

Alagamento de solos orgânicos e a potencial produção de gases de efeito estufa

¹Giovana Mafort Lavratti

²Gustavo Magalhães Domingues de Araujo

³João Renato Marcili Biagioni

⁴Marcela Bianchessi da Cunha-Santino

⁵Irineu Bianchini Júnior

Água, Recursos Hídricos e Drenagem Urbana

Resumo

O alagamento de solos aumenta o potencial de produção de gases de efeito estufa (GEE), como CO₂ e CH₄, devido à decomposição anaeróbica da matéria orgânica vegetal. Em um cenário de mudanças climáticas, o aumento do período e da área de alagamento, impulsionado por precipitações mais intensas, pode intensificar essa produção. Este estudo avaliou, em condições controladas, a produção e o consumo de GEE proveniente da degradação de detritos lignocelulósicos de *Salvinia auriculata*, uma planta aquática comum em áreas úmidas. A hipótese testada foi que ambientes com maiores concentrações de nutrientes (N, P e K) estimulariam uma maior liberação de GEE, devido ao aumento da atividade microbiana. Foram realizados três tratamentos: controle (sem NPK), com adição de 50 mg L⁻¹ de NPK (T1) e com adição de 200 mg L⁻¹ de NPK (T2). Houve diferenças significativas no consumo e na liberação de gases entre os tratamentos ($p < 0,001$). Os frascos com maior concentração de NPK (T1) apresentaram maior emissão de GEE, com resultados significativamente diferentes em relação ao controle ($p < 0,05$) e ao T2 ($p < 0,001$). Os resultados indicam que episódios de alagamento com enxurradas ricas em nutrientes podem aumentar significativamente as emissões de GEE em áreas úmidas, reduzindo os estoques de matéria orgânica no solo e tornando os sedimentos mais inorgânicos. Esses resultados destacam a relevância de compreender os impactos das mudanças climáticas em ecossistemas vulneráveis a alagamentos em função dos aumentos das precipitações atmosféricas.

Palavras-chave: Produção de gases; Decomposição; Solos alagados; Matéria orgânica; Processo anaeróbio.

¹ Universidade Federal de São Carlos. giovana.lavratti@estudante.ufscar.br.

² Universidade Federal de São Carlos. gustavomda@estudante.ufscar.br.

³ Universidade Federal de São Carlos. joaormb@estudante.ufscar.br.

⁴ Universidade Federal de São Carlos. cunha_santino@ufscar.br.

⁵ Universidade Federal de São Carlos. irineu@ufscar.br.

INTRODUÇÃO

Devido à variação sazonal do regime hídrico, as submersões dos solos de áreas úmidas são um fenômeno previsto em função do aumento das precipitações atmosféricas. Ao serem alagados, os solos que dão suporte a uma elevada produção primária podem receber uma carga elevada de matéria orgânica e nutrientes, devido à senectude dos vegetais decorrente do estresse hídrico. Esse processo pode influenciar de forma significativa a dinâmica dos ecossistemas aquáticos e terrestres, alterando a biodiversidade e as relações ecológicas.

Com o alagamento dos solos, a decomposição da matéria orgânica vegetal (i.e., fibras) apresenta elevado potencial de produção de gases de efeito estufa (GEE), como CO_2 e CH_4 (Shah et al., 2024). Além disso, a decomposição anaeróbica intensifica a emissão de metano, um dos gases de efeito estufa com maior impacto no aquecimento global. Em um cenário de mudanças climáticas, o aumento do período e da área de alagamento de solos, devido ao incremento das precipitações, pode ocasionar um aumento na produção de gases (Li et al., 2023). Essas mudanças também podem alterar o equilíbrio químico dos solos, afetando o ciclo do carbono e outros ciclos biogeoquímicos, os quais são de extrema importância para a manutenção desses locais (Cunha-Santino; Bianchini Jr., 2023).

Este estudo teve como objetivo avaliar, em condições controladas, a emissão de GEE resultante da degradação anaeróbia de detritos recalcitrantes de *Salvinia auriculata*, uma planta aquática comumente encontrada em áreas úmidas. A hipótese testada foi que câmaras de decomposição subsidiadas com maiores concentrações de nutrientes (N, P e K) promoveriam uma maior liberação de GEE, devido ao fornecimento adicional de nutrientes que potencializam a atividade microbiana.

METODOLOGIA

Foram montados bioensaios (i.e., câmaras de decomposição) para determinar a formação de gases durante a decomposição de detritos lignocelulósicos de *S.*

auriculata em água do reservatório do Monjolinho, no município de São Carlos-SP (21°59'09"S e 47°52'55"W). As câmaras de decomposição (volume = 1 L; borosilicato âmbar) foram mantidas em temperatura ambiente no escuro e em condições anaeróbias (Cunha-Santino; Bianchini Jr., 2021). Foram realizados três tratamentos com os detritos de *S. auriculata* (proporção: 4,0 g L⁻¹) previamente lixiviados: (i) Tratamento controle, sem adição de NPK; (ii) Tratamento com adição de 50 mg L⁻¹ de fertilizante NPK (04-14-08) e (iii) Tratamento com adição de 200 mg L⁻¹ de fertilizante NPK, com três réplicas para cada tratamento. Este procedimento experimental visou avaliar de forma sistemática como diferentes concentrações de nutrientes afetam a dinâmica de emissão de gases.

As câmaras de decomposição foram monitoradas por 111 dias. A temperatura e os volumes dos gases (µl) formados foram registrados diariamente, com termômetro de mercúrio e manômetro de baixa pressão acoplado a cada frasco, respectivamente (Figura 1). A condição anaeróbica foi fundamental para simular situações reais de solos alagados. Após as determinações do volume de gases produzidos, os bioensaios foram despressurizados para mensurar as taxas de consumo e produção de gases em horas (µl h⁻¹). Para analisar as diferenças nas taxas de consumo e produção de gases entre os três tratamentos (TC, T1 e T2), foi realizado o teste de homogeneidade de D'Agostino-Pearson. Como a normalidade dos dados não foi confirmada ($p < 0,001$), utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

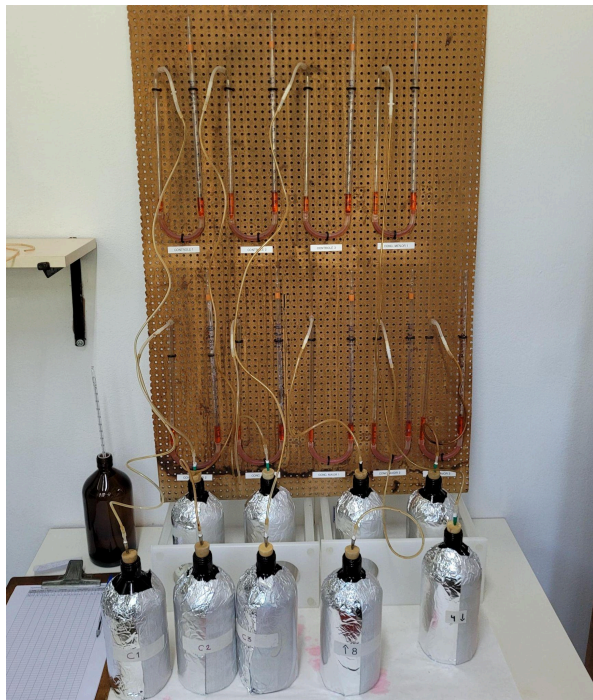


Figura 1 – Esquema das câmaras de decomposição para acompanhamento dos gases gerados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do experimento foi $24,4 \pm 1,4$ °C. Em geral, nos 25 primeiros dias as taxas apresentaram valores baixos ou nulos; e as de consumo prevalecem sobre as de produção de gases. Entende-se que a prevalência do consumo sobre a produção nos primeiros dias deve-se ao fato de que enquanto os detritos lignocelulósicos subsidiam a formação de CH_4 e CO_2 , a rápida mineralização do metano e dissolução do CO_2 não contribuem para o registro das taxas de produção dos gases (Cunha-Santino; Bianchini Jr. (2013).

Independente da condição experimental, as taxas de produção prevaleceram. Os valores máximos (i.e., picos de produção) foram: 148, 123 e 185 $\mu\text{L h}^{-1}$ para o controle, primeiro e segundos tratamentos, respectivamente (Figura 2).

Os valores máximos foram atingidos entre 33° e 34° dia, independente da condição experimental. Em seguida, os valores de produção apresentaram tendência a decrescer, até aproximadamente o final do 2° mês. Após, as taxas de produção tenderem a zero e as de consumo a predominância. Após 111 dias, os valores

acumulados de produção e consumo de gases foram, respectivamente: 27,9 e 2,0 ml (TC); 35,2 e 18,2 ml (T1); 41,4 e 8,4 ml (T2).

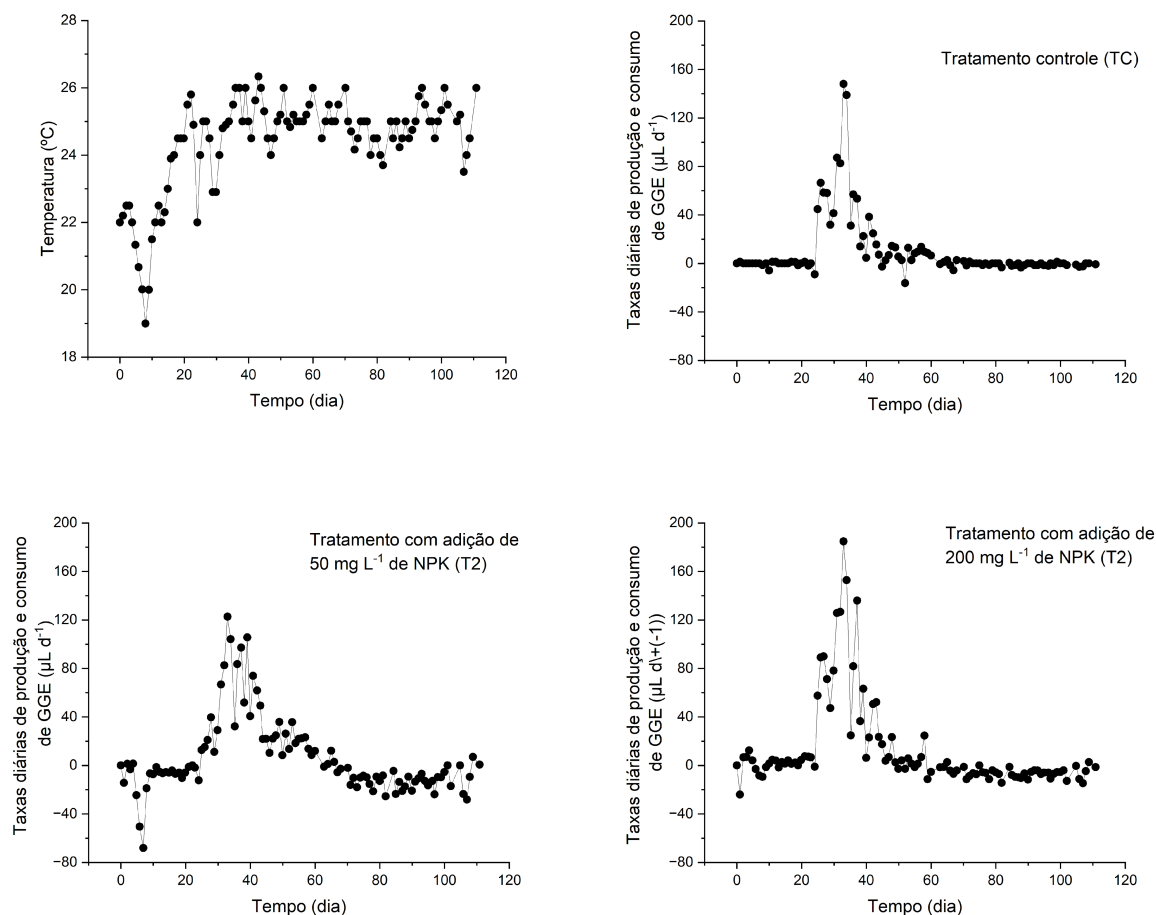


Figura 2 – Variações temporais da temperatura e das taxas de produção (valores positivos) e consumo (valores negativos) de gases da mineralização anaeróbica de *S. auriculata* em diferentes condições tróficas: Tratamento controle (TC); Tratamento com adição de 50 mg L⁻¹ de NPK (T1) e Tratamento com adição de 200 mg L⁻¹ de NPK (T2).

Houve diferença significativa na produção de gases entre os três tratamentos ($p < 0,001$). Os frascos com maiores concentrações de NPK (T1) apresentaram maior liberação, com resultados significativamente diferentes em relação ao TC ($p < 0,05$) e ao T2 ($p < 0,001$). Os maiores valores acumulados de emissão de GEE foram atribuídos à intensificação da atividade microbiana em ambientes com maior

disponibilidade de nutrientes (NPK). Essas evidências sugerem que enxurradas com alto grau de trofia (isto é, elevadas concentrações de nutrientes) em áreas úmidas podem aumentar substancialmente as emissões de GEE.

Assim, a geração de gases decorrente da degradação anaeróbia de matéria orgânica, sugere que a mineralização anaeróbia em solos alagados pode levar a perda de carbono orgânico, tornando os sedimentos mais inorgânicos e menos férteis (Mitsch et al., 2013). Bioensaios de degradação de detritos ricos em material lignocelulósico indicaram que a produção de CO₂ é o processo de maior rendimento, enquanto CH₄ é um produto secundário. As emissões de gás biogênico provenientes de processos de degradação anaeróbica da matéria orgânica em sedimentos contribuem para o acúmulo de GEE por meio da ciclagem do carbono (Cunha-Santino; Bianchini Jr., 2013).

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a mineralização anaeróbia de *S. auriculata* foi significativamente influenciada pela disponibilidade de nutrientes no meio, resultando em maior emissão de gases. Os resultados indicaram que a adição de N, P e K forneceu subsídios nutricionais, incrementando a atividade microbiana, acelerando a decomposição da matéria orgânica e aumentando a emissão de CO₂ e outros gases, como CH₄. No contexto das mudanças climáticas, possíveis aumentos na precipitação atmosférica e o alagamento de solos orgânicos (i.e., ricos em detritos lignocelulósicos) podem amplificar as emissões de GEE.

A diminuição dos estoques de matéria orgânica sugere que a mineralização anaeróbia em solos alagados pode intensificar os processos degradativos bentônicos (i.e., associados aos sedimentos), impactando os estoques de nutrientes. Transferindo, conseqüentemente, parte do carbono estocado nos sedimentos para a atmosfera (na forma de GEE).

Em um cenário de mudanças climáticas, onde eventos de precipitação intensa ocorrem com maior frequência e abrangência, a conservação e a restauração de áreas úmidas são estratégias essenciais para reduzir as emissões de GEE e manter a

funcionalidade desses ambientes. Estudos que simulam possíveis condições ambientais em cenários de mudanças climáticas são fundamentais no contexto atual, pois fornecem subsídios para a criação e manutenção de políticas de conservação e manejo sustentável de ecossistemas sujeitos a episódios mais frequentes de alagamento.

REFERÊNCIAS

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. Tropical macrophyte degradation dynamics in freshwater sediments: relationship to greenhouse gas production. **Journal of Soils and Sediments**, v. 13, n. 8, p. 1461-1468, 2013.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. Simple methodological approach for assessing microbial mineralization rates in an aqueous anaerobic medium. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 33, e202, 2021.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. Reviewing the organic matter processing by wetlands. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 35, e19, 2023.

LI, L.; ZHANG, L.; TANG, J.; XING, H.; ZHAO, L.; JIE, H.; JIE, Y. Waterlogging increases greenhouse gas release and decreases yield in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) seedlings. **Scientific Reports**, v. 13, p. 18673, 2023.

MITSCH, W. J.; BERNHAL, B.; NAHLIK, A. Wetlands, carbon, and climate change. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 4, p. 583-597, 2013.

SHAH, A.; HUANG, J.; HAN, T.; KHAN, M. N.; TADESSE, K. A.; DABA, N. A.; KHAN, S.; ULLAH, S.; SARDAR, M. F.; FAHAD, S.; ZHANG, H. Impact of soil moisture regimes on greenhouse gas emissions, soil microbial biomass, and enzymatic activity in long-term fertilized paddy soil. **Environmental Sciences Europe**, v. 36, p. 120, 2024.