AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA DE *Mucor* sp. AO MANGANÊS E DA DISTRIBUIÇÃO DO METAL ENTRE A BIOMASSA FÚNGICA E O SOBRENADANTE DA CULTURA

Beatriz Caetano Taveira (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Ayla Rodrigues Trindade, Tiago Tognolli de Almeida (Coorientador). E-mail: ttalmeida@uem.br. Cristina Giatti Marques de Souza (Orientador). E-mail: cgmsouza@uem.br .

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Biológicas, Bioquímica, Maringá, PR.

Ciências Biológicas, Bioquímica / Bioquímica dos Microorganismos

Palavras-chave: tolerância; biomassa fúngica; biorremediação.

RESUMO

A contaminação por metais representa um grave problema ambiental. Este trabalho avaliou a tolerância e a capacidade de retenção de metais do zigomiceto *Mucor* sp. CM3. A cepa foi submetida à triagem de resistência com $CoCl_2$, $FeCl_3$, $MnCl_2$, $HgCl_2$, $ZnCl_2$ e $NiCl_2$. Em seguida, avaliaram-se concentrações de 100 a 800 mg L^{-1} de $MnCl_2$. A interação com Mn foi investigada em meio líquido (100 e 400 mg L^{-1}, por 15 dias). O metal foi quantificado na biomassa e no sobrenadante por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Somente o Mn permitiu crescimento nas concentrações de 500 e 1000 mg L^{-1} na triagem. O índice de tolerância diminuiu de 95,24% em 100 mg L^{-1} para 9,05% em 800 mg L^{-1}. Em meio líquido, 100 mg L^{-1} manteve a produção de biomassa, enquanto 400 mg L^{-1} reduziu o crescimento. A maior retenção de Mn associada à biomassa ocorreu em 400 mg L^{-1} no 9º dia (6,84 mg g^{-1}), reduzindo para 4,66 mg g^{-1} no 15º dia. Os resultados indicam que a concentração e o tempo de exposição

influenciam a tolerância e a retenção de Mn, destacando o potencial do isolado para estudos de biorremediação.

INTRODUÇÃO

A presença de metais pesados e elementos-traço em concentrações elevadas no solo e na água constitui um problema ambiental relevante. Em níveis elevados, esses elementos provocam efeitos tóxicos nos organismos. A utilização de microrganismos na biorremediação destaca-se pela capacidade de remoção e retenção de metais por diferentes mecanismos, os quais podem envolver a ligação à superfície celular (passiva) e/ou a captação e acúmulo intracelular (ativo), dependendo do organismo e das condições ambientais (Kapahi; Sachdeva, 2017; Dinakarkumar et al., 2024). Estudos com o gênero *Mucor* também demonstram potencial para a interação com metais (Yan; Viraraghavan, 2003). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta do isolado *Mucor* sp. CM3, a diferentes metais pesados, determinar sua tolerância ao MnCl□ e acompanhar a distribuição do Mn entre a biomassa e o sobrenadante em diferentes períodos de cultivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A cepa *Mucor* sp. CM3 foi cultivada em meio de batata dextrose ágar (BDA).

A triagem de resistência foi realizada segundo Akhtar et al. (2013), em BDA suplementado com CoCl□, FeCl□, MnCl□, HgCl□, ZnCl□ e NiCl□ nas concentrações de 500 e 1000 mg L^{-1}. Controles sem os metais foram realizados. O crescimento das colônias foi utilizado para avaliar a resistência.

Para o índice de tolerância ao Mn, o fungo foi cultivado no mesmo meio nas concentrações de 100, 200, 400, 500, 600 e 800 mg L^{-1} de MnCl□. O índice foi calculado pela razão entre o diâmetro da colônia tratada e o diâmetro da colônia controle.

Para a quantificação de Mn, foram preparados cultivos em meio líquido de batata e glicose contendo 0, 100 e 400 mg L^{-1} de MnCl□. Os frascos foram incubados a 28 °C, 150 rpm e os cultivos interrompidos no 3º, 9º e 15º dias. A biomassa foi separada por filtração, lavada, seca e pesada. A biomassa e os sobrenadantes foram submetidos à digestão ácida e analisados por ICP-OES,

conforme Joshi et al. (2011), com adaptações. A quantidade de Mn associada à biomassa foi calculada a partir das concentrações inicial e final, do volume da solução e da massa seca.

Todos os ensaios foram conduzidos em triplicata experimental (n = 3). Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os resultados são expressos como média ± desvio padrão.

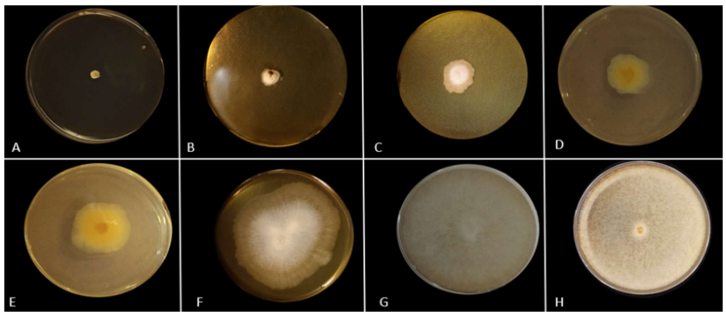
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na triagem, o *Mucor* sp. CM3 cresceu apenas na presença de MnCl□ (500 e 1000 mg L^{-1}), indicando alta tolerância e justificando sua seleção para os ensaios — um comportamento semelhante ao relatado por Zhang, Yang e Cui (2017). O índice de tolerância reduziu gradativamente com o aumento do metal, passando de 95,24% (100 mg L^{-1}) para apenas 9,05% (800 mg L^{-1}). Essa inibição evidencia o estresse provocado pelo metal, cuja resposta varia entre isolados (El-Gendy et al., 2023).

Em cultivo líquido, o crescimento a 100 mg L^{-1} igualou-se ao controle, mas diminuiu a 400 mg L^{-1}. A maior retenção de Mn na biomassa (6,84 mg g^{-1}) ocorreu a 400 mg L^{-1} no 9º dia. No 15º dia, essa retenção caiu para 4,66 mg g^{-1}, acompanhada do aumento do metal no sobrenadante, indicando que a interação varia conforme o tempo e a concentração do meio, corroborando Yan e Viraraghavan (2003).

Conclui-se que o *Mucor* sp. CM3 apresenta notável tolerância e capacidade de retenção de manganês. No entanto, a maior retenção na biomassa não coincidiu com o maior crescimento, demonstrando que tolerância e retenção são respostas relacionadas, mas não equivalentes.

Figura 1 – Crescimento de *Mucor* sp. CM3 em meio BDA suplementado com MnCl□ nas concentrações de 1000 a 100 mg L^{-1}.



A: 1000 mg L^{-1}; B: 800 mg L^{-1}; C: 600 mg L^{-1}; D: 500 mg L^{-1}; E: 400 mg L^{-1}; F: 200 mg L^{-1}; G: 100 mg L^{-1}; H: controle (sem MnCl2). Incubado por 7 dias a 28 °C.

CONCLUSÕES

Os resultados indicam potencial do fungo para estudos de biorremediação, sendo necessários experimentos complementares para definir condições de aplicação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual de Maringá - PPG/FA/CNPq

REFERÊNCIAS

AKHTAR, S. et al. Metal tolerance potential of filamentous fungi isolated from soils irrigated with untreated municipal effluent. **Soil and Environment**, v. 32, n. 1, p. 55-62, 2013.

DINAKARKUMAR, Y. et al. Fungal bioremediation: an overview of the mechanisms, applications and future perspectives. **Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, v. 6, p. 293-302, 2024.

JOSHI, P. K. et al. Bioremediation of heavy metals in liquid media through fungi isolated from contaminated sources. **Indian Journal of Microbiology**, v. 51, n. 4, p. 482-487, 2011.

KAPAHI, M.; SACHDEVA, S. Mycoremediation potential of *Pleurotus* species for heavy metals: a review. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 4, n. 1, p. 32, 2017.

YAN, G.; VIRARAGHAVAN, T. Heavy-metal removal from aqueous solution by fungus *Mucor rouxii*. **Water Research**, v. 37, n. 18, p. 4486-4496, 2003.

ZHANG, X.; YANG, H.; CUI, Z. *Mucor circinelloides*: efficiency of bioremediation response to heavy metal pollution. **Toxicology Research**, v. 6, n. 4, p. 442-447, 2017.