: 20 jun. 2020.

LARRUBIA, C. B. **Método AHP como instrumento de apoio à decisão para a manutenção da qualidade da água do reservatório de Ilha Solteira**. 2020. 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MACLEOD, M. **Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: a global life cycle assessment**. Rome: FAO, 2013. 171 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3460e.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MALLASEN, M.*et al.* Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 1, p. 15-30, 2012.

MEDEIROS, F.; ALBUQUERQUE, A. **Anuário 2020: peixe BR da piscicultura**. PEIXE BR. São Paulo, 2020. 136p.

PANMAO, V. M-D.; ZHAI, P.; PORTNER, H-O. **Global warming of 1.5°C**: an IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. [S.l.]: Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. 630p.



PIRES, T. B. **Análise de parâmetros físico-químicos e biológicos no sistema intensivo de produção de tilápia no Nilo.** 2014. 84 p. Dissertação Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Maringá.

RAMOS, L. P. *et al.* **Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião.** Botucatu: UNESP, 2012. P. 87-98.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia.** Rio de Janeiro: IPEA 2017. 47 p.

VASILIO, V. A. A. **Balneabilidade, índice de qualidade da água e bioensaios de toxicidade nas praias do reservatório de Ilha Solteira/SP.** 2006. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira.