PROCESSO DE DEGRADAÇÃO E EFEITO DE LIXIVIAÇÃO NO SOLO DE BIOESFERAS DE ALGINATO DE SÓDIO COM MICROALGA

Ana Julia Gaspar Schmitz, David Cardoso Garcia, Daniel João Dall' Orsoletta, Aline Fernandes de Oliveira, Cristian Berto da Silveira

INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo é a capacidade de suprir elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, dessa forma uma boa fertilidade implica em fornecer quantidades de nutrientes suficientes para o bom crescimento e produtividade de uma planta (SILVA *et al*., 2021). Para que essa produtividade ocorra são empregados, frequentemente, os fertilizantes minerais como ureia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl). De acordo com Silva *et al*., (2021), devido à facilidade de lixiviação e volatilização, além de sua toxidade em organismos, os fertilizantes podem ocasionar a poluição de corpos hídricos, causando prejuízos aos ecossistemas.

Conforme descrito por Lopes *et al.,* (2012), para que se mantenha a sustentabilidade na agricultura em detrimento às mudanças climáticas, são necessárias novas tecnologias em diversos campos do conhecimento. Alguns desses avanços podem ser compreendidos como a adoção de biofertilizantes de liberação controlada para o solo, obtidos através de biopolímeros. Dentre as vantagens de aplicação de fertilizantes de liberação controlada, frente aos convencionais, destacam-se a diminuição da perda de nutrientes por lixiviação (OLIVEIRA, 2009). O alginato de sódio, se destaca por possuir baixa toxicidade, custo relativamente baixo e gelificação moderada pela adição de cátions divalentes (WEE; GOMBOTZ, 1998).

A biomassa de algas, que apresenta fósforo (P) na sua composição, pode atuar como um fertilizante de liberação lenta (POWELL *et al*., 2011; SOLOVCHENKO *et al*., 2019). De acordo com Alvarez *et al*., (2021), as microalgas possuem alta capacidade de assimilação de nutrientes ao serem cultivadas em efluentes, liberando gradualmente esses compostos, tornando esses microrganismos um fertilizante de liberação lenta (JIMENEZ *et al*., 2020).

Logo, este trabalho teve como objetivo analisar a degradação das bioesferas de alginato de sódio com microalga e avaliar os efeitos deste biofertilizante no processo de lixiviação de fósforo no solo.

DESENVOLVIMENTO

Para efetuar o teste de degradação das bioesferas em solo, utilizou-se o método de soterramento. Nessa etapa, foram dispersas pelo solo 10 unidades de bioesfera das amostras de AS, AS2M1R2 e AS2M2R2 nos tempos de 1, 5, 10, 15, 30, 60 e 90 dias. As bioesferas foram secas em estufa a 50°C até alcançar o peso constante (peso inicial). Na sequência 10 bioesfera foram pesadas e soterradas em 50 g de solo. Ao passar os tempos pré-determinados de soterramento, as bioesferas foram retiradas do solo, limpas com água destilada e levadas à estufa a 50°C. As amostras foram pesadas novamente até atingir peso constante (peso final).

A amostra de AS2M2R2 foi submetida a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura, após 90 dias de degradação, para avaliar mudanças na sua superfície. Para a determinação de nutrientes foi realizada a digestão sulfúrica das amostras e as respectivas análises de P e N. Por meio dessas análises foi possível determinar a quantidade de biofertilizante necessária para os testes em colunas de lixiviação, tendo como base a dose de P através da análise do P_2O_5. Destaca-se ainda que o melhor desempenho da amostra de AS2M2R2 nos testes de degradação, levou essa amostra para o teste de lixiviação, junto da

comparação do branco e do fertilizante mineral (Ureia, SFT e KCl). O estudo de lixiviação foi conduzido através de colunas feitas com canos PVC com 23,5 cm de comprimento e 50 mm de largura, os quais foram preenchidos com 510g de solo arenoso de densidade de 1,3 g/cm^3, totalizando 20 cm da coluna. Foram efetuadas seis simulações de chuva ao longo de seis semanas. A cada simulação de chuva, que teve duração de 1 dia e uma semana de intervalo. Aplicou-se 150 mL de água destilada por coluna, a uma taxa de aplicação de 0,5 mm min^{-1} (1 mL min^{-1}). A água lixiviada foi coletada 24 horas após o início da simulação de chuva e as análises do lixiviado foram realizadas conforme descrito por TEDESCO *et al*., (1995) para nitrogênio mineral, e pelo método de Murphy e Riley (1962) para fósforo. Desse modo, foram determinados os teores de fósforo (P), nitrogênio (N) nas formas de amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) nitrato (NO_3^-). Após a coleta dos dados, eles foram submetidos à análise estatística utilizando-se a ANOVA de duas vias (Tempo x Tratamento), Q-Q plot, além de teste de Brown-Forsythe e teste de Tukey utilizando valor de significância 5% ($\alpha = 0,05$), tais análises foram efetuadas através do software SigmaPlot 15 (SYSTAT SOFTWARE, INC., 2022).

RESULTADOS

Nos testes de degradação no solo, a amostra AS nos primeiros dias foi a que mais degradou, como observado no estudo de Wang *et al.,* (2023), onde as esferas de alginato perdem água e excesso de agente de reticulação mais rápido, o que explica sua rápida degradação. Entretanto, após os 90 dias do experimento, percebe-se que a bioesfera de AS2M2R2 alcança sua máxima degradação com 54,98%, seguida das amostras AS2M1R2 com 48,26% e AS com 40,8% de degradação. Com base nestes resultados percebesse que o aumento na adição de microalga nas bioesferas leva a uma maior degradação. As micrografias comparativas para as biosferas de AS2M2R2 (Figura 1), demonstraram mudanças visuais na sua estrutura, apresentando uma superfície mais irregular, com cavidades e a presença de fungos, os quais foram observados durante o experimento e, provavelmente, contribuíram para a maior degradação deste biomaterial.

Os testes de lixiviação demonstraram que a adição das bioesferas de AS2M2R2 no solo modificam a dinâmica da perda de nutrientes. No caso do P (Figura 2 A), em que foram aplicadas doses iguais do nutriente para o biofertilizante e o fertilizante mineral, observa-se 21,4% de lixiviação do fósforo acumulado na última lixiviação para a amostra do biofertilizante, enquanto para o fertilizante mineral foi observado 87,2% de P nas mesmas condições. Para N (Figura 2 B), em que foram aplicadas doses diferentes entre o biofertilizante e o fertilizante mineral proporcionalmente, observa-se uma lixiviação de 12,6% de N para o fertilizante mineral e 20,7% de N para a bioesfera. Vale ressaltar que até a terceira lixiviação o biofertilizante conseguiu reter o N, se igualando ao fertilizante mineral, entretanto, após esse período a sua lixiviação foi maior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes de degradação confirmaram que adição de microalga nas esferas contribui para aumentar a sua degradação, além disso, as micrografias comparativas demonstraram modificação superficial, causada pela degradação. Os testes de lixiviação mostraram que quando doses iguais de fósforo são aplicadas o biofertilizante possui melhor capacidade de reter este nutriente, enquanto o fertilizante mineral perde cerca de quatro vezes mais P. O mesmo não ocorreu para análise de N, uma vez que o biofertilizante e o fertilizante mineral não foram aplicados a fim de nivelar esse nutriente e sim o fósforo.

Palavras-chave: biomaterial; biofertilizante; *Spirulina*.

ANEXO(S)

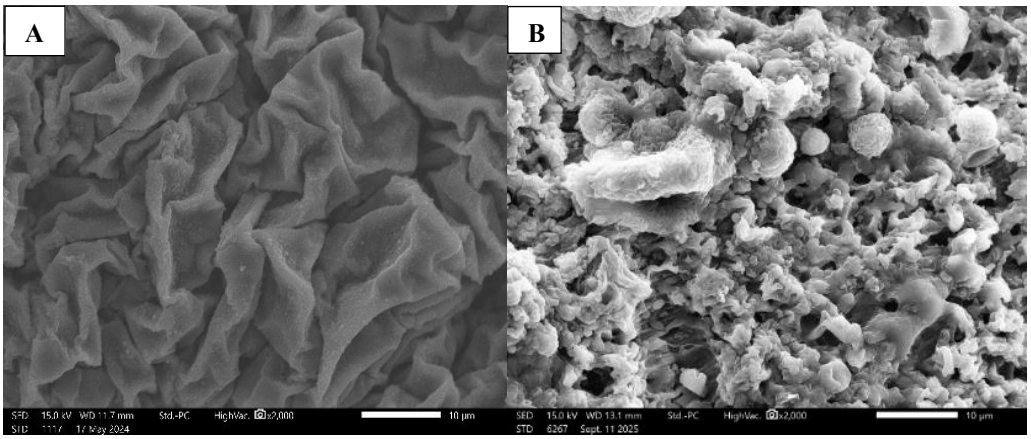


Figura 1: *A. Micrografia da bioesfera AS2M2R2 antes do soterramento. B. Micrografia da bioesfera AS2M2R2 após 90 dias de soterramento.*

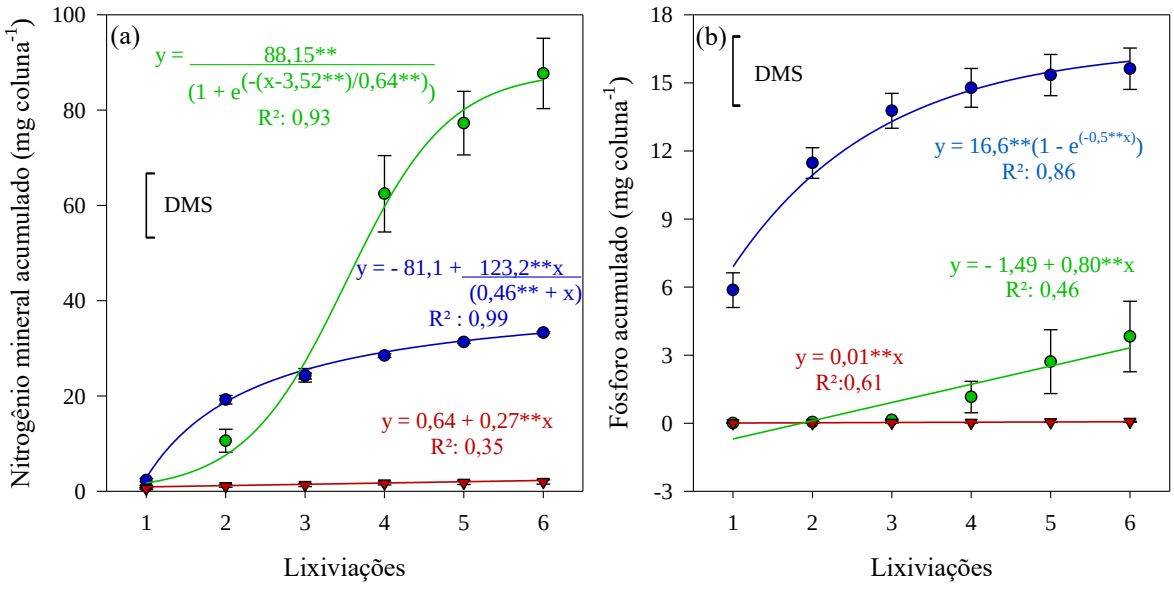


Figura 2: *a. Lixiviação de nitrogênio mineral acumulado ao longo de seis lixiviações.* ***b.*** *Lixiviação de fósforo acumulado ao longo de seis lixiviações.*

Onde:

- AS2M2R2
- Fertilizante Mineral
- Controle

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, A. L. *et al.* **Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture**. Algal Research, v. 54, p. 102200, 2021.

JIMENEZ, R. et al. (2020). **Production of Microalgal Slow-Release Fertilizer by Valorizing Liquid Agricultural Digestate: Growth Experiments with Tomatoes**. Applied Sciences 10(11): 3890.

LOPES, M. A.; CONTINI, E.. **Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. Agroanalysis**, v. 32, n. 02, p. 27-34, 2012.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** Analytica Chimica Acta, v. 27, p. 31-36, 1962

OLIVEIRA, A. F. de. **Desenvolvimento, caracterização e aplicação de biofilmes e esferas obtidos a partir de carboximetilcelulose e alginato de sódio em processos de liberação controlada de nutrientes**. 2009. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

POWELL, N. *et al*. **Phosphate release from waste stabilisation pond sludge: significance and fate of polyphosphate**. Water Science and Technology, v. 63, n. 8, p. 1689-1694, 2011.

SILVA, E. C. D.; VEIGA, L. L. D. S.; ANTUNES, M. A. T. V.; NASCIMENTO, V. D. A. D. (2021). **O uso de fertilizantes e seus impactos ambientais.**

SOLOVCHENKO, A. *et al*. **Phosphorus starvation and luxury uptake in green microalgae revisited**. Algal Research, v. 43, p. 101651, 2019.

SYSTAT SOFTWARE, INC. SigmaPlot 15. San Jose: Systat Software, 2023. Software.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

WANG, X. *et al.* **Avaliação do impacto ambiental da biodegradação de macro esferas de goma de carboidrato de ágar, alginato e goma gelana em um sistema de campo agrícola simulado**. Environmental Technology & Innovation , v. 30, p. 103034, 2023.

WEE; GOMBOTZ. **Protein release from alginate matrices**. Advanced drug delivery reviews, v. 31, n. 3, p. 267–285, maio 1998.