INSUMOS FÚNGICOS DE ENDOFÍTICOS DE MACRÓFITAS PARA SÍNTESE DE PONTOS DE CARBONO APLICADOS AO MONITORAMENTO HÍDRICO

Tereza Michele Dantas Sena de Jesus[1], Adriano Ferrari de Almeida[2], Ellen Raphael[3], Francisca da Silva Ferreira[4], Ieda Hortêncio Batista[5]

RESUMO

Os pontos de carbono representam uma classe emergente de materiais fluorescentes e oferecem um amplo potencial de aplicação em vários campos como no monitoramento hídrico. Sua síntese pode ser derivada de diversas fontes de carbono como de fungos endofíticos. Este trabalho teve como objetivo produzir e caracterizar insumos fúngicos obtidos de fungos endofíticos associados a macrófitas aquáticas, visando sua aplicação futura na produção de pontos de carbono. A pesquisa foi conduzida por meio da reativação de microrganismos endofíticos, seguida de cultivo em condições controladas para obtenção de insumos fúngicos (Biomassa e Caldos Metabólicos). Os insumos produzidos foram avaliados quanto às suas propriedades físico-químicas e potencial de aplicação, especialmente em contextos relacionados ao monitoramento da qualidade da água. Dos 9 fungos utilizados, 4 foram reativados e 2 produziram insumos fúngicos satisfatórios, variando suas colorações de bege a uva itália. Portanto, os fungos endofíticos de macrófitas apresentam capacidade promissora de produzir compostos de interesse biotecnológico, com características que podem ser exploradas em sensores ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, Endofíticos, Macrófitas, Pontos de Carbono.

INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos, representa um crescente desafio ambiental com impactos sobre a biodiversidade e a saúde pública. Nesse contexto, os Pontos de Carbono (PCs) chamam a atenção por suas particulares propriedades ópticas como intensa fluorescência e fotoestabilidade, além de baixa toxicidade, baixo custo de processamento e solubilidade em meio aquoso em diferentes pHs (Lima, 2020). Essas características fazem dos PCs uma ferramenta eficiente para diversas aplicações tecnológicas como na detecção de metais pesados, absorção e degradação de corantes (Singh; Singh, 2025). Os fungos endofíticos são parceiros microbianos assintomáticos que coexistem de forma íntima em tecidos internos de plantas saudáveis, com a capacidade de oferecer benefícios ao hospedeiro e coevoluir com ele (Liao et al., 2024). Caldos metabólicos e biomassa de fungos amazônicos, particularmente aqueles isolados de macrófitas aquáticas, podem ser uma forma alternativa para produção de PCs podendo ter propriedades únicas e não exploradas. Assim, este trabalho visa caracterizar a produção de biomassa fúngica e caldo metabólico para viabilizar a síntese de Pontos de Carbono para aplicação em sensores voltados à detecção de poluentes aquáticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os fungos foram reativados por repique tripontual no mesmo meio em que se encontravam conservadas, Batata Dextrose Ágar acrescido de extrato de levedura (BDA+L), as linhagens foram incubadas em estufa BOD, a 28 °C, por um período de 7 dias. Após essa etapa, os fungos reativados passaram por repique unipontual e, novamente, foram incubados sob as mesmas condições de temperatura e tempo do processo anterior. Concluída essa fase, foram inoculados em meio líquido batata dextrose acrescido de extrato de levedura (BD+L). O cultivo foi realizado em triplicata, utilizando erlenmeyers com capacidade de 250 mL, contendo 100 mL de meio BD+L em cada frasco. Para cada fungo, foram adicionados por frasco, três discos de micélio com 1cm Ø, ressalta-se que foi preparado um frasco

[1] Aluno do curso de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: tmdsdj.bio25@uea.edu.br

[2] Aluno do PPGBIO-Interação do Instituto Fiocruz - ILMD, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: aferrari@aluno.fiocruz.br

[3] Docente na Universidade do Estado do Amazonas – EST. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: eraphael@uea.edu.br

[4] Docente das Licenciaturas das Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, Email: fsferreira@uea.edu.br

[5] Docente das Licenciaturas das Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, Email: ibatista@uea.edu.br

adicional, contendo o mesmo meio e volume, destinado ao controle. Todos os frascos foram mantidos em incubadora shaker, sob rotação de 140 rpm e temperatura de 28 °C, permanecendo nessas condições entre 10 dias e 14 dias. Após esse período, os cultivos foram retirados para realização da filtragem, visando à separação do caldo metabólico e da biomassa fúngica, para esse procedimento, utilizou-se o método de filtragem a vácuo, usando um kitasato com capacidade de um litro, funil de cerâmica, ventosa, bomba a vácuo e papel Whatman N°4. Em seguida, os insumos foram caracterizados de acordo com a sua coloração e o volume total obtido das amostras. Por fim, os caldos metabólicos foram armazenados em tubos Falcon de 50 mL, enquanto a biomassa foi lavada três vezes com água destilada para retirar ao máximo de meio BD+L da amostra e levada à estufa de secagem a temperatura de 100 °C.

RESULTADOS

Dos 9 fungos utilizados nessa pesquisa, 4 foram reativados com sucesso e dois tiveram produção suficiente de insumos fúngicos. Sendo eles:

E.F.1.3.1

O endofítico apresentou pigmentação distinta no frasco 1 com coloração mel no caldo e castor na biomassa, os frascos 2 e 3 apresentaram coloração semelhante entre si, com caldo de cor amarelo creme e a biomassa de tonalidade bege espuma. Todas as biomassas apresentaram crescimento em formato de esferas aveludadas e tamanhos irregulares, como pode ser observado nas figuras abaixo. O volume final do caldo deste isolado foi de 239 mL.

Figura 1 e 2 – Insumos fúngicos da linhagem EF 1.3.1 caldo metabólico à esquerda e biomassa à direita



Fonte: Acervo Pessoal

E.F.1.1.1

Para este endófito todos os 3 frascos apresentaram pigmentação igual e crescimento micelial com formato de esferas de tamanhos irregulares. Sendo a sua coloração caracterizada como uva itália e sua biomassa de coloração Plumária, como podem ser observadas nas figuras abaixo. O volume final de caldo produzido foi de 250 mL.

Figura 3 e 4 – Insumos fúngicos da linhagem EF 1.1.1 caldo metabólico à esquerda e biomassa à direita



Fonte: Acervo Pessoal.

As alterações de coloração observadas podem ser decorrentes da produção de metabólitos pelos fungos. Comparativamente, as diferenças observadas entre os isolados indicam perfis metabólicos distintos. Além disso, no isolado E.F.1.3.1, o frasco 1 apresentou coloração distinta da observada nos frascos 2 e 3, embora todos tenham sido cultivados sob as mesmas condições, sugerindo variações na atividade metabólica mesmo dentro da mesma linhagem. Essas diferenças evidenciadas pela pigmentação dos caldos metabólicos e das biomassas, sugerem variações no perfil metabólico entre os isolados o que pode influenciar diretamente a síntese de pontos de carbono.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que a produção de insumos fúngicos a partir de endofíticos de macrófitas aquáticas apresenta potencial relevante para aplicação na síntese de pontos de carbono. A obtenção de biomassa e caldos metabólicos com características distintas, indica diversidade metabólica entre os isolados, fator que pode influenciar diretamente nas propriedades ópticas e funcionais dos PCs.

Nesse contexto, os pontos de carbono obtidos de endófitos fúngicos apresentam potencial como sensores fluorescentes na detecção de contaminantes em água, devido à sua alta sensibilidade, rápida resposta e baixa toxicidade. Além disso, o uso de insumos biológicos contribui para rotas de síntese mais sustentáveis e de menor custo.

Os resultados deste estudo, embora ainda iniciais, indicam que os isolados que apresentaram maior produção de insumos, como os identificados, podem ser considerados promissores para etapas futuras de síntese e funcionalização de pontos de carbono. A variação nas características dos caldos metabólicos sugere a possibilidade de obtenção de PCs com diferentes respostas sensoriais, o que pode ampliar sua aplicabilidade em sistemas de detecção seletiva.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do programa de mestrado ProfÁgua.

REFERÊNCIAS

LIMA, Sarah. **Síntese e caracterização de pontos de carbono para desenvolvimento de sensores para análise de águas contaminadas com compostos orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Química) — Faculdade de Ciências Naturais. Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais, 2020. Disponível em: https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgmq/DISSERTACOES%20E%20TESES/Dissertacao%20Sarah%20Lima%20VFINAL. Acesso em: 26 mar. 2026.

LIAO, Chunfang *et al*. Challenges and update on fungal endophytes: classification, definition, diversity, ecology, evolution and functions. **Fungal Diversity**, v. 131, n. 1, p. 301-367, 2025. DOI: 10.1007/s13225-025-00550-5. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13225-025-00550-5. Acesso em: 1 abr. 2025.

SINGH, Pooja; SINGH, Lalit Kumar. Carbon quantum dots as a promising tool for heavy metal sensing and removal in wastewater. **Desalination and Water Treatment**, p. 101435, 2025. DOI: 10.1016/j.dwt.2025.101435. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398625004515>. Acesso em: 26 mar. 2026.