



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS
DA VIDA E DA NATUREZA (ILACVN)**

BIOTECNOLOGIA-BACHARELADO

**IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS ISOLADOS: AVANÇOS,
DESAFIOS TAXONÔMICOS E SUA RELEVÂNCIA BIOTECNOLÓGICA**

LUIZ FERNANDO GRANDI FAGUNDES

Foz do Iguaçu
2025

**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS
DA VIDA E DA NATUREZA (ILACVN)**

BIOTECNOLOGIA-BACHARELADO

**IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS ISOLADOS: AVANÇOS,
DESAFIOS TAXONÔMICOS E SUA RELEVÂNCIA BIOTECNOLÓGICA**

LUIZ FERNANDO GRANDI FAGUNDES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

Orientadores: Profa. Dra. Rafaella Costa Bonugli Santos e Prof. Dr. Wagner Antonio Chiba de Castro .


Foz do Iguaçu
2025

Luiz Fernando Grandi Fagundes

Identificação de Fungos Filamentosos Isolados:
AVANÇOS, DESAFIOS TAXONÔMICOS E SUA RELEVÂNCIA BIOTECNOLÓGICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Latino-Americano
de Ciências da Vida e da Natureza da
Universidade Federal da Integração
Latino-Americana, como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel em
Biotecnologia

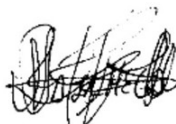
BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **RAFAELLA COSTA BONUGLI SANTOS**
Data: 20/03/2025 15:22:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Orientadora: Profa. Dra. Rafaella Costa Bonugli dos Santos
UNILA



Orientador: Prof. Dr. Wagner Antonio Chiba de Castro
UNILA



Prof. Dr. Jair Hernando Castro Romero
SED Medellín e UFRN

Documento assinado digitalmente
 **NATHALIA CORREA CHAGAS DE SOUZA**
Data: 20/03/2025 11:45:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Nathalia Correa Chagas De Souza
UNILA

Foz do Iguaçu, 13 de março de 2025.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Luiz Fernando Grandi Fagundes
Curso: Biotecnologia - Bacharelado

Tipo de Documento:

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> graduação | <input checked="" type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso |
| <input type="checkbox"/> artigo | <input type="checkbox"/> mestrado |
| <input type="checkbox"/> especialização | <input type="checkbox"/> monografia |
| | <input type="checkbox"/> doutorado |
| | <input type="checkbox"/> dissertação |
| | <input type="checkbox"/> tese |
| | <input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais |
| | <input type="checkbox"/> _____ |

Título do trabalho acadêmico: "Identificação de Fungos Filamentosos Isolados: Avanços, Desafios Taxonômicos e sua Relevância Biotecnológica"

Nome dos orientadores(as): Rafaella Costa Bonugli dos Santos e Wagner Antonio Chiba de Castro

Data da Defesa: 13/03/2025

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

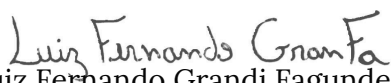
a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra, gratuitamente e de acordo com a licença pública Creative Commons Licença 3.0 Unported.

Foz do Iguaçu, 21 de março de 2025.


Luiz Fernando Grandi Fagundes
Assinatura do Responsável

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que estiveram envolvidas direta e indiretamente no percurso da minha graduação, incluindo amizades, familiares, professoras, professores, zeladoras, técnicas de laboratório e colegas, sem essas pessoas eu não teria chegado onde cheguei.

Agradeço a banca pela disponibilidade e especialmente pelas contribuições tão respeitadas e importantes para que o trabalho tenha andamento. A banca contou com a profa. Nathalia Correa Chagas De Souza, a qual não tive muito contato durante a graduação, mas que neste pouco contato me inspirou positivamente. E com o prof. Jair Hernando Castro Romero, o qual foi meu colega na equipe de pesquisa de invasões biológicas enquanto ainda estava na graduação e foi uma honra receber sua avaliação enquanto doutor.

Agradeço a profa. Rafaella Costa Bonugli Santos e ao prof. Wagner Antonio Chiba De Castro pela orientação, críticas e elogios durante e ao final do percurso, não somente do trabalho de conclusão como também ao longo da graduação.

Agradeço a todas as professoras e professores que me inspiraram durante a graduação além dos meus orientadores, em especial: Carla Vermeulen Carvalho Grade, Cleto Kaveski Peres, Lívia Fernanda Morales, Idete Teles Dos Santos, Cristian Antonio Rojas, Sanely Lourenço Da Costa, Dineia Ghizzo Neto Fellini, Leticia Priscilla Arantes, Danubia Frasson Furtado e Marcela Boroski.

Agradeço às minhas grandes companhias de graduação, em especial a Sara Torres e a Any Caroline Pantaleão Bueno, que acompanharam a maior parte das minhas vitórias, derrotas e do dia a dia na faculdade. Também presente no grupo de pesquisa de invasões biológicas e na nossa iniciação científica, Any contribuiu diretamente tanto na minha vida acadêmica quanto na minha vida pessoal.

Agradeço também ao meu companheiro de caminhada, Murilo Paduan de Souza, pela adrenalina, companheirismo, auxílio recíproco no processo de autodescoberta e principalmente por me apresentar e ensinar o que é ter uma família, compartilhando nossos entes queridos.

Agradeço o privilégio de contribuir com a pesquisa em uma universidade tão singular e pretendo lutar para que esse seja um direito alcançável à todas as pessoas.

Por último, agradeço a minha espiritualidade, que se expressou através de diversas faces, animais e Orixás, me auxiliando inclusive quando não percebo.

RESUMO

Devido às suas particularidades, os fungos ao longo do tempo apresentaram diversos dilemas em relação a sua identificação, desde sua própria sistemática até as abordagens utilizadas. Com algumas inovações biotecnológicas recentes, principalmente as moleculares, como a reação em cadeia da polimerase (PCR), metagenômica e análises filogenéticas, surgiram soluções, mas também problemas à micologia. A relação entre fungos e biotecnologia é forte, pois estes apresentam alto potencial biotecnológico em diversos âmbitos, bem como a biotecnologia apresenta alto potencial de avanços à micologia. Através de uma metodologia de análise cienciométrica, baseada no protocolo PRISMA, almejou-se observar os padrões, tendências e lacunas presentes na identificação de fungos filamentosos isolados e analisar qual o papel que a biotecnologia exerceu e pode exercer neste campo de pesquisa. A coleta amostral na base de dados Web Of Science resultou em 2.094 registros, os quais foram triados com o auxílio da plataforma RAYYAN utilizando critérios bem definidos de exclusão, resultando em 534 artigos que pertenciam ao escopo do trabalho. Dentro deste grupo amostral foram identificadas seis abordagens de identificação bem definidas (química, imunológica, molecular, morfológica, fisiológica e proteômica) e uma refletindo abordagens indefinidas. As áreas de pesquisa foram determinadas baseando-se nas informações disponíveis dos artigos e foram observadas sete áreas principais: agropecuária, biotecnologia, cultural, ambiental, saúde, industrial e taxonomia. Foi analisada a distribuição dos artigos ao longo do tempo e os eventos de acréscimo e declínio apresentaram possíveis explicações por acontecimentos históricos dentro da taxonomia fúngica. Entre as abordagens, identificou-se uma possível emergência com a abordagem química, uma ampla adesão da molecular, persistência da morfológica, escassez da fisiológica e possível estabelecimento da proteômica. Das áreas, foi identificada grande quantidade de artigos sendo contemplados pela área da saúde (304), uma quantidade razoável e similar (~121) para biotecnologia, ambiental e agropecuária, e poucos artigos (>70) para as áreas de taxonomia, industrial e cultural. Um ponto a se destacar é a baixa quantidade de artigos da área biotecnologia que utilizaram a abordagem proteômica, uma análise baseada em conhecimentos biotecnológicos. Atentando-se à demanda taxonômica atual sobre a identificação de fungos por abordagens polifásicas, concluiu-se que esta é um alvo estratégico à biotecnologia, pois impulsiona avanços em bioinformática e inteligência artificial, ampliando as aplicações biotecnológicas.

Palavras-chave: biodiversidade; cienciométrica; classificação; micologia; revisão sistemática.

RESUMEN

Durante las últimas décadas, debido a sus particularidades, los hongos han presentado algunos dilemas en su identificación, desde su propia sistemática hasta por los abordajes utilizados. Con algunas innovaciones biotecnológicas recientes, principalmente moleculares, cómo la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), metagenómica y análisis filogenéticos, surgieron soluciones, pero también nuevos problemas para la micología. A través de una metodología de análisis cuantitativo, basado en el protocolo PRISMA, se aspiró a reconocer patrones, tendencias y carencias presentes en la identificación de hongos y el papel que la biotecnología ejerció y puede ejercer en este campo. La muestra se colectó desde la base de documentos bibliográficos Web Of Science, que resultó en 2.094 registros, los cuales fueron categorizados con asistencia de la plataforma RAYYAN, utilizando criterios de exclusión definidos, resultando en la obtención de 534 artículos que pertenecen al objetivo de este trabajo. Desde esa muestra fueron identificadas seis abordajes de identificación bien definidas (química, inmunológica, molecular, morfológica, fisiológica y proteómica) y una tipificando abordajes imprecisos. Las áreas de investigación fueron definidas basándose en las informaciones disponibles de los artículos y fueron, identificadas principalmente siete: agropecuaria, biotecnología, cultural, ambiental, salud, industrial y taxonomía. Se analizó la distribución de los artículos a lo largo del tiempo, y el aumento y disminución de la producción bibliográfica tuvieron posibles explicaciones debido a la historia de la taxonomía de los hongos. Sobre los abordajes, se observó una posible emergencia del abordaje químico, un amplio uso de la molecular, persistencia de la morfológica, escasez de la fisiológica y posible establecimiento de la proteómica. En cuanto a las áreas, se observó una gran cantidad de artículos contemplados por el área de la salud (304), una cantidad considerable y similar (~121) para biotecnología, ambiental y agropecuaria, y una menor cantidad (>70) para taxonomía, industrial y cultural. Un punto a destacar es la baja cantidad de artículos de la área biotecnología que utilizan el abordaje proteómica, un análisis basado en conocimientos biotecnológicos. Considerando la creciente demanda taxonómica actual para la identificación de hongos por abordajes polifásicas, se concluyó que esta representa un objetivo estratégico para la biotecnología, ya que impulsa avances en bioinformática e inteligencia artificial, ampliando las aplicaciones biotecnológicas.

Palabras clave: biodiversidad; cuantitativa; clasificación; micología; revisión sistemática.

ABSTRACT

Due to fungi's unique set of characteristics, they have historically presented various challenges regarding their identification, from issues in their systematics to the approaches employed. Recent biotechnological innovations, particularly molecular techniques, such as polymerase chain reaction (PCR), metagenomics, and phylogenetic analyses, have introduced solutions, but also new challenges to mycology. The link between fungi and biotechnology is strong, as fungi exhibit high biotechnological potential across various fields, while biotechnology holds significant potential for advancements in mycology. Utilizing a scientometric analysis methodology, based on PRISMA recommendation, this study aims to observe patterns, trends, and gaps in fungal identification and explore the role biotechnology has played and could play in this research field. The data collected from the database WOS resulted in 2.094 records, which were screened in the software RAYYAN applying well defined exclusion criteria, resulting in 534 articles within the study's scope. Within this sample, six well-defined fungal identification approaches were identified (chemical, immunological, molecular, morphological, physiological, and proteomic), along with one category reflecting undefined approaches. The research areas were classified based on the available article information, resulting in seven main areas: agro, biotechnology, culture, environment, health, industry and taxonomy. The articles' temporal distribution was analyzed, revealing patterns of increase and decline that could be explained by historical fungal taxonomy events. Among the approaches, was observed the possible chemical approach emergence, along with widespread molecular adoption, morphological's persistence, physiological's lackness, and a potential proteomic establishment. Regarding the areas, health accounted for the largest number of studies (304), followed by considerable and similar numbers (~121) in biotechnology, environment and agriculture, while taxonomy, industrial applications, and cultural studies had lower representation (>70 articles). A noteworthy aspect is the limited number of articles in the field of biotechnology that employed the proteomic approach, an analysis based on biotechnological knowledge. Given the increasing taxonomic demand for fungal identification through polyphasic approaches, it was concluded that this represents a strategic target for biotechnology, as it drives advances in bioinformatics and artificial intelligence, expanding biotechnological applications.

Key words: biodiversity; classification; mycology; scientometrics; systematic review.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COVID-19 - Doença do Coronavírus, descoberto em 2019

DNA - Ácido Desoxirribonucleico

FFI's - Fungos Filamentosos Isolados

ITS - *Internal Transcribed Spacer*

MALDI-TOF MS - *Matrix Assisted Laser Desorption Ionization - Time of flight Mass Spectrometry*

Morpho - Morphological

PCR - Reação em Cadeia da Polimerase

PRISMA - Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises

RNA - Ácido Ribonucleico

WoS - *Web of Science*

- Abordagens metodológicas:
 - Chm - Química
 - Imn - Imunológica
 - Mlc - Molecular
 - Mrf - Morfológica
 - Phs - Fisiológica
 - Prt - Proteômica
 - Uns - Inserta
- Áreas de pesquisa:
 - A - Agropecuária
 - B - Biotecnologia
 - C - Cultural
 - E - Ambiental
 - H - Saúde
 - I - Industrial
 - T - Taxonomia

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Distribuição de artigos que contemplam o escopo do trabalho em relação ao tempo.	37
GRÁFICO 2: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem <u>Molecular</u> , em relação ao tempo.	43
GRÁFICO 3: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem <u>Morfológica</u> , em relação ao tempo.	44
GRÁFICO 4: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem <u>Fisiológica</u> , em relação ao tempo.	45
GRÁFICO 5: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem <u>Proteômica</u> , em relação ao tempo.	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 FUNGOS.....	12
2.2 DIVERSIDADE DE FUNGOS.....	14
2.3 TAXONOMIA.....	22
2.4 METODOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO.....	25
2.5 CIENCIOMETRIA.....	28
3 OBJETIVOS.....	31
3.1 OBJETIVO GERAL.....	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
4 METODOLOGIA.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
APÊNDICES.....	58
Apêndice A: QUADRO DE ARTIGOS INCLUÍDOS COM ANO DE PUBLICAÇÃO E RESPECTIVAS ABORDAGEM E ÁREA.....	59

1 INTRODUÇÃO

Existindo do micro ao macro, os fungos vão além do que nossos sentidos alcançam. Estão emaranhados em todos os ecossistemas e na nossa sociedade, presentes especialmente nas áreas da saúde e alimentação, desde o campo às indústrias, sejam como “aliados ou inimigos”. Além da presença marcante na cultura ancestral, em rituais, cultos e medicina milenar, e na cultura pop, em jogos como *Super Mario* (Nintendo, 2025), fantasias e choperias.

Estima-se que um dos maiores e mais velhos organismos vivos seja um fungo filamentoso que se estende por toda uma floresta, o qual ironicamente classificamos como microrganismo, sendo visíveis apenas alguns de seus cogumelos espalhados pela mata (Sipos; Anderson; Nagy, 2018). Além disso, é teorizado que o sucesso das plantas no ambiente terrestre se deve as associações das mesmas com fungos (Schünemann; Palacio; Regio, 2021).

Não podemos esquecer da importância da decomposição e ciclagem de nutrientes feitas principalmente por esses organismos e bactérias, com grande auxílio dos insetos, serviços ecológicos que sem eles não seria possível a vida se sustentar no planeta (Constantino, 2024a). Presentes também na microbiota gastrointestinal de diversos animais, de forma mutualista, esses microrganismos auxiliam na digestão dos alimentos, permitindo melhor absorção de nutrientes e muitas outras funções (Hallen-Adams; Suhr, 2016; Rocha *et al.*, 2023; Iliev *et al.*, 2024).

Os fungos se estabeleceram como cosmopolitas, perdendo e ganhando diversas características através de seus milhares de anos evolutivos. Atualmente é difícil eleger uma característica sinapomórfica, ou seja, uma característica presente em todos os fungos que é compartilhada de um ancestral em comum de toda a linhagem evolutiva e que os diferencia enquanto “fungos” de outros organismos. Entretanto, ainda assim, é possível utilizar de análises morfológicas, fisiológicas, ecológicas, etc, além das ômicas para diferenciar tanto um fungo de algum outro organismo quanto de outro fungo.

Em decorrência de suas importâncias ecossistêmicas, econômicas e patológicas, eles estão ganhando um destaque que atravessa diversas áreas da nossa sociedade. Cada linhagem desses microrganismos apresenta suas particularidades, algumas sendo mais convergentes que outras, porém é natural que

haja alguma diferença, seja morfológica, fisiológica, metabólica e/ou molecular, compondo diferentes perfis. Em particular, os fungos geralmente apresentam certa plasticidade que em alguns momentos facilita e em outros dificulta sua identificação a níveis mais baixos de classificação como gênero e principalmente espécie.

Para um olhar biotecnologista, cada perfil é um potencial de aplicação, mas também de aprendizagem. A história evolutiva de cada microrganismo influencia sua atual produção de exoenzimas e metabólitos, determina suas características morfológicas, fisiológicas e composição celular. Além disso, sua evolução molda relações ecológicas que podem ser mais especializadas ou generalistas, bem como variações no DNA que resultam em expressões biomoleculares com diferentes níveis de estabilidade, afinidade, e outras propriedades físico-químicas.

Essas características e singularidades podem ser observadas, mimetizadas ou “engenheiradas” em outros fungos ou organismos. Em outras palavras, cada microrganismo existente atualmente é uma verdadeira biblioteca genética que pode ser consultada, ressaltando a importância da conservação e identificação de espécies. Dito isso, o foco deste trabalho é voltado aos fungos, devido às suas notáveis capacidades biológicas e conseqüentemente biotecnológicas.

Através dos anos, a biotecnologia desenvolveu diversos processos e produtos, além de otimizações, entre eles estão a reação em cadeia da polimerase (PCR), tecnologia que viabilizou o sequenciamento de genes e genomas completos, e a bioinformática, que possibilitou diversas análises, incluindo as análises filogenéticas, ou seja, a de comparação de sequências gênicas levando em consideração taxas de mutação e tempo. Essas tecnologias foram cruciais à revolução da taxonomia, classificação e identificação de todos os organismos, especialmente aos fungos.

Entretanto, com os avanços, emergiram novos problemas nestas áreas, aumentando a complexidade taxonômica, como sequências de fungos não registrados anteriormente e fora dos grupos filogeneticamente já conhecidos, bases de dados insuficientes, limitando uma comparação precisa, e a variabilidade genética, que complica a distinção entre espécies semelhantes. Além disso, as técnicas e regiões de sequenciamento ainda apresentam limitações, e a análise filogenética pode ser afetada por modelos inadequados e dificuldades na resolução de relações evolutivas.

Assim, uma análise cronológica da produção científica, considerando a precisão e as metodologias empregadas na identificação de fungos, pode evidenciar suas lacunas e avanços. Além disso, é possível orientar soluções para alguns desses desafios ao ampliar a perspectiva por meio da cienciometria. A qual surgiu como ferramenta de “meta análise”, permitindo que pesquisadores observem padrões nas produções acadêmicas, como “quem, onde, como e o quê” se tem produzido (Parra; Coutinho; Pessano, 2019). A biotecnologia, como ciência que utiliza da interdisciplinaridade, integração de conhecimentos, análise e inovação, pode obter grande proveito da cienciometria e seus indicadores.

Dada as relevâncias de cada ponto, realizar uma análise cienciométrica sobre a identificação de fungos, exercita a interdisciplinaridade da biotecnologia e permite vislumbres dos problemas passíveis de soluções biotecnológicas, além de consequentemente gerar avanços à micologia, área a qual apresenta suma importância para a biotecnologia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FUNGOS

Os fungos são organismos eucariontes, ou seja, apresentam célula compartimentalizada com citoesqueleto e organelas. Por exemplo, o núcleo, onde está o material genético condensado e delimitado pela membrana nuclear, e as mitocôndrias, organelas teorizadas como resultado de endossimbiose que são responsáveis pela respiração celular em um eucarionte, fornecendo-o energia (Parker *et al.*, 2016).

São organismos heterotróficos, classificados dentro do clado Holomycota, que se diferencia do grupo irmão Holozoa (que contém os animais) por apresentar digestão do alimento fora do corpo do indivíduo, com a liberação de enzimas para a degradação de compostos complexos presentes no ambiente (Schünemann; Palacio; Regio, 2021). A absorção dos nutrientes após sua lise até compostos simples, sem a necessidade de fagocitose, pode ser chamada de heterotrofia por absorção ou osmotrofia, sendo um processo sinapomórfico no grupo, ou seja, uma característica derivada de um ancestral comum (Galindo *et al.*, 2022).

Além disso, os fungos apresentam organização celular tanto unicelular quanto multicelular, sendo chamados de fungos leveduriformes (leveduras) ou filamentosos (mofos), respectivamente. Alguns fungos podem também ser dimórficos, exibindo uma forma de levedura em condições ambientais específicas e uma forma filamentosa em outras condições (Schünemann; Palacio; Regio, 2021). As leveduras são caracterizadas por sua morfologia celular geralmente arredondada, reprodução assexuada por brotamento ou fissão binária, e reprodução sexual por fusão, diploidia com posterior meiose e, em alguns casos, formação de esporos (Hanson; Wolfe, 2017; Boekhout *et al.*, 2021).

Já os fungos filamentosos (mofos) apresentam células alongadas, geralmente cilíndricas, que se ramificam, crescendo sempre apicalmente e apresentando autotropismo negativo, que é a capacidade de um organismo de crescer evitando o próprio corpo, permitindo melhor forrageamento em seres presos ao substrato. O conjunto de células é chamado de hifa e o conjunto de hifas, micélio (Nagy; Kovács; Krizsán, 2018). Fungos filamentosos podem se reproduzir assexuadamente a partir de modificações das hifas, gerando hifas especializadas na

produção de conídios (esporos vegetativos/mitóticos), ou sexualmente por fusão entre hifas compatíveis e produção de esporos meióticos (Wallen; Perlin, 2018).

Outra característica que vem de um ancestral em comum é a presença do polissacarídeo quitina na parede celular da maioria dos fungos, conferindo-lhes resistência e flexibilidade, o que permite a produção de estruturas macroscópicas, em alguns grupos, e a infiltração das hifas no substrato (Schünemann; Palacio; Regio, 2021). Em contrapartida, apesar de também apresentarem um esterol compondo sua membrana celular, os fungos comumente possuem ergosterol constituindo-a, diferente de plantas e animais (Dupont *et al.*, 2012).

Além das características morfo-celulares, também é importante destacar as ecológicas. Os fungos possuem papel bem conhecido dentro da ciclagem de nutrientes, degradando moléculas orgânicas complexas nos mais variados ambientes e substratos, devido a sua complexa maquinaria enzimática e por serem “cosmopolitas”. Outro papel importante que os fungos exercem é o de mutualismo, melhorando o desempenho dos envolvidos, geralmente com fotobiontes (organismos fotossintetizantes), sendo que as micorrizas foram fundamentais para a evolução vegetal e conquista do ambiente terrestre, além dos líquens, os quais permitem que ambos, fungo e alga, ocupem e sobrevivam em locais que sozinhos não conseguiriam ou o fariam com menos maestria. Por outro lado, também temos fungos ocupando nichos como parasitas e/ou patógenos, em alguns casos até como predadores, esses tipos de interações ecológicas são fundamentais no controle populacional das espécies hospedeiras e proporcionam pressão adaptativa nas mesmas, ou seja, estimula uma corrida evolutiva pela sobrevivência (Dix; Webster, 1995).

Adicionalmente às diferentes relações interespecíficas com outros organismos, há também as com outros fungos, o que aumenta a complexidade de sua ecologia. Alguns fungos são chamados de micoparasitas, por parasitarem outros fungos, outros competem pelo substrato (utilizado como fonte de carbono) através de diferentes estratégias. Uns colonizando o substrato por primeiro, crescendo rapidamente e produzindo muitos esporos, outros com crescimento mais lento, porém especializados na decomposição de substâncias mais complexas como lignina, celulose, queratina, etc, ou ainda fungos mais competitivos que além do rápido crescimento, expressam metabolismo secundário envolvendo diferentes toxinas, o que debilita a competição de outros fungos e microrganismos, e por último

os fungos adaptados aos estresses ambientais, apresentando maior resistência, menor consumo de carbono e crescimento mais lento, o que demonstra uma tática competitiva menos agressiva em relação às outras (Dix; Webster, 1995).

Todas essas estratégias, somadas às diferentes relações, funções ecológicas e suas peculiaridades, fazem dos fungos excelentes agentes biotecnológicos. Nossa espécie utiliza esses microrganismos de diferentes formas, sendo que um dos primeiros usos biotecnológicos foi a fermentação de bebidas e alimentos, os quais além de aumentar o valor nutricional, devido a pré digestão fúngica, também ganham propriedades organolépticas mais complexas, ou seja, adição e/ou modulação de texturas, sabores, aromas e visuais. Depois disso, temos o grande impacto farmacêutico dos fungos, especialmente com a produção de antibióticos, mas também diversos outros metabólitos secundários com diferentes funções. Não obstante, com a evolução da engenharia genética, os fungos têm ganhado destaque na produção de proteínas e peptídeos, comuns, recombinantes e/ou quiméricos, especialmente de mamíferos atuando também de forma farmacêutica. Do outro lado da produção de alimentos há a utilização de fungos na agricultura, principalmente como biofertilizantes, estimulando diversos fatores benéficos nas plantas o que aumenta sua sobrevivência e/ou produtividade, e como agentes de biocontrole, atuando como antagonistas contra patógenos e patógenos contra animais praga e plantas daninhas. A integração dos fungos na indústria agrícola agrega especialmente o uso reduzido e mais sustentável de fertilizantes e agrotóxicos, os quais vêm apresentando inúmeras consequências problemáticas, tanto ambientais quanto sociais (Tiwari; Park, 2024).

2.2 DIVERSIDADE DE FUNGOS

A diversidade fúngica que é conhecida popularmente se restringe em boa parte aos cogumelos, bolores, micoses e ocasionalmente acontece a “redescoberta” de que as leveduras que fermentam pães, cervejas e vinhos são fungos também. Ou seja, o que há de conhecimento popular sobre fungos é escasso e como bem foi aprendido com a pandemia da COVID-19, a desinformação é prejudicial à saúde. Em especial, a distância entre os saberes científicos dos saberes populares, mais especificamente, a falta de integração e acessibilidade ao conhecimento descoberto e produzido dentro das universidades e centros de pesquisas científicos é um

grande impasse, que atrapalha em diversos níveis os avanços tanto científicos quanto da sociedade como um todo. Diferente do que se é popularizado, a diversidade fúngica é gigantesca e é proposto que foram catalogadas apenas uma parte muito pequena de toda a sua vastidão. Os fungos citados acima representam nosso maior contato visível com esses organismos, mas a realidade é muito mais complexa e rica do que conseguimos ver, já que a maioria das estruturas produzidas por esses organismos são muito pequenas (Iliev *et al.*, 2024).

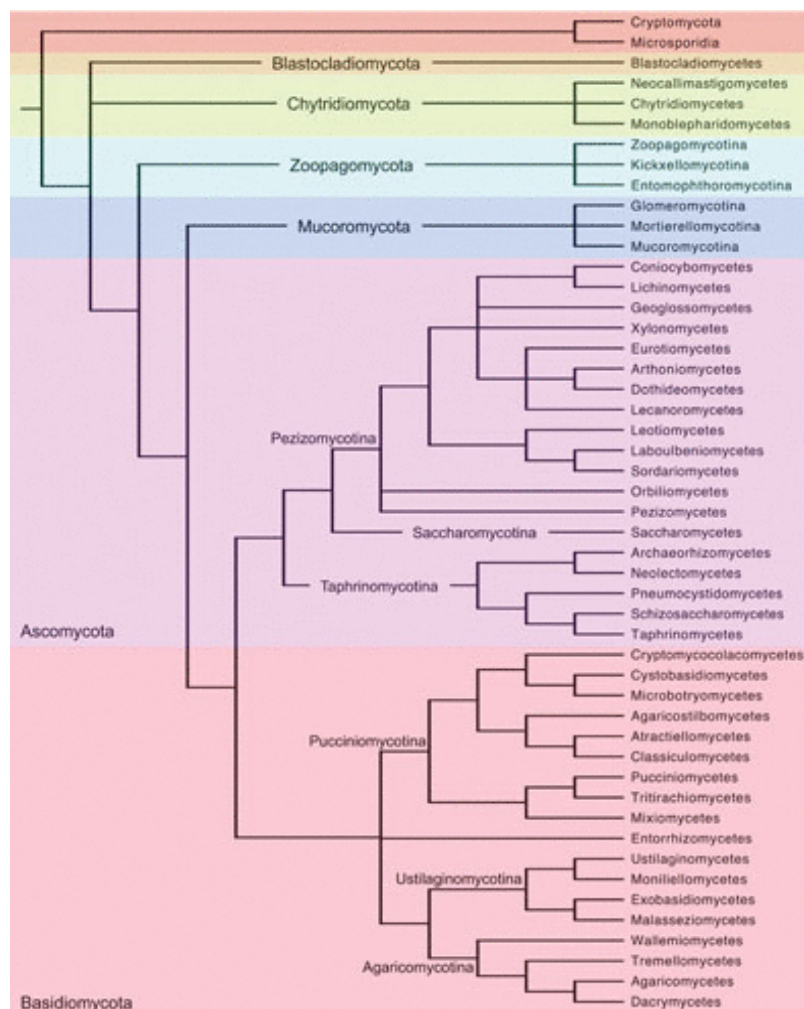
Assim como outros organismos estudados pela biologia, os fungos também seguem uma Sistemática, ou seja, um sistema de classificação que busca, atualmente, classificar e organizar estes organismos em táxons monofiléticos de acordo com sua história evolutiva. De uma forma mais simples, é o agrupamento e nomeação da diversidade existente, de modo que os grupos nomeados contemplem todos os descendentes de um ancestral em comum. Isso significa que quando descobrimos uma espécie nova, a partir de suas diversas características, principalmente o estudo filogenético, inclui-se a mesma em grupos que haja uma ancestralidade em comum, aplicando-se dentro da taxonomia desde subespécie até reino, aqui no caso o reino Fungi (Constantino, 2024b). O qual nas últimas décadas tem passado por turbulências sobre o consenso de sua extensão, “Até onde é fungo?”.

De acordo com Wijayawardene *et al.* (2022), até o momento são reconhecidos 20 filos dentro do reino Fungi - Rozellomycota, Aphelidiomycota, Neocallimastigomycota, Monoblepharomycota, Chytridiomycota, Caulochytriomycota, Blastocladiomycota, Sanchytriomycota, Entomophthoromycota, Kickxellomycota, Zoopagomycota, Olpidiomycota, Basidiobolomycota, Mortierellomycota, Calcarisporiellomycota, Mucoromycota, Glomeromycota, Entorrhizomycota, Basidiomycota e Ascomycota - sendo que o filo Sanchytriomycota foi adicionado nesta última publicação. Gautam *et al.* (2022), baseando-se na publicação anterior de Wijayawardene *et al.* (2022), mencionam outras propostas de classificação, mas por maior robustez, optam pela proposta do grupo de Wijayawardene (Wijayawardene *et al.*, 2020).

Em 2017, Spatafora *et al.*, propuseram uma classificação com oito filos já incluindo linhagens mais ancestrais - Cryptomycota/Rozellomycota, Microsporidia, Blastocladiomycota, Chytridiomycota, Zoopagomycota, Mucoromycota, Ascomycota, Basidiomycota - sendo que já era possível visualizar certos destaques em alguns

subfilos que mais adiante seriam reconhecidos como filios (Figura 1). Wijayawardene *et al.* (2020) mencionam a proposta de classificação, também citada por Gautam *et al.* (2022), onde o filo Microsporidia passa a ser um nível de classificação menor dentro de Rozellomycota, antigo grupo irmão ao qual os dois juntos apresentavam uma linhagem bem definida, mantendo a monofilia do grupo, o que explica o “desaparecimento” do filo nas novas propostas de classificação e que já era possível visualizar na árvore filogenética de Spatafora *et al.* (2017).

Figura 1: Árvore filogenética do reino Fungi.



Fonte: Spatafora *et al.*, 2017.

Atualmente as linhagens mais ancestrais de fungos - Rozellomycota e Aphelidiomycota - também estão ganhando destaque e possuem características diferentes das modernas, apresentando em sua maioria hábitos parasitários obrigatórios ou facultativos, corpo unicelular, fagocitose e esporos flagelados

(zoósporos), além da ausência da parede celular em alguns estágios de vida. Esses fungos basais se fazem presentes principalmente em ambientes aquáticos parasitando os mais diversos organismos, até mesmo outros grupos de fungos (James *et al.*, 2020; Seto *et al.*, 2023). A posterior perda do flagelo, tanto em linhagens basais quanto em modernas, ocorreu de forma independente por pelo menos quatro vezes ao longo das linhagens e está muito possivelmente relacionada a transição desses fungos para ambientes terrestres, menos dependentes de água, e com o desenvolvimentos de novos meios de dispersão de seus esporos (O'malley; Wideman; Ruiz-Trillo, 2016), convergentemente, ou não, o estudo de Galindo *et al.* (2021) sugere que houveram três grandes eventos de perda do flagelo ao longo das linhagens dentro clado Holomycota.

O reconhecimento dessas linhagens mais ancestrais como fungos foi conturbado ao longo de sua história. Wijayawardene *et al.* (2020) apresenta uma pequena linha do tempo citando diversos trabalhos, transparecendo o histórico confuso de classificação para Rozellomycota e Microsporidia, sendo considerados como: fungos leveduriformes (1857); cinco diferentes linhagens não fúngicas (1882-1987); outras classes fúngicas (2000-2013); juntamente com a atual Aphelidiomycota formavam um clado monofilético, Opisthospordia, o qual pertencia ao supergrupo Opisthokonta, separado dos Fungos (2014); sendo que em 2017 é possível observar alguma aceitação de parte de pesquisadores sobre esses clados como as linhagens mais basais de fungos (Spatafora *et al.*, 2017). Contudo há também grupos de pesquisa que em publicações atuais não consideram Rozelídeos, Microsporídeos e Anphelídeos como fungos, propondo uma classificação onde Rozelídeos e Microsporídeos formam o táxon Opisthophagea, enquanto Anphelídeos juntamente com fungos (o restante do táxon) formam Phytophagea, dada uma diferença na alimentação desses grupos durante sua divergência (Galindo *et al.*, 2022).

O filo Chytridiomycota foi dividido em outros filis ao longo do tempo, sendo que estes são didaticamente referidos como “chytrids” (quitrídios), Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota, Monoblepharidomycota e Chytridiomycota, com adição dos mais recentes filis Olpidiomycota e Sanchytriomycota (Seto *et al.*, 2023), contudo, apesar de apresentarem fenótipo muito semelhante aos quitrídios, fungos pertencentes a linhagem Olpidiomycota estão mais filogeneticamente próximos de fungos não flagelados do que dos

flagelados (Sekimoto *et al.*, 2011). Por mais que Chang *et al.* (2021) tenham observado um arranjo filogenético onde o filo se posiciona como irmão a todos os não zoospóricos, outros trabalhos, como os de Wijayawardene *et al.* (2022) e Seto *et al.* (2023), incluindo outras sequências fúngicas, posicionam o filo entre filós não zoospóricos, em especial sendo grupo irmão do filo Basidiobolomycota.

Enquanto ao filo Sanchytriomycota, Galindo *et al.* (2021), demonstraram não só sua existência, como também que havia robustez na irmandade deste novo grupo com Blastocladiomycota, apresentando um posicionamento mais estável na árvore filogenética. Adicionalmente, o filo Caulochytriomycota foi proposto em 2018, separando-o também de Chytridiomycota, entretanto há somente duas espécies conhecidas e apenas uma possui genes sequenciados, o que dá pouca justificativa e robustez filogenética para tal (Strasser; Monaghan, 2022).

Dentro do próprio filo Chytridiomycota, quitrídios *sensu lato*, já existe grande variação morfológica, mas, de modo bem generalista, os quitrídios tendem a apresentar um corpo com esporângio no centro e rizóides, rizomicélios ou hifas, estruturas similares para forrageamento osmotrófico, e uma fase livre com zoósporos flagelados que utilizam de quimiotaxia, localização por gradiente químico, para encontrar seu substrato e brotar, gerando um novo talo, corpo. Os quitrídios podem ser parasitas, saprófagos, hiperparasitas, mutualistas, em especial alguns patogênicos, como o *Batrachochytrium dendrobatidis* que infecta anfíbios e causa altos impactos na biodiversidade destes (Hanrahan-Tan; Lilje; Henderson, 2023).

Tanto em ambientes terrestres quanto aquáticos os quitrídios podem proporcionar o *micoloop*, que é a passagem de nutrientes inacessíveis para determinados organismos por meio do consumo de seus zoósporos, adicionando maior complexidade ao ecossistema. Em particular quitrídios parasitas, saprófagos e hiperparasitas se nutrem de fontes de carbono (C), fósforo (P) e nitrogênio (N) que estão fora da capacidade dos organismos que os consomem, ou seja, um quitrídio que parasita uma alga que é grande demais para que o zooplâncton consuma, permite que os nutrientes dessa alga passem ao zooplâncton através do consumo de seu zoósporo, o qual precisa ter moléculas complexas (ácidos graxos, C), P e N para se desenvolver (Kagami; Miki; Takimoto, 2014; Hanrahan-Tan; Lilje; Henderson, 2023).

Até este ponto do texto foram abordadas as linhagens dos primórdios dos fungos, sendo a grande maioria com muita proximidade de ambientes aquáticos,

passando de fungos unicelulares, fagotróficos, parasitas e zoospóricos, para fungos sinciciais, também zoospóricos, porém com hábitos ecológicos mais diversos e osmotróficos. A partir deste ponto são abordados fungos que colonizaram o ambiente terrestre, essas linhagens se mantiveram osmotróficas e com diversidade de hábitos ecológicos (sapróbio, parasitas, simbiontes, etc), porém a multicelularidade se tornou mais proeminente e seus esporos não apresentam flagelo. Além disso, a reprodução sexuada passou a apresentar estruturas mais complexas, como no caso do antigo grupo “Zygomycota”, que formam um zigospório ao contato entre duas hifas compatíveis, estrutura essa que apresenta maior resistência e contém esporos provenientes de reprodução sexuada, um ou mais zigotos, o que dá nome ao grupo (Calabon *et al.*, 2023).

Atualmente conhecidos como “zigomicetos”, é possível dividi-los didaticamente em dois grupos: um monofilético, o qual alguns pesquisadores consideram como subreino, englobando Entomophthoromycota, Kickxellomycota e Zoopagomycota, estes estão mais intimamente associados a animais, protistas e outros fungos, apresentando hábitos parasitários e predatórios; e outro, geralmente monofilético também, englobando Mortierellomycota, Calcarisporiellomycota, Mucoromycota e, no caso monofilético, Glomeromycota, estes apresentam maior associação ecológica com as plantas, atuando como saprófitos, patógenos e simbiontes (James *et al.*, 2020).

No geral, fungos zigospóricos apresentam hifas cenocíticas, sinciciais, ou seja, não há membrana celular separando uma célula da hifa de outra, se reproduzem assexuadamente produzindo esporângios, uma hifa diferenciada na produção de conídios, e o característico zigósporo. Contudo, não há nenhum registro de reprodução sexuada da linhagem Glomeromycota, apenas assexuada, o que sugere uma incapacidade de observação humana desse processo ou perda desta capacidade evolutiva. Outro ponto importante sobre este filo é a produção de estruturas especializadas de simbiose vegetal, as micorrizas arbusculares, as quais proporcionam integração íntima entre fungo e a raiz vegetal, associação a qual está presente em grande parte das plantas e é considerada uma das principais responsáveis pela conquista conjunta de plantas e fungos do ambiente terrestre (Spatafora *et al.*, 2016). Além disso, apesar de essas linhagens serem as primeiras a apresentarem mais expressivamente crescimento filamentosos por hifa ao invés de rizóides, Galindo *et al.* (2021) apontam que os genes envolvidos na morfogênese

hifal são bem mais antigos do que aparentam e surgiram possivelmente entre ou antes até do último ancestral comum entre anelídeos (Aphelidiomycota) e quitrídeos.

No trabalho de Spatafora *et al.* (2016), é possível observar Basidiobolomycota como grupo irmão de Entomophthoromycota, mais especificamente os dois como classes irmãs, pois este também é um filo de fungos zigospórico, o qual parte do seu ciclo de vida envolve a presença na microbiota de répteis e anfíbios (herpetofauna) e a degradação de suas fezes e serrapilheira (Vargas-Gastélum *et al.*, 2024). Entretanto, com o impasse filogenético causado pelo grupo Olpidiomycota, fungos zoospóricos e endoparasitas obrigatórios de diversos organismos, é possível observar este e Basidiobolomycota como grupos irmãos, como no trabalho de Wijayawardene *et al.* (2022).

Por último, temos sub-reino Dikarya, que compreende os filios Ascomycota, Basidiomycota e Entorrhizomycota, os quais juntos englobam a maior parte da biodiversidade fúngica (Funga, tal qual Flora e Fauna) descrita. O nome do sub-reino referência a característica dicariótica destes fungos, pois suas células apresentam dois núcleos haploides por pelo menos um de seus estágios de vida, sendo que geralmente estes são heterocarióticos, ou seja, cada núcleo possui um genoma completo “n” e apresentam diferenças genéticas entre esses, diferentemente dos animais que são diploides, onde há apenas um núcleo e dois genomas (James *et al.*, 2020).

A monofilia de Dikarya é robusta, pois já foi testada por diversos genes e genomas completos, com pequena exceção ao grupo Entorrhizomycota que apresenta algumas incertezas quanto a posição de como grupo irmão dos outros filios, ou se está dentro de Basidiomycota. Outra característica marcante do grupo são as hifas septadas, ou seja, que apresentam divisões por membranas entre as células da hifa, característica bem comum dentro do grupo e rara nos grupos anteriores englobados em zigomicetos. Outra característica importante é a presença de linhagens leveduriformes, tanto em Ascomycota quanto em Basidiomycota, o que poderia sugerir um ancestral comum leveduriforme, porém não há bases robustas que suportem essa teoria, aportando essas linhagens como derivações (Hibbett *et al.*, 2018).

Contudo, a separação entre fungos filamentosos e leveduriformes é muito mais próxima de um espectro morfológico do que binário. A existência de fungos que em determinadas condições ambientais se desenvolvem como filamentosos e em

outras como leveduriformes recebeu o nome de “fungos dimórficos”, sendo que alguns passam a maior parte do seu ciclo de vida como uma das duas formas, alguns casos passando de uma forma a outra exclusivamente para reprodução, e outros alternam mais livremente, dada algumas condições ambientais, como a temperatura, parâmetro crucial para fungos dimórficos patogênicos para mamíferos, mas que também atuam como sapróbios (Boekhout *et al.*, 2021). Porém linhagens dimórficas não se restringem apenas a esses filios, Li *et al.* (2024) expõem a presença de diversas linhagens dimórficas dentro do gênero *Mucor*, o qual pertence ao filo *Mucormycota*, além de seus impactos na saúde humana e possíveis adaptações ambientais, retratando através de imagens as diversas morfologias das amostras analisadas, com diferentes crescimentos e produção de esporos. Um possível crescimento diferenciado em espécies leveduriformes e/ou dimórficas é a morfologia de pseudohifa, que se diferencia de uma hifa verdadeira por serem uma cadeia de células leveduriformes que não se separaram completamente após brotamento, ou seja, as células apresentam a morfologia leveduriforme, enquanto que na hifa verdadeira as células apresentam formato cilíndrico contínuo e estão separadas apenas pelo “septo”, membrana celular na hifa septada (Chavez *et al.*, 2023).

Em relação a reprodução sexuada destes grupos, diferentemente dos fungos zigospóricos, neste caso nós temos os fungos ascocárpicos e basidiocárpicos, referentes aos dois principais filios, que produzem corpo de frutificação, ou seja, uma estrutura multicelular mais complexa que um zigospório. Não são todos os ascomicetos que produzem ascocarpo e nem todos os basidiomicetos que produzem basidiocarpos, além de existir alta variedade morfológica em cada caso. Entretanto, “asco” faz referência a saco, pois a estrutura remete a uma saco, que contém e protege os esporos, sendo essa a estrutura principal que dá nome ao grupo e está mais presente, enquanto “basídio” faz referência a pequeno pedestal, o qual remete ao formato do basidiocarpo, ou basidioma (Schünemann; Palacio; Regio, 2021).

Além de todas estas possibilidades morfológicas e ecológicas destacadas ao longo das linhagens no texto, há também os líquens que atualmente são considerados por alguns pesquisadores como “superorganismos”, por serem compostos por associação simbiótica de diferentes organismos, no caso até três espécies de fungos, filamentosos ou leveduriformes, e algas, filamentosas ou não.

Em especial o filo Ascomycota apresenta alta quantidade de espécies vivendo este tipo de simbiose, mas Basidiomycota também tem seus representantes e possivelmente outros filios também. Esses organismos crescem emaranhados de forma que as células fúngicas e de algas fiquem bem distribuídas, permitindo que a alga absorva luz para o processo de fotossíntese e o fungo forme uma barreira física que dificulta a desidratação e dano de ambos (Schünemann; Palacio; Regio, 2021).

É notável a diversas características que os fungos podem apresentar, algumas destas mais amplamente distribuídas que outras, contudo nossa classificação para história evolutiva destes organismos carece de pontos de coesão entre organismos tão diferentes. Estruturas visíveis a olho nu são exclusivas apenas das linhagens mais recentes e as visíveis em microscópio muitas vezes são ambíguas. A quitina e o ergosterol já foram grandes marcadores para identificação de fungos, por acreditar-se que estavam presentes em todos esses organismos, porém há linhagens que simplesmente não possuem nenhum dos dois ou ainda outros eucariotos que apresentam um e/ou outro. Contudo, é possível dividi-los em alguns grupos, como fungos zoospóricos e não zoospóricos, ou micro e macro fungos. O ponto é que ao longo de sua história evolutiva houveram diversas situações que exigiam diferentes características, hábitos e/ou interações, ter uma boa definição do que é um fungo é uma questão didática importante, porém à natureza isso é irrelevante, pois a evolução seleciona os organismos com maior capacidade de adaptação e isso envolve ganho e perda de características (Richards; Leonard; Wideman, 2017). Como disseram Hibbett *et al.* (2018), a história da taxonomia filogenética é longa e torturante, pois assim como é difícil e importante definir o que é um fungo, também se é para organizá-los em nomes e linhagens monofiléticas bem coesas e didáticas.

2.3 TAXONOMIA

A taxonomia é a ciência que classifica, organiza e nomeia os seres vivos, podendo estar contida ou ser sinônimo da Sistemática biológica, dependendo do autor. Sem um sistema comum de nomeação, classificação e descrição de espécies, seria muito mais complicado saber qual o organismo tratado em questão, principalmente se nos basearmos em nomes populares, os quais em determinados casos o mesmo nome refere-se a vários organismos e em outros casos o mesmo

organismo recebe vários nomes. Além disso, como já mencionado sobre a Sistemática, a taxonomia também segue atualmente o critério de agrupamento por ancestralidade, o que nos permite observar organismos que pertencem ao mesmo clado, agrupamento monofilético em maior (domínio, reino, filo) ou menor grau (gênero, espécie, subespécie), tal qual como um grau de parentesco, e buscar semelhanças e diferenças, como por exemplo a produção de alguma substância, algum comportamento ou determinados genes (Constantino, 2024b).

Para o caso dos fungos, a história da taxonomia foi e tem sido um tanto conturbada. Lücking *et al.* (2021) apresentam em seu trabalho uma linha do tempo com os principais eventos que marcaram a história da taxonomia e nomenclatura fúngica, começando pelas fundamentações da classificação de fungos, por Micheli, em 1729, até 2019, onde se começa a obrigatoriedade ao registro para designação válida de novas tipificações. Esta linha do tempo reflete bem os momentos percorridos e é complementar ao trabalho de Xu (2020), o qual traz a problemática da definição de espécie para fungo, contextualizando historicamente esse dilema.

Os primeiros registros taxonômicos de fungos foram enquadrados como plantas, devido às “semelhanças” macroscópicas (cogumelos) e desconhecimento sobre estes organismos. Para Xu (2020), isso proporcionou um atraso no estudo dos mesmos e Schünemann, Palacio e Regio (2021) comentam brevemente o quanto isso impacta não só no ramo científico, mas também no conhecimento popular sobre fungos, pontuando também que é relativamente recente, pouco mais de quatro décadas a “emancipação” da taxonomia fúngica, pois enquanto macrofungos eram estudados e reconhecidos como plantas, os microfungos viviam outra realidade dentro do ramo da microbiologia.

Essa organização paralela, juntamente com a complexidade biológica dos fungos e a falta de tecnologia, culminaram na nomenclatura diferenciada entre diferentes estágios de vida de um mesmo fungo, com o macrofungo, corpo de frutificação, sendo reconhecido como uma espécie, enquanto sua contraparte micro e vegetativa, geralmente caracterizada pela reprodução assexuada, era reconhecida como outra (Xu, 2020). Com o tempo e avanço dos cultivos, foi-se percebendo que alguns destes eram os mesmos fungos. Em 1960, M.A. Donk propôs o termo “anamorfo” às fases vegetativas, e em 1977, Hennebert and Weresub propuseram o termo “teleomorfo” às fases sexuais, frutificadas, dos fungos. Os nomes fazem uma alusão a forma (*morpho*) imperfeita (*ana*) e perfeita (*teleo*), refletindo a visão

antropocêntrica muito comum até hoje sobre os diferentes seres vivos descritos pela humanidade (Kirschner, 2018).

Com o desenvolvimento de tecnologias de biologia molecular, houveram vários avanços dentro da taxonomia de fungos: começando com o conceito de taxonomia molecular, em 1985; introdução dos primeiros primers de RNA ribossômico para PCR em fungos, em 1990; primeiro DNA barcoding em fungos, em 1994; primeiro genoma eucarioto completo sequenciado (*Saccharomyces cerevisiae*), em 1996. Estes eventos em pouco mais de uma década transformaram a taxonomia fúngica, especialmente em 1991, onde se teve a primeira proposição para abandono da nomenclatura dual, já que a biologia molecular acarretou crescentemente no pareamento entre anamorfos e teleomorfos da mesma espécie. Contudo, foi só em 2011 que foi oficializada o conceito entre a comunidade micologista “um fungo, um nome”, dando fim a nomenclatura dual em sua taxonomia, marco de suma importância dentro a comunidade, pois simplificou e reorganizou a Sistemática, conferindo-lhe maior robustez e praticidade (Lücking *et al.*, 2021).

Outro ponto importante à taxonomia de fungos foi a amplificação e análise filogenética da região ITS (*internal transcribed spacer*) de genes ribossômicos, a qual foi estabelecida para fungos em 2012 por apresentar vantagens proeminentes em comparação a outras porções de genes. Contudo, a amplificação somente da região ITS não é tão representativa para identificação e sim classificação, ou seja, não é ideal para chegar a nível de espécie, porém níveis taxonômicos mais altos geralmente apresentam resultados mais robustos (Gautam *et al.*, 2022). Além disso, os avanços na metagenômica, somados ao estabelecimento da amplificação da região ITS, permitiram a obtenção massiva de dados genéticos ambientais, emergindo a problemática de que as bases de dados sobre os fungos conhecidos não eram capazes de aportar, ou seja, classificar e identificar essa riqueza desconhecida. Essa problemática ocasionou no surgimento do conceito de *Dark Taxa*, que faz referência a esses fungos nunca cultivados ou registrados, mas que foram encontrados em sequenciamentos ambientais (Lücking *et al.*, 2021).

Atualmente, já se comenta sobre a identificação polifásica, abordagem a qual inclui diferentes metodologias para classificação e identificação de fungos. Estas abordagens podem ser separadas em dois grandes grupos, as “tradicionais”, envolvendo cultura, análises morfológicas, anatômicas e fisiológicas, entre outras, e

as “modernas”, contemplando métodos moleculares e de bioinformática, entretanto, na prática esses grupos facilmente se mesclam. A identificação polifásica se vale também do conceito de que a identificação é um processo contínuo e a associa ao processo de caracterização dos fungos analisados, ou seja, utiliza das diferentes técnicas para descrever os indivíduos, podendo no final, idealmente, gerar uma ficha com o perfil completo do fungo contendo suas mais diversas características, levando em conta toda sua plasticidade morfofisiológica, ecológica, genética, entre outras (Gautam *et al.*, 2022).

2.4 METODOLOGIAS PARA IDENTIFICAÇÃO

Segundo Constantino (2024b), a identificação é estabelecer o posicionamento de um indivíduo ou amostra dentro da classificação, sendo que a identificação é sempre relativa a espécimes, enquanto classificação é relativo a táxons, uma organização hierárquica. A identificação e classificação são partes do trabalho incessante da taxonomia, contudo a taxonomia em si foca mais na nomenclatura e organização dos organismos e suas relações filogenéticas de forma hierárquica, enquanto a identificação é mais focada nos processos técnicos, seja desde uma chave dicotômica até as análises mais tecnológicas, para encontrar a identidade do organismo analisado, e a classificação, focada em encontrar o “parentesco”, dentro de uma lógica filogenética e taxonômica.

Como já mencionado, a identificação utiliza de diferentes técnicas com a finalidade de saber “quem é” o organismo analisado. Essas técnicas podem ter os mais variados focos e abordagens, inclusive apresentarem intersecções em suas metodologias (Gautam *et al.*, 2022). Para vários macrorganismos as primeiras abordagens a serem utilizadas eram as morfológicas, observando as mais variadas características visíveis, como formas, detalhes estruturais, cores, etc. As metodologias de identificação baseadas em morfologia são geralmente simples e também aplicáveis em microrganismos. No caso dos fungos temos análises morfológicas: do corpo de frutificação; dos esporos, fase sexual dos esporos; e do talo, unicelular para rozelídeos, anphelídeos e leveduras, ou filamentoso para os grupos. Lupas e especialmente os diversos tipos de microscópios são instrumentos indispensáveis para identificação morfológica, sendo que boa parte das

características importantes só podem ser visualizadas através de microscópios (Senanayake *et al.*, 2020).

Senanayake *et al.* (2020) comentam a importância das análises morfológicas e descrevem diversos protocolos destas análises, incluindo isolamento, descontaminação, co-cultivo e preservação, visando facilitar e padronizar as metodologias utilizadas de modo que possam ser comparadas entre trabalhos diferentes. Também sugerem como fazer uma ficha técnica com o perfil do fungo, ilustrações e mídias, com o propósito de criar-se um banco de dados completo o qual facilitaria a identificação de espécies fúngicas, sendo um pensamento convergente com a ideia de constância e caracterização da identificação polifásica abordada no trabalho do grupo de Gautam *et al.* (2022). Além disso, Senanayake *et al.* (2020) trazem a perspectiva binária entre identificação genética e fenotípica, mais um possível agrupamento entre as diversas metodologias, as quais genéticas se referem ao genoma, seu sequenciamento e análises posteriores, enquanto a fenotípica envolve tudo referente ao perfil de expressão gênica, resultado da interação entre os genomas possuídos e do indivíduo com o ambiente, isto é o que permite diversos perfis de transcrição, proteicos, enzimáticos, de crescimento, metabólicos, etc.

Apesar de serem uma das principais metodologias de identificação, as técnicas morfológicas sozinhas podem não ser eficazes ao que se propõem, devido à plasticidade e convergências evolutivas entre os fungos, por mais convencionais que estas técnicas possam ser. Isto promove as análises fenotípicas, ou seja, morfológicas somadas a análises de produção de enzimas, metabólitos e ecológicas (Senanayake *et al.*, 2020). As análises fisiológicas e bioquímicas contemplam parâmetros como sobrevivência e desenvolvimento frente a adversidades físico-químicas, como temperatura, pH, salinidade, tolerância a O₂ (gás oxigênio) e perfil enzimático, incluindo capacidades de oxirredução, degradação de carboidratos e moléculas complexas, bioacumulação, produção de metabólitos secundários, entre outros. Em especial, a análise do proteoma microbiano pela técnica de ionização por dessorção a laser assistida por matriz seguida pela detecção em um analisador do tipo tempo de voo (MALDI-TOF MS, do inglês *Matrix Assisted Laser Desorption Ionization - Time of flight Mass Spectrometry*) foi uma metodologia de identificação pioneira na área da saúde voltada para diagnósticos rápidos e eficientes, servindo também como controle de qualidade para indústria farmacêutica. A técnica era a

princípio utilizada para identificação de bactérias, mas foi adaptada para fungos, juntamente com a otimização da extração de suas proteínas. O resultado do método é um espectro que corresponde ao perfil proteico do fungo e apesar de ter potencial para identificação a nível de espécie, tende-se a chegar apenas a nível de gênero e como outras técnicas de identificação, ela também depende de uma base de dados robusta (Moreira *et al.*, 2022).

Diferentemente da MALDI-TOF MS, que não apresenta base de dados online e com escassez de dados ambientais, as análises genéticas possuem bases de dados enormes e públicas. Além disso, resultados de análises genéticas tendem a ser mais objetivos, pois diferentemente do fenótipo, o genoma apresenta alta estabilidade para maioria das espécies. Para além da PCR convencional, há também outras análises, como os kits de extração prontos (Moreira *et al.*, 2022), a metagenômica por *barcoding*, em especial o sequenciamento de alto rendimento (*high throughput sequencing* - HTS), geralmente utilizado para amostras ambientais, produzindo volume massivo de dados. Essas técnicas incluem a comparação com sequências de referência em base de dados por análise computacional filogenética como *maximum likelihood* e *maximum parsimony coupled with automatic barcode gap discovery*, que são programadas para comparar as sequências considerando o tempo que é usual para que uma mutação ocorra, estimando assim o tempo de divergência entre as sequências, contudo não há no código uma análise que leve em conta e consiga destacar eventos de hibridação ou transferência genética, os quais ocorrem naturalmente e ocasionam problemas no pareamento (Lücking, *et al.*, 2020). Uma técnica a ser destacada é a hibridização fluorescente *in situ* (FISH, do inglês *fluorescent in situ hybridization*), a qual permite a visualização de genes ou cromossomos inteiros, permitindo distinção genética entre morfotipos semelhantes e/ou cepas distintas, além de sua versão mais sensível, a hibridação fluorescente *in situ* com deposição de repórter catalítico (CERD-FISH, do inglês *catalyzed reporter deposition - fluorescence in situ hybridization*), ótima para amostras mais complexas e com baixa densidade que não seriam observáveis na FISH comum (Hoshino *et al.*, 2008).

Diversas das técnicas mencionadas, principalmente as genéticas, envolvem processos biotecnológicos, demonstrando que mesmo tão voltada para área aplicada, ela dentro de seu espectro de atuação contribui à pesquisa de base, como a taxonomia. Lücking, *et al.* (2020), mostram uma abordagem delimitando

categoricamente onde uma especialista em taxonomia e um usuário se divergem no processo de identificação de espécie, discorrendo sobre: conceito, delimitação, reconhecimento, identificação e verificação, sendo que os quatro primeiros contemplam especialistas, enquanto usuários permeiam apenas os dois últimos. É importante destacar que enquanto especialistas buscam o trabalho constante de identificação e caracterização, usuários visam processos rápidos e efetivos, como “kits diagnósticos”. Isto demonstra a divergência de investimento em recursos, tempo e técnicas que serão utilizadas.

Complementarmente, temos o impasse das bases de dados, ou seja, sem identificação e caracterização robustas e acessíveis, não há verificação e exatidão, pois “ferramentas de identificação só conseguem ser tão boas quanto os dados de referência por trás delas”. Plataformas e programas online frutos da bioinformática, sejam eles desenhados por profissionais de biotecnologia ou de computação e áreas afins, são essenciais para que os dados de referência e verificação sejam bem recebidos, processados e organizados, ou seja, uma identificação de qualidade envolve diversas etapas e processos que são invisíveis aos olhos do usuário, especialmente dependendo da área, como ambiental, agropecuária e saúde (Lücking, *et al.*, 2021).

2.5 CIENCIOMETRIA

As bases da Cienciometria emergem no contexto da Segunda Guerra Mundial com o nascimento da Ciência da Informação moderna e embrionariamente tinha foco para gestão administrativa e organização de informação produzida. Ela surge como conhecemos hoje, no encontro entre a Ciência da Informação e a Sociologia da Ciência, por volta de 1960 na Europa, como forma de organizar e analisar a produção massiva de publicações científicas que ocorreram na época, rapidamente se dispersando pelo globo (Parra; Coutinho; Pessano, 2019).

Pode ser considerada uma “metaciência”, pois é a ciência que analisa a ciência, como uma metanálise, ou seja, a partir do que se é produzido cientificamente, integra-se estatisticamente o foco observacional escolhido, produzindo resultados numéricos interpretáveis (Galvão; Pereira, 2014; Galvão; Pansani, 2015). Logo, a cienciometria é quantitativa, desta forma busca objetividade através de indicadores confiáveis, usando de métodos estatísticos e matemáticos

aplicando-os na sociologia, dado que a ciência é uma expressão da produção humana, logo é sociológica (Parra; Coutinho; Pessano, 2019).

As análises cienciométricas quantificam a produção científica, citações, coautorias, local, entre outros parâmetros, promovendo uma visão ampla sobre as áreas observadas, suas tendências, evoluções, estagnações, privilégios e desafios. Isso permite evidenciar tais padrões e a possibilidade de uma posterior ação política, como financiamento de áreas promissoras ou que carecem de recursos, além também de funcionarem como medidores de produtividade, como forma de relatório de transparência, seja público ou privado (Mingers; Leydesdorff, 2015; Parra; Coutinho; Pessano, 2019).

Por mais objetiva que a mesma possa se propor a ser, é de suma importância não se permitir esquecer da realidade subjetiva de quem, quando e como faz essa pesquisa e as pesquisas analisadas, evitando assim um descolamento da realidade político-social que vivemos e a produção de resultados e/ou conclusões completamente enviesados (Parra; Coutinho; Pessano, 2019).

Para tanto, o protocolo PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises, do inglês *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), foi desenvolvido com o intuito de padronizar a produção científica nas categorias de revisões e meta-análises, permitindo que estas apresentem maior robustez, comparabilidade e reprodutibilidade. A recomendação PRISMA é constituída por uma lista de checagem com 27 itens e um fluxograma com quatro etapas que direcionam a produção do trabalho, detalhando pontos importantes e podendo também ser útil como avaliação crítica (Galvão; Pansani, 2015). Sendo que sua última atualização ocorreu em 2020 e foram acrescentados alguns subitens que detalham melhor as especificações recomendadas, além de atualização das listas de checagem para novas abordagens e tipos de dados, entre outras modernizações (Page *et al.*, 2021).

No contexto atual de grande disseminação de informação por meio virtual, grande parte da produção científica se encontra depositada em bancos de dados online, permitindo e facilitando forte atuação da ciencimetria, a qual demonstra parâmetros utilizados amplamente hoje, como o fator de impacto de revistas e o índice H, indicador de produtividade e impacto de autor (Parra; Coutinho; Pessano, 2019). Por mais complexos e problemáticos que estes indicadores possam ser, sempre há uma constante preocupação com a objetividade e minimização da

distorção da realidade que os mesmos possam apresentar. Desta forma, os pesquisadores destas áreas sempre buscam aperfeiçoá-los ou criar novos indicadores que permitam contornar estes problemas (Mingers; Leydesdorff, 2015).

Dado seu papel como ferramenta de meta análise científica e valendo-se da interdisciplinaridade e resolubilidade da biotecnologia, somados a história e problemáticas da taxonomia e identificação de fungos, faz-se importante um trabalho que observe este recorte histórico científico a partir de uma abordagem cienciométrica padronizada pelas recomendações PRISMA.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Descrever a mudança nas metodologias para a identificação de fungos filamentosos isolados por meio de uma análise cienciométrica.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir palavras-chave estratégicas que contemplem os principais termos utilizados na produção científica sobre a identificação de fungos.
- Analisar os padrões e a distribuição temporal das abordagens utilizadas na identificação de fungos em diferentes áreas de pesquisa, considerando desafios e novidades.
- Identificar e detalhar lacunas na produção científica relacionada à identificação de fungos.
- Identificar áreas subexploradas e com potencial para avanços biotecnológicos.

4 METODOLOGIA

Utilizando de uma abordagem cienciométrica, o levantamento bibliográfico sistemático foi realizado por meio do protocolo PRISMA (Page *et al.*, 2021), no começo de novembro de 2024, selecionando o grupo amostral a partir da plataforma online de artigos científicos *Web of Science* (WoS) sem restringir o período temporal da busca e focando no tema “identificação de fungos filamentosos isolados” por meio de direcionadores de busca (*drivers*) apropriados, construídos com a estratégia PICOS (Galvão; Pereira, 2014), estruturados em: população (P); intervenção (ou exposição, “I”); comparação (C); desfecho (O, *outcome*, do inglês); e tipo de estudo (S, *study type*, do inglês).

Após a seleção dos documentos, os manuscritos foram baixados da plataforma em formato “bibtex” e submetidos a plataforma de manejo de revisões sistemáticas aprimorada por inteligência artificial, RAYYAN (<https://www.rayyan.ai/>). Utilizando das ferramentas presentes na plataforma, os registros foram triados, primeiramente identificando e excluindo as duplicatas e em seguida excluindo todos os artigos que não pertenciam ao escopo do trabalho analisando seu título, resumo e palavras-chave, baseando-se nos critérios de inclusão e exclusão: “o artigo deve apresentar de forma explícita: ao menos um fungo filamentoso isolado identificado dentro do escopo do trabalho; a metodologia e/ou técnica utilizada.” E “artigos de conferências ou congressos”.

Posteriormente, os artigos incluídos foram classificados de acordo com suas metodologias evidenciadas em seus resumos, sendo consideradas unicamente as metodologias utilizadas para identificar os fungos filamentosos isolados do trabalho.

Em seguida, para determinação das áreas de pesquisa que contemplaram cada artigo, foram analisados em ordem de prioridade o título, palavras-chave, resumo e revista de publicação de cada artigo, sendo extraídas palavras que refletiam padrões de conceitos referentes às áreas de pesquisa. Foi estabelecido que cada artigo poderia ser contemplado por no máximo duas áreas, com o intuito de simplificar e diminuir a subjetividade da determinação. Áreas que apresentaram maior grau de complexidade para sua determinação foram tidas como “secundárias”, dando preferência para áreas melhor delimitadas no caso do artigo parecer ser contemplado por mais duas áreas.

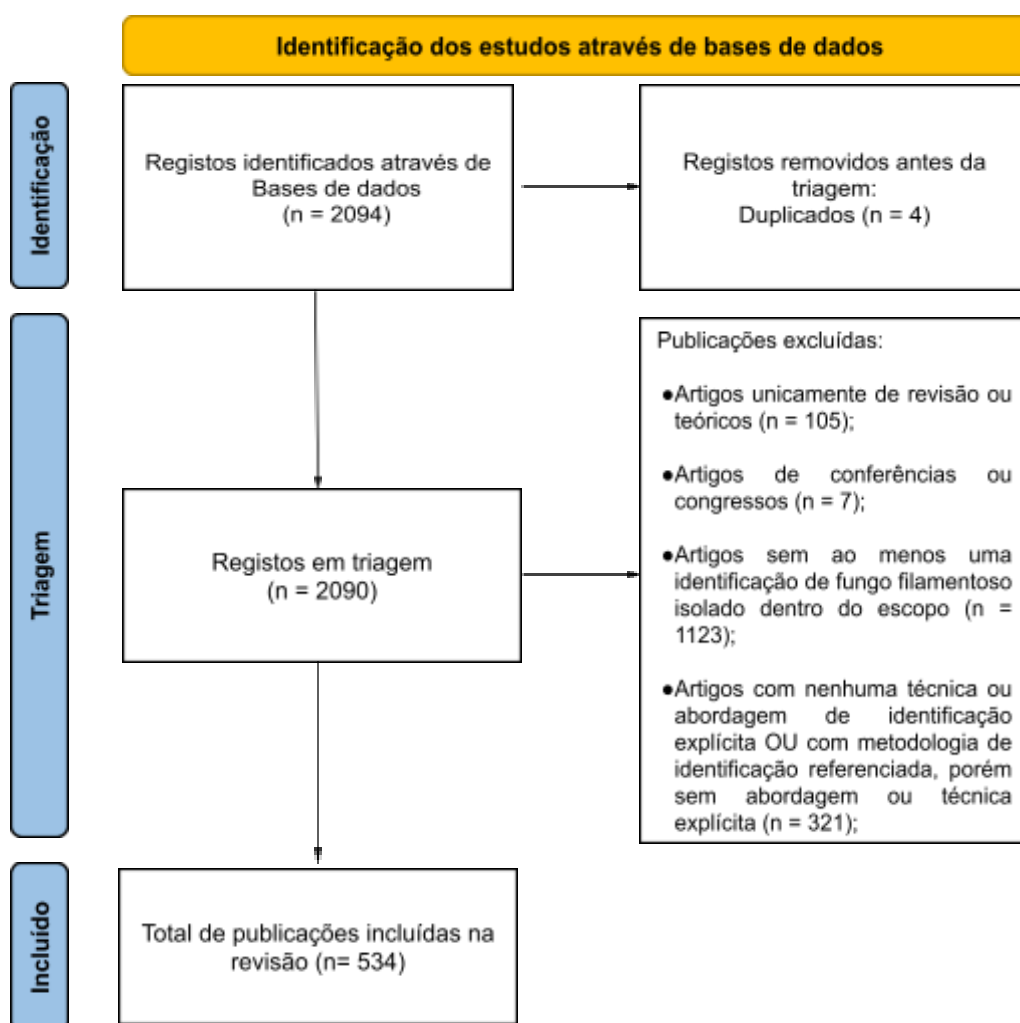
A partir do estabelecimento destes dados, foram feitas as seguintes análises:

- cronológica geral: observação da distribuição dos artigos incluídos, reconhecimento da tendência geral da distribuição e busca de possíveis justificativas históricas para acréscimos e decréscimos na quantidade de artigos ao longo do tempo.
- caracterização das abordagens metodológicas de identificação de fungos.
- quantificar e comparar a quantidade de artigos que utilizam cada abordagem.
- composição de áreas científicas em relação às abordagens metodológicas ao longo do tempo: observação e comparação da distribuição e de tendências dos artigos que utilizaram cada abordagem em relação às áreas ao longo do tempo.
- áreas subexploradas e potenciais biotecnológicos: identificação das áreas subexploradas a partir da análise anterior e observação de potenciais biotecnológicos para avanços na pesquisa dentro destas áreas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar-se os testes de coleta amostral foi encontrada a seguinte melhor combinação de *drivers*: “(fung*) AND (filamen* OR mold* OR mould*) AND (taxonom* OR identif* OR character* OR classif*) AND (method* OR technic* OR tool*) AND (isola*)”. Essa combinação especificando fungos filamentosos isolados (FFI’s) gerou uma quantidade de artigos factíveis de processamento e observação de um grupo representativo dentro do filo, dado que a ampliação do tema aumentava consideravelmente a amostra. Foram obtidos 2.094 artigos e seu processamento se faz visível na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma PRISMA (2020) de processamento quantitativo dos registros obtidos em base de dados realizado na RAYYAN.



Traduzido por: Verónica Abreu*, Sónia Gonçalves-Lopes*, José Luís Sousa* e Verónica Oliveira /

*ESS Jean Piaget - Vila Nova de Gaia - Portugal

Adaptado por: o autor, 2025.

Fonte: Page *et al.*, 2021.

Dos 2.094 registros, apenas quatro estavam duplicados, sendo estes excluídos. Dos 2.090 triados, apenas 534 foram incluídos para posterior análise, o que representa aproximadamente 25% do total e resulta em 1.556 registros excluídos. As razões de exclusão se encontram mais detalhadas na Figura 2.

Abordagens ditas como “clássica, convencional, cultural, fenotípica, micológica ou microbiológica” foram todas consideradas como não explícitas (incertas - *unsure*), pois não representavam apenas uma abordagem em específico, dado que as duas primeiras fazem referência temporal metodológica, a qual varia com o tempo, a terceira evidencia apenas que o microrganismo foi cultivado e isolado, o que é pré-requisito para esta análise em todas as abordagens, ou seja, inespecífico; a quarta inclui todas as abordagens não genéticas, e as duas últimas também são generalistas. Resumos com essas abordagens consideradas incertas, quando apenas elas estavam evidenciadas, foram excluídos, porém quando outras abordagens consideradas explícitas estavam presentes, os artigos foram incluídos.

Adicionalmente, a publicação foi excluída quando o resumo apresentava “polifásica” como abordagem sem especificar ao menos uma das abordagens utilizadas, dado que polifásica é um conjunto de abordagens que, sem detalhamento, impossibilitariam a análise proposta neste estudo. Além disso, direcionado pela ideia de Gautam *et al.* (2022), juntamente com os padrões observados durante a triagem, em adição aos polifásicos já mencionados, somente artigos com resumos que apresentaram três ou mais abordagens para a mesma identificação, foram considerados como polifásicos e incluídos.

Em casos de resumos apresentando abordagens diferentes para fungos diferentes, essas abordagens não eram agrupadas, ou seja, se o fungo “A” foi identificado pelas abordagens “1” e “2”, o artigo recebia a classificação conjunta “1 & 2”, porém, se o resumo identificava fungos utilizando as abordagens “1” ou “2”, recebia a classificação “1” e “2”, separadas (exemplo do segundo caso: “*Proteoma; Morphological*”). Como resultado dessa etapa, foram classificadas oito abordagens de identificação: i) *Chemical* (Chm), ii) *Immunological* (Imn), iii) *Molecular* (Mlc), iv) *Morphological* (Mrf), v) *Physiological* (Phs), vi) *Polyphasic*, vii) *Proteoma* (Prt) e viii) *Unsure* (Uns); e treze agrupamentos de abordagens diferentes, além de quatro categorias refletindo o caso de abordagens separadas, como mencionado anteriormente (Apêndice A).

A determinação das áreas de pesquisa contempladas pelos artigos resultou em sete áreas: i) *Agro* (A), ii) *Biotechnology* (B), iii) *Culture* (C), iv) *Environment* (E), v) *Health* (H), vi) *Industry* (I) e vii) *Taxonomy* (T) - e dezenove combinações em duplas das áreas categorizadas (Apêndice A). Os conceitos e palavras utilizados para a categorização das áreas estão apresentados no Quadro 1. Nenhum artigo foi categorizado com três ou mais áreas a fim de simplificar e padronizar a análise. Para que isso fosse possível, além da priorização dos focos principais dos estudos, as áreas da Biotecnologia e Cultural foram tidas como secundárias. A primeira devido sua alta interdisciplinaridade, além de seus produtos comporem as próprias abordagens de identificação, e a segunda por maior nível de subjetividade em relação às outras.

Quadro 1: Áreas de pesquisa e conceitos e palavras utilizadas para a determinação delas.

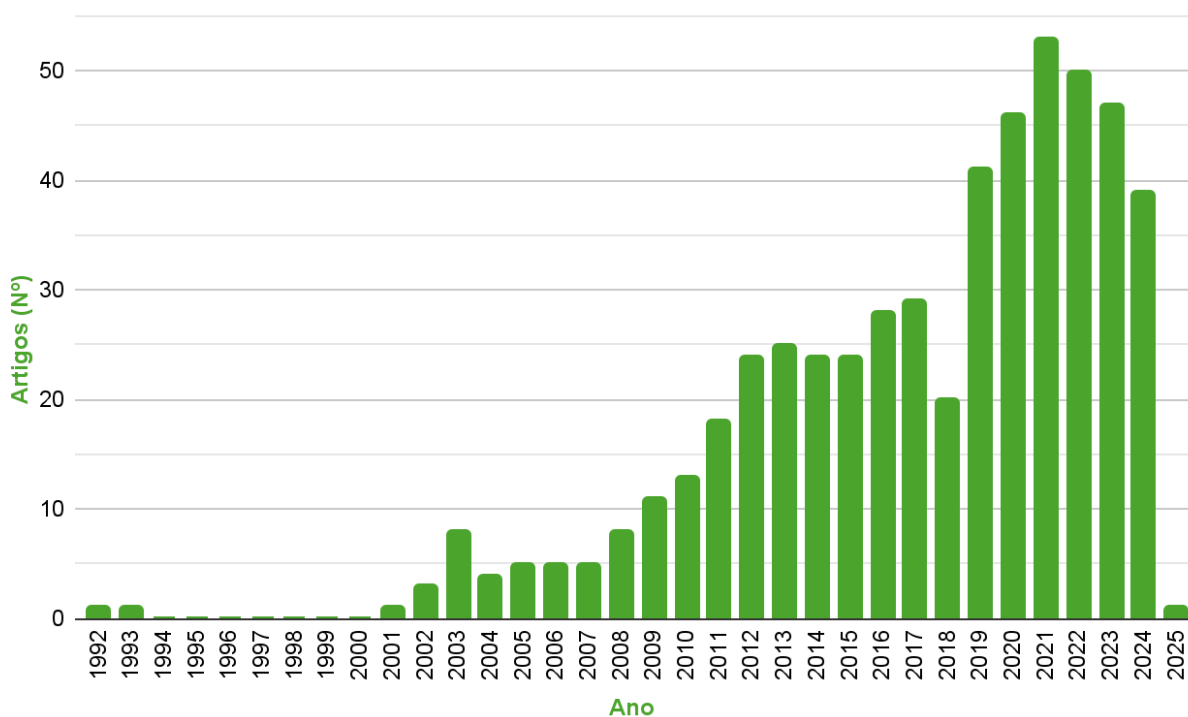
Áreas	Conceitos e Palavras
<i>Agro</i>	Produção, Criação, Cultivo, "Pragas", " <i>postharvest</i> "
<i>Biotechnology</i>	Bioprospecção, Biorremediação, Bioacumulação, Bioaumentação, Bioprocessos, Aplicação, Otimização, Desenvolvimento
<i>Culture</i>	Etnológico, Cultural, Histórico, "Tradicional"
<i>Environment</i>	Ambiente, Ecologia, Saúde Ambiental
<i>Health</i>	Medicina, Veterinária, Segurança Alimentar, Sanitário, Epidemiologia
<i>Industry</i>	Escalonamento, Comercial, Processados, Alimentos e Bebidas, Qualidade
<i>Taxonomy</i>	Taxonomia, Novas Espécies, Filogenia (reorganização), Evolução, Avaliação de Metodologias de Identificação

Fonte: o autor, 2025.

A determinação qualitativa das áreas reflete um conjunto de áreas de pesquisas presentes no grupo amostral. *Agro* refere-se ao conjunto de artigos que pertenciam a pesquisas dentro do âmbito da agropecuária, incluindo o cultivo de cogumelos comestíveis. *Biotechnology* refere-se principalmente ao conjunto que focava em aplicações biotecnológicas, sendo que escopos que não demonstraram através do resumo grande influência de outras áreas foram considerados unicamente biotecnológicos, dado que esta é uma área interdisciplinar. *Culture* refere-se ao conjunto que refletiu aspectos sociais, como: comidas e bebidas típicas,

costumes, artes, artefatos históricos e etc. *Environment* refere-se principalmente ao meio ambiente natural e suas combinações refletiam espaços físicos das outras áreas de pesquisa que geralmente não são o foco da área, como em *Culture*, a pesquisa de artefatos históricos era específico da área, porém quando a pesquisa abarcava o espaço físico do museu, ele englobava as duas áreas. *Health* refere-se ao conjunto da saúde animal, humana ou não, englobando questões como riscos à saúde, doenças, intoxicações e alergias, sendo que quando questões veterinárias apresentavam um viés de produto ou produção ao animal, como aviária ou gado, o artigo era considerado como contemplando as duas áreas. *Industry* refere-se principalmente a área industrial envolvendo também questões de mercado, indústrias têxtil, de alimentos e bebidas processados, controle de qualidade e processamentos físicos e químicos de produtos. E por último, *Taxonomy* refere-se ao conjunto que focou em questões taxonômicas, como a reidentificação de fungos erroneamente identificados, especiação, avaliação e redução ou acréscimo de espécies dentro de um complexo ou seção.

A distribuição dos artigos ao longo do tempo se faz visível no Gráfico 1, tornando perceptível o crescimento na produção científica dentro dos critérios do trabalho, com uma ausência entre 1994 e 2000, uma breve pico em 2003, uma queda mais expressiva entre 2017 e 2018 e logo um salto em 2019, sendo a tendência geral crescente. Essa ausência de artigos no período entre 1994 e 2000 pode ser justificada devido a expansão da era genômica, com acontecimentos como o primeiro DNA *barcoding* para fungos em 1994 e o primeiro genoma eucarioto sequenciado em 1996, sendo este da levedura modelo *Saccharomyces cerevisiae*. Lembrando que essa dualidade “micro” e “macro” dos fungos filamentosos faz com que haja um certo atraso na chegada de novas tecnologias microbiológicas, diferentemente do que acontece às leveduras. E justamente por essa disparidade, fungos leveduriformes e/ou patogênicos podem ter atraído o foco dos pesquisadores na época (Lücking *et al.*, 2021).

Gráfico 1: Distribuição de artigos que contemplam o escopo do trabalho em relação ao tempo.

Fonte: o autor, 2025.

O leve pico de 2003 pode ser justificado pelo movimento divergente do foco dentro da micologia com o primeiro genoma de fungo filamentoso sequenciado, obtido do organismo modelo *Neurospora crassa*, o que pode também ter impulsionado o crescimento gradual na área. Por outro lado, a queda entre 2017 e 2018 pode ser resultado do movimento de reorganização taxonômica dentro das nomenclaturas fúngicas, possivelmente desencorajando a identificação até que a reorganização estivesse estabilizada (Lücking *et al.*, 2021).

Já se era esperado um grande número de publicações no período da pandemia da COVID-19, devido ao fato do isolamento social permitir que artigos que faltavam apenas sua finalização ou questões que poderiam ser resolvidas remotamente, fossem concluídos e publicados, refletindo no intervalo entre 2019 e 2022 contemplar mais de 30% dos artigos. O declínio nos anos de 2024 e 2025 se deve ao fato de a amostragem ter ocorrido antes do final de 2024, o que impediu que os dados do último bimestre de 2024 em diante fossem coletados.

Para que fosse contabilizada a presença de cada abordagem e sua porcentagem em relação ao total de artigos incluídos, foi necessário desvendar as abordagens contidas nos 34 artigos que apresentavam metodologia considerada

polifásica. O processo de análise dentro dos polifásicos permitiu a observação de seu padrão de combinação e sua composição, destacando-se que:

- Apenas dois artigos apresentaram mais de três abordagens, sendo um deles quatro (Mlc, Mrf, Phs e Prt) e outro cinco (Chm, Mlc, Mrf, Phs e Prt);
- A combinação mais presente de três abordagens foi “Mlc, Mrf e Phs”, representando aproximadamente 41% do total, sendo que as outras combinações não passaram de cinco artigos;
- Convergindo com a informação anterior, as abordagens mais presentes foram: Molecular (~97%), Morfológica (~65%) e Fisiológica (~59%);

A partir da soma das presenças de cada abordagem sozinha, em conjunto (dupla) e dos polifásicos foi possível observar de modo amplo a distribuição delas. Sendo estas evidenciadas na Tabela 1, destacando-se a abordagem Molecular a qual estava presente em aproximadamente 80% dos artigos, demonstrando seu amplo uso na identificação de FFI's.

Tabela 1: Distribuição das diferentes abordagens de artigos que identificam fungos filamentosos isolados em relação ao total de 534 artigos incluídos (1992-2025).

Abordagens	Artigos (Nº)	%
<i>Chemical</i>	3	0,56
<i>Immunological</i>	2	0,37
<i>Molecular</i>	431	80,71
<i>Morphological</i>	254	47,57
<i>Physiological</i>	42	7,87
<i>Proteoma</i>	44	8,24
<i>Unsure</i>	50	9,36

Fonte: o autor, 2025.

De forma geral, muitos artigos não apresentavam de forma explícita em seus resumos, títulos e/ou palavras-chave as técnicas utilizadas ou detalhes da metodologia que pudessem contribuir com a metanálise, sendo que este tipo de situação aconteceu especialmente com a abordagem Morfológica. O que pode ser explicado pela exigência das revistas em deixar minúcias metodológicas apenas dentro das metodologias, permitindo que os resumos foquem em outras informações consideradas mais relevantes à revista. Outro ponto importante é a complexidade da

técnica, por exemplo, as abordagens morfológicas geralmente são simples e visuais, em sua maioria utilizando microscópio óptico, não possuindo muitos detalhes metodológicos. Contudo, nos resumos que foram um pouco mais detalhados, foi observado técnicas com corantes, fita adesiva, microcultivo, chaves taxonômicas, entre outras, e em raros casos eram citadas quais estruturas fúngicas eram analisadas. Também foi notado que não havia padronização nos resumos. Alguns eram extremamente compactos, enquanto outros eram como reais prévias do artigo. A escrita nem sempre era direta em relação aos critérios avaliados, o que exigia muita atenção e ocasionou em tempo de triagem dispendioso e maior que o esperado.

As abordagens Química (*Chemical*) e Imunológica (*Immunological*) podem ser consideradas raras devido a sua baixa frequência dentro da amostra. Em relação às químicas, os três artigos se encontram nos anos de 2017, 2023 e 2024, o que pode corroborar com o recente retorno dessas abordagens comentado por Wei *et al.* (2021) em seu trabalho. Em especial a técnica de espectroscopia infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) é uma das técnicas citadas por Gautam *et al.* (2022), e assim como outras técnicas contempladas dentro das abordagens químicas, elas evidenciam a composição atômica da amostra. No caso de amostras biológicas, essa composição atômica reflete sua composição bioquímica e gera um espectro de identificação específico (*fingerprint*) (Jaddaoui; Ghazal; Bennett, 2023). Já os dois trabalhos que apresentaram abordagem imunológica se encontram um em 1993 e o outro em 2016. Sua raridade pode ser explicada pela tendência de abordagens imunológicas serem mais utilizadas para detecção do que identificação e preferencialmente para patógenos humanos, os quais em sua maioria dentre os fungos, são os leveduriformes ou dimórficos, fungos estes que não estão contemplados no escopo deste trabalho. Esse tipo de abordagem engloba o uso de anticorpos específicos para determinados antígenos, garantindo alta especificidade e/ou sensibilidade (Li; Marquardt; Abramson, 2000; Almeida-Paes *et al.*, 2022).

A abordagem molecular engloba principalmente a técnica da PCR como base, assim como a microscopia está para a abordagem morfológica. O sequenciamento também é amplamente utilizado, sendo que os fatores que mais podem variar são: o tipo de PCR utilizado, as sequências amplificadas (diferentes genes e/ou regiões, ou ainda genoma completo), se são utilizadas enzimas de restrição (e quais são utilizadas) e o processamento desses dados. Neste último é

onde se encontra o alinhamento e as análises filogenéticas, responsáveis pela identificação propriamente dita. O alinhamento compara a similaridade das sequências obtidas com as de dentro da base de dados, as quais geralmente já estão identificadas a nível de espécie, porém, com os avanços tecnológicos e maior rigorosidade taxonômica as análises filogenéticas têm se tornado muito mais robustas que apenas o alinhamento de sequências (Chethana *et al.*, 2021; Gautam *et al.*, 2022).

A revisão feita por Chethana *et al.* (2021), apesar de focar principalmente na identificação de novas espécies, ao traçar a trajetória das análises filogenéticas (suas críticas, falhas e progressos), permite ser utilizada como parâmetro de identificação de espécies já conhecidas. O trabalho reforça a importância das análises filogenéticas, o uso de abordagens moleculares serem multilocus e que sejam utilizadas abordagens polifásicas. Dos artigos nos quais foi possível identificar pelo resumo esses detalhes metodológicos, apenas 72 mostraram o uso de análise filogenética, o qual destes, apenas 8 explicitaram o uso do tipo da análise (*maximum likelihood*, *multispecies coalescence*, entre outros). Dentro destes 72, apenas 27 artigos explicitaram uma análise filogenética multilocus. A distribuição deles em relação ao tempo é um tanto dispersa, porém ganha mais estabilidade entre 2019 e 2024, e as áreas de pesquisa mais presentes são a Taxonomia e a Ambiental (*Environment*).

Das abordagens fisiológicas, foram contempladas diversas análises: produção enzimática, micotoxinas e metabólitos secundários, kits de perfil metabólico, capacidade de degradação, bioquímicas, ecofisiológicas, morfofisiológicas (esta foi considerada como ambas as abordagens) e as fisiológicas propriamente ditas, como por exemplo crescimento em meio de baixa capacidade hídrica. Sua distribuição ocorreu de 2002 a 2024 oscilando em uma média de aproximadamente dois artigos por ano. Ao longo da triagem foi possível observar que as análises fisiológicas são muito utilizadas na caracterização de cepas (indivíduos da mesma espécie que apresentam diferenças devido a plasticidade fenotípica e/ou diversidade genética), porém, aparentemente, não acontece na mesma frequência para a identificação geral de fungos filamentosos. Isso pode ser explicado devido a casos de identificação errônea, em especial por kits de perfil metabólico, além de que esse tipo de abordagem de identificação ganhou maior seletividade em seu uso a nível de alguns gêneros (Lücking *et al.*, 2021; Kim, 2024).

Outro ponto a se destacar é que a área da Saúde (*Health*), englobou quase 60% dos artigos que apresentavam abordagem fisiológica, o que em partes corrobora com a citação de Lücking *et al.* (2021) sobre esse tipo de abordagem ser utilizada com maior frequência na microbiologia clínica e de alimentos, a qual a categoria Saúde contempla. O impasse se deve a que essa pontuação sugere que talvez se “Alimentos” fosse uma categoria separada, essa porcentagem seria diluída e mais coerente em refletir a realidade das áreas que identificam FFI's.

Apesar de Lücking *et al.* (2021) apresentarem que a introdução da análise proteômica para fungos ocorreu em 2006, os artigos incluídos com essa abordagem foram encontrados somente a partir de 2013, o que pode refletir o atraso do uso dessa abordagem de identificação de fungos filamentosos em comparação aos leveduriformes, já que eles apresentam maior complexidade devido às suas estruturas especializadas e crescimento. A área da Saúde já era esperada como prevalente para esse tipo de abordagem e contemplou aproximadamente 91% dos artigos, sendo também a mais estável em relação às outras áreas. Em contrapartida, nenhum artigo da área Industrial (*Industry*) apresentou essa abordagem, o que pode refletir um maior uso independente de cultivo da proteômica nesta área ou uma frequência muito baixa (Lücking *et al.*, 2021; Moreira *et al.*, 2022).

Em relação às áreas, assim como aconteceu nas abordagens, foi identificado disparidade em sua distribuição. Entretanto houve uma diferença numericamente irrelevante entre a segunda, terceira e quarta (Tabela 2). Sendo que a área da Saúde foi a mais presente, seguida das áreas Biotecnologia, Ambiental e Agropecuária.

Tabela 2: Distribuição das áreas que identificam fungos filamentosos isolados em relação ao total de 534 artigos incluídos (1992-2025).

Áreas	Artigos (Nº)	%
<i>Agro</i>	117	21,91
<i>Biotechnology</i>	123	23,03
<i>Culture</i>	21	3,93
<i>Environment</i>	122	22,85
<i>Health</i>	304	56,93
<i>Industry</i>	45	8,43
<i>Taxonomy</i>	67	12,55

Fonte: o autor, 2025.

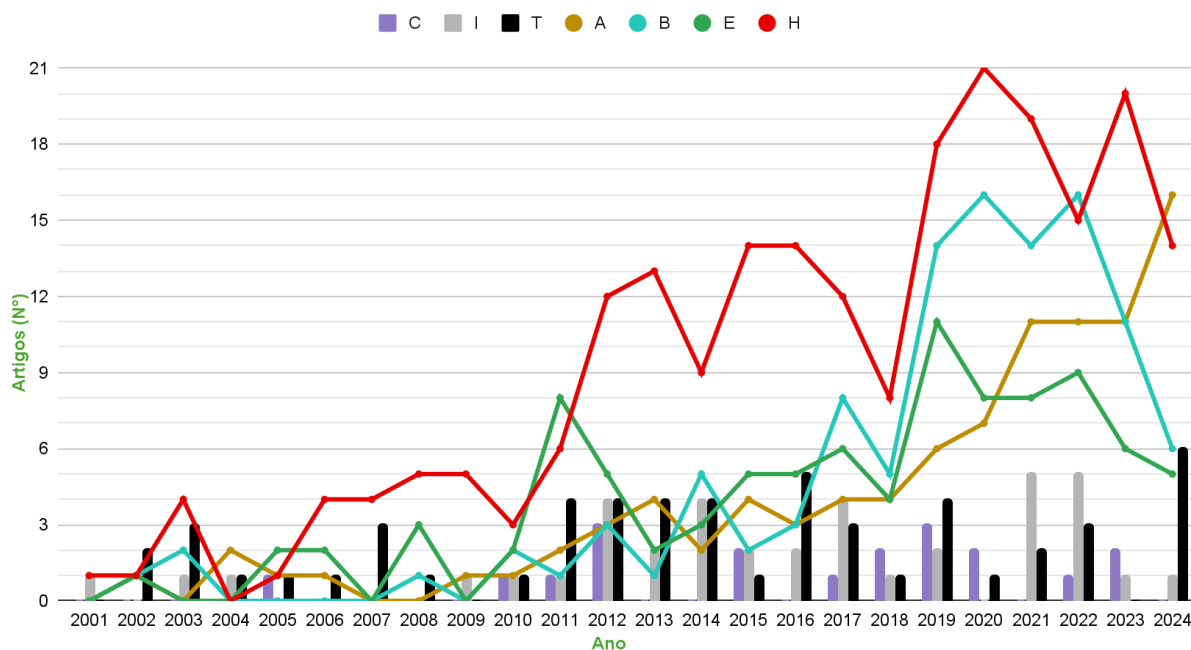
Por mais que a simplificação metodológica da determinação das áreas em dupla tenha desfavorecido a área da Biotecnologia, ela se mostrou amplamente presente, evidenciando que esta área tem solidificado seu espaço dentro desse tipo de trabalho e inclusive ela foi uma das três áreas que apresentaram todas as combinações de duplas possíveis, juntamente com a Agropecuária e a Saúde, reforçando seu caráter interdisciplinar.

A distribuição das áreas em relação às quatro principais abordagens (Molecular, Morfológica, Fisiológica e Proteômica) ao longo do tempo se faz visível por representações gráficas (Gráfico 2, 3, 4 e 5). Destacando-se em linhas as áreas que alcançaram ao menos 20% do total de artigos com a presença de tal abordagem, facilitando assim sua visualização ao longo do tempo, visto que, em sua maioria, áreas que ultrapassaram esses 20% geralmente estão distribuídas de forma que as linhas não ficam tão quebradas como as que não alcançaram essa porcentagem. Sendo estas últimas expostas em colunas, para visualização de sua presença pontual, de forma que haja uma menor poluição visual e fácil identificação de áreas com maiores e menores influência, proporcionalmente. Além disso, o intervalo de tempo foi reduzido para também facilitar a visualização dos dados.

O Gráfico 2 expõe as áreas que utilizaram a abordagem Molecular ao longo do tempo. Áreas de pouco destaque, Cultural, Industrial e Taxonomia, raramente ultrapassaram quatro artigos no ano, sendo que esta primeira em nenhum ano alcançou quatro artigos. Já para as áreas em destaque não é possível tal generalização, com exceção de que a partir de 2009 a abordagem molecular se mantém presente em todas as quatro, Agropecuária, Biotecnologia, Ambiental e Saúde, sugerindo uma adesão de longo prazo. Esta última, mesmo entre altos e baixos, se encontra majoritariamente acima das outras e a partir de 2012, com certa regularidade em apresentar ao menos quatro artigos a mais que a área logo abaixo dela. Para Biotecnologia, há um padrão de crescimento gradual com leves declínios ao longo dos anos, com exceção do período pandêmico onde há um pico maior, porém parece haver uma tendência mais recente de declínio no uso desta abordagem na identificação de FFI's. A área Ambiental apresenta certa instabilidade e a partir de 2019 apresenta decréscimo, o que pode representar a transição da metodologia molecular dependente de cultivo para a independente de cultivo nesta área. E diferente da maioria, a Agropecuária apresenta uma adesão contínua e mais

estável que as demais, sendo que nos últimos anos há saltos no uso desta abordagem.

Gráfico 2: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem Molecular, em relação ao tempo.



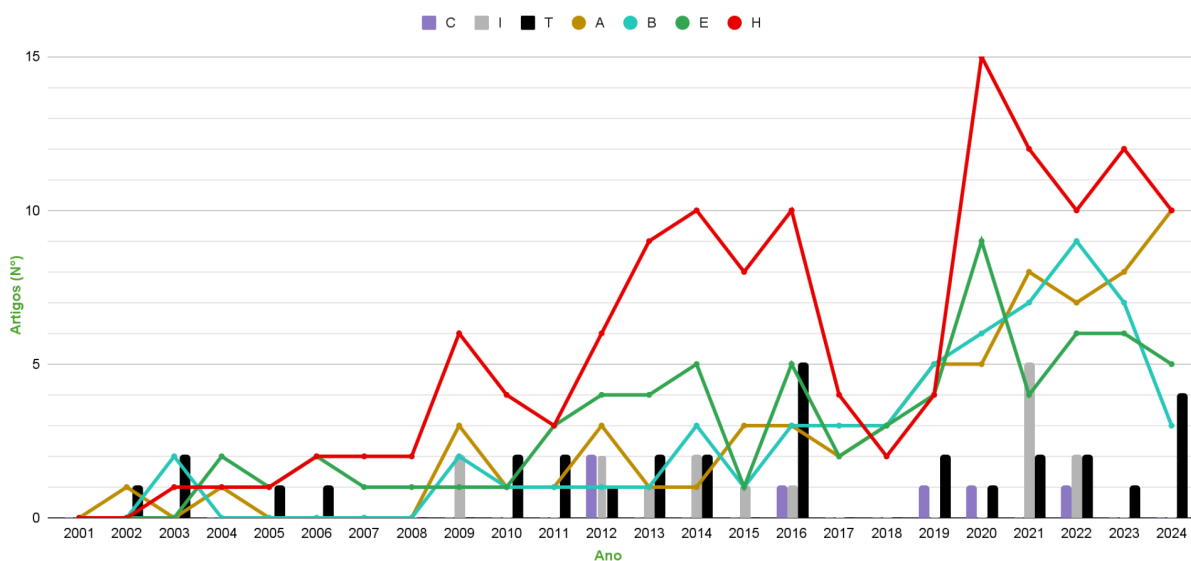
Áreas que representam menos de 20% do total de artigos em relação à abordagem molecular, estão expostas em colunas: C: Cultural (lilás); I: Industrial (cinza); T: Taxonomia (preta). Áreas que representam mais de 20% do total de artigos em relação à abordagem molecular, estão expostas em linhas: A: Agropecuária (amarela); B: Biotecnologia (turquesa); E: Ambiental (verde); H: Saúde (vermelha).

Fonte: o autor, 2025.

O Gráfico 3 expõe as áreas que utilizaram a abordagem Morfológica ao longo do tempo. Essa abordagem é tradicionalmente utilizada na identificação de FFI's e sua presença ao longo do tempo pode indicar sua persistência como ferramenta útil e aplicável, mesmo com o avanço de outras abordagens. As áreas que utilizam a abordagem Morfológica seguem no geral o mesmo padrão que a Molecular (Gráfico 2), tanto em relação às áreas em destaque quanto a suas distribuições ao longo do tempo, isso pode ser explicado pela quantidade relativamente alta de artigos que utilizaram as duas abordagens concomitantemente, reforçando a ideia anterior de persistência da abordagem. As áreas que menos utilizaram esta abordagem, Cultural, Industrial e Taxonomia, raramente ultrapassam dois artigos no ano, não se diferenciando muito do uso da abordagem anterior. Com exceção da Saúde, as outras três áreas de destaque, Agropecuária, Biotecnologia e Ambiental, mostram um crescimento mais tardio. Em especial, esta última se

sobressai às outras duas, com alguns picos ao longo dos anos, mas de 2020 em diante parece haver uma estabilização abaixo da tendência crescente anterior, o que corrobora com a possível transição para metodologias independentes de cultivo, assim como sugerido na abordagem Molecular.

Gráfico 3: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem Morfológica, em relação ao tempo.



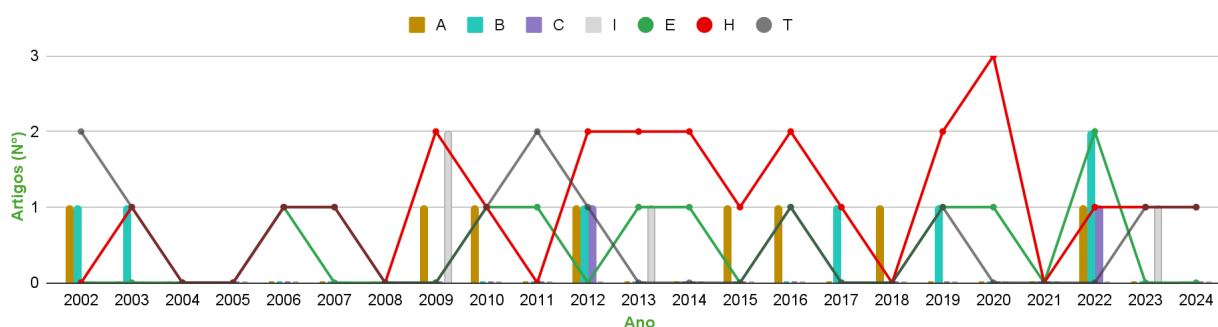
Áreas que representam menos de 20% do total de artigos em relação à abordagem morfológica, estão expostas em colunas: C: Cultural (lilás); I: Industrial (cinza); T: Taxonomia (preta). Áreas que representam mais de 20% do total de artigos em relação à abordagem morfológica, estão expostas em linhas: A: Agropecuária (amarela); B: Biotecnologia (turquesa); E: Ambiental (verde); H: Saúde (vermelha).

Fonte: o autor, 2025.

O Gráfico 4 expõe as áreas que utilizaram a abordagem Fisiológica ao longo do tempo, sendo que neste gráfico em específico foi utilizada uma porcentagem de transparência na linha da Taxonomia para facilitar a visualização mútua entre a mesma e a linha da Saúde no período entre 2003 e 2008, o que ocasionou em seu clareamento visual, indo de preta para cinza escura. A fim de evitar confusão entre cores parecidas, a área Industrial teve sua cor clareada. Diferentemente das abordagens anteriores, esta apresenta os primeiros artigos a partir de 2002 e nenhuma apresenta estabilidade, ciclando entre anos com e anos sem artigos, sendo a área da Saúde a menos instável. A quantidade de áreas em destaque é invertida e, enquanto as áreas Agropecuária e Biotecnologia utilizam menos essa abordagem a Taxonomia se destaca, sendo esta a única abordagem que a Taxonomia se faz presente em mais de 20% dos artigos que a utilizam, o que sugere

que a abordagem Fisiológica tem seu valor em relação a identificação de fungos filamentosos, mesmo não sendo muito utilizada, já que esta é a área de onde surgem as diretrizes e bases à identificação. A área da Saúde é a única que destoa das demais, apresentando sete anos com mais de um artigo, enquanto que Taxonomia apresenta dois, Ambiental, Biotecnologia e Industrial, apresentam apenas um ano e Agropecuária e Cultural, nenhum, reforçando o baixo uso desta abordagem. Como mencionado antes, esses baixos números podem estar refletindo uma certa descredibilidade dessa abordagem e sua restrição taxonômica. Porém, com a nova visão taxonômica, incentivando o uso de abordagens polifásicas, talvez para anos futuros seja esperado mais o uso desta abordagem ou que ao menos não se extinga.

Gráfico 4: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem Fisiológica, em relação ao tempo.



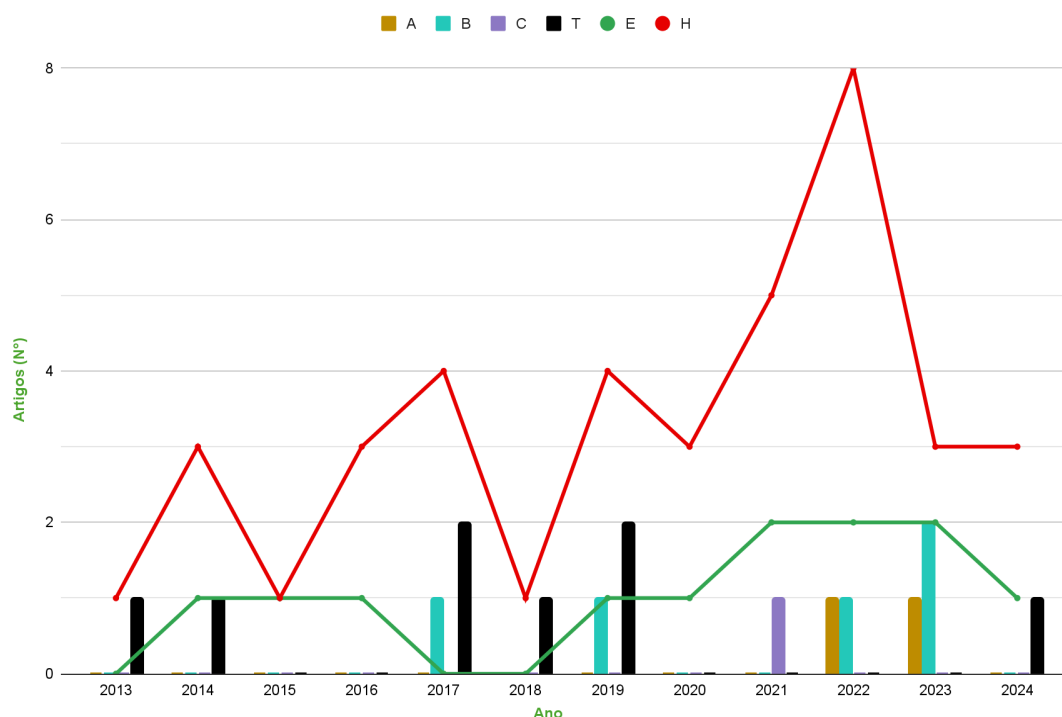
Áreas que representam menos de 20% do total de artigos em relação à abordagem fisiológica, estão expostas em colunas: A: Agropecuária (amarela); B: Biotecnologia (turquesa); C: Cultural (lilás); I: Industrial (cinza clara). Áreas que representam mais de 20% do total de artigos em relação à abordagem fisiológica, estão expostas em linhas: E: Ambiental (verde); H: Saúde (vermelha); T: Taxonomia (cinza escura).

Fonte: o autor, 2025.

O Gráfico 5 expõe as áreas que utilizaram a abordagem Proteômica ao longo do tempo e seu período se estende de 2013 à 2024. Apenas duas áreas se destacaram no uso desta abordagem, Saúde e Ambiental. Com exceção da área Taxonomia, as áreas em coluna se fazem pouco presentes ao longo do tempo, sendo que a Industrial não apresentou artigos que utilizassem essa abordagem e por isso não está representada no gráfico. A área da Saúde apresenta seu maior pico em 2022, o qual coincide com uma queda das abordagens Molecular (Gráfico 2) e Morfológica (Gráfico 3) no mesmo ano, o que apesar de não estar na mesma proporção de escala pode sugerir uma breve substituição. Além disso, a Saúde se

encontra a maior parte do tempo com mais artigos contemplados do que todas as outras áreas, sendo a única que supera dois artigos no ano. Mesmo a Ambiental, que também apresentou mais de 20% de artigos contemplados, ou seja, está em destaque, não apresentou em nenhum momento mais de dois artigos no ano, o que sugere baixa adesão das áreas em relação a essa abordagem, isso pode ser explicado por fatores já comentados, como a complexidade de aplicação da abordagem em fungos filamentosos, mas também pelo fato de esta ser a abordagem mais recente, o que significa que estes doze anos refletem momentos ainda iniciais, já que técnicas como a Morfológica e Fisiológica já são usadas a muito tempo na identificação do filo e mesmo a Molecular possui mais do dobro de tempo de uso do que a Proteômica. Um ponto importante a ser destacado é a irônica baixa frequência de uso desta abordagem pela Biotecnologia, pois a análise proteômica é uma análise pertencente ao campo da biotecnologia, assim como todas as outras ciências ômicas, o que sugere que as tecnologias desenvolvidas pela área podem não estar alcançando os próprios pesquisadores.

Gráfico 5: Distribuição dos artigos de cada área de pesquisa que utilizaram abordagem Proteômica, em relação ao tempo.



Áreas que representam menos de 20% do total de artigos em relação à abordagem proteômica, estão expostas em colunas: A: Agropecuária (amarela); B: Biotecnologia (turquesa); C: Cultural (lilás); T: Taxonomia (preta). Áreas que representam mais de 20% do total de artigos em relação à abordagem proteômica, estão expostas em linhas: E: Ambiental (verde); H: Saúde (vermelha).

Fonte: o autor, 2025.

Devido a área da Saúde ser a que contemplou uma quantidade muito maior de artigos em comparação às outras, é de se esperar que a mesma esteja em destaque (linha) nestas representações gráficas. Porém, a porcentagem dessa área em relação ao total de artigos de cada abordagem demonstra o quanto a área da Saúde “detém” aquela abordagem. Para as abordagens Molecular e Morfológica, ela contempla aproximadamente 52% dos artigos (sendo que esta última poderia ser arredondada para 53%), enquanto a abordagem Fisiológica contempla aproximadamente 58%. Sendo a abordagem Proteômica a qual exibe maior contemplação da área da Saúde, chegando a aproximadamente 91%, como já mencionado antes. Mesmo apresentando um intervalo de tempo menor que a abordagem Fisiológica em específico, a Proteômica supera levemente a quantidade de artigos (41 e 44, respectivamente) que as utilizam, demonstrando alta adesão na identificação de FFI's ao longo de doze anos, em comparação aos 22 anos de artigos que utilizaram abordagem fisiológica dentro do escopo do trabalho. Além disso, a grande quantidade de artigos contemplados pela área da Saúde pode estar relacionada com o contínuo diagnóstico e pesquisa em relação a diferentes fungos filamentosos, sugerindo um possível problema crescente de saúde ou que ao menos há um foco maior nos estudos voltados a esta área.

Apesar de apresentar pouca contemplação, a área Industrial é bem consolidada em questões microbiológicas, não possibilitando muito espaço para inovações dentro da identificação de FFI's, especialmente por haver uma tendência de praticidade e otimização, priorizando a detecção e identificação independentes do isolamento. No entanto, as áreas da Cultura e Taxonomia apresentam esse potencial.

A biotecnologia possui e instiga o processo de busca de novos conhecimentos, o qual muitas vezes exige que novas ferramentas sejam criadas para ultrapassar determinadas barreiras, como a PCR e o sequenciamento possibilitaram os estudos de genes, transcrições e filogenias. Essas novas etapas permitem vislumbrar potenciais de aplicação ou necessidade de novas ferramentas. A busca por fungos filamentosos com potenciais de aplicação se fez presente na amostra observada neste trabalho, porém muito além das altas capacidades biotecnológicas dos fungos, a biotecnologia também esteve presente em sua identificação, através das análises moleculares, bioinformática, proteoma e metaboloma. Devido às necessidades de se “possuir” o fungo para que se possa

utilizá-lo, o processo de bioprospecção exige o isolamento, e apesar de “não ser necessária”, a identificação é de suma importância (Roth; Westrick; Baldwin, 2023).

Na área cultural, a investigação de agentes biodeteriorantes pode levar a microrganismos extremófilos ou que se adaptaram a ambientes urbanos, permitindo a descoberta de fungos que degradam substâncias ou que apresentam uma ecofisiologia não conhecida ainda (Gadd; Pinzari, 2024). Explorando o âmbito da etnomicologia, comidas típicas, religiões, costumes e credences podem indicar inúmeros potenciais de aplicação ou construção de ferramentas biotecnológicas, impactando em diversas outras áreas, em especial, a busca por biomoléculas que auxiliam no manejo de doenças com tratamentos desgastantes e doenças mentais, fungos de interesse gastronômico, entre outros (Child, 2023). Além disso, ainda existem fungos de interesse artístico, estético e arquitetônico. Utilizados em obras de arte (digital ou não) integralmente, vivos, em partes ou seus produtos derivados, como couro ou corantes, os fungos filamentosos têm ganhado espaço neste meio devido ao baixo custo e apelo ambiental, sua sustentabilidade (Sydor *et al.*, 2021)

Já para área da taxonomia, a crescente relevância da abordagem polifásica demanda ferramentas cada vez mais sofisticadas e análises cada vez mais integrais, potencializando o surgimento de novas ferramentas biotecnológicas de análise e, por consequência, a medida que a taxonomia e biodiversidade fúngica vão se desvendando, aumenta-se o espectro de aplicações biotecnológicas. A sugestão de mudança do uso do termo “conceito de espécie” para “reconhecimento de espécie”, por Chethana *et al.* (2021), reflete essa nova visão taxonômica, especialmente quando é citado no trabalho que as abordagens e análises devem ser mais personalizadas para diferentes táxons, o que reforça a noção de que dentro do filo, na atualidade, não há mais espaço para universalidade, exaltando a grande diversidade existente.

As ciências ômicas e a bioinformática são ótimos exemplos de áreas biotecnológicas de pesquisa e desenvolvimento que podem contribuir com a taxonomia fúngica. Em particular, o emergente uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina prometem grandes avanços, permitindo mais facilidade e rapidez no processamento de dados, análises variadas, predições, etc. Uma possível aplicação é a busca por necessidades fisiológicas em fungos não culturáveis através de seu genoma, permitindo a predição de meios de cultura que

atendam às exigências destas espécies, seja em cultivo solo ou co-cultivo, para simbioses (Holzinger *et al.*, 2023)

Todas as áreas de pesquisa encontradas no trabalho são áreas em que a biotecnologia já possui atuação, reforçando a forte relação que a mesma possui com fungos filamentosos. Desde a produção até o descarte ou reciclagem de diversos produtos e seus resíduos de processamento da sociedade, a biotecnologia encontra potencial atuação, e nos mais diversos deles os fungos filamentosos ou seus produtos podem ser aplicados. Sozinhos ou em consórcio, exercendo papel de ferramenta, obstáculo ou objeto de estudo, os fungos possuem papel crucial na biotecnologia. Como já comentado no trabalho, existem diferenças de necessidades entre especialistas e usuários da taxonomia e a biotecnologia atua em ambos os lados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de palavras-chave selecionadas estrategicamente que refletiam os principais termos da produção científica, foi possível coletar e incluir 534 artigos de revistas que identificam fungos filamentosos isolados e apresentam sua abordagem de identificação. Os artigos mostraram uma tendência crescente ao longo do tempo e apresentaram flutuações que possivelmente refletem acontecimentos históricos. Das sete abordagens encontradas, a que mais se destacou foi a abordagem molecular, mas houve outros destaques também, como as abordagens morfológica, fisiológica e proteômica. Além disso, foi identificada a abordagem química como possível emergente em relação à identificação. Das sete áreas de pesquisa, foi a área da Saúde a que mais contemplou artigos. Cada área apresentou suas particularidades e as menos prevalentes, no geral, foram a Taxonomia, a Industrial e a Cultural. Esta última em específico, foi a que menos contemplou artigos, por mais que ela tenha alto potencial de estar mais presente, principalmente a partir de uma visão biotecnológica. Em especial, a Taxonomia, apesar de não ser uma área expressiva na produção de artigos que identificam fungos filamentosos, ela é quem direciona, ou ao menos deveria direcionar, as abordagens utilizadas. A tendência de abordagens polifásicas para identificação de fungos visa maior exatidão e redução de erros de identificação, principalmente para possíveis espécies novas. Essa demanda é de alto potencial de atuação biotecnológica e em especial favorece áreas internas em expansão, como a bioinformática e o uso de inteligência artificial. Estudos futuros podem incluir a comparação entre os dados obtidos neste trabalho com a identificação de fungos leveduriformes ou dimórficos isolados, ou ainda intervalos de tempo futuro, mostrando uma possível consolidação das abordagens químicas na identificação de fungos filamentosos isolados, ou coleta amostral em outras bases de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIO, J.L.; DEMAIN, A.L. Fungal biotechnology. **International Microbiology**, v. 6, n. 3, p. 191-199, 1 set. 2003. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10123-003-0133-0>.
- ALMEIDA-PAES, R. *et al.* Immunologic Diagnosis of Endemic Mycoses. **Journal Of Fungi**, v. 8, n. 10, p. 993, 22 set. 2022. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/jof8100993>.
- BOEKHOUT, T. *et al.* Trends in yeast diversity discovery. **Fungal Diversity**, v. 114, n. 1, p. 491-537, 3 dez. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13225-021-00494-6>.
- CALABON, M. *et al.* Freshwater fungal biology. **Mycosphere**, v. 14, n. 1, p. 195-413, 2023. Mushroom Research Foundation. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5943/mycosphere/14/1/4>.
- CHANG, Y. *et al.* Genome-scale phylogenetic analyses confirm *Olpidium* as the closest living zoosporic fungus to the non-flagellated, terrestrial fungi. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 0-1, 5 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-82607-4>.
- CHAVEZ, C.M. *et al.* The cell morphological diversity of Saccharomycotina yeasts. **Fems Yeast Research**, v. 24, 23 dez. 2023. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/femsyr/foad055>.
- CHETHANA, K.W.T. *et al.* What are fungal species and how to delineate them? **Fungal Diversity**, v. 109, n. 1, p. 1-25, jul. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13225-021-00483-9>.
- CHILD, S. The Past and Present of Latin American Ethnomycology. **Undergraduate Research and Creative Activities Journal**, v. 3, 2023. UC Santa Barbara. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/903171r2>.
- CONSTANTINO, R. Capítulo 5: A IMPORTÂNCIA DOS INSETOS. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R. de; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. Manaus: Editora Inpa, 2024a. p. 109-113.
- CONSTANTINO, R. Capítulo 6: PRINCÍPIOS DE TAXONOMIA. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R. de; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. Manaus: Editora Inpa, 2024b. Cap. 6. p. 114-119. Disponível em: <https://doi.org/10.61818/56330464c06>. Acesso em: 22 maio 2024.
- DIX, N.J.; WEBSTER, J. 1 Introduction. In: _____. **Fungal Ecology**. Reino Unido: Springer-Science+Business Media B.V., 1995. p. 1-11. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3XXwCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=fungal+ecology&ots=jRUcJJmA0p&sig=6XiCXW-Vz_7fA1RpycQFBLMlu1s&redir_esc=y#v=onepage&q=fungal%20ecology&f=false. Acesso em: 02 ago. 2024.

DUPONT, S. *et al.* ERGOSTEROL BIOSYNTHESIS: a fungal pathway for life on land?. **Evolution**, v. 66, n. 9, p. 2961-2968, 14 maio 2012. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1558-5646.2012.01667.x>.

FACHINELLO, M.C.; ROMERO, J.H.C.; DE CASTRO, W.A.C. Defining invasive species and demonstrating impacts of biological invasions: a scientometric analysis of studies on invasive alien plants in Brazil over the past 20 years. **NeoBiota**, v. 76, p. 13-24, 3 out. 2022. Pensoft Publishers. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/neobiota.76.85881>.

GADD, G.M.; FOMINA, M.; PINZARI, F. Fungal biodeterioration and preservation of cultural heritage, artwork, and historical artifacts: extremophily and adaptation. **Microbiology And Molecular Biology Reviews**, v. 88, n. 1, p. 0-1, 27 mar. 2024. American Society for Microbiology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1128/membr.00200-22>.

GALINDO, L.J. *et al.* Phylogenomics of a new fungal phylum reveals multiple waves of reductive evolution across Holomycota. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, 17 ago. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-021-25308-w>.

GALINDO, L.J. *et al.* Phylogenomics Supports the Monophyly of Aphelids and Fungi and Identifies New Molecular Synapomorphies. **Systematic Biology**, v. 72, n. 3, p. 505-515, 28 jul. 2022. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/sysbio/syac054>.

GALVÃO, T. F.; PANSANI, T.S.A.(ed.). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: a recomendação prisma. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335-342, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742015000200017>.

GALVÃO, T.F.; PEREIRA, M.G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, mar. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742014000100018>.

GAUTAM, A.K *et al.* Current Insight into Traditional and Modern Methods in Fungal Diversity Estimates. **Journal Of Fungi**, v. 8, n. 3, p. 226, 24 fev. 2022. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/jof8030226>.

HALLEN-ADAMS, H.E.; SUHR, M.J. Fungi in the healthy human gastrointestinal tract. **Virulence**, v. 8, n. 3, p. 352-358, 13 out. 2016. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/21505594.2016.1247140>.

HANRAHAN-TAN, D.G.; LILJE, O.; HENDERSON, L. Chytrids in Soil Environments: unique adaptations and distributions. **Encyclopedia**, v. 3, n. 2, p. 642-664, 18 mai.

2023. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/encyclopedia3020046>.

HANSON, S.J.; WOLFE, K.H. An Evolutionary Perspective on Yeast Mating-Type Switching. **Genetics**, v. 206, n. 1, p. 9-32, 1 mai. 2017. Oxford University Press (OUP). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1534/genetics.117.202036>.

HIBBETT, D.S. *et al.* Phylogenetic taxon definitions for Fungi, Dikarya, Ascomycota and Basidiomycota. **IMA Fungus**, v. 9, n. 2, p. 291-298, dez. 2018. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5598/imafungus.2018.09.02.05>.

HOLZINGER, A. *et al.* AI for life: trends in artificial intelligence for biotechnology. **New Biotechnology**, v. 74, p. 16-24, mai. 2023. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2023.02.001>.

HOSHINO, T. *et al.* Quantification of Target Molecules Needed To Detect Microorganisms by Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) and Catalyzed Reporter Deposition-FISH. **Applied And Environmental Microbiology**, v. 74, n. 16, p. 5068-5077, 15 ago. 2008. American Society for Microbiology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1128/aem.00208-08>.

ILIEV, I.D. *et al.* Focus on fungi. **Cell**, v. 187, n. 19, p. 5121-5127, set. 2024. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2024.08.016>.

JADDAOUI, I.E.; GHAZAL, H.; BENNETT, J.W. Mold in Paradise: a review of fungi found in libraries. **Journal Of Fungi**, v. 9, n. 11, p. 1061, 30 out. 2023. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/jof9111061>.

JAMES, T.Y.; STAJICH, J.E.; HITTINGER, C.T.; ROKAS, A. Toward a Fully Resolved Fungal Tree of Life. **Annual Review Of Microbiology**, v. 74, n. 1, p. 291-313, 8 set. 2020. Annual Reviews. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-micro-022020-051835>.

KIM, J. Fungal identification based on the polyphasic approach: a clinical practice guideline. **Annals Of Clinical Microbiology**, v. 27, n. 4, p. 221-230, 20 dez. 2024. The Korean Society of Clinical Microbiology. Disponível em: <https://doi.org/10.5145/ACM.2024.27.4.2>.

KAGAMI, M.; MIKI, T.; TAKIMOTO, G. Mycoloop: chytrids in aquatic food webs. **Frontiers In Microbiology**, v. 5, 22 abr. 2014. Frontiers Media SA. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2014.00166>.

KIRSCHNER, R. Sex does not sell: the argument for using the terms “anamorph” and “teleomorph” for fungi. **Mycological Progress**, v. 18, n. 1-2, p. 305-312, 21 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11557-018-1421-6>.

LI, N. *et al.* *Mucor germinans*, a novel dimorphic species resembling *Paracoccidioides* in a clinical sample: questions on ecological strategy. **Mbio**, v. 15, n. 8, 14 ago. 2024. American Society for Microbiology. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1128/mbio.00144-24>.

LI, S.; MARQUARDT, R.R.; ABRAMSON, D. Immunochemical Detection of Molds: a review. **Journal Of Food Protection**, v. 63, n. 2, p. 281-291, fev. 2000. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028x-63.2.281>.

LÜCKING, R. *et al.* Unambiguous identification of fungi: where do we stand and how accurate and precise is fungal dna barcoding?. **IMA Fungus**, v. 11, n. 1, 10 jul. 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/s43008-020-00033-z>.

LÜCKING, R. *et al.* Fungal taxonomy and sequence-based nomenclature. **Nature Microbiology**, v. 6, n. 5, p. 540-548, 26 abr. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41564-021-00888-x>.

MINGERS, J.; LEYDESDORFF, L. A review of theory and practice in scientometrics. **European Journal Of Operational Research**, v. 246, n. 1, p. 1-19, out. 2015. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002>.

MOREIRA, F.M. *et al.* Identificação de Fungos Filamentosos em Indústrias Farmacêuticas: uma revisão integrativa da literatura. **R. Científica UBM - Barra Mansa (RJ)**, ano XXVII, v. 24, n. 46, p.124-144, 2022.

NAGY, L.G.; KOVÁCS, G.M.; KRIZSÁN, K. Complex multicellularity in fungi: evolutionary convergence, single origin, or both?. **Biological Reviews**, v. 93, n. 4, p. 1778-1794, 19 abr. 2018. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/brv.12418>.

NARANJO-ORTIZ, M.A.; GABALDÓN, T. Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the fungi. **Biological Reviews**, v. 94, n. 6, p. 2101-2137, 29 out. 2019. Wiley. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/brv.12550>.

NINTENDO. **Super Mario** [Marca registrada]. Disponível em: <https://www.nintendo.com>. Acesso em: 17 mar. 2025.

O'MALLEY, M.A.; WIDEMAN, J.G.; RUIZ-TRILLO, I. Losing Complexity: the role of simplification in macroevolution. **Trends In Ecology & Evolution**, v. 31, n. 8, p. 608-621, ago. 2016. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2016.04.004>.

PAGE, M.J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, p. 0-1, 29 mar. 2021. BMJ. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PARKER, N. *et al.* Unique Characteristics of Eukaryotic Cells. *In*: _____ . **Microbiology**. Texas: Openstax, 2016. Cap. 34. Disponível em: <https://openstax.org/books/microbiology/pages/3-4-unique-characteristics-of-eukaryotic-cells>. Acesso em: 09 jul. 2024.

PARRA, M.R.; COUTINHO, R.X.; PESSANO, E.F.C. UM BREVE OLHAR SOBRE A CIENCIOMETRIA: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de

ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 126-141, 28 mar. 2019. Editora Unijui. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21527/2179-1309.2019.107.126-141>.

RICHARDS, T.A.; LEONARD, G.; WIDEMAN, J.G. What Defines the “Kingdom” Fungi? **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 3, 19 mai. 2017. American Society for Microbiology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0044-2017>.

ROCHA, H.R. *et al.* Carotenoids Diet: digestion, gut microbiota modulation, and inflammatory diseases. **Nutrients**, v. 15, n. 10, p. 2265, 10 maio 2023. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/nu15102265>.

ROTH, M.G.; WESTRICK, N.M.; BALDWIN, T.T. Fungal biotechnology: from yesterday to tomorrow. **Frontiers In Fungal Biology**, v. 4, 27 mar. 2023. Frontiers Media SA. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/ffunb.2023.1135263>.

SCHÜNEMANN, B.L.B.; PALACIO, M.; REGIO, N.C. O DESCONHECIDO REINO DOS FUNGOS. In: ARAÚJO, L.A.L.; VIEIRA, G.C. (org.). **Ensino de Biologia: uma perspectiva evolutiva**: volume ii: biodiversidade & evolução. 2. ed. Porto Alegre: Instituto de Biociências da Ufrgs, 2021. Cap. 7. p. 233-241. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Araujo-15/publication/348435967_Ensino_de_Biologia_uma_perspectiva_evolutiva_Volume_II_Biodiversidade_Evolucao/links/5ffeffb8299bf1408892476f/Ensino-de-Biologia-uma-perspectiva-evolutiva-Volum-e-II-Biodiversidade-Evolucao.pdf#page=235. Acesso em: 12 jun. 2024.

SEKIMOTO, S. *et al.* A multigene phylogeny of *Olpidium* and its implications for early fungal evolution. **Bmc Evolutionary Biology**, v. 11, n. 1, p. 331, 2011. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2148-11-331>

SENANAYAKE, I.C. *et al.* Morphological approaches in studying fungi: collection, examination, isolation, sporulation and preservation. **Mycosphere**, v. 11, n. 1, p. 2678-2754, 2020. Mushroom Research Foundation. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5943/mycosphere/11/1/20>.

SETO, K. *et al.* A combined microscopy and single-cell sequencing approach reveals the ecology, morphology, and phylogeny of uncultured lineages of zoosporic fungi. **Mbio**, v. 14, n. 4, 24 jul. 2023. American Society for Microbiology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1128/mbio.01313-23>.

SIPOS, G.; ANDERSON, J.B.; NAGY, L.G. *Armillaria*. **Current Biology**, v. 28, n. 7, p. R297-R298, abr. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.026>.

SPATAFORA, J.W. *et al.* A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. **Mycologia**, v. 108, n. 5, p. 1028-1046, set. 2016. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3852/16-042>.

SPATAFORA, J.W. *et al.* The Fungal Tree of Life: from molecular systematics to genome-scale phylogenies. **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 5, 22 set. 2017.

American Society for Microbiology. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0053-2016>.

STRASSET, J.F.H.; MONAGHAN, M.T. Phylogenomic insights into the early diversification of fungi. **Current Biology**, v. 32, n. 16, p. 3628-3635, ago. 2022. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2022.06.057>.

SYDOR, M. *et al.* Mycelium-Based Composites in Art, Architecture, and Interior Design: a review. **Polymers**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 145, 31 dez. 2021. MDPI AG. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym14010145>.

VARGAS-GASTÉLUM, L. *et al.* Herptile gut microbiomes: a natural system to study multi-kingdom interactions between filamentous fungi and bacteria. **Mosphere**, v. 9, n. 3, p. 0-1, 26 mar. 2024. American Society for Microbiology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1128/msphere.00475-23>.

WAGG, C. *et al.* Fungal-bacterial diversity and microbiome complexity predict ecosystem functioning. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, out. 2019. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12798-y>.

WALLEN, R.M.; PERLIN, M.H. An Overview of the Function and Maintenance of Sexual Reproduction in Dikaryotic Fungi. **Frontiers In Microbiology**, v. 9, n. 503, 21 mar. 2018. Frontiers Media SA. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2018.00503>.

WEI, H. *et al.* X-Ray Photoelectron Spectroscopy on Microbial Cell Surfaces: a forgotten method for the characterization of microorganisms encapsulated with surface-engineered shells. **Frontiers In Chemistry**, v. 9, 22 abr. 2021. Frontiers Media SA. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fchem.2021.666159>.

WIJAYAWARDENE, N. *et al.* Outline of Fungi and fungus-like taxa. **Mycosphere**, v. 11, n. 1, p. 1060-1456, 2020. Mushroom Research Foundation. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5943/mycosphere/11/1/8>.

WIJAYAWARDENE, N. *et al.* Outline of Fungi and fungus-like taxa – 2021. **Mycosphere**, v. 13, n. 1, p. 53-453, 2022. Mushroom Research Foundation. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5943/mycosphere/13/1/2>.

XU, J. Fungal species concepts in the genomics era. **Genome**, v. 63, n. 9, p. 459-468, set. 2020. Canadian Science Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1139/gen-2020-0022>.

ZOU, G.; WEI, Y.; JI, XJ. Editorial: fungal green biotechnology and biomanufacturing. **Frontiers In Microbiology**, v. 14, 29 nov. 2023. Frontiers Media SA. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2023.1334993>.

APÊNDICES

Apêndice A: QUADRO DE ARTIGOS INCLUÍDOS COM ANO DE PUBLICAÇÃO E RESPECTIVAS ABORDAGEM E ÁREA

Título	Ano	Abordagem	Área
CHARACTERIZATION OF FILAMENTOUS FUNGI AND YEASTS BY DNA FINGERPRINTING AND RANDOM AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA	1992	Molecular	Environment, Taxonomy
UNPREDICTABILITY OF COMMERCIALY AVAILABLE EXOANTIGEN CULTURE CONFIRMATION TESTS IN CONFIRMING THE IDENTITY OF 5 BLASTOMYCES-DERMATITIDIS ISOLATES	1993	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Identification of fungi from dairy products by means of 18S rRNA analysis	2001	Molecular	Health, Industry
Hospital-acquired <i>Aspergillus fumigatus</i> infection:: can molecular typing methods identify an environmental source?	2002	Molecular	Environment, Health
Molecular clustering of <i>Pycnoporus</i> strains from various geographic origins and isolation of monokaryotic strains for laccase hyperproduction	2002	Physiological & Molecular	Taxonomy, Biotechnology
Characterisation of <i>Alternaria</i> species-groups associated with core rot of apples in South Africa	2002	Polyphasic Approach	Agro, Taxonomy
A case of pulmonary aspergilloma molecular biological identification and typing of the isolates from antemortem sputa and autopsy fungus ball	2003	Molecular	Health
Successful treatment of invasive stomatitis due to <i>Exophiala dermatitidis</i> in a patient with acute myeloid leukemia	2003	Molecular	Health
Molecular epidemiology of <i>Aspergillus fumigatus</i> isolates recovered from water, air, and patients shows two clusters of genetically distinct strains	2003	Molecular	Health
The use of AFLP to relate cheese-contaminating <i>Penicillium</i> strains to specific points in the production plants	2003	Molecular	Industry
Novel illudins from <i>Coprinopsis episcopalis</i> (syn. <i>Coprinus episcopalis</i>), and the distribution of illudin-like compounds among filamentous fungi	2003	Molecular; Morpho & Molecular	Taxonomy, Biotechnology
Spoilage fungi and their mycotoxins in commercially marketed chestnuts	2003	Morpho & Physiological	Health
An integrated approach to taxonomical identification of the novel filamentous fungus strain producing extracellular lipases: morphological, physiological and DNA fingerprinting techniques	2003	Polyphasic Approach	Taxonomy, Biotechnology

Combined used of RAPD and touchdown PCR for epidemiological studies of <i>Aspergillus fumigatus</i>	2003	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Application of a yeast method for DNA extraction associated with database interrogations for the characterization of various filamentous fungi from diseased hop	2004	Molecular	Agro, Taxonomy
Impact of tillage on the incidence of <i>Fusarium</i> spp. in soil	2004	Morphological	Agro, Environment
Indoor and outdoor mycoflora in the different districts of the city of Istanbul (Turkey)	2004	Morphological	Environment, Health
Characterization of <i>Penicillium</i> isolates associated with blue mold on apple in Uruguay	2004	Unsure & Molecular	Agro, Industry
Isolation and identification of bacteria and fungi from cinematographic films	2005	Molecular	Environment, Culture
Determining fungal diversity on <i>Dendroctonus ponderosae</i> and <i>Ips pini</i> affecting lodgepole pine using cultural and molecular methods	2005	Morpho & Molecular	Environment
Fungal spectrum identified by a new slide culture and <i>in vitro</i> drug susceptibility using Etest in fungal keratitis	2005	Morphological	Health, Taxonomy
Benzimidazole and diphenylamine sensitivity and identity of <i>Penicillium</i> spp. that cause postharvest blue mold of apples using β -tubulin gene sequences	2005	Unsure & Molecular	Agro
Multilocus DNA sequence comparisons rapidly identify pathogenic molds	2005	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Fungi in agricultural environment	2006	Molecular	Agro, Health
Outbreak of bloodstream infection with the mold <i>Phialemonium</i> among patients receiving dialysis at a hemodialysis unit	2006	Molecular	Health
Diversity and significance of mold species in Norwegian drinking water	2006	Morpho & Molecular	Environment, Health
Characterization of <i>Fusarium</i> spp. isolates by PCR-RFLP analysis of the intergenic spacer region of the rRNA gene (rDNA)	2006	Polyphasic Approach	Environment, Health
Variability and characterization of mycotoxin-producing <i>Fusarium</i> spp isolates by PCR-RFLP analysis of the IGS-rDNA region	2006	Polyphasic Approach	Taxonomy

Molecular identification of pathogenic fungi	2007	Molecular	Health, Taxonomy
Prevalence and susceptibility testing of new species of <i>Pseudallescheria</i> and <i>Scedosporium</i> in a collection of clinical mold isolates	2007	Morpho & Molecular	Health
Swimming pools and fungi: An environmental epidemiology survey in Italian indoor swimming facilities	2007	Morphological	Environment, Health
Carbon assimilation profiles as a tool for identification of Zygomycetes	2007	Physiological & Molecular	Health, Taxonomy
Identification of moulds in the diagnostic laboratory -: an algorithm implementing molecular and phenotypic methods	2007	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Identification of <i>Inonotus obliquus</i> and Analysis of Antioxidation and Antitumor Activities of Polysaccharides	2008	Molecular	Biotechnology
Detection and identification of fungi intimately associated with the brown seaweed <i>Fucus serratus</i>	2008	Molecular	Environment
Exploring the species diversity of <i>Trichoderma</i> in Norwegian drinking water systems by DNA barcoding	2008	Molecular	Environment, Health
A rare case of chromoblastomycosis in a renal transplant recipient caused by a non-sporulating species of <i>Rhytidhysterium</i>	2008	Molecular	Health
Newer emerging pathogens of ocular non-sporulating molds (NSM) identified by polymerase chain reaction (PCR)-Based DNA sequencing technique targeting internal transcribed spacer (ITS) region	2008	Molecular	Health, Taxonomy
Antifungal susceptibility profile of clinical <i>Fusarium</i> spp. isolates identified by molecular methods	2008	Morpho & Molecular	Health
ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO FUNGAL AEROSOLS IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS	2008	Morphological	Environment, Health
Occurrence and hygienic relevance of fungi in drinking water	2008	Unsure & Molecular	Environment, Health
Invasive Aspergillosis Due to <i>Neosartorya udagawae</i>	2009	Molecular	Health
Dichloran rose-bengal chloramphenicol agar: preferred medium for isolating mycotoxigenic fungal contaminants in silage	2009	Morpho & Molecular	Agro, Health
Isolation and characterization of a strain of <i>Lichtheimia corymbifera</i> (ex <i>Absidia corymbifera</i>) from a case of bovine abortion	2009	Morpho & Molecular	Health

Infectious Keratitis Caused by <i>Aspergillus tubingensis</i>	2009	Morpho & Molecular	Health
Identification, pathogenicity and distribution of <i>Penicillium</i> spp. isolated from garlic in two regions in Argentina	2009	Morpho & Physiological	Agro
Biochemical and morphological characterization of a new fungal contaminant in balsamic and cider vinegars	2009	Morpho & Physiological	Health, Industry
Amylolytic potentiality of fungi isolated from some Nigerian agricultural wastes	2009	Morphological	Agro, Biotechnology
Determination of antifungal susceptibility of <i>Aspergillus</i> spp. responsible for otomycosis by E-test method	2009	Morphological	Health
Enhanced Endoglucanase Production by Soil Isolates of <i>Fusarium</i> sp and <i>Aspergillus</i> sp through Submerged Fermentation Process	2009	Morphological	Industry, Biotechnology
Characterization of molds isolated from smoked paprika by PCR-RFLP and micellar electrokinetic capillary electrophoresis	2009	Physiological & Molecular	Health, Industry
Occurrence of filamentous fungi and yeasts in three different drinking water sources	2009	Unsure & Morphological	Environment, Health
Molecular Identification of <i>Neurospora</i> sp N-1 isolated from Indonesian Red Fermented Cake	2010	Molecular	Biotechnology, Culture
Microbial diversity associated with algae, ascidians and sponges from the north coast of Sao Paulo state, Brazil	2010	Molecular	Environment
Assessment of the presence and dynamics of fungi in drinking water sources using cultural and molecular methods	2010	Molecular	Environment, Health
Sequence-Based Identification of Filamentous Basidiomycetous Fungi from Clinical Specimens: a Cautionary Note	2010	Molecular	Health
Biodegradation of phenol at high concentration by a novel fungal strain <i>Paecilomyces variotii</i> JH6	2010	Morpho & Molecular	Biotechnology
THE MICROFLORA AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF LIGNITE FROM THE MIRASH MINE, NEAR KASTRIOT	2010	Morpho & Physiological	Environment

Seasonal prevalence of fungi in the conjunctival fornix of healthy cows during a 2-year study	2010	Morphological	Agro, Health
Fungal microbiota isolated from healthy pig skin	2010	Morphological	Health
Isolation of clinically relevant fungal species from solid waste and environment of dental health services	2010	Morphological	Health
Isolation and Taxonomy of Filamentous Fungi in Endodontic Infections	2010	Morphological	Health, Taxonomy
Mycoflora and nutritional components of cocoa powder samples in South West Nigeria	2010	Physiological & Molecular	Agro, Health
Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (<i>Coffea arabica</i> L.)	2010	Polyphasic Approach	Industry
Evolution and Ecophysiology of the Industrial Producer <i>Hypocrea jecorina</i> (Anamorph <i>Trichoderma reesei</i>) and a New Sympatric Agamospecies Related to It	2010	Polyphasic Approach	Taxonomy
Antibiosis of vineyard ecosystem fungi against food-borne microorganisms	2011	Molecular	Agro, Biotechnology
Characterization in the archaeological excavation site of heterotrophic bacteria and fungi of deteriorated wall painting of Herculaneum in Italy	2011	Molecular	Environment, Cultural
Phylogenetic analysis of dematiaceous fungi isolated from the soil of Guangdong, China	2011	Molecular	Environment, Health
Rapid identification of allergenic and pathogenic molds in environmental air by an oligonucleotide array	2011	Molecular	Environment, Health
Widespread Occurrence of Diverse Human Pathogenic Types of the Fungus <i>Fusarium</i> Detected in Plumbing Drains	2011	Molecular	Health
<i>Geosmithia argillacea</i> : An Emerging Cause of Invasive Mycosis in Human Chronic Granulomatous Disease	2011	Molecular	Health
FUNGAL GROWTH ON WETBLUE: METHODS TO MEASURE IMPACT ON LEATHER QUALITY	2011	Molecular	Industry
Microbial diversity in the larval gut of field and laboratory populations of the sugarcane weevil <i>Sphenophorus levis</i> (Coleoptera, Curculionidae)	2011	Morpho & Molecular	Agro

Fungus Symbionts Colonizing the Galleries of the Ambrosia Beetle <i>Platypus quercivorus</i>	2011	Morpho & Molecular	Environment
<i>Cladosporium</i> sp from phyloplane: a diversity evaluation on a Continental ecosystem	2011	Morpho & Molecular	Environment
<i>Geosmithia morbida</i> sp nov., a new phytopathogenic species living in symbiosis with the walnut twig beetle (<i>Pityophthorus juglandis</i>) on <i>Juglans</i> in USA	2011	Morpho & Molecular	Environment, Taxonomy
MOULDS ISOLATED FROM THE UPPER SECTIONS OF THE RESPIRATORY AND ALIMENTARY TRACTS OF HEALTHY VETERINARY MEDICINE STUDENTS	2011	Morphological	Health
Identification of fungi from children's shoes and application of a novel antimicrobial agent on shoe insole	2011	Morphological	Health, Biotechnology
Fleming's penicillin producing strain is not <i>Penicillium chrysogenum</i> but <i>P-rubens</i>	2011	Physiological & Molecular	Taxonomy
<i>Penicillium araracuarensense</i> sp nov., <i>Penicillium elleniae</i> sp nov., <i>Penicillium penarojense</i> sp nov., <i>Penicillium vanderhammenii</i> sp nov and <i>Penicillium wotroi</i> sp nov., isolated from leaf litter	2011	Polyphasic Approach	Environment, Taxonomy
Discrimination of <i>Scedosporium prolificans</i> against <i>Pseudallescheria boydii</i> and <i>Scedosporium apiospermum</i> by semiautomated repetitive sequence-based PCR	2011	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Assessment of filamentous fungal diversity using classic and molecular approaches: case study - Mediterranean ecosystem	2011	Unsure & Molecular	Environment
Mould Routine Identification in the Clinical Laboratory by Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Time-Of-Flight Mass Spectrometry	2011	Unsure & Molecular	Health
Fungal Endophytic Communities in Grapevines (<i>Vitis vinifera</i> L.) Respond to Crop Management	2012	Molecular	Agro, Biotechnology
<i>Alternaria alternata</i> as a new fungal enzyme system for the release of phenolic acids from wheat and triticale brans	2012	Molecular	Biotechnology
Quantifying functional heterothallism in the pseudohomothallic ascomycete <i>Neurospora tetrasperma</i>	2012	Molecular	Environment, Taxonomy
Isolation and sequence-based identification of <i>Oxyporus corticola</i> from a dog with generalized lymphadenopathy	2012	Molecular	Health
Onychomycosis Due to Nondermatophytic Molds	2012	Molecular	Health

Necrotizing Cutaneous Mucormycosis after a Tornado in Joplin, Missouri, in 2011	2012	Molecular	Health
Activities of E1210 and Comparator Agents Tested by CLSI and EUCAST Broth Microdilution Methods against <i>Fusarium</i> and <i>Scedosporium</i> Species Identified Using Molecular Methods	2012	Molecular	Health, Industry
Species identification of <i>Aspergillus</i> , <i>Fusarium</i> and <i>Mucorales</i> with direct surface analysis by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry	2012	Molecular	Health, Taxonomy
Phaeohyphomycosis due to <i>Alternaria infectoria</i> : a single-center experience with utility of PCR for diagnosis and species identification	2012	Molecular	Health, Taxonomy
Complex microbiota of a Chinese " <i>Fen</i> " liquor fermentation starter (<i>Fen</i> - <i>Daqu</i>), revealed by culture-dependent and culture-independent methods	2012	Molecular	Industry, Culture
Selective isolation of dematiaceous fungi from the workers of <i>Atta laevigata</i> (Formicidae: Attini)	2012	Morpho & Molecular	Agro, Environment
Characterization of yeast and filamentous fungi isolated from cryoconite holes of Svalbard, Arctic	2012	Morpho & Molecular	Environment
Diversity and Characterization of Culturable Fungi from Marine Sediment Collected from St. Helena Bay, South Africa	2012	Morpho & Molecular	Environment
Culturable fungi associated with urban stone surfaces in Mexico City	2012	Morpho & Molecular	Environment
Isolation of filamentous fungi from sputum in asthma is associated with reduced post-bronchodilator FEV ₁	2012	Morpho & Molecular	Health
Morphological, Molecular, and Mycotoxigenic Identification of Dominant Filamentous Fungi from Moldy Civil Cheese	2012	Morpho & Molecular	Health, Industry
Identification and characterization of filamentous fungi isolated from fermentation starters for Hong Qu glutinous rice wine brewing	2012	Morpho & Molecular	Industry, Culture
FUNGAL AEROSOL IN THE PROCESS OF POULTRY BREEDING - QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS	2012	Morphological	Agro, Health
Agents of Otomycosis in Manisa Region, Turkey, 1995-2011	2012	Morphological	Health
Mycoflora and natural occurrence of aflatoxin, cyclopiazonic acid, fumonisin and ochratoxin A in dried figs	2012	Polyphasic Approach	Agro, Health

Diversity and antimicrobial activities of the fungal endophyte community associated with the traditional Brazilian medicinal plant <i>Solanum cernuum</i> Vell. (<i>Solanaceae</i>)	2012	Polyphasic Approach	Biotechnology, Culture
Molecular Identification of <i>Schizophyllum commune</i> as a Cause of Allergic Fungal Sinusitis	2012	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Identification of Filamentous Fungi Isolated from Clinical Samples by Two Different Methods and Their Susceptibility Results	2012	Unsure & Molecular	Health
Evaluation of Nucleic Acid Sequencing of the D1/D2 Region of the Large Subunit of the 28S rDNA and the Internal Transcribed Spacer Region Using SmartGene IDN Software for Identification of Filamentous Fungi in a Clinical Laboratory	2012	Unsure & Molecular	Health
MOLECULAR IDENTIFICATION OF <i>BOTRYTIS CINEREA</i> , <i>PENICILLIUM</i> SPP. AND <i>CLADOSPORIUM</i> SPP. IN LUXEMBOURG	2013	Molecular	Agro
Characterization of the genetic variation and fungicide resistance in <i>Botrytis cinerea</i> populations on rooibos seedlings in the Western Cape of South Africa	2013	Molecular	Agro
Postharvest grape infection of <i>Botrytis cinerea</i> and its interactions with other moulds under withering conditions to produce noble-rotten grapes	2013	Molecular	Agro
Molecular identification of isolated fungi from stored apples in Riyadh, Saudi Arabia	2013	Molecular	Agro, Health
Isolation and Identification of <i>Geosmithia argillacea</i> from a Fungal Ball in the Lung of a Tuberculosis Patient	2013	Molecular	Health
Echinocandin and Triazole Antifungal Susceptibility Profiles for Clinical Opportunistic Yeast and Mold Isolates Collected from 2010 to 2011: Application of New CLSI Clinical Breakpoints and Epidemiological Cutoff Values for Characterization of Geographic and Temporal Trends of Antifungal Resistance	2013	Molecular	Health
Population-Based Survey of Filamentous Fungi and Antifungal Resistance in Spain (FILPOP Study)	2013	Molecular	Health
Molecular analyses of <i>Fusarium</i> isolates recovered from a cluster of invasive mold infections in a Brazilian hospital	2013	Molecular	Health
<i>Fusarium</i> Keratitis: Genotyping, In Vitro Susceptibility and Clinical Outcomes	2013	Molecular	Health
Molecular Identification of Melanised Non-Sporulating Moulds: A Useful Tool for Studying the Epidemiology of Phaeohyphomycosis	2013	Molecular	Health, Taxonomy
Degradation of Metalaxyl and Folpet by Filamentous Fungi Isolated From Portuguese (Alentejo) Vineyard Soils	2013	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology

<i>Rasamsonia pulvericola</i> sp nov., isolated from house dust	2013	Morpho & Molecular	Environment, Taxonomy
Molecular identification and antifungal susceptibility profile of <i>Aspergillus flavus</i> isolates recovered from clinical specimens in Kuwait	2013	Morpho & Molecular	Health
Fungal profiles in various milk thistle botanicals from US retail	2013	Morpho & Molecular	Health
<i>Aspergillus terreus</i> complex: an emergent opportunistic agent of Onychomycosis	2013	Morpho & Molecular	Health
Epidemiology of <i>Aspergillus</i> keratitis at a tertiary care eye hospital in South India and antifungal susceptibilities of the causative agents	2013	Morpho & Molecular	Health
<i>Aspergillus luchuensis</i> , an Industrially Important Black <i>Aspergillus</i> in East Asia	2013	Morpho & Molecular	Industry, Taxonomy
Isolation of <i>Cryptococcus neoformans</i> and other opportunistic fungi from pigeon droppings	2013	Morpho & Physiological	Environment, Health
Rye grains and the soil derived from under the organic and conventional rye crops as a potential source of biological agents causing respiratory diseases in farmers	2013	Morphological	Agro, Health
Diversity and Distribution Patterns of Airborne Microfungi in Indoor and Outdoor Hospital Environments in Khorramabad, Southwest Iran	2013	Morphological	Environment, Health
Identification of fungi species in the onychomycosis of institutionalized elderly	2013	Morphological	Health
Airborne Fungi in Tabriz, Comparing Airborne and Clinical Samples of <i>A. fumigatus</i> (2011), Survey and Literature Review	2013	Morphological	Health
Characterization of the microflora of industrial Mexican cheeses produced without added chemical preservatives	2013	Physiological & Molecular	Health, Industry
Cutaneous fusariosis by a species of the <i>Fusarium dimerum</i> species complex in a patient with acute myeloblastic leukemia	2013	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Identification of fungal clinical isolates by matrix-assisted laser desorption ionization-time-of-flight mass spectrometry	2013	Unsure & Proteoma	Health, Taxonomy
Population genetic structure of <i>Microdochium majus</i> and <i>Microdochium nivale</i> associated with Fusarium head blight of wheat in Hokkaido, Japan	2014	Molecular	Agro

Mucormycosis Outbreak Associated With Hospital Linens	2014	Molecular	Environment, Health
Molecular evaluation of some <i>Amanita ponderosa</i> and the fungal strains living in association with these mushrooms in the southwestern Iberian Peninsula	2014	Molecular	Environment, Taxonomy
Fungal and aflatoxin contamination of marketed spices	2014	Molecular	Health, Industry
Application of statistical design for the optimization of dextranase production by a novel fungus isolated from Red Sea sponge	2014	Molecular	Industry
Isolation and characterization of native microorganism from Turkish lignite and usability at fungal desulphurization	2014	Molecular	Industry, Biotechnology
Complexities associated with the molecular and proteomic identification of <i>Paecilomyces</i> species in the clinical mycology laboratory	2014	Molecular & Proteoma	Health
Analysis of thermophilic fungal populations during phase II of composting for the cultivation of <i>Agaricus subrufescens</i>	2014	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Screening of filamentous fungi for lipase production: <i>Hypocrea pseudokoningii</i> a new producer with a high biotechnological potential	2014	Morpho & Molecular	Biotechnology
Histone Deacetylase Inhibitory Activity and Antiproliferative Activity of the Cultured Medium of <i>Aspergillus niger</i> strain TS1	2014	Morpho & Molecular	Biotechnology
Occurrence and quantification of fungi and detection of mycotoxigenic fungi in drinking water in Xiamen City, China	2014	Morpho & Molecular	Environment, Health
Molecular identification and biodiversity of potential allergenic molds (<i>Aspergillus</i> and <i>Penicillium</i>) in the poultry house: first report	2014	Morpho & Molecular	Health
Increased prevalence and altered species composition of filamentous fungi in respiratory specimens from cystic fibrosis patients	2014	Morpho & Molecular	Health
Cutaneous mucormycosis caused by <i>Rhizopus microsporus</i>	2014	Morpho & Molecular	Health
Morphological and molecular identification of filamentous <i>Aspergillus flavus</i> and <i>Aspergillus parasiticus</i> isolated from compound feeds in South Africa	2014	Morpho & Molecular	Health, Industry
<i>Phialosimplex salinarum</i> , a new species of <i>Eurotiomycetes</i> from a hypersaline habitat	2014	Morpho & Molecular	Taxonomy

Molecular diagnostics on the toxigenic potential of <i>Fusarium</i> spp. plant pathogens	2014	Morpho & Molecular	Taxonomy, Biotechnology
Ocular fungal flora from healthy horses in Iran	2014	Morpho & Physiological	Environment, Health
Exposure of Workers of Municipal Landfill Site to Bacterial and Fungal Aerosol	2014	Morphological	Environment, Health
<i>In vitro</i> and comparative study on the extracellular enzyme activity of molds isolated from keratomycosis and soil	2014	Morphological	Environment, Health
Survey of molds, yeast and <i>Alicyclobacillus</i> spp. from a concentrated apple juice productive process	2014	Morphological	Health, Industry
Monitoring of the Environment at the Transplant Unit-Hemato-Oncology Clinic	2014	Physiological	Health
MALDI-TOF mass spectrometry identification of filamentous fungi in the clinical laboratory	2014	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Preliminary Study of the Fungal Ecology at the Haematology and Medical-Oncology Ward in Bamako, Mali	2014	Proteoma & Morpho	Environment, Health
Culture and molecular identification of fungal contaminants in edible bird nests	2015	Molecular	Agro, Health
Characterization of aflatoxigenic <i>Aspergillus flavus</i> and <i>A. parasiticus</i> strain isolates from animal feedstuffs in northeastern Iran	2015	Molecular	Agro, Health
Selection and molecular identification of fungal isolates that produce xylanolytic enzymes	2015	Molecular	Biotechnology
Identification of fungal isolates from steeped yam (Gbodo): Predominance of <i>Meyerozyma guilliermondii</i>	2015	Molecular	Culture
Relationship between the genetic characteristics of <i>Botrytis</i> sp. airborne inoculum and meteorological parameters, seasons and the origin of air masses	2015	Molecular	Environment
Spoilage of oat bran by sporogenic microorganisms revived from soil buried 4000 years ago in Iranian archaeological site	2015	Molecular	Environment, Cultural
Xerotolerant <i>Cladosporium sphaerospermum</i> Are Predominant on Indoor Surfaces Compared to Other <i>Cladosporium</i> Species	2015	Molecular	Environment, Health
Production of the Allergenic Protein Alt a 1 by <i>Alternaria</i> Isolates from Working Environments	2015	Molecular	Environment, Health

Disseminated fusariosis and hematologic malignancies, a still devastating association. Report of three new cases	2015	Molecular	Health
Prevalence of <i>Scenedosporium</i> species and <i>Lomentospora prolificans</i> in patients with cystic fibrosis in a multicenter trial by use of a selective medium	2015	Molecular	Health
Toxigenic molds in Tunisian and Egyptian sorghum for human consumption	2015	Molecular	Health
Molecular Characterization of Black <i>Aspergillus</i> Species from Onion and Their Potential for Ochratoxin A and Fumonisin B2 Production	2015	Molecular	Health, Industry
Differentiation of clinically relevant Mucorales <i>Rhizopus microsporus</i> and <i>R. arrhizus</i> by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS)	2015	Molecular	Health, Taxonomy
Development and optimization of a new MALDI-TOF protocol for identification of the <i>Sporothrix</i> species complex	2015	Molecular & Proteoma	Environment, Health
Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of postharvest disease <i>Penicillium expansum</i>	2015	Morpho & Molecular	Agro
A Comparative Study on the Biosorption of Cd ²⁺ onto <i>Paecilomyces lilacinus</i> XLA and <i>Mucoromycete</i> sp XLC	2015	Morpho & Molecular	Biotechnology
<i>Aspergillus</i> in endodontic infection near the maxillary sinus	2015	Morpho & Molecular	Health
<i>Aspergillus</i> species as emerging causative agents of onychomycosis	2015	Morpho & Molecular	Health
Fungi in Ontario maple syrup & some factors that determine the presence of mold damage	2015	Morpho & Molecular	Health, Industry
Isolation and risk assessment of <i>Geotrichum</i> spp. in the white shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i> Boone, 1931) from culture ponds	2015	Morphologic al	Agro, Health
MONITORING OF MICROSCOPIC FILAMENTOUS FUNGI IN INDOOR AIR OF TRANSPLANT UNIT	2015	Morphologic al	Environment, Health
Isolation of Dermatophytes (and Other Fungi) from Human Nail and Skin Dust Produced by Podiatric Medical Treatments in Australia	2015	Morphologic al	Health
Eye infections caused by <i>Purpureocillium lilacinum</i> : A case report and literature review	2015	Morphologic al	Health

Identification of toxigenic <i>Aspergillus</i> species from diet dairy goat using a polyphasic approach	2015	Polyphasic Approach	Agro, Health
Identifying risk factors for exposure to culturable allergenic moulds in energy efficient homes by using highly specific monoclonal antibodies	2016	Immunologic al & Molecular	Environment, Health
Molecular characterization of patulin producing and non-producing <i>Penicillium</i> species in apples from Morocco	2016	Molecular	Agro, Health
Determining the Pathogenic Potential of Non-sporulating Molds Isolated from Cutaneous Specimens	2016	Molecular	Health
Infrequent Production of Xanthomegnin by Fungal Strains Recovered from Patients with Ocular Mycoses	2016	Molecular	Health
Genotyping and In Vitro Antifungal Susceptibility Testing of <i>Fusarium</i> Isolates from Onychomycosis in India	2016	Molecular	Health
Patulin production by <i>Penicillium expansum</i> isolates from apples during different steps of long-term storage	2016	Molecular	Health
Antifungal Susceptibility and Phylogeny of Opportunistic Members of the Genus <i>Fusarium</i> Causing Human Keratomycosis in South India	2016	Molecular	Health, Taxonomy
<i>Aureobasidium melanogenum</i> : a native of dark biofinishes on oil treated wood	2016	Molecular	Industry, Biotechnology
Mucor Rot-An Emerging Postharvest Disease of Mandarin Fruit Caused by <i>Mucor piriformis</i> and other <i>Mucor</i> spp. in California	2016	Morpho & Molecular	Agro
Endophytic filamentous fungi from a <i>Catharanthus roseus</i> : Identification and its hydrolytic enzymes	2016	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Cellular Response to Cu- and Zn-Induced Oxidative Stress in <i>Aspergillus fumigatus</i> Isolated From Polluted Soils in Bulgaria	2016	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Diversity and taxonomy of <i>Chaetomium</i> and chaetomium-like fungi from indoor environments	2016	Morpho & Molecular	Environment, Taxonomy
In vitro antifungal susceptibility of clinical species belonging to <i>Aspergillus</i> genus and <i>Rhizopus oryzae</i>	2016	Morpho & Molecular	Health
Identification and characterization of <i>Daldinia eschscholtzii</i> isolated from skin scrapings, nails, and blood	2016	Morpho & Molecular	Health, Taxonomy

New record of <i>Scedosporium dehoogii</i> from Chile: Phylogeny and susceptibility profiles to classic and novel putative antifungal agents	2016	Morpho & Molecular	Health, Taxonomy
Development of a DNA Array for the Simple Identification of Major Filamentous Fungi in the Beverage Manufacturing Environment	2016	Morpho & Molecular	Industry, Taxonomy
Sandpits as a reservoir of potentially pathogenic fungi for children	2016	Morpho & Physiological	Environment, Health
Natural occurrence of mycotoxins and toxigenic capacity of <i>Alternaria</i> strains from mouldy peppers	2016	Morphological	Agro, Health
MICROANALYSIS OF A STRAIN <i>Aspergillus niger</i> CATALYZING POLYCYCLIC HYDROCARBONS AROMATICS HPA	2016	Morphological	Biotechnology
A novel filamentous fungus <i>Acremonium charticola</i> isolated from gathot (an Indonesian fermented dried cassava)	2016	Morphological	Culture
Fungal keratitis in patients with corneal ulcer attending Minilik II Memorial Hospital, Addis Ababa, Ethiopia	2016	Morphological	Health
Fungal diversity and <i>Aspergillus</i> in hospital environments	2016	Morphological	Health
Assessment of relevant fungal species in clinical solid wastes	2016	Morphological	Health
<i>Botrytis californica</i> , a new cryptic species in the <i>B. cinerea</i> species complex causing gray mold in blueberries and table grapes	2016	Polyphasic Approach	Agro, Taxonomy
Hospital Outbreak of Pulmonary and Cutaneous Zygomycosis due to Contaminated Linen Items From Substandard Laundry	2016	Polyphasic Approach	Environment, Health
Fungal epidemiology and diversity in cystic fibrosis patients over a 5-year period in a national reference center	2016	Polyphasic Approach	Health
<i>Aspergillus fumigatus</i> carrying TR34/L98H resistance allele causing complicated suppurative otitis media in Tanzania: Call for improved diagnosis of fungi in sub-Saharan Africa	2016	Proteoma	Health
Causative Agents of Onychomycosis: A 7-Year Study	2016	Unsure & Molecular	Health
A novel library-independent approach based on high-throughput cultivation in Bioscreen and fingerprinting by FTIR spectroscopy for microbial source tracking in food industry	2017	Chemical & Molecular	Industry, Biotechnology

Differences in <i>Fusarium</i> Species in brown midrib Sorghum and in Air Populations in Production Fields	2017	Molecular	Agro
Natural occurrence of tenuazonic acid and <i>Phoma sorghina</i> in Brazilian sorghum grains at different maturity stages	2017	Molecular	Agro, Health
Glycosylation of 6-methylflavone by the strain <i>Isaria fumosorosea</i> KCH J2	2017	Molecular	Biotechnology
Diversity of culturable fungi inhabiting petroleum-contaminated soils in Southern Iran	2017	Molecular	Environment, Biotechnology
Enrichment, isolation, and biodegradation potential of long-branched chain alkylphenol degrading non-ligninolytic fungi from wastewater	2017	Molecular	Environment, Biotechnology
Internal transcribed spacer (ITS) sequencing reveals considerable fungal diversity in dairy products	2017	Molecular	Environment, Health
Combined genotyping strategy reveals structural differences between <i>Aspergillus flavus</i> lineages from different habitats impacting human health	2017	Molecular	Environment, Health
<i>Cyanoderrella asteris</i> sp nov (<i>Ostropales</i>) from the inflorescence axis of <i>Aster tataricus</i>	2017	Molecular	Environment, Taxonomy
Occurrence of Toxigenic Fungi and Mycotoxins during Smoked Paprika Production	2017	Molecular	Health, Culture
Isolation, Characterization, and Selection of Molds Associated to Fermented Black Table Olives	2017	Molecular	Health, Industry
Characterization of microbial population of breba and main crops (<i>Ficus carica</i>) during cold storage: Influence of passive modified atmospheres (MAP) and antimicrobial extract application	2017	Molecular	Health, Industry
Comparison of DNA Microarray, Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) and Real-Time PCR with DNA Sequencing for Identification of <i>Fusarium</i> spp. Obtained from Patients with Hematologic Malignancies	2017	Molecular	Health, Taxonomy
Microbial Diversity in Daqu During Production of Luzhou-Flavored Liquor	2017	Molecular	Industry
Molecular and Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry-Based Characterization of Clinically Significant Melanized Fungi in India	2017	Molecular & Proteoma	Health
Identification and evaluation of potential bio-control fungal endophytes against <i>Ustilagoidea virescens</i> on rice plants	2017	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology

Notable fibrolytic enzyme production by <i>Aspergillus</i> spp. isolates from the gastrointestinal tract of beef cattle fed in lignified pastures	2017	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Antagonism of <i>Trichoderma</i> isolates against <i>Leucoagaricus gongylophorus</i> (Singer) Moller	2017	Morpho & Molecular	Biotechnology
Collar Rots in Forests of Northwest Germany Affected by Ash Dieback	2017	Morpho & Molecular	Environment
Contribution of filamentous fungi to the musty odorant 2,4,6-trichloroanisole in water supply reservoirs and associated drinking water treatment plants	2017	Morpho & Molecular	Health
A case of bilateral otomycosis associated with <i>Aspergillus flavus</i> and <i>A. terreus</i> in Taiwan	2017	Morpho & Molecular	Health
In Vitro Antifungal Susceptibility of <i>Neoscytalidium dimidiatum</i> Clinical Isolates from Malaysia	2017	Morpho & Molecular	Health
A preliminary report of indigenous fungal isolates from contaminated municipal solid waste site in India	2017	Morphological	Environment
Matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) for rapid identification of micro-organisms in the routine clinical microbiology laboratory	2017	Morphological	Health
Application of MALDI-TOF MS fingerprinting as a quick tool for identification and clustering of foodborne pathogens isolated from food products	2017	Polyphasic Approach	Health, Biotechnology
Screening and identification of oleaginous moulds for lipid production	2017	Unsure & Molecular	Biotechnology
An investigation on non-invasive fungal sinusitis; Molecular identification of etiologic agents	2017	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Comparison of two matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry systems for the identification of clinical filamentous fungi	2017	Unsure & Proteoma	Health, Taxonomy
Matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry for rapid identification of fungal rhinosinusitis pathogens	2017	Unsure & Proteoma	Health, Taxonomy
Genetic diversity of <i>Botrytis cinerea</i> from strawberry in Lithuania	2018	Molecular	Agro
A Preliminary Study on the Newly Isolated High Laccase-producing Fungi: Screening, Strain Characteristics and Induction of Laccase Production	2018	Molecular	Biotechnology
Fungal diversity in deep-sea sediments of a hydrothermal vent system in the Southwest Indian Ridge	2018	Molecular	Environment

Improvement of the Culture Medium for the Dichlorvos-Ammonia (DV-AM) Method to Selectively Detect Aflatoxigenic Fungi in Soil	2018	Molecular	Environment, Biotechnology
BIODIVERSITY OF CONTAMINANT FUNGI AT DIFFERENT COLOURED MATERIALS IN ANCIENT EGYPT TOMBS AND MOSQUES	2018	Molecular	Environment, Culture
South Indian Isolates of the <i>Fusarium solani</i> Species Complex From Clinical and Environmental Samples: Identification, Antifungal Susceptibilities, and Virulence	2018	Molecular	Health
Identification of clinical isolates of <i>Aspergillus</i> , including cryptic species, by matrix assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS)	2018	Molecular	Health
Epidural abscess caused by <i>Schizophyllum commune</i> : A rare case of rhinogenic cranial complication by a filamentous basidiomycete	2018	Molecular	Health
Comparative assessment of the quality of commercial black and green tea using microbiology analyses	2018	Molecular	Health
<i>Pilidium lythri</i> Is Associated with Bunch Rot of Grapevine (<i>Vitis vinifera</i>)	2018	Morpho & Molecular	Agro
Evaluation of the potential biocontrol activity of <i>Dicyma pulvinata</i> against <i>Cladosporium fulvum</i> , the causal agent of tomato leaf mould	2018	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Biodiversity and antimicrobial activity of Antarctic fungi from the Fildes Peninsula, King George Island	2018	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
The assessment of anti-tumoral activity of polysaccharide extracted from terrestrial filamentous fungus	2018	Morpho & Molecular	Health, Biotechnology
Diversity of the genus <i>Trichoderma</i> (Hypocraceae) in a Natural Protected Area in Tabasco, Mexico	2018	Morphological	Environment
Pathogenic Fungal Species Associated with Digestive System of <i>Periplaneta americana</i> (Blattaria: Blattidae) Trapped from Residential Dwellings in Ahvaz City, Southwestern Iran	2018	Morphological	Environment, Health
A New Disease of Strawberry, Fruit Rot, Caused by <i>Geotrichum candidum</i> in China	2018	Polyphasic Approach	Agro
Species Identification and Delineation of Pathogenic Mucorales by Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry	2018	Proteoma	Health, Taxonomy
Fungal and Mycotoxins Assessment of Honeysuckle in China	2018	Unsure & Molecular	Health, Culture

The microbiome of Sardinian barley and malt	2018	Unsure & Molecular	Health, Industry
Azole-Resistance in <i>Aspergillus terreus</i> and Related Species: An Emerging Problem or a Rare Phenomenon?	2018	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Filamentous fungi diversity in the natural fermentation of Amazonian cocoa beans and the microbial enzyme activities	2019	Molecular	Agro, Biotechnology
Development of <i>Penicillium italicum</i> -Specific Primers for Rapid Detection among Fungal Isolates in Citrus	2019	Molecular	Agro, Biotechnology
Isolation of Aflatoxigenic <i>Aspergillus flavus</i> from Animal-Feed and Exploration of the Genetic Basis of Aflatoxin Biosynthesis	2019	Molecular	Agro, Health
Isolation, screening and identification of ligno-cellulolytic fungi from northern central Morocco	2019	Molecular	Biotechnology
Inhibition of <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> and <i>Rhizoctonia solani</i> by n-hexane extracts of three plant species as a wood-treated oil fungicide	2019	Molecular	Biotechnology
Filamentous fungi associated with Brazilian stone samples: structure of the fungal community, diversity indexes, and ecological analysis	2019	Molecular	Environment
Biodiversity of fungi in hot desert sands	2019	Molecular	Environment
Study of physiological and enzymatic properties and characterization of pathogenic activity of a fungus isolated from moss <i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske in Antarctica	2019	Molecular	Environment, Biotechnology
Soil and entomopathogenic fungi with potential for biodegradation of insecticides: degradation of flubendiamide in vivo by fungi and in vitro by laccase	2019	Molecular	Environment, Biotechnology
<i>Penicillium expansum</i> strain isolated from indoor building material was able to grow on gypsum board and emitted guttation droplets containing chaetoglobosins and communesins A, B and D	2019	Molecular	Environment, Health
Prevalence and diversity of filamentous fungi in the airways of cystic fibrosis patients - A Dutch, multicentre study	2019	Molecular	Health
PCR-ITS-RFLP identification of pineapple spoilage fungi	2019	Molecular	Health
Efficacy of Luliconazole Against Broad-Range Filamentous Fungi Including <i>Fusarium solani</i> Species Complex Causing Fungal Keratitis	2019	Molecular	Health
The Emergence of Rare Clinical <i>Aspergillus</i> Species in Qatar: Molecular Characterization and Antifungal Susceptibility Profiles	2019	Molecular	Health
Putative neuromycotoxicoses in an adult male following ingestion of moldy walnuts	2019	Molecular	Health

Proteome analysis of biofilm produced by a <i>Fusarium falciforme</i> keratitis infectious agent	2019	Molecular	Health, Biotechnology
Antioxidant and Anti-inflammatory Capacity of Ferulic Acid Released from Wheat Bran by Solid-state Fermentation of <i>Aspergillus niger</i>	2019	Molecular	Health, Biotechnology
Fungal mycobiota and mycotoxin risk for traditional artisan Italian cave cheese	2019	Molecular	Health, Culture
UV-C treatment for the inhibition of molds isolated from dried persimmons (<i>Diospyros kaki</i> L.) and modelling of UV-C inactivation kinetics	2019	Molecular	Health, Industry
Morphological and molecular identification of fungi associated with South African apple core rot	2019	Morpho & Molecular	Agro
Biocontrol of postharvest <i>Alternaria</i> decay in table grapes from Mendoza province	2019	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Green Mold Caused by <i>Trichoderma atroviride</i> on the Lingzhi Medicinal Mushroom, <i>Ganoderma lingzhi</i> (Agaricomycetes)	2019	Morpho & Molecular	Agro, Culture
An efficient strategy for screening polyunsaturated fatty acid-producing oleaginous filamentous fungi from soil	2019	Morpho & Molecular	Biotechnology
The multivariate statistical selection of fungal strains isolated from <i>Neoteredo reynei</i> , with the high hydrolytic potential to deconstruct cellulose	2019	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Enhanced Bioremediation of Heavy Metal Contaminated Landfill Soil Using Filamentous Fungi Consortia: a Demonstration of Bioaugmentation Potential	2019	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Additions to Taiwan fungal flora 2: <i>Ophiosphaerella taiwanica</i> sp. nov.	2019	Morpho & Molecular	Environment, Taxonomy
Molecular epidemiology of otomycosis in Isfahan revealed a large diversity in causative agents	2019	Morpho & Molecular	Health
Contribution of the internal transcribed spacer regions to the detection and identification of human fungal pathogens	2019	Morpho & Molecular	Health, Taxonomy
Opportunistic Respiratory Infections in HIV Patients Attending Sukraraj Tropical and Infectious Diseases Hospital in Kathmandu, Nepal	2019	Morpho & Physiological	Health
IDENTIFICATION OF THE CAUSAL AGENT OF THE WILTING OF <i>Caesalpinia spinosa</i> AND THE ANTAGONIC EFFECT OF <i>Bacillus</i> spp. and <i>Trichoderma</i> sp. ISOLATES	2019	Morphological	Agro

Characterization of <i>Botrytis cinerea</i> From Commercial Cut Flower Roses	2019	Morphological	Agro
Investigation of Etiologic Agents and Clinical Presentations of Otomycosis at a Tertiary Referral Center in Tehran, Iran	2019	Morphological	Health
Biodiversity and phylogeny of novel <i>Trichoderma</i> isolates from mangrove sediments and potential of biocontrol against <i>Fusarium</i> strains	2019	Polyphasic Approach	Environment, Biotechnology
Identifying indoor air <i>Penicillium</i> species: a challenge for allergic patients	2019	Polyphasic Approach	Environment, Health
MALDI-TOF MS for the rapid identification and drug susceptibility testing of filamentous fungi	2019	Polyphasic Approach	Health, Biotechnology
Identification of fungal isolates by MALDI-TOF mass spectrometry in veterinary practice: validation of a web application	2019	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Polyphasic identification of <i>Penicillium</i> spp. isolated from Spanish semi-hard ripened cheeses	2019	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Comparison of matrix-assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF MS) systems for the identification of moulds in the routine microbiology laboratory	2019	Proteoma	Health, Taxonomy
Molecular characterization based on Internal Transcribed Spacer (ITS) marker sequence of fungal strains isolated from heritage ethnographic textiles	2019	Unsure & Molecular	Environment, Culture
<i>In Vitro</i> Activity of Chlorhexidine Compared with Seven Antifungal Agents against 98 <i>Fusarium</i> Isolates Recovered from Fungal Keratitis Patients	2019	Unsure & Molecular	Health
Effectiveness of air disinfection by ozonation or hydrogen peroxide aerosolization in dairy environments	2019	Unsure & Molecular	Industry
Fungal diversity and <i>Fusarium oxysporum</i> pathogenicity associated with coffee corky-root disease in Mexico	2020	Molecular	Agro
<i>Penicillium citrinum</i> and <i>Penicillium mallochii</i> : New phytopathogens of orange fruit and their control using chitosan	2020	Molecular	Agro, Biotechnology
Characterization of <i>Penicillium s.s.</i> and <i>Aspergillus</i> sect. <i>nigri</i> causing postharvest rots of pomegranate fruit in Southern Italy	2020	Molecular	Agro, Health

Fatty acid methyl ester analysis of <i>Aspergillus fumigatus</i> isolated from fruit pulps for biodiesel production using GC-MS spectrometry	2020	Molecular	Biotechnology
Chitinase production by <i>Trichoderma koningiopsis</i> UFSMQ40 using solid state fermentation	2020	Molecular	Biotechnology
The orange-red pigment from <i>Penicillium mallochii</i> : Pigment production, optimization, and pigment efficacy against Glioblastoma cell lines	2020	Molecular	Biotechnology
<i>Epicoccum sorghinum</i> : A promising biocatalyst for obtainment of (1 <i>R</i> ,2 <i>S</i> ,4 <i>R</i>)-neodihydrocarveol by selective bioreduction of (4 <i>R</i>)-(-)-carvone	2020	Molecular	Biotechnology
<i>Arthrographis curvata</i> and <i>Rhodosporidium babjevae</i> as New Potential Fungal Lipase Producers for Biotechnological Applications	2020	Molecular	Biotechnology
Production and purification of bioactive compounds with potent antimicrobial activity from a novel terrestrial fungus <i>Aspergillus</i> sp. DHE 4	2020	Molecular	Biotechnology
Occurrence of <i>Aspergillus niger</i> strains on a polychrome cotton painting and their elimination by anoxic treatment	2020	Molecular	Environment, Culture
Ochratoxigenic fungi and Ochratoxin A determination in dried grapes marketed in Tunisia	2020	Molecular	Health
<i>Colletotrichum</i> keratitis: A rare yet important fungal infection of human eyes	2020	Molecular	Health
Otomycosis Due to the Rare Fungi <i>Talaromyces purpurogenus</i> , <i>Naganishia albida</i> and <i>Filobasidium magnum</i>	2020	Molecular	Health
Invasive <i>Scedosporium</i> and <i>Lomentosora</i> infections in the era of antifungal prophylaxis: A 20-year experience from a single centre in Spain	2020	Molecular	Health
Novel Duplex Polymerase Chain Reaction for the Rapid Detection of <i>Pythium insidiosum</i> Directly From Corneal Specimens of Patients With Ocular Pythiosis	2020	Molecular	Health, Biotechnology
Comparison of High-resolution Melting Curve Analysis with Specific Target Gene Sequencing to Identify the Most Common Species of <i>Aspergillus</i> and <i>Fusarium</i>	2020	Molecular	Health, Biotechnology
Chemical constituents of fungus F03 belonging to Basidiomycota	2020	Molecular	Health, Biotechnology
Fungal keratitis caused by a rare pathogen, <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , in an east coast city of China	2020	Molecular & Proteoma	Health
Decontamination of microbiologically contaminated abiotic porous surfaces in an oral surgery clinic using vaporised hydrogen peroxide (VHP)	2020	Molecular & Proteoma	Health

First Report of Green Mold Disease Caused by <i>Trichoderma hengshanicum</i> on <i>Ganoderma lingzhi</i>	2020	Morpho & Molecular	Agro
Effectiveness of <i>Trichoderma</i> strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control <i>Alternaria alternata</i> , <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and <i>Penicillium digitatum</i> A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges (<i>Citrus sinensis</i> L. (Osbeck))	2020	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
EFFECTS OF CHITOSAN IN THE CONTROL OF POSTHARVEST ANTHRACNOSE OF SOURSOP (<i>Annona muricata</i>) FRUIT	2020	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Diversity, plant growth-promoting traits, and biocontrol potential of fungal endophytes of <i>Sorghum bicolor</i>	2020	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Fructosyltransferase and inulinase production by indigenous coprophilous fungi for the biocatalytic conversion of sucrose and inulin into oligosaccharides	2020	Morpho & Molecular	Biotechnology
Biotransformation and Degradation Pathway of Pyrene by Filamentous Soil Fungus <i>Trichoderma</i> sp. F03	2020	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Richness and metallo-tolerance of cultivable fungi recovered from three high altitude glaciers from Citlalpetl and Iztaccihuatl volcanoes (Mexico)	2020	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
High diversity of fungi associated with altered wood materials in the hunting lodge of "La Murette", Saint-Germain-en-Laye, France	2020	Morpho & Molecular	Environment, Cultural
Characterisation of fungal contamination sources for use in quality management of cheese production farms in Korea	2020	Morpho & Molecular	Environment, Health
Migratory birds as the potential source for the transmission of <i>Aspergillus</i> and other fungus to Bangladesh	2020	Morpho & Molecular	Environment, Health
Molecular epidemiology of <i>Aspergillus</i> species and other moulds in respiratory samples from Argentinean patients with cystic fibrosis	2020	Morpho & Molecular	Health
Filamentous Fungal Keratitis in Taiwan: Based on Molecular Diagnosis	2020	Morpho & Molecular	Health
<i>Purpureocillium lilacinum</i> as unusual cause of pulmonary infection in immunocompromised hosts	2020	Morpho & Molecular	Health
Onychomycosis Due to <i>Fusarium oxysporum</i> in Sulumaniyah City, Iraq	2020	Morpho & Molecular	Health

Polyphasic identification of three new species in <i>Alternaria</i> section <i>Infectoriae</i> causing human cutaneous infection	2020	Morpho & Molecular	Health, Taxonomy
Clinico-Mycolological Study of dermatophytosis in a Tertiary Care Hospital	2020	Morpho & Physiological	Health
Fungal microflora in dried persimmon fruits	2020	Morphological	Agro, Health
Risks associated with pathogenic fungi isolated from surgical centers, intensive care units, and materials sterilization center in hospitals. Risks associated with pathogenic fungi isolated from critical hospital areas	2020	Morphological	Environment, Health
Microbiological air quality in pharmacies and an antibiotic resistance profile of staphylococci species	2020	Morphological	Environment, Health
Nationwide surveillance of azole-resistant <i>Aspergillus fumigatus</i> environmental isolates in Greece: detection of pan-azole resistance associated with the TR ₄₆ /Y121F/T289A <i>cyp51A</i> mutation	2020	Morphological	Environment, Health
Epidemiology of Dermatophyte and Non-Dermatophyte Fungi Infection in Ethiopia	2020	Morphological	Health
Aetiology of superficial fungal infections of the foot in urban outpatients in mainland China: A multicentre, prospective case study	2020	Morphological	Health
Fungi in sands of Mediterranean Sea beaches of Israel-Potential relevance to human health and well-being	2020	Polyphasic Approach	Environment, Health
Detection of <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Ch. cochliodes</i> and <i>Ch. rectangulare</i> during the Diversity Tracking of Mycotoxin-Producing <i>Chaetomium</i> -like Isolates Obtained in Buildings in Finland	2020	Polyphasic Approach	Environment, Health
Identification of dermatophyte and nondermatophyte molds isolated from animal lesions suspected to dermatomycoses	2020	Unsure & Molecular	Health
Ocular Fungi: Molecular Identification and Antifungal Susceptibility Pattern to Azoles	2020	Unsure & Molecular	Health
Potential public health risks associated with <i>suya</i> spice mix in Port Harcourt, Nigeria	2020	Unsure & Physiological	Health
Molecular identification of fungi causing major diseases in the cultivated mushroom production facilities of Korkuteli District in Antalya	2021	Molecular	Agro

Members of the <i>Trichoderma harzianum</i> Species Complex with Mushroom Pathogenic Potential	2021	Molecular	Agro
Biocontrol Activity of <i>Aureobasidium pullulans</i> and <i>Candida orthopsilosis</i> Isolated from <i>Tectona grandis</i> L. Phylloplane against <i>Aspergillus</i> sp. in Post-Harvested Citrus Fruit	2021	Molecular	Agro, Biotechnology
Cold Plasma Affects Germination and Fungal Community Structure of Buckwheat Seeds	2021	Molecular	Agro, Health
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , bentonite, and kaolin as adsorbents for reducing the adverse impacts of mycotoxin contaminated feed on broiler histopathology and hemato-biochemical changes	2021	Molecular	Agro, Health
Screening and characterization of a novel Antibiofilm polypeptide derived from filamentous Fungi	2021	Molecular	Biotechnology
A novel <i>Penicillium sumatraense</i> isolate reveals an arsenal of degrading enzymes exploitable in algal bio-refinery processes	2021	Molecular	Biotechnology
<i>Aspergillus niger</i> Environmental Isolates and Their Specific Diversity Through Metabolite Profiling	2021	Molecular	Environment
Toxicity treatment of tobacco wastes using experimental design by filamentous fungi	2021	Molecular	Environment, Biotechnology
Black Fungi and Hydrocarbons: An Environmental Survey for Alkylbenzene Assimilation	2021	Molecular	Environment, Biotechnology
Identification and molecular characterization of <i>Subramaniula asteroides</i> causing human fungal keratitis: a case report	2021	Molecular	Health
A new pleosporalean fungus isolated from superficial to deep human clinical specimens	2021	Molecular	Health
Molecular identification and antifungal susceptibility of 75 clinical isolates of Trichophyton spp. from southern Brazil	2021	Molecular	Health
Molecular characterization and antifungal activity against non-dermatophyte molds causing onychomycosis	2021	Molecular	Health
A Mycological and Molecular Epidemiologic Study on Onychomycosis and Determination <i>In Vitro</i> Susceptibilities of Isolated Fungal Strains to Conventional and New Antifungals	2021	Molecular	Health
Azole resistance survey on clinical <i>Aspergillus fumigatus</i> isolates in Spain	2021	Molecular	Health
First Case of Invasive <i>Stachybotrys</i> Sinusitis	2021	Molecular	Health
Mycobiota of Konya mold-ripened (Kufllu) Tulum cheese and the diversity of <i>Penicillium roqueforti</i> isolates	2021	Molecular	Industry

ASSESSMENT OF CELLULASE COMPLEX SECRETORY CAPACITY OF <i>TRICHODERMA</i> STRAINS AND MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF THE ISOLATE WITH THE HIGHEST ENZYMATIC SECRETION CAPACITY	2021	Molecular	Industry, Biotechnology
Biological control of mites by xerophile <i>Eurotium</i> species isolated from the surface of dry cured ham and dry beef cecina	2021	Molecular	Industry, Biotechnology
Identification of Molds with Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry: Performance of the Newly Developed MSI-2 Application in Comparison with the Bruker Filamentous Fungi Database and MSI-1	2021	Molecular & Proteoma	Environment, Health
Identification and in vitro antifungal susceptibility of causative agents of onychomycosis due to <i>Aspergillus</i> species in Mashhad, Iran	2021	Molecular & Proteoma	Health
Molecular and MALDI-ToF MS differentiation and antifungal susceptibility of prevalent clinical <i>Fusarium</i> species in China	2021	Molecular & Proteoma	Health
Unexpected mould diversity in clinical isolates from French Guiana and associated identification difficulties	2021	Molecular; Proteoma & Morpho	Health
Characterization of a hypovirulent strain of <i>Botrytis cinerea</i> from apple and quantification of the ICs related gene expression	2021	Morpho & Molecular	Agro
Isolation and molecular characterization of causal agent of blue mold on <i>Allium cepa</i> L. and its control by <i>Pennisetum flaccidum</i> Griseb	2021	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Filamentous fungi with high paraquat-degrading activity isolated from contaminated agricultural soils in northern Thailand	2021	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Morphological and molecular characterization of <i>Trichoderma</i> species isolated from rhizosphere soils in Malaysia	2021	Morpho & Molecular	Agro, Environment
Storage fungi and ochratoxin A associated with arabica coffee bean in postharvest processes in Northern Thailand	2021	Morpho & Molecular	Agro, Health
<i>Talaromyces funiculosus</i> , a Novel Causal Agent of Maize Ear Rot and Its Sensitivity to Fungicides	2021	Morpho & Molecular	Agro, Taxonomy
Cellulase Enzyme Production from Filamentous Fungi <i>Trichoderma reesei</i> and <i>Aspergillus awamori</i> in Submerged Fermentation with Rice Straw	2021	Morpho & Molecular	Biotechnology

Optimization of fermentation conditions for the production of acidophilic β -glucosidase by <i>Trichoderma reesei</i> S12 from mangrove soil	2021	Morpho & Molecular	Biotechnology
Isolation and Screening of Microorganisms for the Effective Pretreatment of Lignocellulosic Agricultural Wastes	2021	Morpho & Molecular	Biotechnology
Fungi Associated With Woody Tissues of European Beech and Their Impact on Tree Health	2021	Morpho & Molecular	Environment
Deep-sea hydrothermal vent sediments reveal diverse fungi with antibacterial activities	2021	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Of fungi and ticks: Morphological and molecular characterization of fungal contaminants of a laboratory-reared <i>Ixodes ricinus</i> colony	2021	Morpho & Molecular	Environment, Health
Molecular identification of aflatoxigenic <i>Aspergillus</i> species in dried nuts and grains collected from Tehran, Iran	2021	Morpho & Molecular	Health
Molecular Profile of <i>Trichophyton mentagrophytes</i> and <i>Microsporum canis</i> based on PCR-RFLP of Internal Transcribed Spacer	2021	Morpho & Molecular	Health
Novel cases of cutaneous phaeoerythromycosis by <i>Alternaria alstromeriae</i> , <i>Epicoccum tritici</i> and <i>Phialemonium obovatum</i> from North India	2021	Morpho & Molecular	Health
Isolation and Identification of Natural Colorant Producing Soil-Borne <i>Aspergillus niger</i> from Bangladesh and Extraction of the Pigment	2021	Morpho & Molecular	Industry, Biotechnology
Identification of <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Penicillium commune</i> , and <i>Penicillium crustosum</i> Isolated from Chicken Eggs	2021	Morpho & Molecular	Industry, Taxonomy
MOLECULAR CHARACTERIZATION OF <i>PENICILLIUM EXPANSUM</i> ASSOCIATED WITH BLUE MOLD DISEASE OF APPLE IN PAKISTAN	2021	Morphological	Agro
Levels of filamentous fungi and selected mycotoxins in leafy and fruit vegetables and analysis of their potential health risk for consumers	2021	Morphological	Agro, Health
Isolation and Identification of Fungi from Clinical Samples of Diabetic Patients and Studying the Anti-Fungal Activity of Some Natural Oils on Isolated Fungi	2021	Morphological	Health
Biodiversity of isolated fungal flora at the reanimation service of the University Hospital Sourou Sanou of Bobo-Dioulasso, Burkina Faso	2021	Morphological	Health
<i>In vitro</i> antifungal susceptibility of yeasts and molds isolated from sputum of tuberculosis relapse and retreatment patients	2021	Morphological	Health

Status of pulmonary fungal pathogens among individuals with clinical features of pulmonary tuberculosis at Mbarara University Teaching Hospital in Southwestern Uganda	2021	Morphological	Health
AFLATOXIGENIC FUNGI AND AFLATOXINS IN LOCALLY PROCESSED PEANUT BUTTER IN LAGOS, NIGERIA	2021	Morphological	Health, Industry
Production, Optimization, and Characterization of an Acid Protease from a Filamentous Fungus by Solid-State Fermentation	2021	Morphological	Industry
Optimization of lipase production using fungal isolates from oily residues	2021	Morphological	Industry
Diversity of microbiota in Slovak summer ewes' cheese ``Bryndza{}``	2021	Proteoma	Culture
Physicochemical and microbiological characteristics of urban aerosols in Krakow (Poland) and their potential health impact	2021	Proteoma	Environment, Health
Drug Sensitivity Profile of Fungi Isolated from Onychomycosis Patients and Evaluation of Squalene Epoxidase Mutation in One Terbinafine-Resistant <i>Trichophyton mentagrophytes</i> Species	2021	Unsure & Molecular	Health
GENETIC VARIATION AMONG SOME <i>SCLEROTINIA SCLEROTIORUM</i> ISOLATES CAUSING WHITE MOLD DISEASE IN EGGPLANTS (<i>SOLANUM MELONGENA</i>)	2022	Molecular	Agro
Management of strawberry gray mold disease using some essential oils and molecular identification of pathogen fungus	2022	Molecular	Agro, Biotechnology
The Isolation and Characterization of Antagonist <i>Trichoderma</i> spp. from the Soil of Abha, Saudi Arabia	2022	Molecular	Agro, Biotechnology
Purification and Identification of an Antifungal Protein from an Isolated Fungus with Antagonism to <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> MC9	2022	Molecular	Agro, Biotechnology
<i>Trichoderma asperelloides</i> 5R and <i>Bacillus licheniformis</i> TL-171 reduce epiphytic colonization and post-harvest berry decay due to <i>Cladosporium</i> sp. and improve the shelf life of grapes	2022	Molecular	Agro, Biotechnology
Recovery of Orange Peel Essential Oil from `Sai-Namphaung' Tangerine Fruit Drop Biomass and Its Potential Use as Citrus Fruit Postharvest Diseases Control	2022	Molecular	Agro, Biotechnology
Radiation Sensitivity of Surface Mycoflora from Fresh Strawberries (<i>Fragaria</i> x <i>ananassa</i> Duch. var. Sweet Charlie) from La Trinidad, Benguet, Philippines	2022	Molecular	Agro, Industry

Purification, Biochemical and Kinetic Characterization of a Novel Alkaline <i>sn</i> -1,3-Regioselective Triacylglycerol Lipase from <i>Penicillium crustosum</i> Thom Strain P22 Isolated from Moroccan Olive Mill Wastewater	2022	Molecular	Biotechnology
Identification of PKS-NRPS Hybrid Metabolites in Marine-Derived <i>Penicillium oxalicum</i>	2022	Molecular	Biotechnology
Isolation of Culturable Yeasts and Molds from Soils to Investigate Fungal Population Structure	2022	Molecular	Environment
Iron stress response and bioaccumulation potential of three fungal strains isolated from sewage-irrigated soil	2022	Molecular	Environment, Biotechnology
Fungal Load of Groundwater Systems in Geographically Segregated Islands: A Step Forward in Fungal Control	2022	Molecular	Environment, Health
Multicenter prospective observational study of fungal keratitis in Japan: analyses of culture-positive cases	2022	Molecular	Health
First Molecular Identification of Three Clinical Isolates of Fungi Causing Mucormycosis in Honduras	2022	Molecular	Health
Unravelling the Molecular Identification and Antifungal Susceptibility Profiles of <i>Aspergillus</i> spp. Isolated from Chronic Pulmonary Aspergillosis Patients in Jakarta, Indonesia: The Emergence of Cryptic Species	2022	Molecular	Health
Elucidating the clinical, microbiological and molecular diagnostic aspects of <i>Macrophomina phaseolina</i> keratitis	2022	Molecular	Health
An Atypical Etiology of Fungal Keratitis Caused by <i>Rousoella neopustulans</i>	2022	Molecular	Health
Efficacy of Gold Nanoparticles against Drug-Resistant Nosocomial Fungal Pathogens and Their Extracellular Enzymes: Resistance Profiling towards Established Antifungal Agents	2022	Molecular	Health, Biotechnology
Analysis of rice microbial communities under different storage conditions using culture-dependent and -independent techniques	2022	Molecular	Health, Industry
An industrial perspective fermentative bioreduction of aromatic ketones by <i>Penicillium rubens</i> VIT SS1 and <i>Penicillium citrinum</i> VIT SS2	2022	Molecular	Industry, Biotechnology
Reducing the number of accepted species in <i>Aspergillus</i> series <i>Nigri</i>	2022	Molecular	Taxonomy
What Is Hiding in the Israeli Mediterranean Seawater and Beach Sand	2022	Molecular & Proteoma	Environment, Health
Frequency of transposable elements and fungicide resistance in <i>Botrytis Cinerea</i> Pers. populations on strawberries from Aydin and Mersin provinces in Turkey	2022	Morpho & Molecular	Agro

Biological control of cabbage head rot (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) by <i>Coniothyrium minitans</i>	2022	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Bovine abortion and necrotic placentitis by <i>Aspergillus terreus</i>	2022	Morpho & Molecular	Agro, Health
First Isolation and Identification of <i>Neopestalotiopsis clavispora</i> Causing Postharvest Rot of <i>Rosa sterilis</i> and Its Control with Methyl Jasmonate and Calcium Chloride	2022	Morpho & Molecular	Agro, Industry
Comparison of Methods for Isolating Entomopathogenic Fungi from Soil Samples	2022	Morpho & Molecular	Biotechnology
Lignocellulose-degrading fungi newly isolated from central Morocco are potent biocatalysts for olive pomace valorization	2022	Morpho & Molecular	Biotechnology
Antioxidant, Antibacterial and Dyeing Potential of Crude Pigment Extract of <i>Gonatophragmium triuniae</i> and Its Chemical Characterization	2022	Morpho & Molecular	Biotechnology
Mycobiota of deep-sea benthic communities on the Piip submarine volcano, Bering Sea, Russia	2022	Morpho & Molecular	Environment
Potential of bioaugmentation of heavy metal contaminated soils in the Zambian Copperbelt using autochthonous filamentous fungi	2022	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
First Description of <i>Akanthomyces uredinophilus</i> comb. nov. from Hemipteran Insects in America	2022	Morpho & Molecular	Environment, Taxonomy
Mycotic contamination and aflatoxin potential of molds in <i>Capsicum annum</i> (chili), and chili powder commercialized in south Indian markets	2022	Morpho & Molecular	Health
Molecular characterization of mycotoxin-producing <i>Aspergillus parasiticus</i> and sensitivity pattern to different disinfectants	2022	Morpho & Molecular	Health
HIV-infected patients rarely develop invasive fungal diseases under good immune reconstitution after ART regardless high prevalence of pathogenic filamentous fungi carriage in nasopharynx/oropharynx	2022	Morpho & Molecular	Health
Comparison of Fungal Fluorescent Staining and ITS rDNA PCR-based Sequencing with Conventional Methods for Diagnosis of Onychomycosis	2022	Morpho & Molecular	Health, Taxonomy
Effect of supercritical CO ₂ fractionation of Tahiti lemon (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka) essential oil on its antifungal activity against predominant molds from pan bread	2022	Morpho & Molecular	Industry, Biotechnology

The mysterious mould outbreak - A comprehensive fungal colonisation in a climate-controlled museum repository challenges the environmental guidelines for heritage collections	2022	Morpho & Molecular; Polyphasic Approach	Environment, Culture
Morphological and chemical characterization of <i>Alternaria</i> populations from apple fruit	2022	Morpho & Physiological	Agro, Biotechnology
Mineralization of pyrene (polycyclic aromatic hydrocarbon) in clay soil supplemented with animal organic carbon source	2022	Morpho & Physiological	Environment, Biotechnology
Mycobiota of berry fruits - levels of filamentous fungi and mycotoxins, composition of fungi and analysis of potential health risk for consumers	2022	Morphological	Agro, Health
MYCOCECENOSIS OF GRAPE BERRIES CULTIVATED IN THE CENTRAL SLOVAK WINE REGION	2022	Morphological	Agro, Health
Endophytic <i>Cephalotrichum</i> spp. from <i>Solanum tuberosum</i> (potato) in Iran - a polyphasic analysis	2022	Polyphasic Approach	Environment
Identification of filamentous fungi including dermatophytes using MALDI-TOF mass spectrometry	2022	Polyphasic Approach	Health
The effect of lactic acid bacteria addition on microbiota and occurrence of mycotoxins in rye silages	2022	Proteoma	Agro, Health
Invasive pulmonary aspergillosis infection in severely ill COPD patients in pulmonary ward and ICU	2022	Proteoma	Health
Immunosuppressed Patients with Clinically Diagnosed Invasive Fungal Infections: The Fungal Species Distribution, Antifungal Sensitivity and Associated Risk Factors in a Tertiary Hospital of Anhui Province	2022	Proteoma	Health
CLINICAL CASE OF RHINO-ORBITAL MUCORMYCOSIS IN A CONVALESCENT COVID-19 PATIENT: DIAGNOSTIC AND TREATMENT TACTICS	2022	Proteoma & Morpho	Health
Implementation of MALDI-TOF Mass Spectrometry to Identify Fungi From the Indoor Environment as an Added Value to the Classical Morphology-Based Identification Tool	2022	Proteoma & Morpho	Health, Biotechnology
High prevalence of fungal and NDM-OXA producing Gram-negative bacterial superinfections in the second wave of coronavirus disease 2019 in India: Experience from a dedicated coronavirus disease 2019 hospital in North India	2022	Proteoma & Physiological	Health
EFFECTIVENESS OF 7S GLOBULIN AGAINST <i>BOTRYTIS</i> <i>CINEREA</i> CAUSING GRAY MOLD IN STRAWBERRY	2023	Molecular	Agro

Evaluation of pathogenicity of <i>Botrytis</i> species isolated from different legumes	2023	Molecular	Agro
Light and Electron Microscopy Studies Elucidating Mechanisms of Tomato Leaf Infection by <i>Pseudocercospora fuligena</i>	2023	Molecular	Agro
Avirulent Isolates of <i>Penicillium chrysogenum</i> to Control the Blue Mold of Apple Caused by <i>P. expansum</i>	2023	Molecular	Agro, Biotechnology
Fungal Strain as Biological Tool to Remove Genotoxicity Effect of Phenolic Compounds from Olive Mill Wastewater	2023	Molecular	Agro, Biotechnology
Bioflocculation harvesting of oleaginous microalga <i>Chlorella</i> sp. using novel lipid-rich cellulolytic fungus <i>Aspergillus terreus</i> (MD1) for biodiesel production	2023	Molecular	Biotechnology
Xerophilic fungi contaminating historically valuable easel paintings from Slovenia	2023	Molecular	Biotechnology, Culture
Fungal Biodeterioration and Preservation of Miniature Artworks	2023	Molecular	Biotechnology, Culture
Fungal Whole-Genome Sequencing for Species Identification: From Test Development to Clinical Utilization	2023	Molecular	Health
Isolation of filamentous basidiomycetes from respiratory samples in a tertiary care Spanish hospital	2023	Molecular	Health
A Lethal Case of Disseminated <i>Cladosporium allicinum</i> Infection in a Captive African Bullfrog	2023	Molecular	Health
<i>Penicillium</i> and <i>Talaromyces</i> spp. emerging pathogens in dogs since 1990s	2023	Molecular	Health
Multimodal analysis of the COVID-19-associated mucormycosis outbreak in Delhi, India indicates the convergence of clinical and environmental risk factors	2023	Molecular	Health
MALDI-TOF MS identification of <i>Exophiala</i> species isolated in Japan: Library enrichment and faster sample preparation	2023	Molecular & Proteoma	Environment, Health
Comparison of Autof Ms1000 and EXS3000 MALDI-TOF MS Platforms for Routine Identification of Microorganisms	2023	Molecular & Proteoma	Health
Characterization and fungicide sensitivity of <i>Trichoderma</i> species causing green mold of <i>Ganoderma sichuanense</i> in China	2023	Morpho & Molecular	Agro
Isolating, Identifying, and Analyzing the Biological Characteristics of Pathogens Causing Postharvest Disease in Fresh <i>Radix Astragali</i>	2023	Morpho & Molecular	Agro

In vitro susceptibility test of <i>Cladosporium cladosporioides</i> isolates from Argentinian tomato crops against commercial fungicides	2023	Morpho & Molecular	Agro
Trichoderma Species Problematic to the Commercial Production of Pleurotus in Italy: Characterization, Identification, and Methods of Control	2023	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
First identification of potato tuber rot caused by <i>Penicillium solitum</i> , its silver nanoparticles synthesis, characterization and use against harmful pathogens	2023	Morpho & Molecular	Agro, Biotechnology
Isolation of the Main Pathogens Causing Postharvest Disease in Fresh <i>Angelica sinensis</i> during Different Storage Stages and Impacts of Ozone Treatment on Disease Development and Mycotoxin Production	2023	Morpho & Molecular	Agro, Health
Bioprospecting of Marine Fungi from Coastal Karnataka Region as Potential Source of Economically Important Enzyme L-Glutaminase and their Comparative Genomic Study	2023	Morpho & Molecular	Biotechnology
Co-occurrence of two ascomycete endophytes as the specialized metabolite production partners in <i>Rheum spiciforme</i> Royle	2023	Morpho & Molecular	Environment
FIRST DIVERSITY ASSESSMENT AND SYNTHETIC DYES REMEDIATION POTENTIAL OF AQUATIC MICROMYCETES FROM AIN SKHOUNA WETLAND, WESTERN STEPPE OF ALGERIA	2023	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Plastic Biodegradation Potential of Soil Mangrove Mold Isolated from Wonorejo, Indonesia	2023	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
<i>Periplaneta americana</i> (Blattodea: Blattidae) fungal pathogens in hospital sewer systems: molecular and phylogenetic approaches	2023	Morpho & Molecular	Environment, Health
Molecular identification, phylogeny and antifungal susceptibilities of dematiaceous fungi isolated from human keratomycosis	2023	Morpho & Molecular	Health
The Molecular Identification and Antifungal Susceptibility of Clinical Isolates of Aspergillus Section Flavi from Three French Hospitals	2023	Morpho & Molecular	Health
Pulmonary Aspergillosis in Naïve Non-neutropenic Lung Cancer Patients	2023	Morpho & Molecular	Health
Possibly the first case of onychomycosis by <i>Fusarium lactis</i> : Case presentation and literature review of onychomycosis by <i>Fusarium</i> species	2023	Morpho & Molecular	Health
<i>Aspergillus welwitschiae</i> ; an otomycosis predominant agent, new epidemiological and antifungal susceptibility data from Iran	2023	Morpho & Molecular	Health

Detection of Opportunistic Fungi from the Bronchoalveolar Lavage Specimens of Patients with Pulmonary Diseases	2023	Morpho & Molecular	Health
Fungal Planet description sheets: 1550-1613	2023	Morpho & Physiological	Taxonomy
Survey on technical management of strawberries in Morocco and evaluation of their post-harvest microbial load	2023	Morphological	Agro, Health
Diversity and enzymatic activity of the microbiota isolated from compost based on restaurant waste and yard trimmings	2023	Morphological	Environment, Biotechnology
Screening of Aflatoxin Production by <i>Aspergillus flavus</i> Isolates from Petroleum-contaminated Soil	2023	Morphological	Environment, Health
Epidemiological Profile of Mold Infections in Coronavirus Disease 2019 Patients	2023	Morphological	Health
A 5-year single-center study about onychomycosis with a focus on <i>Aspergillus</i> spp. in Albania	2023	Morphological	Health
Promising onychomycosis treatment with hypericin-mediated photodynamic therapy: Case reports	2023	Polyphasic Approach	Health
Mycological evaluation of frozen meat with special reference to yeasts	2023	Polyphasic Approach	Health, Industry
Isolation, Selection, and Use of Oil-Degrading Microorganisms for Biological Treatment of Contaminated Soil	2023	Proteoma	Environment, Biotechnology
<i>In vitro</i> Antifungal Effects of Plant Essential Oils Against Some Fungal Disease Agents Causing Internal Rot of Dried Pepper Fruits	2023	Proteoma & Morpho	Agro, Biotechnology
A new hydrophobin candidate from <i>Cladosporium macrocarpum</i> with super-hydrophobic surface	2023	Unsure & Molecular	Biotechnology
Monitoring of airborne fungi during the second wave of COVID-19 in selected wards of the referral university hospital in southeastern Iran	2023	Unsure & Molecular	Environment, Health
Lipid-Like Biofilm from a Clinical Brain Isolate of <i>Aspergillus terreus</i> : Quantification, Structural Characterization and Stages of the Formation Cycle	2023	Unsure & Molecular	Health
Fungal keratitis in Iran: Risk factors, clinical features, and mycological profile	2023	Unsure & Molecular	Health

Does Dry or Fresh Bee Bread Contain Clinically Significant, and Antimicrobial Agents Resistant Microorganisms?	2023	Unsure & Proteoma	Health
Green control for inhibiting <i>Rhizopus oryzae</i> growth by stress factors in forage grass factory	2024	Molecular	Agro
Genotypic and phenotypic characterization of resistance to fenhexamid, carboxin, and, prochloraz, in <i>Botrytis cinerea</i> isolates collected from cut roses in Colombia	2024	Molecular	Agro
Characterization of fungal species involved in white haze disorder on apples in Northern Italy and description of <i>Golubevia mali</i> sp. nov. and <i>Entyloma mali</i> sp. nov.	2024	Molecular	Agro
The efficacy of adding some antioxidant compounds in alleviating strawberry fruit rots during storage	2024	Molecular	Agro
Genetic structure and pyrimethanil resistance of <i>Botrytis</i> spp. causing gray mold on strawberry from greenhouses in Zhejiang, China	2024	Molecular	Agro
Phytosanitary problems in elephant garlic (<i>Allium ampeloprasum</i> var. <i>holmense</i>) in the "Val di Chiana" area (Central Italy), and evaluation of potential control strategies	2024	Molecular	Agro, Health
Genetic identification, pathogenicity and patulin production of <i>Penicillium</i> species from apple blue mold in China	2024	Molecular	Agro, Health
Bioethanol production using lignocellulosic materials and thermophilic microbial hydrolysis	2024	Molecular	Biotechnology
First Confirmed Description of <i>Acremonium egyptiacum</i> from Greece and Molecular Identification of <i>Acremonium</i> and <i>Acremonium</i> -like Clinical Isolates	2024	Molecular	Health
Onychomycosis in the US Pediatric Population-An Emphasis on <i>Fusarium</i> Onychomycosis	2024	Molecular	Health
Biodiversity of <i>Aspergillus</i> Species and Their Mycotoxin Production Potential in Dry Meat	2024	Molecular	Health
Evaluation of VITEK MS Version 3.0 MALDI-TOF for the identification of anaerobes, mycobacteria, <i>Nocardia</i> , and moulds	2024	Molecular	Health, Taxonomy
Optimization of production conditions, isolation, purification, and characterization of tannase from filamentous fungi	2024	Molecular	Industry, Biotechnology
Deep learning image analysis for filamentous fungi taxonomic classification: Dealing with small datasets with class imbalance and hierarchical grouping	2024	Molecular	Taxonomy, Biotechnology
Early warning of <i>Aspergillus</i> contamination in maize by gas chromatography-ion mobility spectrometry	2024	Morpho & Molecular	Agro
Morphological and Molecular Diversity of <i>Botrytis cinerea</i> Infecting Chickpea in India	2024	Morpho & Molecular	Agro

<i>Aspergillus</i> population diversity and its role in aflatoxin contamination of cashew nuts from coastal Kenya	2024	Morpho & Molecular	Agro
Cobweb disease on <i>Morchella sextelata</i> caused by <i>Hypomyces</i> spp. in Sichuan province, China	2024	Morpho & Molecular	Agro
First report of <i>Botrytis cinerea</i> causing flower blight on macadamia in South Africa	2024	Morpho & Molecular	Agro
Morphed aflaxotin concentration produced by <i>Aspergillus flavus</i> strain VKMN22 on maize grains inoculated on agar culture	2024	Morpho & Molecular	Agro, Health
Evolution and related pathogenic genes of <i>Pseudodiploospora longispora</i> on <i>Morchella</i> based on genomic characterization and comparative genomic analysis	2024	Morpho & Molecular	Agro, Taxonomy
Acetic Acid Production from <i>Aspergillus terreus</i> Isolated from Some Agricultural Soils Collected from Selected Locations within the North Gondar Zone, Amhara Region, Ethiopia	2024	Morpho & Molecular	Biotechnology
Indigenous fungi with the ability to biodegrade hydrocarbons in diesel-contaminated soil are isolated and selected using a simple methodology	2024	Morpho & Molecular	Environment, Biotechnology
Diversity of Soil-Borne Fungi Isolated from Places Frequently Visited by People in the City of Wrocław (Poland)	2024	Morpho & Molecular	Environment, Health
Analysis of Mycotoxins and Cytotoxicity of Airborne Molds Isolated from the Zoological Garden-Screening Research	2024	Morpho & Molecular	Environment, Health
Three new species of <i>Talaromyces</i> sect. <i>Talaromyces</i> discovered in China	2024	Morpho & Molecular	Environment, Taxonomy
ANTIBACTERIAL POTENTIAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF HONEY FROM SLOVAKIA	2024	Morphologic al	Agro, Biotechnology
Prevalence of mycotoxigenic fungi and ochratoxin A in coffee (<i>Coffea arabica</i> L.)	2024	Morphologic al	Agro, Health
Molecular and chemical evaluation of patulin production of <i>Aspergillus</i> and <i>Penicillium-</i>like species isolated from Hungarian apples	2024	Morphologic al	Agro, Health
Early <i>Candida</i> colonisation impact on patients and healthcare professionals in an intensive care unit	2024	Morphologic al	Health

Identification and speciation of fungi causing onychomycosis: A prospective study	2024	Morphological	Health, Taxonomy
Molecular Characterization, Etiology of <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , an Emerging Fungal Pathogen of White Mold Disease in Eggplant and its Biocontrol Using Soil Bioagents	2024	Polyphasic Approach	Agro, Biotechnology
<i>Aspergillus flavus/oryzae</i> Arthritis of the Knee Joint: First Case in Turkiye	2024	Polyphasic Approach	Health
<i>Syncephalastrum massiliense</i> sp. nov. and <i>Syncephalastrum timoneanum</i> sp. nov. Isolated from Clinical Samples	2024	Polyphasic Approach	Health, Taxonomy
Risk of fungal exposure in the homes of patients with hematologic malignancies	2024	Proteoma; Morphological	Environment, Health
Diversity of <i>Trichoderma</i> species associated with green mold contaminating substrates of <i>Lentinula edodes</i> and their interaction	2024	Unsure & Molecular	Agro
Antifungal resistance profile and genetic relatedness of moulds from rural groundwater sources	2024	Unsure & Molecular	Environment, Health
Comparing the frequency, antifungal susceptibility, and enzymatic profiles of the oral fungal composition in patients with and without Alzheimer's disease admitted to a neurology clinic	2024	Unsure & Molecular	Health
Identification of invasive filamentous mold isolates using DNA sequencing: Experience of a clinical laboratory in a resource-limited setting	2024	Unsure & Molecular	Health, Taxonomy
Multi-mycotoxins and mycoflora in commercial Brazilian roasted baru nuts (<i>Dipteryx alata</i> vog)	2025	Molecular & Proteoma	Health