

Desvendando o Potencial dos Fungos: Filogenética, Multi-ômicas e *Machine Learning* no Enfrentamento aos Desafios Ambientais

Mariana Tozzi Rodrigues, Karen Ruth Michio Barbosa, Matheus Correia Casotti, Débora Dummer Meira

Introdução: Os fungos constituem um dos grupos eucarióticos mais diversos e funcionalmente versáteis, com milhões de espécies ainda não descritas, incluindo uma vasta fração de “*dark taxa*”. Apesar de sua relevância ecológica, médica e biotecnológica, sua identificação permanece desafiadora devido à plasticidade morfológica, à presença de espécies crípticas e às limitações de abordagens fenotípicas tradicionais. Nesse contexto, avanços na genética molecular, como DNA *fingerprinting*, DNA *barcoding multilocus* (ITS, LSU, genes codificadores como RPB1, RPB2, TEF1- α) e tecnologias de sequenciamento de nova (NGS) e terceira geração (TGS), têm revolucionado a filogenia e a taxonomia fúngica, ampliando a resolução evolutiva e funcional. Paralelamente, a integração de abordagens multi-ômicas e inteligência artificial tem permitido explorar de forma sistêmica o potencial metabólico, adaptativo e patogênico desses organismos. Esse avanço ocorre em um cenário de crescente preocupação ambiental, especialmente com a poluição por microplásticos, destacando os fungos e consórcios microbianos como promissoras soluções biotecnológicas para biodegradação e sustentabilidade..

Objetivo: Analisar como a integração entre filogenética, abordagens multi-ômicas e técnicas de aprendizado de máquina podem contribuir para a identificação da diversidade fúngica juntamente com a compreensão das relações entre genótipo e fenótipo metabólico e predição de mecanismos de adaptação e resistência para aplicação biotecnológica de fungos e consórcios microbianos.

Metodologia: Realizou-se uma revisão integrativa com base no banco de dados do PubMed, utilizando a seguinte estratégia de busca: “machine learning” AND “multi-omics” AND genetic AND applications AND “fungi”, complementada por abordagens conceituais de integração genética. Assim, foram selecionados estudos com alta aderência temática e relevância biotecnológica.

Resultados: Os estudos analisados demonstram que a filogenética, quando integrada a dados genômicos, permite inferir funções metabólicas e potenciais ecológicos, incluindo a capacidade de degradação de polímeros complexos. Tecnologias de sequenciamento avançado possibilitam a montagem de genomas completos, identificação de variantes estruturais e análise de comunidades microbianas complexas. Abordagens multi-ômicas revelam que a biodegradação de microplásticos ocorre predominantemente por consórcios microbianos com divisão funcional: a transcriptômica identifica genes diferencialmente expressos associados à degradação, a proteômica confirma a produção de enzimas-chave (como hidrolases), e a metabolômica detecta intermediários metabólicos do processo. Modelos baseados em inteligência artificial permitem integrar esses dados e prever vias metabólicas, resistência e interações fungo-hospedeiro. Adicionalmente, ferramentas como CRISPR possibilitam a ativação de vias metabólicas silenciosas e o aprimoramento de linhagens com maior eficiência degradativa.

Relevância científica: A integração entre filogenia, genética, multi-ômicas e inteligência artificial estabelece um novo paradigma na biologia fúngica aplicada, superando limitações de abordagens tradicionais e promovendo uma visão sistêmica. Essa estratégia permite transitar de estudos descritivos para aplicações preditivas e engenharia racional, contribuindo diretamente para desafios globais

como resistência antifúngica, segurança alimentar, descoberta de novos compostos bioativos e mitigação da poluição.

Conclusão: Seguindo uma abordagem multiescalar e multidisciplinar, torna-se possível explorar e aplicar o potencial genético dos fungos. Isto porque, agora não mais só há uma compreensão, em nível sistêmico, mas há também uma aplicação dos mecanismos metabólicos e adaptativos para otimizar a seleção e engenharia de organismos e consórcios microbianos com alta eficiência em aplicações sustentáveis.