

Reservatórios Tropicais de Água Doce para Usos Múltiplos: Oportunidades e Desafios no Contexto das Mudanças Climáticas

Flavia Gonzaga Pileggi¹; Eduardo Mario Mendiondo²

Palavras-Chave – Reservatórios, Soluções Baseadas na Natureza, Emissão de GEE

RESUMO

Este estudo, em andamento, tem como objetivo avaliar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) de reservatórios de água doce em biomas tropicais, com o intuito de subsidiar estratégias de mitigação por meio de Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Utilizando o modelo G-Res Tool, da International Hydropower Association (IHA), foi realizada uma estimativa preliminar das emissões para a Barragem Duas Pontes, atualmente em construção no rio Camanducaia, município de Amparo, situado no Bioma Mata Atlântica. Os resultados indicam uma emissão líquida de aproximadamente 353 gCO₂e/m²/ano, com destaque para as contribuições do metano (CH₄). Os dados de entrada incluem informações ambientais, hidrológicas e de uso do solo da bacia hidrográfica. Pretende-se ampliar a análise para outros reservatórios e aprofundar ações de manejo sustentável, buscando a resiliência climática.

INTRODUÇÃO

Reservatórios de água doce desempenham um papel fundamental na matriz energética e na gestão hídrica de países de clima tropical, como o Brasil. São utilizados para geração de energia, abastecimento, irrigação, controle de cheias e outras finalidades socioeconômicas. Mundialmente, a expansão de sistemas hidrelétricos tem sido considerada uma das formas mais sustentáveis de produção de energia, devido à sua capacidade de gerar eletricidade renovável em grande escala (Gibbs et al., 2020).

Entretanto, estudos recentes têm destacado que esses reservatórios também contribuem significativamente para as emissões de gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Essas emissões decorrem de processos biogênicos, como a decomposição anaeróbica de matéria orgânica acumulada em ambientes aquáticos, particularmente em regiões de alta produtividade biológica e com altas cargas de nutrientes provenientes do uso agrícola e urbano.

¹ Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo 01246-904, Brasil; flavia.pileggi@usp.br

² Escola de Engenharia de São Carlos São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 13566-590, Brasil; emm@sc.usp.br

Assim, outros aspectos ambientais e climáticos associados aos reservatórios, como eutrofização e mudanças no ciclo hidrológico ocasionadas por mudanças climáticas, tentam ser considerados nos estudos de avaliação de impacto (Deemer, 2016).

As regiões tropicais se destacam por sua maior vulnerabilidade, pois apresentam temperaturas elevadas, maior produtividade biológica e maior frequência de eventos extremos, que intensificam os ciclos de formação de CH₄. Essas condições tornam imperativa a implementação de estratégias de gestão sustentável que apoiem na redução das emissões de GEE, promovendo a compatibilidade entre o uso de recursos hídricos e a preservação ambiental.

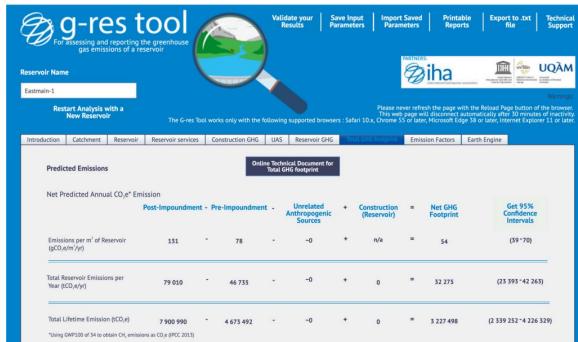
Este trabalho, em fase inicial, objetiva avaliar as emissões de GEE de reservatórios em biomas tropicais, apoando-se na aplicação de modelos empíricos validados internacionalmente e na elaboração de estratégias de mitigação, incluindo Soluções Baseadas na Natureza (SbN). Como estudo de caso preliminar, foi avaliada a Barragem Duas Pontes, atualmente em construção na Mata Atlântica, cuja estimativa de emissões serve como subsídio para estudos futuros.

METODOLOGIA

A avaliação preliminar das emissões de GEE foi realizada via plataforma G-Res Tool, desenvolvida pela *International Hydropower Association* (IHA). Essa ferramenta integra modelos empíricos derivados de uma extensa base de dados de medições globais de reservatórios, incluindo ambientes tropicais e temperados. Sua proposta é fornecer estimativas confiáveis de emissões de GEE, principalmente CH₄ e CO₂, com base na análise de variáveis ambientais específicas de cada reservatório (IHA, 2024).

O modelo G-Res Tool envolve o desenvolvimento de modelos empíricos estatisticamente robustos que descrevem as quatro principais vias de emissão de GEE baseadas em carbono: emissões difusivas de CO₂ e CH₄, emissões borbulhantes de CH₄ da superfície do reservatório, e emissões de CH₄ devido à desgaseificação a jusante do reservatório. Esse modelo é baseado em uma extensa meta-análise de dados publicados nas últimas três décadas, permitindo a previsão de emissões específicas para cada reservatório e a consideração das vias naturais de geração de GEE nas redes aquáticas.

Figura 1- Imagem do modelo G-Res Tool



Fonte: <https://www.grestool.org/>

Para a Barragem Duas Pontes, localizada na bacia hidrográfica do rio Camanducaia na Mata Atlântica, os principais dados considerados foram:

Figura 2- Dados de Entrada - Modelo GRes

Localização	Rio Camanducaia, Amparo, Mata Atlântica
Coordenadas	-22.7175° S, -46.7378° W
Área da Bacia Hidrográfica	863 km ²
População na Bacia	300.000 habitantes
Escoamento Anual da Bacia	14,67 m ³ /s
Tratamento de Esgoto Comunitário	Sistema Secundário
Esgoto Comunitário	100,8 kg P/ano
Tratamento de Efluentes Industriais	Não especificado
Fosforo nos Efluentes Industriais	14,33 kg P/dia

Uso do Solo na Bacia	Pastagem (48,24%), Mata (35,62%), Silvicultura (7,83%), Culturas agrícolas (4,70%), Solo exposto (2,19%), Área urbana (1,37%)
Área do Reservatório	4,86 km ²
Volume do Reservatório	55.88 milhões de m ³ (~0,00005588 km ³)
Nível d'água	644 m
Profundidade Máxima	33,5 m
Profundidade Média	11,48 m
Velocidade do Vento	2,5 m/s
Vazão mensal mínima (98%)	3,4 m ³ /s
Vazão regularizada com 98% garantia	8,72 m ³ /s
Ganho de Vazão com 98% garantia	5,32 m ³ /s

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 3- Localização Barragem Duas Pontes



Fonte: EIA RIMA, 2014

RESULTADOS PRELIMINARES

Utilizando esses dados de entrada na plataforma G-Res, foi obtida uma estimativa de emissão de GEE para a Barragem Duas Pontes durante o primeiro ciclo de operação (enquanto o reservatório estiver cheio). O resultado indica uma emissão líquida de aproximadamente **353 gCO₂e/m²/ano**, considerando um intervalo de confiança de **314 a 397 gCO₂e/m²/ano**.

Nesta fase, as principais fontes de emissão se deram via produção de metano, decorrente da decomposição de matéria orgânica na área do reservatório, priorizando o cenário de enchimento e os processos iniciais de operação. As emissões de CO₂, na mesma escala, mostraram-se inferiores e suscitarem discussões sobre sua relevância relativa no ciclo de vida do reservatório.

Estudos em reservatórios tropicais similares indicam que as emissões dessa magnitude estão na linha de valores reportados por Deemer (2016), que estimou médias globais em torno de 300-600 gCO₂e/m²/ano para reservatórios de grande porte na região amazônica e regiões tropicais.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados indicam que, mesmo em estágio inicial, os reservatórios de biomas tropicais como o da Mata Atlântica podem contribuir de forma significativa para as emissões de GEE, especialmente considerando o potencial de produção de metano.

Destaca-se que ações de manejo ambiental podem reduzir essas emissões. Entre elas, destacam-se:

- Controle da entrada de matéria orgânica: via gestão do uso do solo, recuperação de áreas de mata ciliar, redução de nutrientes na bacia hidrográfica;
- Implementação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN): manejo de áreas de proteção ambiental na bacia, restauração de rios e matas ciliares para limitar o aporte de matéria orgânica ao reservatório; e
- Tecnologias de oxigenação e deslizes de fluxo: técnicas que podem ser aplicadas futuramente para diminuir a produção de CH₄ na fase operacional.

REFERÊNCIAS

DEEMER, B. R. Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis. *BioScience*, v. 66, n. 11, p. 949–959, 2016.

EIA RIMA. Estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) das Barragens Pedreira e Duas Pontes. São Paulo, 2014.

GIBBS, H. K., et al. Land-use change and its effects on greenhouse gas emissions. *Environmental Science & Policy*, v. 108, p. 102–112, 2020.

INTERNATIONAL HYDROPOWER ASSOCIATION - IHA. G-Res Tool – Assessing GHG emissions from reservoirs. Disponível em: <https://g-res.hdropower.org/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SOUED, L.; PREIRIE, G. Empirical modeling of greenhouse gas emissions from tropical reservoirs. *Journal of Hydrology and Environment*, v. 10, n. 2, p. 45–58, 2021.