

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Biociências
Licenciatura em Ciências Biológicas

Nicolas do Carmo Regio

Desmistificando a funga
Um guia rápido para o ensino de fungos

Porto Alegre
2021

Nicolas do Carmo Regio

Desmistificando a funga

Um guia rápido para o ensino de fungos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de licenciado em Ciências
Biológicas do Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Mauro Carpes Westphalen

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Regio, Nicolas do Carmo

Desmistificando a funga: Um guia rápido para o ensino de fungos / Nicolas do Carmo Regio. -- 2021. 74 f.

Orientador: Mauro Carpes Westphalen.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Licenciatura em Ciências Biológicas, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. micologia. 2. educação. 3. Fungi. 4. Divulgação Científica. I. Westphalen, Mauro Carpes, orient. II. Título.

Nicolas do Carmo Regio

Desmistificando a funga

Um guia rápido para o ensino de fungos

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de licenciado em Ciências
Biológicas do Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Orientador: Dr. Mauro Carpes Westphalen

Aprovado em:Porto Alegre, 20 de maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Mauro Carpes Westphalen
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Dr.^a Paula Santos da Silva
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Prof. Me. Fernando Bueno Ferreira Fonseca de Fraga
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC Campus Criciúma

Àquela que me presenteou com metade dos
seus genes, mas me criou quase por
completo.

AGRADECIMENTOS

Ao Mauro, por ter aceitado me orientar neste trabalho mesmo sendo fora da alçada da taxonomia e em meio a uma pandemia.

Ao Lucca por ter me autorizado utilizar os belíssimos desenhos que fez para o capítulo de evolução dos fungos.

A todos os colegas de Micolab-UFRGS, em especial à Melissa, Bárbara, Shirley, Genivaldo e à Prof.^a Rosa Mara por esses mais de três anos de Iniciação Científica, onde cultivei amizades e o amor pela funga.

Aos meus amigos e colegas de graduação, em especial à Carol, Ramonna, Renata e Roberta e ao Dener, Douglas, Luís e Nikolas por esses mais de cinco anos de convívio e conversas pelos corredores da UFRGS, quadras de futebol e mesas de bar, dos quais tirei ensinamentos tão importantes quanto o conhecimento acadêmico.

A todos os professores que tive na vida e de algum modo se fazem presentes na forma como eu existo, me relaciono com o mundo e com a profissão que escolhi para minha vida. Em especial, às professoras Eunice e Russel, que nessa jornada foram essenciais para que eu concluísse essa graduação.

À minha família por todo o suporte que me foi dado ao longo desses 23 anos de vida. Em especial à minha mãe, Cleonice, a quem também dedico integralmente este trabalho, e ao meu irmão, Lucas, por mesmo nos momentos mais difíceis, termos permanecidos unidos. Sem vocês, nada disso seria possível.

E a todos aqueles que eu injustamente tenha esquecido de citar aqui, mas que participaram de alguma forma na minha formação como pessoa e como profissional.

A memória é frágil, mas as vivências e os aprendizados que me fizeram ser o que sou hoje estarão sempre presentes.

RESUMO

Os fungos são organismos essenciais para o funcionamento dos diversos ecossistemas que ocupam. No entanto, os mesmos são extremamente negligenciados nos espaços científicos, acadêmicos e educacionais do Brasil. A falta de estudos sobre o ensino de micologia, esconde uma realidade que atualmente perpetua estigmas e desinformações sobre este importante grupo de organismos, que carrega consigo uma concepção pessimista e, muitas vezes, equivocada dos seus aspectos principais. Sendo assim, este trabalho buscou identificar, avaliar e desenvolver problemáticas que envolvem o ensino de micologia nos ensinos básico e superior brasileiros, através da construção de um guia rápido. O guia foi idealizado e construído na plataforma *Canva*, tendo como base as deficiências encontradas na análise de literaturas pré-existentes. A micologia possui um conturbado e complexo passado científico, muitas vezes representado nas abordagens ultrapassadas sobre o Reino Fungi encontradas nas percepções de alunos e professores, assim como nos livros didáticos. A visão pessimista e antropocêntrica do grupo é fortemente relacionada com a falta de abordagens e aprofundamento teórico do conteúdo nas graduações de Ciências Biológicas do país, responsáveis por formar profissionais que apenas amplificam estes aspectos no ensino básico. Encontra-se também uma grande falta de materiais que abordem de maneira contextualizada e atualizada os conteúdos de micologia. Por isso, construiu-se um guia sob uma linguagem de divulgação científica que ao mesmo tempo, desconstrua a visão preponderante do senso comum e forneça uma alternativa para o ensino de fungos com a valorização de interações e processos ecológicos e evolutivos que envolvem a funga. O material produzido auxilia no preenchimento de uma lacuna da micologia e serve como uma proposta de contra-argumento à concepção pessimista da sociedade sobre a funga, sendo uma interessante leitura para professores, alunos e pessoas interessadas numa visão desmistificada do Reino Fungi.

Palavras-chave: micologia. Fungi. educação. Divulgação Científica.

ABSTRACT

Fungi are essential organisms for the functioning of the diverse ecosystems they occupy. However, they are extremely neglected in the scientific, academic and educational spaces in Brazil. The lack of studies on the teaching of mycology hides a reality that currently perpetuates stigmas and misinformation about this important group of organisms, that carries a pessimistic, and often, mistaken conception of its main aspects. Therefore, this work sought to identify, evaluate and develop problems that involve the teaching of mycology in Brazilian basic and higher educations, through the construction of a quick guide book. The guide was designed and built using the Canva platform, and was based on the deficiencies found in the analysis of pre-existing literature. Mycology has a troubled and complex scientific past, often represented in outdated approaches to the Fungi Kingdom found in the perceptions of students and teachers, as well as in the textbooks. The pessimistic and anthropocentric view of the group is strongly related to the lack of approaches and theoretical deepening of the content in Biological Sciences undergraduate courses throughout the country, responsible for training professional who only amplify these aspects in basic education. There is also a great lack of materials that deal with mycology content in a contextualized and up-to-date manner. For this reason, a guide book was built under a scientific popularization language that, at the same time, deconstructs the prevailing view of common sense and provides an alternative for the teaching of fungi with the valuation of ecological an evolutionary interactions and processes involving the fungus. The material produced helps to fill a gap in mycology and serves as a counter-argument proposal to society's pessimistic conception of fungus, being an interesting read for teachers, students and people interested in a demystified vision of the Fungi Kingdom.

Keywords/Palabras-clave/Mot-clés: mycology. Fungi. Education. Scientific popularization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA.....	9
1.2 OBJETIVOS.....	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 O HISTÓRICO DA MICOLOGIA.....	11
2.2 O ENSINO DE MICOLOGIA NO BRASIL.....	13
2.3 CONCEPÇÕES PREPONDERANTES DA FUNGA	16
2.4 O USO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA DESMISTIFICAÇÃO DA FUNGA	20
3 METODOLOGIA	22
3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
3.2 ELABORAÇÃO DO GUIA	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 POR QUE UM GUIA PARA O ENSINO ECOLÓGICO-EVOLUTIVO DA FUNGA?	24
4.2 “DESMISTIFICANDO A FUNGA”	28
4.2.1 “O que é a funga?”	28
4.2.2 “Quem são os fungos?”	29
4.2.3 “Como ensiná-los?”	30
4.2.4 “Bibliografia sugerida”	33
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
6 REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICE A – DESMISTIFICANDO A FUNGA: UM GUIA RÁPIDO PARA O ENSINO DE FUNGOS	43

1 INTRODUÇÃO

Dentre os seres vivos que encontramos no planeta Terra, os fungos formam um dos grupos com a maior biodiversidade, sendo o segundo maior clado entre os eucariotos (SILVA; MENOLLI JR, 2017). Estima-se que existam entre 2,2 e 3,8 milhões de espécies de fungos na natureza, englobando tanto organismos macroscópicos e multicelulares, como cogumelos, quanto organismos microscópicos e ou unicelulares, como leveduras (HAWKSWORTH; LÜCKING, 2017). Atualmente, conhecemos menos de 8% da diversidade estimada destes organismos, que podem ser encontrados desempenhando as mais diversas funções no meio ambiente, desde a manutenção dos ecossistemas, através da ciclagem de nutrientes, até relações simbióticas capazes de interconectar raízes de árvores (REECE *et al.*, 2015; TEDERSOO; BAHRAM; ZOBEL, 2020). Quanto mais conhecemos a Funga, denominação dada à “diversidade de fungos” por Kuhar *et al.* (2018), mais nos damos conta de como esse intrigante reino de organismos tem grande importância na sustentação de toda a vida na Terra (WILLIS, 2018).

Apesar de sua grande importância, o Reino Fungi é extremamente negligenciado nos ensinamentos básico e superior, sendo a falta de profissionais especializados e de disciplinas específicas sobre micologia, ciência que estuda os fungos, uma triste realidade em diversas universidades do país (CAVALCANTE *et al.*, 2019; SILVA, 2019). Os poucos micólogos que atuam nestes espaços no Brasil, por sua vez, estão sobrecarregados com a demanda e a necessidade de aprimoramento do conhecimento taxonômico desses organismos. A região neotropical e seus *hotspots* de biodiversidade são apontados como os locais com maior número de espécies a serem descritas no planeta (HAWKSWORTH; LÜCKING, 2017), o que gera uma grande lacuna de pesquisas que abordem o ensino de micologia.

Sem uma base concreta sobre o assunto na formação de professores do ensino básico, as percepções sobre fungos pela sociedade ficam majoritariamente restritas aos livros didáticos, muitas vezes equivocados ou desatualizados (ROSA *et al.*, 2019; SILVA; MENOLLI JR, 2017). Essa realidade colabora para a manutenção de estigmas difundidos e consolidados como verdades, algo que ganha ainda mais força neste período de crescente negacionismo científico que vivemos. Estes estigmas reforçam o caráter micofóbico, termo utilizado para denominar sociedades e grupos étnicos que

possuem aversão aos fungos, da maioria das sociedades ocidentais, inclusive a brasileira. Sendo assim, é comum encontrar na literatura científica autores que consideram como senso comum a visão de que os fungos são organismos prejudiciais, pois nos causam doenças e estragam os alimentos (FRAGA, 2017; REECE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2009). Embora a escassez de pesquisas que abordem a percepção de alunos e professores torne esses dados ainda pouco demonstrados, os poucos estudos já feitos que analisam este aspecto do ensino de micologia corroboram essa hipótese (SILVA, 2019; SILVA, 2020). Tendo isso em mente, também se faz necessária a produção de materiais que possam contrapor essa concepção preponderante e, de certa forma, “mitológica”, dos fungos, uma vez que na educação básica estes organismos sejam costumeiramente ensinados com supervalorização de conceitos e descontextualização em relação às demais áreas da biologia (SILVA *et al.*, 2009). Neste viés, a utilização de uma linguagem de divulgação científica, que valorize as interações dos fungos com outros organismos e o seu contexto na evolução da vida na Terra, surge como uma abordagem interessante no ensino, haja vista a realidade conturbada em que se encontram a maioria dos professores e alunos do Brasil (FRAGA, 2012; SILVA, 2020).

Nesse contexto, o presente trabalho buscou auxiliar nesta grande lacuna de estudos sobre o ensino da micologia no Brasil, através da produção de um material didático de divulgação científica sobre o Reino Fungi. Este material poderá ser utilizado por professores, alunos e demais pessoas interessadas no ensino e principalmente no aprendizado do Reino Fungi, livre dos estigmas e mitos que se fazem presentes no senso comum da sociedade brasileira.

1.1 Justificativa

Ao longo da graduação, após algumas alternâncias entre o bacharelado e a licenciatura, fui cada vez mais afirmando a minha vontade de atuar tanto como pesquisador quanto como educador. Ao final do estágio de docência em ciências, que realizei em uma turma de 6º ano no Colégio de Aplicação da UFRGS sob a orientação da professora Eunice Kindel, percebi que lecionar era algo extremamente dicotômico, onde a realização de se ensinar e de se receber o retorno dos alunos era tão grande quanto o estresse que só uma turma repleta de crianças pode nos proporcionar. Concomitantemente, atuava como bolsista de Iniciação Científica no laboratório de

Micologia da UFRGS, local onde entrei despretensiosamente, mas que ainda faço parte após mais de três anos. Neste mesmo período do estágio docente, pude participar do IX Congresso Nacional de Micologia, que ocorreu em Manaus, realizando um grande sonho acadêmico e pessoal ao levar resultados do meu trabalho há um lugar tão distante, bonito e único.

Ao final do semestre, escrevendo o relatório do estágio, não pude deixar de correlacionar essas duas facetas da minha vida acadêmica, que apesar de andarem lado a lado, pareciam desintegradas. Inclusive sugeri que encontrar formas de aproximar a ciência, construída nas Universidades, ao ensino básico seria um bom tema para nortear um trabalho de conclusão de curso. Integrar o conhecimento científico à formação docente, ambos construídos e fomentados por uma instituição pública, surgiu como um desafio, mas se tornou uma forma de devolver à sociedade o tempo e o dinheiro que em mim foram investidos. Afinal, todo dinheiro gasto com a educação e a ciência construídas nas instituições públicas do Brasil deve ser valorizado como aquilo que é, um investimento e nunca um desperdício.

Nessa perspectiva, nenhuma área é mais interessante, pelo menos para mim, do que a micologia, uma ciência tão dicotômica quanto o ato de lecionar. Apesar de aprendermos sobre a abrangência do Reino Fungi nas escolas e nos cursos de biologia, sempre é possível observar certo pessimismo quando falamos sobre esses organismos. Passei a perceber isso, principalmente após uma palestra sobre a evolução dos microrganismos, ministrada pelo professor Fernando Fraga no Curso de Biologia Evolutiva da UFRGS.

Desestigmatizar as concepções preponderantes quanto aos fungos em cima de todo o conhecimento e referências adquiridos durante a minha iniciação científica, “caiu como uma luva” para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Além de preencher uma brecha importante na área do ensino da micologia, historicamente negligenciado pelas esferas científicas e educacionais, o trabalho cumpre o desafio de alinhar ciência e educação, na forma de um guia didático sobre o ensino de fungos.

1.2 Objetivos

Diante das justificativas expostas, o objetivo geral da pesquisa foi fornecer um material que possa mitigar alguns preconceitos existentes nas concepções que alunos e professores possuem sobre os fungos. Este material, construído no formato de um

guia didático, busca promover uma forma de ensino baseada na evolução, na ecologia e na participação do Reino Fungi em grandes processos e ciclos da natureza, acima das visões antropocêntricas e utilitaristas, construídas ao longo de centenas de anos de pesquisa e ensino. Para isso, durante a realização deste trabalho, foram englobados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e desenvolver problemáticas sobre as concepções quanto aos fungos e o seu ensino encontradas em estudos previamente realizados;
- Revisar na literatura a construção de conhecimento sobre os fungos em diferentes instituições e níveis de ensino do Brasil;
- Construir um guia rápido abordando o ensino de fungos sob uma perspectiva ecológico-evolutiva, apresentando breves contextualizações sobre conceitos-chave na micologia e bibliografias sugeridas, com uma linguagem capaz de ser interpretada por alunos, professores e demais pessoas interessadas nestes organismos;
- Disponibilizar o material em mídia digital gratuitamente à comunidade científica e não científica, a fim de atingir o máximo de pessoas possíveis, justificando assim o seu intuito inicial de desmistificar os fungos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os poucos estudos que buscaram compreender como acontece a construção do conhecimento sobre fungos nas escolas e universidades do Brasil, serão abordados a seguir, juntamente com a problematização teórica que culminou no guia rápido construído neste trabalho.

2.1 O histórico da micologia

A micologia possui um conturbado e negligenciado passado científico. Inicialmente, os fungos macroscópicos (também chamados de macrofungos) foram associados a plantas mais “simples” ou “inferiores”. Isso fica evidente ao analisarmos os trabalhos de Antonio Micheli, que principiou o estudo dos fungos ao incluí-los na obra “*Nova Plantarum Genera*”, de 1729 (SILVA, 2020); e de Lineu, nas menos de 50 páginas, de um total de 1200, dedicadas aos fungos na obra “*Species Plantarum*”, de

1753 (WILLIS, 2018). Em contrapartida, os fungos microscópicos (ou microfungos) eram, naturalmente, estudados e classificados por microbiologistas, o que fez com que o estudo da micologia fosse dividido, por muito tempo, entre as áreas da microbiologia e da botânica.

Atualmente, com o advento da biologia molecular, sabemos que os fungos fazem parte do domínio Eucarya (WOESE; KANDLER; WHEELIS, 1990), sendo ironicamente mais próximos evolutivamente aos animais do que às plantas. Funga e fauna apresentam um ancestral comum responsável por formar um clado monofilético denominado Opisthokonta, em alusão à presença de um flagelo posterior para propulsão, principal sinapomorfia do grupo que, ao longo da evolução, deixou de existir na maioria dos organismos, mas ainda se faz presente em estruturas como os espermatozoides e os esporos de quitrídios (SCHÜNEMANN; PALACIO; REGIO, 2021). Por conta dessa proximidade evolutiva, fungos e animais compartilham algumas características em comum, como a reserva energética em forma de glicogênio (e não amido, como acontece nas plantas) e estruturas formadas por quitina, como a parede celular da maioria dos fungos e o exoesqueleto de insetos. Além disso, ambos os grupos são heterótrofos (ao contrário das plantas, que são autótrofas), porém com a diferença de que os animais internalizam o alimento para depois digeri-lo, enquanto os fungos secretam enzimas no substrato e absorvem apenas os nutrientes (WATKINSON; BOODY; MOONEY, 2016). A heterotrofia por absorção, nome dado a este modo de nutrição da funga, é a principal responsável pelo processo de decomposição de moléculas orgânicas vegetais, como celulose, hemicelulose e lignina, o que torna os fungos degradadores de madeira essenciais para a ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais e a manutenção da vida como a conhecemos hoje (WILLIS, 2018).

Todas essas características citadas, além de unir os fungos filogeneticamente, expõem a grande diferença entre os macrofungos e as plantas, apesar das semelhanças superficiais. Mesmo assim, até pouco antes da década de 70, os fungos sequer eram classificados em um Reino exclusivo. A adoção do Reino Fungi, proposto por Whittaker (1969) – um botânico – na clássica divisão dos Cinco Reinos da vida ensinada até hoje na educação básica, foi um importante avanço para a micologia, justamente por oficialmente torná-la uma ciência independente. Não obstante, segundo Schünemann, Palacio e Regio (2021, p. 235) “Esse atraso, além de prejudicar o conhecimento geral do grupo, também deixou marcas na nomenclatura e

no estudo científico dos fungos, algo que podemos observar até hoje”, principalmente nos Livros Didáticos (LD) e em suas imagens (ROSA; SILVA, 2014; ROSA *et al.*, 2019; SILVA; MENOLLI JR, 2017).

2.2 O ensino de micologia no Brasil

À exemplo do conhecimento científico, a micologia no âmbito da educação também possui muitas questões a serem aprimoradas. Com boa parte dos professores sobrecarregados em virtude das cansativas e longas jornadas de trabalho, os LD são muitas vezes utilizados como única fonte de pesquisa para a elaboração das aulas (SILVA; MENOLLI JR 2017; SILVA, 2020). De acordo com Monteiro (2012 *apud* SILVA, 2019, p. 15):

Pesquisas recentes têm revelado que mesmo com o desenvolvimento de novas tecnologias, o livro didático continua sendo o companheiro mais fiel do professor e um recurso indispensável para os alunos, principalmente para aqueles de escolas públicas e classes sociais mais baixas, onde há uma carência da utilização de outros recursos pedagógicos.

Antes da pandemia de Covid-19, o LD era o segundo recurso mais utilizado por professores de escolas do município de Joinville, Santa Catarina, ficando atrás apenas da internet, que embora permita o acesso a conteúdos mais atualizados e com uma maior rapidez, acaba deixando o professor desamparado, haja vista a grande quantidade de fontes (confiáveis ou não) de informações (SILVA, 2020). Com a obrigatoriedade de adoção de um ensino remoto, ou híbrido, é provável que esses dados tenham se alterado, uma vez que o ensino básico passou a ser completamente dependente de tecnologias, principalmente da internet. Apenas no futuro saberemos qual o legado que este “novo normal” terá no ensino. Entretanto, estudos recentes sugerem que pelo menos seis milhões de estudantes, dos ensinos básico e superior, não possuem sequer conexão com a internet em suas casas, sendo 5,8 milhões matriculados em instituições públicas de ensino (IPEA, 2020). Estes resultados preliminares, que dão conta de dados levantados em 2018, já expõe uma dura e esperada realidade de elitização da educação no Brasil, excluindo justamente as parcelas da população mais dependentes do espaço físico da escola, e dos LD, sendo as zonas rurais e interioranas e as populações negra e de baixa renda as mais afetadas pela falta de acesso à internet (IPEA, 2020). Além disso, os professores

também passaram a utilizar, majoritariamente, materiais impressos, disponibilizados nas escolas, para suas aulas, além de muitas vezes se comunicar com os alunos apenas via aplicativos de mensagens (UNDIME, 2021). A grande maioria (aproximadamente 92%) das escolas levantadas neste estudo adotou uma forma de ensino completamente remota, através de plataformas educacionais e aplicativos de reunião, consolidando o uso de tecnologias e materiais digitais na educação, ao mesmo tempo em que uma grande parcela considerável de alunos sequer se fez presente neste processo (UNDIME, 2021).

Voltando à realidade pré-pandemia, alguns estudos avaliaram o conteúdo de micologia nos livros listados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), principalmente na PNLD de 2012 e de 2018 (ROSA; SILVA, 2014; ROSA *et al.*, 2019; SILVA; MENOLLI JR, 2017), a exemplo de áreas com maior representatividade na biologia, como a botânica e a zoologia. Comparando-os, nota-se uma ligeira e interessante melhora na abordagem da micologia nestes seis anos. Entretanto permanecem alguns problemas, como imagens e ilustrações sem escala/proporção e ou cores distorcidas (utilizando a cor verde que remete às plantas, por exemplo); a falta de capítulos exclusivos para os fungos em alguns livros; e a falta de contextualização dos fungos com aspectos ecológicos, evolutivos e de saúde humana. De acordo com Rosa *et al.* (2019, p.2), num apanhado geral, isso torna “os tópicos sobre micologia reduzidos a uma abordagem desconexa com a realidade dos estudantes”, exigindo investigações e retificações da temática em edições futuras da PNLD.

Além dos estudos sobre os livros didáticos, encontramos autores que definem o ensino da micologia nas escolas como algo supérfluo, descontextualizado com a realidade tanto ambiental quanto social dos alunos, desintegrado em relação às demais áreas da biologia e baseado majoritariamente na memorização de conceitos e terminologias, muitas das quais desatualizadas (SILVA *et al.*, 2009; SILVA, 2019; ZAPPE; SAUEWEIN, 2018). Nos âmbitos regulamentares de currículos, a temática dos fungos está recomendada para o ensino médio, usualmente sendo tratadas como conteúdo do 2º Ano, como uma forma de aprofundamento do conteúdo abordado durante o ensino fundamental, usualmente no 6º ou 7º ano, quando o aluno tem o primeiro contato com a classificação dos seres vivos. De acordo com Silva (2019, p. 15):

Vale salientar que os documentos educacionais que norteiam a educação básica nacional, como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, às Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), às Orientações Curriculares para o Ensino Médio e à Base Nacional Comum Curricular propõem (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002; BRASIL, 2006; BRASIL, 2018) recomendam o desenvolvimento de conhecimentos científicos relacionados aos fungos na escola.

Atualmente, os conhecimentos científicos sobre os fungos não estão sendo verdadeiramente alcançados na escola. Apesar disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) abre possibilidades para uma interessante forma de se encaixar a funga no contexto do ensino da biologia e das Ciências da Natureza, algo que será abordado no próximo subcapítulo. A BNCC também indica que existe uma “(...) necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população” (BRASIL, 2018, p. 547). Para se atingir um patamar realista de letramento científico, experimentos e aulas práticas são altamente requeridos, algo que é relativamente fácil de encontrar na literatura científica, afinal a grande maioria dos estudos sobre o ensino de fungos engloba estratégias didáticas sobre o assunto (BEZERRA *et al.*, 2017; GOMES, 2019; JOHAN *et al.*, 2014; MELO; CARMO, 2017; MORAES, 2016; PIRES *et al.*, 2020; RIZZON; CUNHA; VILLAS-BOAS, 2017; RUI; AMADO, 2013; SANTOS; PINHO; MORAES, 2020; SENA; SANTOS, 2018; SILVA; BAPTISTA, 2017; SOARES, 2014; SOUSA *et al.*, 2013; SOUZA, 2010; VENZKE, 2019; ZAPPE; SAUERWEIN, 2018).

Além das questões com o ensino básico, analisando os cursos de graduação responsáveis por formar os professores que darão aula nas escolas do país, também encontramos problemas. Silva (2019, p. 14) expõe que:

Da mesma forma, nos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas e Ciências da Natureza, na maioria das vezes, ainda o estudo dos fungos é tratado dentro das disciplinas vinculadas à botânica, o que, de certa forma, contribui para que esses organismos não sejam compreendidos como pertencentes a um táxon independente.

Sendo assim, os cursos de graduação em Ciências Biológicas também são responsáveis pelas concepções equivocadas que são abordadas e ensinadas nas escolas, pois além de manterem-se presos ao passado botânico e microbiológico, em muitas universidades, a micologia sequer possui uma disciplina independente. Um

exemplo disso é o estudo conduzido por Persijn e Santos (2016), que ao analisar os 32 cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas ofertados no estado de Goiás, encontraram apenas três com disciplinas específicas sobre micologia. Nos demais cursos, segundo os autores, os fungos são tratados apenas em disciplinas generalistas, vinculadas à botânica ou à microbiologia. Essa triste realidade é expansível para todo o país, pois apesar da falta de dados empíricos sobre o tema, é muito comum encontrarmos biólogos e professores formados que não lembram ou não tiveram conteúdos sobre micologia nas suas graduações. Isso fica evidenciado no estudo de Silva (2019) onde das seis professoras do ensino básico entrevistadas, nenhuma declarou lembrar-se claramente dos conteúdos de micologia e todas relataram ter visto algo sobre fungos apenas em disciplinas condensadas. Esses tratamentos conjuntos de funga e flora e ou funga e microbiota legitimam a ideia ultrapassada de que fungos são similares às plantas, ou às bactérias, equívoco que acaba sendo amplificado para o ensino básico.

Nessa perspectiva, a recente readequação do termo “*Funga*” para determinar a diversidade de fungos de uma região, feita por micólogos de diversos países da América Latina e Estados Unidos (KUHAR *et al.*, 2018), representa um avanço tão importante para a micologia quanto foi a classificação do Reino Fungi feita por Whittaker (1969). Com isso, podemos retirar o peso cultural e a concepção de que os fungos são parte da flora ou da microbiota, além de representar um requisito natural para a criação de políticas públicas nas esferas da legislação, conservação e educação (ROSA *et al.*, 2019). O ensino da proposta “FF&F” promove a equivalência entre fauna, flora e funga, sendo um importante artifício para um ensino ecológico-evolutivo do Reino Fungi, livre de estigmas e concepções pessimistas e antropocêntricas, como veremos a seguir.

2.3 Concepções preponderantes da funga

Levando-se em conta a realidade do ensino de micologia, apresentada no subcapítulo anterior, é de se esperar que a sociedade apresente uma visão predominantemente equivocada e estigmatizada da funga. Quanto a isso, encontramos até em literaturas clássicas, como no livro *Biologia de Campbell* (REECE *et al.*, 2015), relatos dessas concepções, onde alunos, cidadãos e veículos de imprensa tendem a associar o grupo apenas a aspectos prejudiciais, tais como

doenças e o apodrecimento de alimentos. Mas de onde vem essa conotação pessimista e até repugnante da funga?

A má interpretação do Reino Fungi se deve muito ao potencial patogênico que diversas espécies de microfungos possuem, atingindo diretamente diversos organismos, como anfíbios, plantas e humanos, e serviços da humanidade, como as plantações e produções de alimento (SILVA, 2019; WILLIS, 2018). Isso se soma a uma histórica associação dos microrganismos, comumente chamados de “micróbios” e “germes”, ao estudo de doenças. Segundo Fraga e Rosa (2015, p. 213), existe o “(...) pensamento, amplamente difundido na população, de que microrganismos (como bactérias e fungos) estão sempre associados a situações de adoecimento”. Mesmo não sendo formados apenas por organismos microscópicos, os fungos, de um modo geral, acabam sendo englobados neste processo, visto que muitos alunos concluintes do ensino médio não percebem sequer a diferença entre um fungo e uma bactéria, e associam estes organismos, em grande parte, a palavras como “doença” e “sujeira” e concepções gerais de que “os fungos são maléficos” (SILVA, 2019). Essa realidade, juntamente com a escassez de estudos na área, nos permite englobar a funga na associação que Fraga (2017, p. 483) definiu como “Concepção Pessimista da Microbiologia”, sendo ela “a prevalência da associação, ou até mesmo a limitação, da presença dos microrganismos em processos prejudiciais”.

Na contramão dessa concepção, o mesmo autor cita outra associação comum entre os estudantes, através da “Concepção Utilitarista/Antropocêntrica da Microbiologia”, definida como a “(...) tentadora associação de que a existência desses organismos deve ser valorizada somente pelos benefícios que os mesmos podem gerar ao ser humano” (FRAGA, 2017, p. 486). A visão antropocêntrica é uma abordagem muito comum de ser encontrada no ensino da biologia e das Ciências da Natureza, sendo muito criticada por sua ideologia egoísta responsável por fomentar noções desequilibradas da relação entre humanidade e natureza (JUNQUEIRA; KINDEL, 2009; KINDEL, 2012). Em decorrência destas concepções estigmatizadas e fora de contexto, Fraga (2017) propõe uma terceira abordagem quanto ao ensino de microrganismos denominada “Concepção Ecológico-Evolutiva”. Nela, prima-se pelo ensino destes seres contextualizando-os ao ambiente em que estão inseridos, exaltando as suas funções ecológicas e atuações em grandes processos biogeoquímicos, acima de nomenclaturas e especificidades, algo que também é defendido por Kindel (2012). Essa concepção, segundo Fraga (2017, p. 487), “pode

auxiliar na compreensão dos microrganismos para além das atividades humanas e fortalecer o papel central deles na manutenção da vida na Terra”.

Como vimos anteriormente, o ensino da micologia nas escolas apresenta, muitas vezes, abordagens exclusivamente expositivas, supervalorizando conteúdos conceituais e focando apenas na classificação, morfologia e reprodução destes organismos (SILVA, 2019). Essa falta de contextualização do tema acaba se refletindo fortemente em como os fungos são enxergados pelos alunos egressos do ensino básico, encaixando-se, na maioria das vezes, nas concepções pessimistas e utilitaristas/antropocêntricas do ensino de microbiologia (FRAGA, 2017; SILVA, 2019). A fim de combater essa realidade do ensino básico e contextualizar os fungos sob a concepção ecológico-evolutiva, Schünemann, Palacio e Regio (2021) escreveram um capítulo intitulado “O Desconhecido Reino dos Fungos”, justamente correlacionando as definições propostas por Fraga (2017) com o ensino de micologia na educação básica. Pois, como os autores citam,

No caso particular dos fungos, essa associação **(em referência à concepção pessimista)** excede a esfera microscópica e atinge também proporções visíveis a olho nu, culminando numa representação material e palpável destes temores. Isto, por sua vez, vem a amplificar o receio inicial das pessoas sobre este grupo, fazendo valer o oposto da velha máxima “o que os olhos não veem o coração não sente” (SCHÜNEMANN; PALACIO; REGIO, 2021, p. 233).

O capítulo faz parte do segundo volume da Obra “Ensino de Biologia: Uma perspectiva evolutiva” (ARAÚJO; VIEIRA, 2021), e serve como uma alternativa aos livros didáticos da PNLD, repletos de conceituações defasadas e equivocadas (ROSA *et al.*, 2019; SILVA; MENOLLI JR, 2017). Nele, professores e alunos podem encontrar exemplos de como integralizar o ensino da biologia em torno da evolução biológica, conteúdo que deveria permear todas as áreas das Ciências da Natureza.

Essa promoção de um ensino baseado nas relações ecológicas e evolutivas da funga também se encaixa nas propostas da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), nos ensinos Fundamental e Médio (BRASIL, 2018). A BNCC defende um ensino integralizado das áreas de conhecimento, se posicionando como uma “(...) superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento” (BRASIL, 2018, p. 15). Algo que fica explícito com a falta de áreas clássicas, como “biologia, física e química”, nos componentes curriculares que compõem as CNT. O texto representa um passo importante na forma como são

abordados os conhecimentos científicos nas escolas, mas a falta de influência nos cursos de formação de professores torna a sua eficiência na Educação Básica incerta, pois as universidades continuam formando profissionais cujos conhecimentos são altamente fragmentados. Corroborando isso, Silva (2019, p. 95-96) afirma que “se resultados como os aqui expostos não chegarem à formação docente, dificilmente haverá mudanças concretas no modo de ensinar e aprender sobre os fungos nas escolas”.

Apesar disso, o ensino ecológico-evolutivo dos fungos pode ser um importante aliado destes professores, pois permeia as temáticas apresentadas pela BNCC para a Educação Básica. Em “Vida, Terra e Cosmos”, que no Ensino Médio seria uma unificação das temáticas “Vida e Evolução” e “Terra e Cosmos” do Ensino Fundamental, essa forma de ensino da funga pode evidenciar o caráter essencial destes organismos a partir de suas interações ecológicas com outros organismos, como as associações micorrízicas e as conexões subterrâneas dos micélios nas florestas. Da mesma forma, a funga se encaixa na temática “Matéria e Energia”, haja vista que encontramos na decomposição de matéria orgânica a força motriz para a ciclagem de nutrientes, que por si só existe em decorrência da evolução da heterotrofia por absorção e de enzimas fúngicas capazes de degradar a madeira residual nas florestas.

Os fungos são capazes de evidenciar processos biogeoquímicos há muito tempo conhecidos, porém pouco compreendidos e ensinados na educação básica. No longínquo século XVIII o químico francês Antoine Lavoisier (1743 – 1794) já afirmava que “na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. Contextualizar a funga como um dos pilares da evolução da vida na Terra pode ser um caminho para finalmente deixarmos no passado a visão pessimista e estigmatizada desses organismos. Entretanto, como nos afirma Silva (2019, p. 12) “A ausência de materiais didáticos faz com que o ensino desse conteúdo seja um desafio para professores da educação básica”. O capítulo de livro aqui referenciado é uma importante contribuição, porém não preenche por completo essa ausência de materiais didáticos, abrindo o espaço e a necessidade para que outras produções sejam feitas.

2.4 O uso da divulgação científica na desmistificação da funga

A falta de materiais didáticos sobre os fungos, juntamente com as concepções pessimistas/antropocêntricas e os conteúdos equivocados, presentes em boa parte dos livros didáticos, expõe a necessidade de criação de materiais que sejam ao mesmo tempo educativos, do ponto de vista científico, e acessíveis quanto a sua linguagem e disponibilidade. Como Silva (2020) evidencia em seu trabalho que entrevistou 37 professores do Ensino Médio de Santa Catarina, esses profissionais tendem a basear as aulas de micologia em cima de três principais fontes: a internet, os livros didáticos e materiais de divulgação científica, que na maioria das vezes estão disponíveis justamente na internet.

A divulgação científica (DC) é uma aliada há algum tempo conhecida e utilizada pelos educadores. Embora no Brasil ela ainda não seja uma ferramenta amplamente difundida, assim como em outros países, já é possível encontrar diversos estudos que analisam e incentivam a utilização de materiais de DC, principalmente de textos publicados em sites como “Ciência Hoje das Crianças” (FRAGA, 2012; NITSCHKE, 2015; ROSA; 2002). A DC possui diversas nuances e pode ser realizada nos mais variados ambientes e veículos, mas de um modo geral pode ser definida como:

(...) uma atividade de difusão do conhecimento científico, dirigida para fora do seu contexto original de produção, necessitando de diversos recursos e intervenções na maneira de apresentação desse conhecimento, a fim de torná-lo interessante e compreensível ao seu público-alvo (o público em geral, as crianças, etc.). (FRAGA; ROSA, 2015, p. 200).

Embora tenha surgido primordialmente como uma forma de aproximar a sociedade em geral da ciência, que com os avanços tecnológicos foi se tornando cada vez mais isolada, a DC pode servir como uma fonte de informações capaz de auxiliar no desenvolvimento de propostas interdisciplinares, como aquelas estimuladas pela BNCC, além de nortear ações pedagógicas no ensino de CNT, assim como o LD (NITSCHKE, 2015). Para tanto, a produção de materiais de DC deve ser muito bem pensada em cima de seus vieses culturais, pois além de ter uma linguagem própria que recontextualiza o conhecimento científico nos espaços públicos e escolares, aproximando sociedade e ciência, ela também tem o dever de informar o grande público que a ciência não é algo mágico, afinal é feita pelas mãos de humanos e, por isso, o seu desenvolvimento está atrelado a investimentos financeiros e políticas

públicas, acima de falsas noções de meritocracia e genialidades individuais (FRAGA, 2012; FRAGA; ROSA, 2015).

Do ponto de vista da micologia, a DC, principalmente via internet, é uma proposta muito interessante, pois como afirma Rosa *et al.* (2019, p. 619), “Cada vez mais as pessoas trocam informações sobre fungos em redes sociais e há mais reconhecimento de seus usos e potenciais”. Esse dado é corroborado por experiência própria, pois desde 2020 crio e idealizo conteúdos de DC em uma rede social com mais de mil seguidores espalhados pelo Brasil, assim como diversas outras páginas vinculadas a outros laboratórios de micologia do país também têm feito. Nesse contexto, a produção e disponibilização *online* de materiais de DC para professores, alunos e público geral interessados no ensino e no aprendizado da funga, são possibilidades interessantes para mitigar os efeitos do ensino vigente, pois segundo Silva (2019, p. 76), atualmente “os estudantes têm dificuldade de reconhecer que pode haver associações benéficas entre fungos e humanos”, assim como as interações de fungos com outros organismos da Terra.

Portanto, um dos objetivos deste trabalho foi a criação de um material didático de DC que possa abarcar tanto as necessidades da educação básica, quanto de futuros professores e público-geral, visando um ensino da micologia baseado em suas interações ecológicas e evolutivas. Dessa forma, pretende-se evidenciar que os fungos são responsáveis por diversos processos que criam e mantêm a vida na Terra como a conhecemos, desmistificando assim, as concepções pessimistas e antropocêntricas/utilitaristas que a grande maioria da população tem sobre a funga.

3 METODOLOGIA

Este trabalho buscou a elaboração de um material didático de divulgação científica na forma de um guia rápido. Demais questões sobre a fundamentação e a elaboração do guia estão descritas abaixo.

3.1 Fundamentação teórica

A idealização do guia foi pensada a partir das questões apresentadas nos estudos que analisaram os livros didáticos da PNLD (ROSA *et al.*, 2019; SILVA; MENOLLI JR, 2017) e nos estudos que buscaram analisar as concepções e percepções de alunos e professores do ensino básico sobre os fungos (SILVA, 2019; SILVA, 2020), a fim de determinar as principais carências e entendimentos que, até hoje, foram evidenciados na literatura científica.

As definições abordadas no guia foram baseadas primordialmente no capítulo sobre fungos, escrito por Schünemann, Palacio e Regio (2021) para o segundo volume da Obra “Ensino de Biologia: Uma perspectiva evolutiva” (ARAÚJO; VIEIRA, 2021), que busca uma forma de ensino baseada e integralizada na Evolução Biológica. Além disso, foram utilizadas diversas bibliografias e artigos especializados da área da micologia, como Kirk *et al.* (2008), Watkinson, Boody e Mooney (2016) e Willis (2018).

3.2 Elaboração do guia

O guia foi construído, formatado e diagramado através do site *Canva*, uma plataforma com imagens e *templates* de livre direito de uso para fins educativos e não comerciais. Além disso, foram utilizadas artes e imagens classificadas como Domínio Público em repositórios e sites de busca como: *Flickr*, *Wikimedia Commons*, *Creative Commons*, *Internet Archive* e *Biodiversity Heritage Library*. Também foram utilizadas as imagens do capítulo de livro sobre o ensino da evolução dos fungos (SCHÜNEMANN; PALACIO; REGIO, 2021), mediante autorização do autor.

Através de uma linguagem simples, objetiva e de acordo com as abordagens de divulgação científica (FRAGA, 2012), o guia apresenta textos com breves explicações

e contextualizações dos fungos, bem como sugestões de bibliografias em português e conteúdos que são interessantes do ponto de vista do ensino ecológico-evolutivo da funga, com o intuito de promover a independência da micologia no ensino.

O material será disponibilizado em formato PDF na íntegra via mídias digitais e repositórios educacionais, como os Recursos Educacionais do Lume (UFRGS) e o Portal de Recursos Didáticos eduCAPES. Isso não exclui a possibilidade de que esse material possa vir a ser impresso ou publicado, futuramente. Entretanto, é essencial garantir a gratuidade e o livre acesso ao guia, para que o seu propósito de desmistificação e contextualização da funga seja contemplado da maneira mais acessível e menos excludente possível.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta sessão serão apresentados e discutidos os processos que levaram à construção do guia produzido neste trabalho e que se encontra presente de maneira integral no Apêndice A - “Desmistificando a Funga: Um guia rápido para o ensino de fungos”. Para tanto, dividimos em dois grandes tópicos: o primeiro responsável por discutir a idealização do guia neste formato, focando em uma abordagem ecológico-evolutiva e de divulgação científica do tema; e o segundo sobre a estruturação escolhida para o guia, detalhada por cada tópico principal.

4.1 Por que um guia para o ensino ecológico-evolutivo da funga?

Conforme está bem documentado na revisão de literatura deste trabalho, não existem muitas pesquisas que buscaram analisar e compreender a concepção distorcida que boa parte da população brasileira possui sobre os fungos. Contudo, existe entre os micólogos um conhecimento tácito muito bem estabelecido de que a funga é extremamente mal vista pelo público-geral, sendo a sua visão preponderante constantemente reduzida a aspectos pessimistas, como doenças, sujeira ou podridão. A origem dessa concepção geral, assim como a associação recorrente de que fungos são plantas, possui raízes no conturbado passado científico e na consolidação da micologia enquanto ciência. No entanto, a sua manutenção, logicamente, está na forma como as instituições de educação básica e superior do Brasil abordam o tema, ainda sob forte influência desse passado em seu ensino.

Se por um lado Silva (2020) destaca a necessidade da valorização dos professores que, apesar de na maioria dos casos não disporem de tempo, ou recursos financeiros, vão em busca de especializações e níveis de formação mais altos. Por outro, Silva (2019) ressalta que a falta de disciplinas sobre micologia, na maioria das graduações e pós-graduações em Ciências Biológicas do Brasil, deixa estes profissionais desamparados quanto a um conhecimento atualizado sobre o assunto. A falta de pesquisadores formados, assim como a baixa disponibilidade de cargos para micólogos nas universidades, influenciam diretamente nesta lacuna do ensino de fungos que encontramos. Poucas graduações possuem um profissional especializado na área, o que faz com que os conteúdos de micologia sejam ensinados por botânicos

e microbiologistas, tornando o ensino contemporâneo um reflexo dos anos iniciais de desenvolvimento da micologia. Com isso, os estudantes, que futuramente serão os professores responsáveis por ensinar o assunto nas escolas, muitas vezes apenas reproduzem as concepções que lhes foram ensinadas durante a trajetória acadêmica.

Como se não bastasse o desafio de se ensinar a micologia por si só, os professores enfrentam outro problema recente com a BNCC (2018), que busca um ensino integralizado das Ciências da Natureza. A “interdisciplinaridade” é um tema recorrente nos estudos na área da educação, sendo uma ferramenta interessante para se promover a compreensão dos conteúdos, pois está baseada no estabelecimento de relações que permitam o desenvolvimento da capacidade de compreender as informações, em termos de conceitos e ideias, a fim de instigar novas perguntas no aluno (KINDEL, 2012). Essa forma de ensino, inclusive, já vem sendo cobrada há algum tempo em exames e vestibulares, como o próprio Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que representa hoje a principal oportunidade para o ingresso de alunos no ensino superior brasileiro. Apesar disso, o seu aprendizado efetivo parece restrito a algumas parcelas da população, pois exige que profissionais já desgastados pela desvalorização salarial, falta de tempo e pela pressão da sociedade, busquem, por conta própria, maneiras de integralizar conteúdos que aprenderam de forma compartimentalizada nas graduações de Ciências Biológicas. Neste contexto, noções distorcidas de meritocracia ganham força, fazendo o ensino superior regredir no seu processo de deselitização, ainda mais com a atual instabilidade da área da educação a nível nacional.

Embora a micologia possua vieses interessantes para integralizar o ensino de biologia, poucos são efetivamente construídos e ensinados em virtude da abordagem falha dos fungos nas graduações, assim como a falta de materiais didáticos para essa questão. Os fungos podem ser vistos como seres transformadores nos diversos ciclos da natureza, entretanto Silva (2020, p. 43) expõe que:

Já pensando em conceitos de micologia, percebemos a dificuldade de associar o assunto aos eixos Ecologia e Evolução, obter informações mais atualizadas, ou que sejam mais atrativas aos estudantes, ou ainda materiais de apoio pedagógico específico ao assunto.

Estes problemas no ensino e na contextualização dos fungos por parte das universidades influenciam diretamente na visão dos alunos da educação básica, que

segundo Silva (2019) apresentam um alto índice de “analfabetismo científico” sobre o Reino Fungi ao concluírem esta etapa. A manutenção dessas percepções ultrapassadas da micologia, por fim, acaba sendo reforçada por outros setores da sociedade brasileira.

Apesar de cada vez menos utilizados pelos educadores, que também buscam fontes alternativas, os LD ainda se mostram importantes ferramentas, sendo norteadores do ensino de biologia nas escolas. Em cima disso, a precariedade de informações que diversos LD apresentam sobre a micologia, como foi apresentado nos recentes trabalhos que analisaram estes conteúdos nos livros da PNLD (ROSA *et al.* 2019; SILVA; MENOLLI JR, 2017), torna este dado preocupante. A fim de combater estes e outros problemas, recentemente foram publicados dois volumes da obra “Ensino de Biologia: uma perspectiva evolutiva”, inclusive com um capítulo exclusivo sobre um ensino ecológico-evolutivo dos fungos. Entretanto, isso não soluciona a falta de materiais alternativos quanto ao ensino de micologia que encontramos na literatura, o que, conforme afirma Silva (2019, p. 12), “(...) faz com que o ensino desse conteúdo seja um desafio para professores da educação básica”.

Não obstante, os estudos de Silva (2019) e Silva (2020) expõem a necessidade de produção de materiais que possam servir de apoio para os professores do ensino básico durante a preparação das suas aulas, não substituindo este papel primordial ainda ocupado pelos LD, mas trazendo atualizações em relação aos conteúdos de micologia. Essas atualizações tendem a ser complexas e, por isso, a linguagem de DC é uma importante aliada na hora de se criar estes materiais, afinal além de promoverem uma divulgação simplificada de assuntos extremamente avançados para o público leigo, estão cada vez mais sendo utilizadas por professores nas salas de aula, como forma de conexão entre o conhecimento escolar e pessoal dos alunos (NITSCHKE, 2015; SILVA, 2020).

Neste sentido, na construção do guia, buscou-se respeitar o papel fundamental dos textos de DC, que para Fraga (2012, p. 53) seria “tirar a ciência apenas de um imaginário intangível, passivo e acrítico, aproximando-a – de maneira consciente – de todas as pessoas que compõem a sociedade (...)”. Para isso, seguimos as características clássicas de um texto de DC, listadas pelo mesmo autor, como: a presença de títulos que chamam a atenção e estimulam o leitor; a presença de imagens que, com liberdade criativa, representem os temas abordados corretamente; a inserção de conhecimentos tácitos na construção do texto; a interlocução com o

leitor; a presença de analogias; a contextualização do assunto em referência ao cotidiano; e a função principal do guia, que é justamente a interseção entre a ciência e o senso comum, neste caso, buscando a sua desconstrução. Essas características foram observadas em textos voltados para o público infantil, mas a maioria também está presente nos textos voltados para o público adulto, como o próprio autor refere.

Analisando especificamente os estudantes concluintes do ensino médio, Silva (2019) mostra que os mesmos compreendem algumas questões, como o papel da decomposição e a sua importância para a ciclagem de nutrientes no solo. No entanto, não conseguem assimilar que os fungos merecem ser conservados assim como plantas e animais, evidenciando que esse conhecimento ainda é muito superficial e descontextualizado com as interações da funga e a proteção de ecossistemas, por exemplo. A autora cita que:

Nesse sentido, há uma percepção importante a ser trabalhada no processo de construção do conhecimento científico na escola: a ideia de que os fungos são tão importantes quanto qualquer outro grupo de seres vivos e, assim, necessitam ser conservados. (SILVA, 2019, p. 63)

A mesma autora ainda diz que “a abordagem ecológica e ambiental dos fungos é um dos tópicos com maior deficiência conceitual nas obras didáticas, resultado semelhante à visão dos estudantes” (SILVA, 2019, p. 97). Outros estudantes apresentam uma imensa falta de familiaridade com o tema, uma vez que não conseguem sequer discernir a diferença entre um fungo e uma bactéria, ou outro ser procarionte. Tampouco, associam estes microrganismos às suas funções ecológicas e evolutivas, limitando a defini-los como organismos causadores de doenças.

Sendo assim, podemos dizer de fato que a visão dos alunos sobre a funga restringe-se às concepções pessimistas e antropocêntricas/utilitaristas (FRAGA, 2017), imersas em estigmas e mitos que mascaram a importância ecológica e evolutiva da funga para o desenvolvimento e a manutenção da vida na Terra. Por isso, faz-se necessária a criação de materiais de apoio baseados no ensino ecológico-evolutivo, que tem na sua origem a função de ser uma forma de contracultura que busca a contextualização e a desmistificação dos seus objetos de estudo, sejam eles a microbiota (FRAGA, 2017) e ou a funga (SCHÜNNEMANN; PALACIO; REGIO, 2021).

4.2 “Desmistificando a Funga”

Durante a construção do guia, buscou-se um enfoque voltado para os professores do ensino básico, mas sem excluir a possibilidade de que outros possam ler este material e entendê-lo. Neste sentido, além de divulgar cientificamente um ensino ecológico-evolutivo e atualizado da funga, o guia assume o papel de ser um material alternativo para a educação básica, aproximando ciência, academia e escola, em acordo com a pergunta inicial que norteou este trabalho, sempre na premissa de humanizar a ciência e tornar o conhecimento científico acessível ao público-geral. O guia, que foi denominado “*Desmistificando a funga*” justamente por esse papel que lhe foi atribuído de desconstrução de concepções equivocadas, é dividido em quatro seções principais que serão apresentadas a seguir.

4.2.1 “O que é a funga?”

Nesta primeira e curta sessão do guia, buscou-se apresentar ao leitor uma pequena ideia do conturbado passado científico da micologia e os seus efeitos que perduram até os dias atuais. Nesta premissa, apresenta-se logo de cara a definição recentemente resgatada por Kuhar *et al.* (2018) da denominação “funga” como representação da diversidade de fungos de uma região, tal qual fauna e flora o representam para animais e plantas.

Com isso, respondemos uma dúvida inicial que o leitor pode ter ao ler o título do guia, afinal o termo funga ainda é desconhecido para praticamente todas as pessoas, à exceção dos micólogos. Da mesma forma, expomos o quão importante essa definição é para o futuro do ensino da micologia, assim como das políticas de conservação, uma das carências citadas por Silva (2019) em seu estudo. Elencamos o ensino da proposta “FF&F – Fauna, Flora e Funga” como o passo inicial para desmistificar este Reino de organismos, definindo logo no início que os fungos não são plantas, nem animais e tampouco bactérias, mas sim organismos únicos e dignos de receberem uma denominação própria para o seu ensino.

4.2.2 “Quem são os fungos?”

Nesta que é a segunda seção do guia, procurou-se uma abordagem geral para definir quem são os seres vivos que os cientistas chamam de “fungos”, sempre focando em uma abordagem evolutiva sobre o assunto. Para isso, primeiramente fizemos uma contextualização filogenética do grupo, apresentando na primeira imagem a filogenia simplificada do Supergrupo Opisthokonta, retirada de Schünemann, Palacio e Regio (2021), que evidencia a proximidade evolutiva que une os Reinos Fungi e Animalia em um clado monofilético, ironicamente contradizendo a associação clássica entre os macrofungos e plantas. Além disso, apresenta conceitos importantes para a biologia evolutiva e o entendimento de filogenias, como “monofilético”, “parafilético”, “sinapomorfia” e “plesiomorfia”, conforme vão sendo apresentados ao leitor os caracteres responsáveis por unir os opistocontes e aproximar fungos e animais. Por fim, deixa-se em aberto a definição que, ao mesmo tempo em que une os dois grupos, diferem-nos em dois cladogramas diferentes, o modo de nutrição heterotrófico. Algo tão importante que foi abordado com mais aprofundamento na seção “*Como Ensiná-los*”. Logo após, abrimos subseções no guia para evidenciarmos questões essenciais no aprendizado destes organismos.

Em “*O Reino Fungi e a paleomicologia*”, buscou-se abordar a importância que estudos paleontológicos possuem para a determinação da história de vida da funga, que sabemos possuir mais de um bilhão de anos, graças a um registro fóssil encontrado no Canadá (LORON *et al.*, 2019). Destacou-se que o processo de evolução é algo dependente de diversas variáveis, tais como adaptações ambientais, mutações genéticas e eventos aleatórios, sendo que estas variáveis ocorrem em um período imenso de tempo, medido em escala geológica. Também definimos nesta subseção as duas sinapomorfias aceitas para o Reino Fungi, que são a parede celular composta por quitina e a heterotrofia por absorção. Destacamos as problemáticas relacionadas à paleomicologia, uma vez que os fungos são organismos pouco suscetíveis a deixarem algum tipo de registro fóssil, pois não produzem estruturas biomineralizadas. Em contrapartida, exaltamos os poucos que são encontrados, com ênfase para o cogumelo fóssil mais antigo, haja vista que foi descoberto aqui, em solo brasileiro, na Chapada do Araripe, estado do Ceará (HEADS *et al.*, 2017). Além disso, mostramos como registros de fósseis microscópicos nos mostram que os fungos se aproveitaram da extinção dos dinossauros não-avianos, reciclando parte da imensidão

de matéria orgânica morta que se acumulou durante aquele período (VARGA *et al.*, 2019). Por fim, evidenciamos que a funga evoluiu, ao longo de bilhões de anos, interagindo e moldando o planeta em que vivemos hoje.

Na subseção “O 2º maior grupo de organismos eucariotos”, conforme o nome sugere, apresentamos a imensa diversidade ainda desconhecida pela ciência de organismos fúngicos, que segundo as estimativas mais recentes, representam entre 2,2 e 3,8 milhões de espécies (HAWKSWORTH; LUCKING, 2017). A partir desta informação, enfatizamos que conhecemos menos de 8% de toda a funga do planeta, algo que deixa a micologia com muitos aspectos taxonômicos a serem desenvolvidos. Além disso, exaltamos como os fungos são organismos ditos “onipresentes”, pois são capazes de habitar praticamente todos os ambientes, algo que justifica a sua imensa diversidade.

Já em “Principais grupos fúngicos”, voltamos nossa atenção à filogenia apresentada na primeira página da seção, explicando que atualmente podemos encontrar até 18 filos diferentes do Reino Fungi na literatura (TEDERSOO *et al.*, 2018). Essa realidade atual acaba confundindo tanto micólogos quanto alunos. Por isso, explica-se a adoção dessa filogenia simplificada justamente para o ensino básico, onde apresentamos os cinco principais grupos de fungos, sendo três deles monofiléticos e dois parafiléticos, mas que possuem caracteres comuns que nos possibilitam agrupá-los. Em seguida, são apresentados grupo por grupo conforme suas principais características e associações ecológicas, ambientais e ou evolutivas, de acordo com o que também é feito no capítulo escrito por Schünemann, Palacio e Regio (2021).

4.2.3 “Como ensiná-los?”

A terceira seção do guia é centrada na apresentação de temas, conteúdos e conceitos interessantes de se abordar no ensino ecológico-evolutivo dos fungos. De início, procurou-se apresentar no que consiste esta forma de ensino e por que é interessante empregá-la em detrimento às visões antropocêntricas e pessimistas que dominam o formato atual de ensino. Nesta perspectiva, é apresentada a filogenia dos três domínios da vida (WOESE; KANDLER; WHEELIS, 1990), que exemplifica a visão equivocada que geralmente damos aos organismos procariontes (domínios Bacteria e Archaea), como sendo organismos “menos evoluídos” do que os humanos, por

exemplo. Com a filogenia, fica claro que estes microrganismos, na verdade, compõem a vasta maioria de organismos existentes na natureza (FRAGA, 2017), o que lhes provêm um sucesso evolutivo muito maior do que os outros seres vivos, por este ponto de vista. A partir disso, também é apresentada a principal fonte utilizada para embasar o guia, os dois volumes da Obra “Ensino de Biologia: Uma perspectiva evolutiva”, sugerindo a sua leitura e utilização na educação básica e superior. Por fim, convida-se o leitor a deixar a abordagem antropocêntrica da funga no passado, lugar onde estão todas as mitologias construídas pela humanidade, para então, prosseguir no entendimento de conteúdos ecológicos e evolutivos da funga e as suas influências na vida da Terra.

Em “*Ruptura com o passado botânico*”, buscou-se abordar como é difícil o exercício de dissociação dos fungos e seu passado botânico, quando diversas nomenclaturas do grupo apresentam conotações e origens em estruturas vegetais. Como o intuito geral do guia é o ensino de grandes processos e ciclos biogeoquímicos acima de terminologias (KINDEL, 2012), propõe-se uma desconstrução dos termos usualmente encontrados em livros didáticos, sites e reportagens. Dessa forma, também podemos evidenciar como a ciência não é constituída por verdades absolutas, mas sim um processo de construção de conhecimento que vai avançando com o tempo, estudo e desenvolvimento de novas tecnologias. Ao mesmo tempo, não se deturpa a integridade dos naturalistas do passado, uma vez que estes cunharam os respectivos termos sob o pretexto de que os macrofungos eram um grupo de plantas, algo altamente difundido e aceito na época. Com isso, também humanizamos a ciência, evidenciando que, assim como qualquer construção humana, a mesma também está sujeita a falhas. Para tanto, são apresentados, em formato de glossário, alguns dos termos atualizados e porque eles devem substituir seus antecessores ultrapassados. Também se buscou apresentar a estrutura geral de um macrofungo a fim de evidenciar que os corpos de reprodução representam apenas a fase reprodutiva desses organismos. Por fim, apresentamos uma explicação ampla e geral do ciclo de vida dos fungos, algo que pode variar muito dependendo do grupo. Por isso, buscou-se manter o exemplo dos macrofungos, justamente por estes serem organismos mais fáceis de serem visualizados e assimilados pelos alunos.

Em “*A Heterotrofia por Absorção*”, retomou-se o fato de que os fungos são mais aparentados aos animais do que às plantas, justamente por compartilharem o modo de nutrição. Explora-se a ideia de que os opistocontes digerem seus alimentos ao

invés de produzi-los via fotossíntese, mas que os Reinos Fungi e Animalia divergem na forma como ocorre essa digestão. Enquanto animais ingerem seus alimentos para, então, digeri-los internamente, os fungos secretam enzimas digestivas no substrato, digerindo-os no ambiente, e absorvendo posteriormente os nutrientes. Esse tipo de heterotrofia, por absorção, além de diferenciar os dois grupos, serve de base para processos muito maiores, como a decomposição de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. Desta forma, elencamos a funga como seres transformadores da natureza, ao mesmo tempo em que retiramos a conotação negativa geralmente associada ao processo de decomposição, exaltando a sua contribuição para o ambiente acima do aspecto visual.

Em “*A evolução pela decomposição*”, buscou-se aproveitar o gancho sobre como acontece a heterotrofia por absorção para evidenciar o seu efeito a longo prazo. A partir da forma como os fungos se nutrem, todos os outros seres vivos que surgiram ao longo da evolução biológica tiveram à sua disposição nutrientes que, caso não houvesse o processo de decomposição, não estariam disponíveis no ambiente. Além disso, apresentamos a ideia geral de como essa renovação da natureza faz com que diferentes organismos, ao longo do tempo, sejam constituídos pelas mesmas moléculas que constituíram outros organismos, no passado. Dessa forma, procura-se a interseção entre humanidade e natureza, algo que muitas vezes fica deturpado em ensinamentos baseados na visão antropocêntrica/utilitarista. Esse enfoque é muito interessante do ponto de vista catastrófico em que se encontram diversos ecossistemas do planeta, além de promover a ideia da funga como um símbolo de recomeço, ao invés das concepções pessimistas atualmente difundidas.

Em “*A Rede Florestal de Micorrizas*”, através de uma tradução livre do termo inglês “*Wood Wide Web*” (em alusão à “*World Wide Web*”, ou “Rede Mundial de Computadores”), procurou-se correlacionar a internet humana com a internet das florestas, terminologia divulgada pela mídia para exemplificar a conexão subterrânea entre fungos e plantas que permite que árvores troquem nutrientes e mensagens entre si (SIMARD; DURALL, 2004; TEDERSOO; BAHRAM; ZOBEL, 2020).

Contextualizando ao seu efeito evolutivo, apresentamos essa relação formada por micorrizas que, por ter sido descoberta recentemente, ainda é desconhecida do público-geral. Ao mostrarmos que uma das maiores invenções da humanidade contemporânea é, na verdade, um “plágio” de uma relação presente no subsolo há milhões de anos, colocamos em xeque a ideia de inteligência “superior” que

geralmente diferencia a humanidade dos outros organismos, na visão antropocêntrica. Além disso, essa relação altera completamente a forma como compreendemos os ecossistemas florestais, uma vez que além das plantas que enxergamos, passamos a ter conhecimento da funga associada e oculta no subsolo. Num contexto macroevolutivo, as micorrizas ajudaram as plantas na “conquista” do meio ambiente terrestre, desempenhando um papel essencial na formação da atmosfera rica em oxigênio que possuímos hoje (STRULLU-DERRIEN *et al.*, 2018). Mesmo assim, algumas dessas associações encontram-se ameaçadas pelo desmatamento de florestas, trazendo à tona a importância de inserção de fungos nas políticas de conservação, além da necessidade de considerarmos a preservação de populações acima de indivíduos.

Na última subseção, intitulada “*Funga ao resgate*”, buscou-se trazer um pouco de esperança para o futuro que, assim como o passado, pode ser fortemente influenciado pelos fungos. Neste sentido, contextualizamos um clássico exemplo histórico como inspiração. A descoberta da penicilina em 1929, pelo cientista Alexander Fleming, alterou o rumo da humanidade que, a partir do seu uso em larga escala, aumentou significativamente sua expectativa de vida. A forma como isso aconteceu, também é um excelente exemplo para se humanizar a ciência, uma vez que se deu totalmente por acaso (TAN; TATSUMURA, 2015). A substância que é produzida por um microfungo do gênero *Penicillium*, também serve de exemplo para contextualizar a resposta que os organismos precisam desenvolver de acordo com os ambientes em que habitam e, por conseguinte, evoluem. A partir disso, são mencionados diversos usos em que tecnologias fúngicas podem alterar, novamente, a história da humanidade, seja através de produtos biodegradáveis ou processos ambientais de biorremediação. Com a apresentação desse futuro que já está ao nosso alcance, se finda essa seção do guia justificando que antes de aceitarmos a funga como nossa salvadora, precisamos primeiro valorizar uma forma de ensino justa com estes organismos.

4.2.4 “Bibliografia sugerida”

Nesta última seção do guia, buscou-se apresentar algumas sugestões bibliográficas para o ensino de fungos, a fim de complementar o guia que, a esta altura, serviu como uma maneira de instigar os leitores a irem em busca de mais

informações. Neste sentido, foram priorizados os livros em que foram baseados a construção do guia (REECE *et al.*, 2015; ARAÚJO, 2017; ARAUJO; VIEIRA, 2021), assim como outros dois livros sobre o uso etnomicológico de fungos pelo povo yanomami (SANUMA *et al.*, 2016; YANOMAMI *et al.*, 2019), que podem ser baixados em PDF, gratuitamente. Por fim, apresentamos o @divulgafunga, perfil de *instagram* de divulgação científica desenvolvido pelo autor do guia, em conjunto com uma colega do laboratório de micologia da UFRGS, onde são publicados temas interessantes e atualizados sobre a funga.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aproximação entre as esferas científicas, acadêmicas e educacionais brasileiras representa um grande desafio em diferentes áreas da biologia. Na micologia essa realidade não é diferente, algo evidenciado pelo relativamente baixo conhecimento taxonômico do grupo e pela própria falta de estudos que abordam o ensino de fungos nos níveis básico e superior do país. Essa escassez de dados empíricos acontece mesmo diante de uma concepção, amplamente difundida entre os micólogos, de que a funga é mal vista pelo público geral, e o têm sido por bastante tempo. A forma de ensino contemporânea da funga pode ser definida como a manutenção de um persistente reflexo do passado científico da micologia, que nos seus anos iniciais de desenvolvimento, se associou quase que intrinsecamente às áreas da botânica e da microbiologia. Desta forma, ainda é muito comum encontrarmos pessoas que associam a funga às concepções pessimistas dos microrganismos em geral, ou a definem apenas como plantas mais simples. A perpetuação dessas visões equivocadas do Reino Fungi é sustentada pela forma como a maioria das universidades e graduações do país abordam o tema. Afinal de contas, o ensino de fungos na educação básica nada mais é do que uma reprodução daquilo que é atualmente defendido e ensinado nas universidades.

A relação entre a formação de professores e o conhecimento de micologia adquirido pelos mesmos é um dado que precisa ser melhor explorado em estudos posteriores para que, então, possamos pensar em mudanças significativas para este cenário vigente. Certamente, sem a influência de estudos sobre o ensino básico e concepções gerais nas esferas de ensino superior do país, não há como resolver o problema da constante associação da funga a aspectos prejudiciais pela sociedade, mas apenas mitigá-lo. Da mesma forma, os problemas encontrados nos diferentes livros didáticos, que ainda são um dos principais recursos das aulas sobre micologia nas escolas, precisam ser devidamente resolvidos, a fim de cessar esse processo de perpetuação da visão pessimista. Com a pandemia de Covid-19, seguramente nos encontramos em um ponto repleto de incertezas sobre o futuro dos livros didáticos no ensino. Sem falar nos inúmeros outros problemas que surgirão na educação nos próximos anos, como por exemplo, o agravamento da desigualdade social e a provável ainda maior elitização do ensino superior brasileiro.

Apesar disso, com ou sem pandemia, há muito tempo se vê necessária uma mudança radical na forma de ensino clássico das escolas brasileiras, que atualmente, perpetua a compartimentalização e a descontextualização dos conteúdos ensinados. De certa forma, a BNCC busca explorar essa problemática, através da defesa e da adoção de uma forma integralizada de ensino. Entretanto, a falta de articulação do texto com o ensino superior, que é gerido pelo próprio governo federal, assim como nas secretarias estaduais de educação, que regem as instituições de ensino básico, transformam a BNCC em mais um empecilho para os professores, que seguem sendo formados da maneira clássica e compartimentalizada de ensino. Soma-se essa realidade ao enorme desafio que tem sido defender a verdade e o pensamento científico como os norteadores do ensino nas escolas, quando as próprias instituições federais são geridas por pessoas que espalham mentiras e defendem dados sem quaisquer fundamentações científicas. Sendo assim, como podemos cobrar dos professores, profissionais constantemente desvalorizados pelo poder público, uma forma de ensino integralizada da micologia, se eles sequer estudam os fungos, ou conteúdos de biologia de maneira integralizada em suas graduações?

Existe, por conseguinte, a necessidade de mudança na forma como são abordados os conteúdos sobre micologia nas escolas e universidades do país. Isso, de certa forma, é abordado neste trabalho, através da promoção de um ensino que valorize os grandes processos e ciclos biogeoquímicos da natureza acima do ensino de nomenclaturas e conceitos desatualizados. Tudo isso, com um enfoque ecológico e evolutivo para, assim, desconstruir as concepções pessimistas e antropocêntricas/utilitaristas atualmente difundidas no senso comum. Ao mesmo tempo, existe a necessidade de produção de materiais que possam servir de apoio aos educadores no planejamento das suas aulas. Tendo isso em mente, a criação de um guia rápido que busca desmistificar a visão preponderante da funga, através de uma linguagem de divulgação científica, ao mesmo tempo em que defende um ensino baseado nas relações ecológico-evolutivas desses organismos, foi um resultado satisfatório adquirido na realização deste trabalho. Obviamente, este pequeno material não será o responsável por realizar a mudança radical necessária no ensino de micologia. No entanto, vale ressaltar novamente que a escassez de estudos e materiais é tamanha, que qualquer esforço feito neste sentido é de grande valia.

Encontramos-nos em um momento crítico da história da humanidade e de todas as formas de vida que existem no planeta. As mudanças causadas pela ação antrópica

nos últimos séculos, finalmente podem ser percebidas pelas pessoas que, pela primeira vez, enfrentam uma pandemia ocasionada pelo nosso insustentável modo de vida, baseado numa economia extrativista. Da mesma forma, nunca estivemos tão conectados uns aos outros, mesmo que tão distantes e isolados. O acesso à informação se tornou algo tão banal que a própria sabedoria deixou de ser algo correlacionado com a idade, como era antigamente. Nessa realidade, a funga encontra cada vez mais o seu espaço, sendo notável o crescente interesse das pessoas pelos fungos e pelos seus admiráveis aspectos. A independência da micologia enquanto ciência e área de estudo já é uma realidade, mesmo que ainda carregue consigo o fardo de seu passado científico. Assim também deve ser o seu ensino, que embora atualmente seja extremamente deficitário, já apresenta opções e formas de ser readequado e recontextualizado.

A funga é tão responsável por compor a natureza quanto a fauna, a flora e a microbiota, mas ainda permanece pouco valorizada. A partir da contextualização ecológica e evolutiva dos fungos, nos damos conta da importância e do papel desses organismos como verdadeiros pilares da evolução da vida como a conhecemos na Terra. Se no passado e no presente a funga apresenta uma conotação negativa para a população, que tal olharmos para ela, no futuro, como um símbolo de recomeço?

6 REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. A. L.; VIEIRA, G. C. (Org.) **Ensino de Biologia: Uma perspectiva evolutiva/ Volume II: Biodiversidade & Evolução**. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021. 407p.
- ARAÚJO, L. A. L. (Org.). **Evolução Biológica da pesquisa ao ensino**. Porto Alegre: Editora Fi, 2017, 512p.
- BEZERRA, C. P. *et al.* Fungos: o uso de modelo didático para o Ensino de Ciências. **Revista Interface (Porto Nacional)**, n. 14, p. 79–89, 2017.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Secretaria de Educação Básica Brasília: Ministério da Educação. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso 03 mai. 2021.
- CAVALCANTE, F. S. *et al.* Relação ensino-aprendizagem sobre fungos no ensino superior : um estudo bibliográfico. **Ciência e Natura**, v. 41, p. 1–10, 2019.
- FRAGA, F. B. F. F. A biologia evolutiva e a compreensão do mundo microbiano. *In*: Araújo, L.A.L. (Org.). **Evolução Biológica da pesquisa ao ensino**. Porto Alegre: Editora Fi, 2017, p. 481-512.
- FRAGA, F. B. F. F.; ROSA, R. T. D.. Microbiologia na revista Ciência Hoje das Crianças: análise de textos de divulgação científica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 1, p. 199–218, 2015.
- FRAGA, Fernando B. F. F. **Ensino e Divulgação de Ciências e Biologia : (Re)contextualizar é preciso**. 2012. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- GOMES, Matheus Soares. **Estratégias Dinamizadoras E Suas Contribuições Para O Ensino De Biologia (Micologia) No Ensino Médio**. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) - Centro de Ciências da Natureza, Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2019.
- HAWKSWORTH, D. L.; LÜCKING, R. Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 4, 2017.
- HEADS, S. W. *et al.* The oldest fossil mushroom. **PLOS ONE**, v. 12, n. 6, p. e0178327, 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Acesso domiciliar à internet e ensino remoto durante a pandemia**. Brasília, IPEA, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10228>. Acesso em: 24 maio 2021
- JOHAN, C. S. *et al.* Promovendo a aprendizagem sobre fungos por meio de atividades

práticas. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 798–805, 2014.

JUNQUEIRA, H.; KINDEL, E. Leitura e escrita no ensino de Ciências e Biologia: a visão antropocêntrica. **Cadernos do Aplicaçãõ**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, jan./jun. 2009, p. 145-161.

KINDEL, E. **A docência em ciências naturais: construindo um currículo para o aluno e para a vida**. Erechim: Edelbra, 2012, 128p.

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D.W.; STALPERS, J. A. (Eds.). **Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi**. 10. ed. Wallingford: CAB International, 2008.

KUHAR, F. *et al.* Delimitation of Funga as a valid term for the diversity of fungal communities: The Fauna, Flora & Funga proposal (FF & F). **IMA Fungus**, v. 9, n. 2, p. 71–74, 2018.

LORON, Corentin C. *et al.* Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada. **Nature**, v. 570, n. 7760, p. 232–235, 2019.

MELO, Í. F. C.; CARMO, C. C. Oficina De Cultivo De Fungos Como Estratégia Para O Ensino De Micologia. **Revista Científica do CESP/UEA**, p. 12, 2017.

MORAES, Tatyane da Silva. **Estratégias inovadoras no uso de recursos didáticos para o ensino de ciências e biologia**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologias Aplicadas à Educação) - Departamento de Educação, Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2016.

NITSCHKE, Pedro Peixoto. **A educação além dos Livros: O uso da divulgação científica no ensino de Biologia**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Instituto de Biociências, Uiversidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

PERSIJN, A. L. G.; SANTOS, S. X. O conteúdo de micologia na formação de professores da educação básica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICOLOGIA, 8., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Micologia, 2016. p. 308.

PIRES, Fabiele Rosa *et al.* “fungoslândia: descobrindo o fantástico mundo dos fungos” - Uma Proposta De Material De Apoio Ao Ensino De Micologia. *In*: **Ensino De Ciências Naturais E Exatas**. Cruz Alta, Brasil: Editora Ilustração, 2020. p. 51–58.

REECE, J. B. *et al.* **Biologia de Campbell**. 10 Edição. Porto Alegre, Artmed, 2015.

RIZZON, M. Z.; CUNHA, G.F; VILLAS-BOAS, V. Fermentação do Pão e do Vinho: Uma Proposta de Ação Interdisciplinar. **Scientia cum Industria**, v. 5, n. 3, p. 129–136, 2017.

ROSA, M. D. *et al.* A Micologia como conteúdo da disciplina de Biologia no Ensino Médio: uma análise dos livros didáticos aprovados no PNLD-2018. **Revista Thema**, v. 16, n. 3, p. 617–635, 2019.

ROSA, M. D.; SILVA, H. C. As Imagens De Fungos Em Livros Didáticos De Ciências: Revisitando A Memória Na Educação Escolar. **Revista da SBEnBIO**, v. 7, p. 5313–5324, 2014.

ROSA, R. T. D. O uso de textos de Divulgação Científica para ensinar nas séries iniciais e a produção textual das crianças. *In: Anais da IV ANPED SUL*, Florianópolis, 2002.

RUI, H. M. G.; AMADO, M. V. **Os Fungos no nosso cotidiano !!!** Vitória: Editora IFES, 2013.

SANTOS, Y. S. e; PINHO, M. J. S.; MORAES, T. S. Espaço Ciência Micológica: Educação E Ludicidade No Reino Dos Fungos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 2, p. 661–677, 2020.

SANUMA, O. I. *et al.* **Ana amopö - Cogumelos**. São Paulo: Enciclopédia dos alimentos Yanomami (Sanöma) e Instituto Sociambiental, 2016.

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*. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021, v.2, p. 233-270.

SENA, B. L.; SANTOS, S. X. Metodologias diversificadas como estratégias para o ensino de micologia na educação básica. *In: , 2018, Pirenópolis. V Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG*. Pirenópolis, 2018. p. 5.

SILVA, Aline da Costa. **A Visão Dos Alunos Sobre Fungos: Estudo das Percepções e Conhecimentos de Fungos por Estudantes Concluintes Do Ensino Médio**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, Diadema, 2019.

SILVA, A. C; MENOLLI JR, N. ANÁLISE DO CONTEÚDO DE FUNGOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO. **Revista Ciências & Ideias**, v. 7, n. 3, p. 235-273, 2017.

SILVA, Érico Gomes da. **Micologia no Ensino Médio: um guia pedagógico complementar à concepção dos professores**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) - Programa Nacional ProfBio, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SILVA, E. A. O.; BAPTISTA, G. C. S. Un recurso acerca de los hongos para el diálogo intercultural en la enseñanza de biología. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 12, n. 2, p. 142, 2017.

SILVA, J. C. *et al.* Estudando Fungos A Partir De Uma Prática Problematizadora E Dialógica: Relato De Uma Experiência No Ensino Médio Em Uma Escola Pública. 2009 *In: Jornada De Ensino, Pesquisa E Extensão*, 2009. p. 3.

SIMARD, S. W.; DURALL, D. M. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. **Canadian Journal of Botany**, v. 82, n. 8, p. 1140–1165, 2004.

SOARES, Luciana Abrão Lougon. **A facilitação da aprendizagem significativa do tema “REINO FUNGI” no segundo segmento do ensino fundamental**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde) - Instituto Oswaldo Cruz, Ministério da Saúde, Rio de Janeiro, 2014.

SOUSA, N. D. C. *et al.* Jogos Didáticos Para O Ensino De Micologia Nas Escolas. *In: I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO*. Recife, Brasil, 2013. p. 1–12.

SOUZA, V. F. S. O Ensino da Micologia Numa Perspectiva Lúdica. **O Professor PDE e os Desafios da Escola Pública Paranaense: Produção Didático-Pedagógica**, v. 2, p. 27, 2010.

STRULLU-DERRIEN, C. *et al.* The origin and evolution of mycorrhizal symbioses: from palaeomycology to phylogenomics. **New Phytologist**, v. 220, n. 4, p. 1012–1030, 2018.

TAN, S. Y.; TATSUMURA, Y. Alexander Fleming (1881–1955): Discoverer of penicillin. **Singapore Medical Journal**, v. 56, n. 07, p. 366–367, 2015.

TEDERSOO, L. *et al.* High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Diversity**, v. 90, n. 1, p. 135–159, 2018.

TEDERSOO, L.; BAHRAM, M.; ZOBEL, M. How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. **Science**, v. 367, n. 6480, p. eaba1223, 2020.

UNIÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES MUNICIPAIS DE EDUCAÇÃO. **Pesquisa Undime sobre Volta às Aulas**. Brasília, Undime, 2021. Disponível em: http://undime.org.br/uploads/documentos/phpb9nCNP_6048f0cf083f8.pdf. Acesso em 24 maio 2021.

VARGA, T. *et al.* Megaphylogeny resolves global patterns of mushroom evolution. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, n. 4, p. 668–678, 2019.

VENZKE, T. R. F. Fungos, onde vocês se escondem? **Revista Insignare Scientia**, v. 2, n. 3, p. 331–335, 2019.

WATKINSON, S. C.; BODDY, L.; MONEY, N. P. **The Fungi**. 3ª edição. Boston: Academic Press, 2016.

WHITTAKER, R. H. New Concepts of Kingdoms of Organisms. **Science**, v. 163, n. 3863, p. 150–160, 1969.

WILLIS, K. J. (Ed.). **State of the World’s Fungi 2018**. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew, 2018.

WOESE, C. R.; KANDLER, O.; WHEELIS, M. L. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 87, n. 12, p. 4576–4579, 1990.

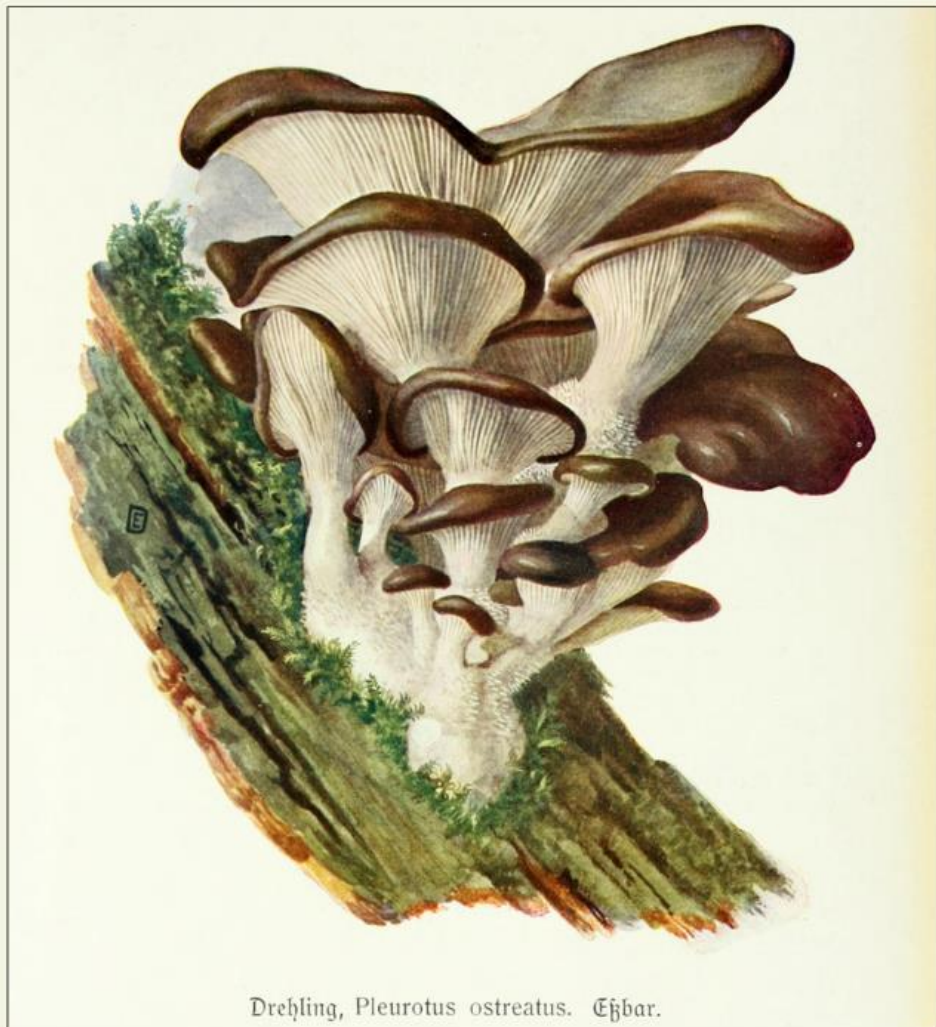
YANOMAMI, F. C. P. *et al.* **Përisi: o fungo que as mulheres yanomami usam na cestaria**. São Paulo: Associação de Mulheres Yanomami Kumirâyõma e Instituto Socioambiental, 2019.

ZAPPE, J.; SAUERWEIN, I. Os pressupostos da educação pela pesquisa e o ensino de fungos: o relato de uma experiência didática. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 17, n. 2, p. 476–490, 2018.

APÊNDICE A – DESMISTIFICANDO A FUNGA: UM GUIA RÁPIDO PARA O ENSINO DE FUNGOS

DESMISTIFICANDO A FUNGA

UM GUIA RÁPIDO PARA O ENSINO DE FUNGOS



Dreßling, Pleurotus ostreatus. Œfbar.

NICOLAS DO CARMO REGIO
2021

DESMISTIFICANDO A FUNGA

UM GUIA RÁPIDO PARA O ENSINO DE FUNGOS

Laboratório de

micologia

UFRGS



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

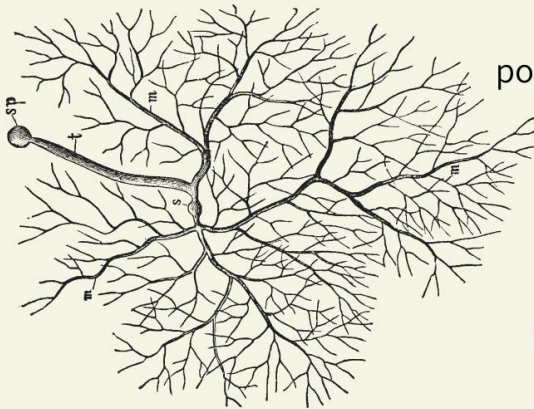
Porto Alegre
2021

ÍNDICE

• Apresentação	3
• O que é a Funga?	4
• Quem são os fungos?	5
○ O Reino Fungi e a paleomicologia;	7
○ O 2º maior grupo de organismos eucariotos;	9
○ Principais grupos fúngicos;	10
▪ Quatrídios;	10
▪ Zigomicetos;	11
▪ Glomeromycota;	12
▪ Ascomycota;	13
▪ Basidiomycota;	14
• Como ensiná-los?	15
○ Ruptura com o passado botânico;	17
○ A Heterotrofia por Absorção;	21
○ A Evolução pela Decomposição;	22
○ A Rede Florestal de Micorrizas;	23
○ Funga ao resgate;	25
• Bibliografia sugerida	27
• Referências	29

APRESENTAÇÃO

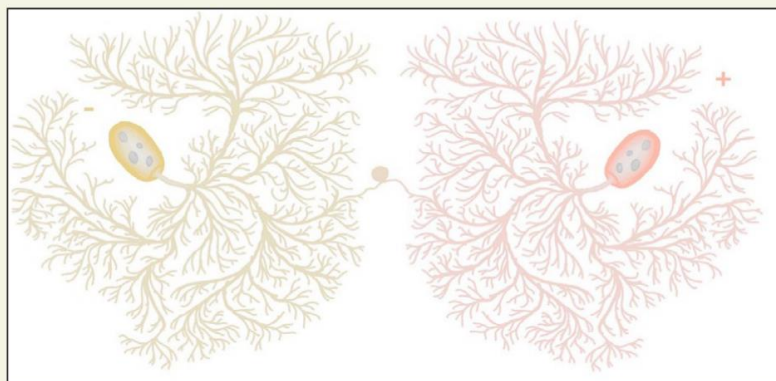
"O que vem a sua cabeça quando você pensa sobre "Fungos"?"



Fonte: Canva.com

Se a sua resposta remete a algo podre, estragado ou nojento, não se sinta culpado. Infelizmente, essas **concepções pessimistas** são as mais comumente difundidas pela sociedade, inclusive entre os alunos e futuros professores de ciências e biologia.

Sim, alguns fungos podem causar doenças ou estragar nossos alimentos... Mas a ampla maioria está apenas contribuindo com um dos serviços ecológicos mais sublimes da natureza: a **ciclagem de nutrientes** através da **decomposição de matéria orgânica**.



Tamanhos meramente ilustrativos. Arte: Lucca Chemello

A fim de **desmistificar** e promover um ensino focado nas relações **ecológicas** e **evolutivas** dos fungos, este guia rápido surgiu como um complemento à pesquisa realizada para o Trabalho de Conclusão de Curso deste aluno que, além da paixão pelo ensino, partilha de uma profunda paixão pela **micologia** (área que estuda os fungos).

Por isso, espero que as informações aqui apresentadas sejam proveitosas a todos aqueles que buscam um **ensino integrativo da biologia**. Ou apenas amem a **funga**, assim como eu.

O QUE É A FUNGA?

Por muito tempo, os fungos foram estudados **junto com as plantas**, por botânicos. Afinal, estruturas como os cogumelos eram sésseis e cresciam em meio às florestas. **Cicatrizes** deste passado da micologia são visíveis até hoje **nas nomenclaturas**.

Foi apenas há **42 anos** que os fungos ganharam seu reino próprio: o **Reino Fungi** (Whittaker, 1969). Este avanço possibilitou uma certa independência, mas o grupo nunca foi tão prestigiado como seus irmãos Eucariotos.

Enquanto várias gerações de alunos foram ensinadas a denominar a **diversidade de animais** como "**Fauna**" e a **diversidade de plantas** como "**Flora**", os fungos permaneceram esquecidos, imersos em seu passado botânico, mesmo após a adoção do Reino Fungi. Mas em **2018**, um grupo de micólogos resgatou o termo "**Funga**", como equivalente aos termos citados anteriormente, para determinar a **diversidade de fungos** de uma região.

A partir de uma denominação própria, torna-se possível o ensino dos fungos, livre de estigmas, desde o ensino básico. Por isso, a **proposta FF&F** é o passo inicial para começarmos a **desmistificar o ensino da Funga!**



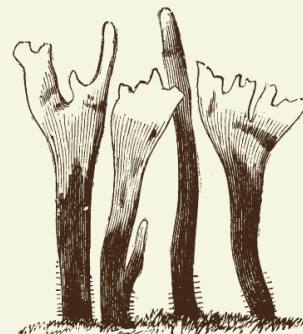
"Diana Funga", a Deusa dos fungos que para os gregos simbolizava a fertilidade. Reprodução: Claudio Toscan Jr. Fonte: Kuhar *et al.* 2018



FAUNA



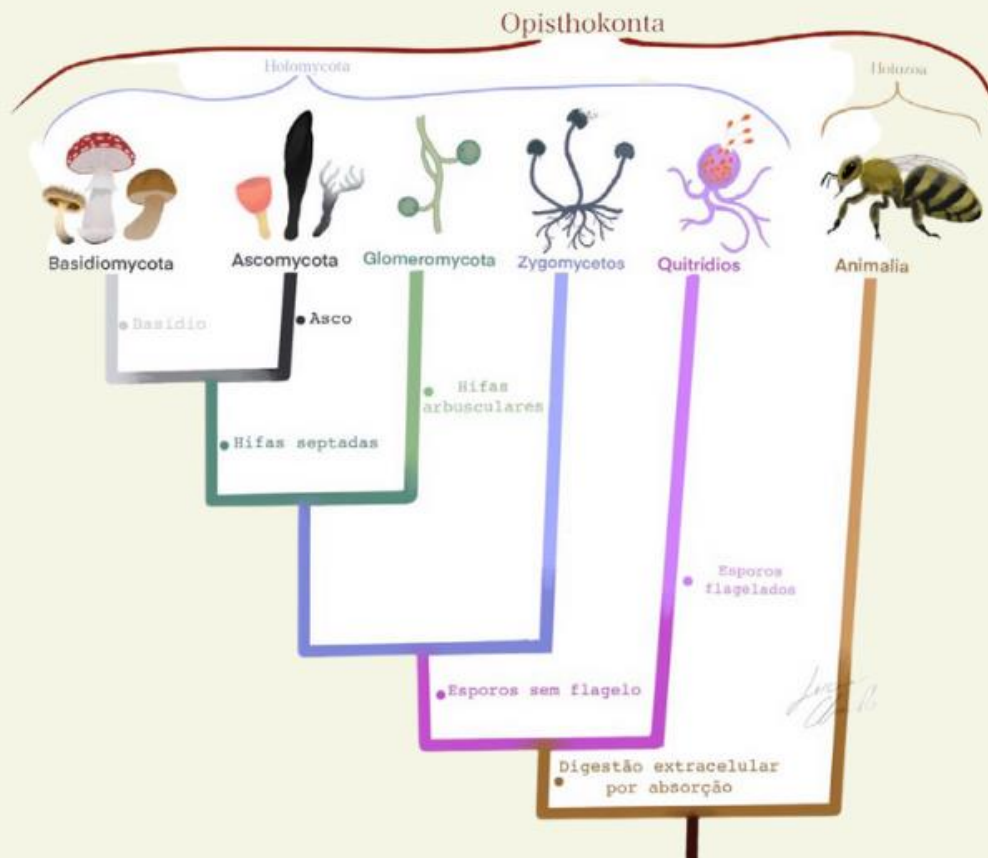
FLORA



FUNGA

Fonte: Canva.com

QUEM SÃO OS FUNGOS?



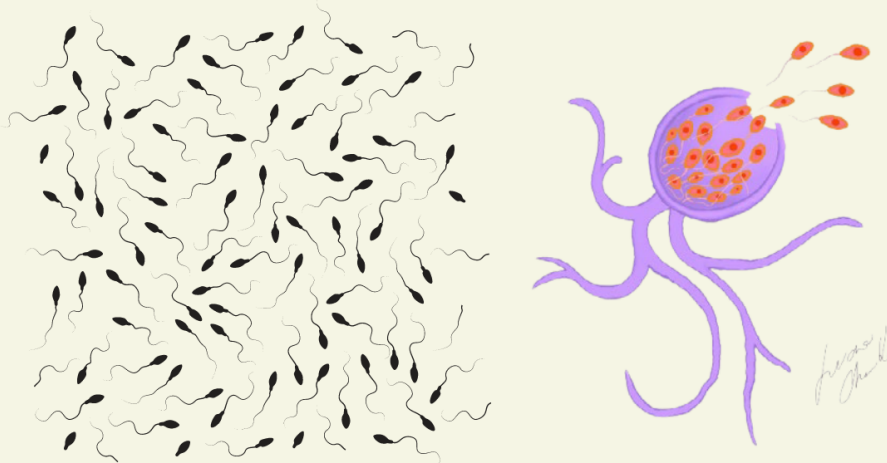
Árvore filogenética de Opisthokonta simplificada para o ensino básico, extraída de Schünnemann *et al.* (2021). Pontos assinalados indicam as sinapomorfias das linhagens. Arte: Lucca Chemello

Pode até parecer ironia, mas os fungos são, na verdade, **mais próximos evolutivamente dos animais do que das plantas!** Para entender melhor essa história, precisamos olhar a filogenia acima.

Análises filogenéticas recentes nos permitem inferir que os **Reinos Fungi e Animalia** possuem um ancestral comum e, por isso, fazem parte de um **supergrupo** chamado de **Opisthokonta!** O nome pode soar estranho, mas as características que os unem são velhas conhecidas nossas, literalmente...

Por se tratar de um **grupo monofilético**, ou seja, possuir um ancestral comum, os **organismos opistocontes** apresentam algumas novidades evolutivas exclusivas, também chamadas na biologia de **sinapomorfias**.

A principal delas, e que também dá nome ao grupo, é a presença de um **flagelo posterior** nas células, usado para propulsão. Embora esse caracter tenha se perdido na maioria dos grupos de animais e fungos, ele se mantém presente em alguns casos: como os **gametas masculinos** (ex.: **espermatozóides**) e os **zoósporos dos quitrídios** (único grupo de fungos que ainda possui células flageladas). No caso destes grupos atuais, o flagelo posterior é uma característica **plesiomórfica**, ou seja, foi herdada de um ancestral que existiu há muito tempo.



Representações artísticas de células flageladas em opistocontes. Fontes; Canva.com (Espermatozóides) e Lucca Chemello (Zoósporos de quitrídios).

Essa **proximidade evolutiva** entre funga e fauna é uma das explicações do porque as **micoses** serem doenças tão **persistentes**, por exemplo. Mas acima disso, evidencia outras características que aproximam os dois reinos, como a presença de estruturas formadas por **quitina** (exoesqueleto de insetos e parede celular dos fungos) e a reserva de açúcar em forma de **glicogênio** (e não amido, como ocorre nas plantas).

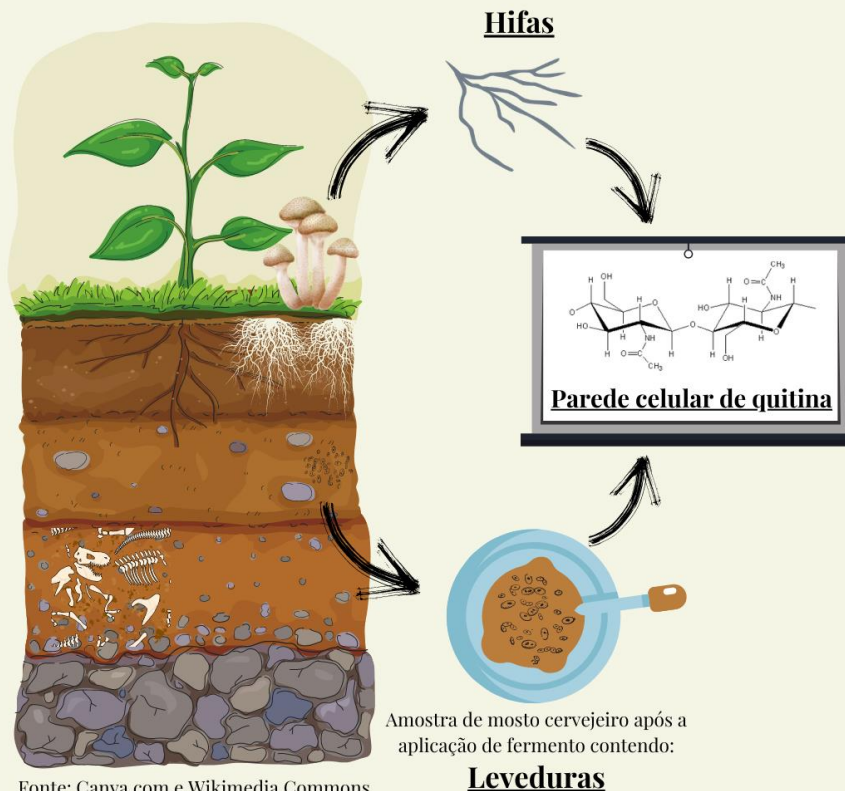
Além delas, ambos compartilham o mesmo **modo de nutrição**, algo tão importante para o ensino que merece uma seção à parte neste guia (veja **página 21**).

O Reino Fungi e a paleomicologia

Apesar do **parentesco evolutivo**, é muito difícil confundir um fungo com um animal hoje em dia. E não é por menos, afinal são **bilhões de anos** de evolução que separam os reinos Fungi e Animalia. É tanto tempo que chega a ser difícil assimilar, mas diversas **adaptações, mutações** e **eventos aleatórios** moldaram aquilo que hoje mal reconhecemos como "Reino Irmão". E para nós, aqui do alto do Antropoceno, o que **define um fungo**?

Sabemos que eles possuem, pelo menos, **duas sinapomorfias**: 1. Apresentam **parede celular composta por quitina**; e 2. São **Heterótrofos por absorção**. E isso vale para todos organismos classificados no Reino Fungi, desde as **leveduras unicelulares** até o **maior ser vivo** conhecido na natureza, o fungo *Armillaria solidipes*.

As **sinapomorfias** são peças chave na construção de filogenias, pois com elas, podemos procurar nos **registros fósseis** organismos similares e que nos ajudam a explicar a **evolução do grupo** e de suas **características**.



No caso da **paleomicologia** (que estuda os fósseis de fungos) o registro é escasso, uma vez que fungos produzem apenas os chamados "**tecidos moles**", ou seja, não são **mineralizados** e, por isso, raramente são fossilizados. Apesar disso, nesses raros registros, encontramos exemplares impressionantes, como o "**fungo de 1 bilhão de anos**", encontrado no Canadá; o **líquen fóssil** do tamanho de uma árvore, denominado **Prototaxites**; e o **cogumelo fóssil** mais antigo já encontrado, na **Chapada do Araripe**, no estado brasileiro do Ceará.

Com os **microfósseis** (que são os registros fósseis microscópicos), descobrimos que muitos fungos sobreviveram e se **aproveitaram** da matéria orgânica deixada pela **extinção dos dinossauros não-avianos** e de diversos outros seres vivos, no último evento de extinção em massa registrado na história geológica da Terra. Tudo isso, graças ao **aumento do número de hifas registradas** nas rochas dos anos que sucederam a extinção do Cretáceo-Paleogeno

Foram **bilhões de anos de evolução**, muitos dos quais ainda permanecem um mistério para os cientistas. Mas nestes bilhões de anos, **os fungos interagiram e moldaram o mundo a sua volta**, de tal forma que seria **impossível viver no planeta hoje, sem a funga**.



Fóssil de *Prototaxites sp.* Fonte: Creative Commons



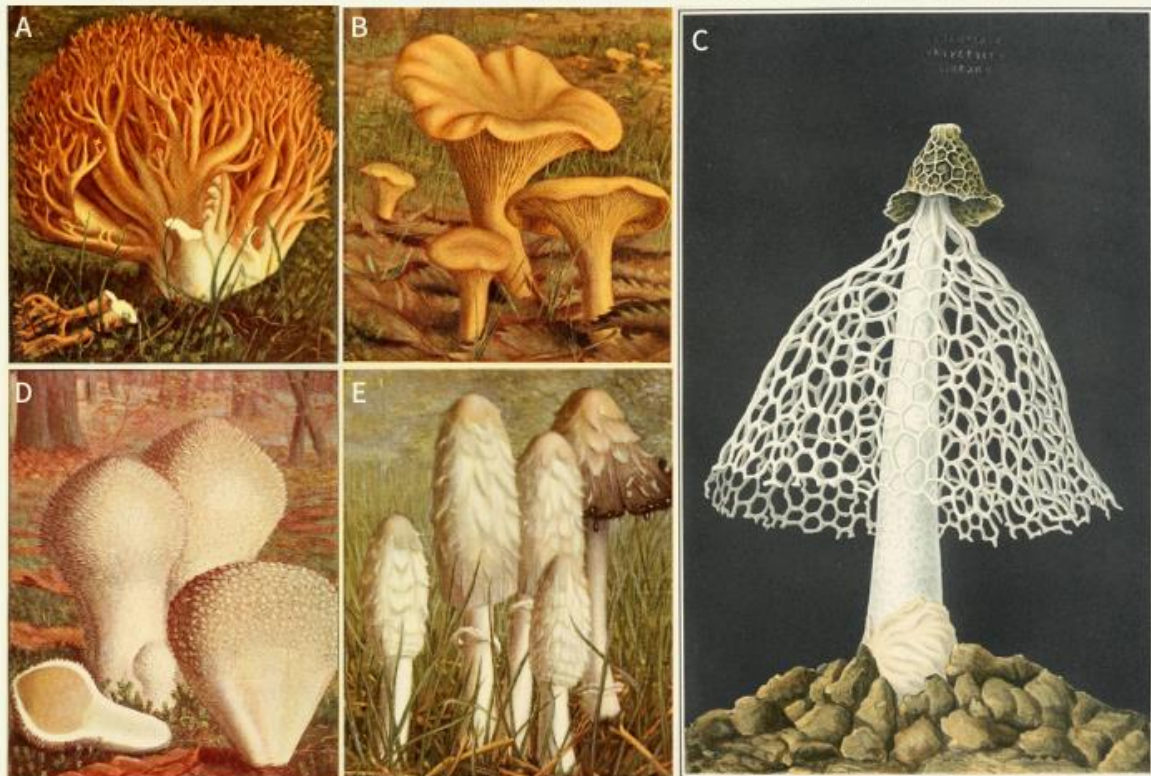
Fonte: Canva.com

O 2º maior grupo de organismos eucariotos

Negligenciada e mal vista, mas também apreciada e amada por muitos, a funga é detentora de uma **dicotomia particular na biologia**. Possui tanto organismos **pluricelulares** (cogumelos e bolores) quanto **unicelulares** (leveduras). Suas espécies podem ser tanto **tóxicas** quanto **comestíveis**. Podem nos causar **doenças** ou até nos **curar** delas. Podem ser tanto **simbiontes** quanto **parasitas** de animais e plantas...

Os fungos são seres praticamente **onipresentes**, permeando os mais diversos ambientes e assumindo distintos hábitos de vida. Formam o **segundo maior grupo de eucariotos** em número de espécies, atrás apenas dos insetos. As estimativas mais recentes dão conta de que existem entre **2.2 e 3.8 milhões de espécies de fungos** em todo planeta. Apesar disso, atualmente são reconhecidas apenas **144 mil**. Nesses parâmetros, na melhor das hipóteses, conhecemos apenas **8% da funga**.

Alguns basidiomas representados artisticamente. A. *Ramaria flava*; B. *Cantharellus cibarius*; C. *Phallus indusiatus*; D. *Lycoperdon perlatum*; E. *Coprinus comatus*.



Fonte: Flickr.com e Biodiversity Heritage Library

Principais grupos fúngicos

Bilhões de anos de evolução aliados à escassez de registros fósseis e de micólogos atuantes **dificultam a classificação do Reino Fungi**. Os clássicos quatro grupos de fungos, ensinados há décadas nas escolas, formam até **18 filos** diferentes nas filogenias mais recentes. Se toda essa complexidade confunde até micólogos, imagine os alunos...

Por isso, aqui neste guia, seguimos uma **classificação simplificada**, apresentada na página 7 e extraída de Schünemann et al. (2021). Ela divide o Reino em **5 grupos principais**, os quais serão apresentados, individualmente, a seguir.

Quitridios



Arte: Lucca Chemello

Grupo **parafilético** de organismos, ou seja, formado por linhagens que evoluíram separadamente, mas compartilham caracteres semelhantes. Entre eles estão os **zoósporos** (esporos flagelados), que podem ser vistos na figura ao lado saindo de uma estrutura chamada **zoosporângio**. Os quitridios são formados por **hifas cenocíticas** (que não possuem septos ou divisões), o que acaba restringindo o tamanho destes fungos, sendo, portanto, todos **microscópicos**.

Por apresentarem **flagelo** e **não possuírem a capacidade de formar micélio**, os quitridios são organismos **aquáticos** e dependentes de **umidade**. Mesmo assim, estão amplamente distribuídos na natureza.

O representante mais famoso do grupo leva a triste alcunha de "patógeno mais destrutivo da Terra", pois vem extinguindo diversas espécies de **anfíbios** pelo planeta. A **quitridiomicose** evidencia o **quão destrutiva pode ser a introdução de organismos** a outros ambientes. Além disso, expõe uma importante reflexão sobre o **impacto** causado pelo nosso **modo de vida contemporâneo**, força motriz do que já vem sendo chamada de **6ª Extinção em Massa**.



Zigomicetos

Outro grupo **parafilético** de fungos que compartilham algumas características, como o **crescimento micelial** e os esporos imóveis, chamados de **zigósporos**.

Assim como os quitrídios, os zigomicetos possuem apenas **hifas cenocíticas**. Porém, graças à formação de **micélios** (que por definição, significa "massa de hifas"), e à produção de **esporos de resistência**, os zigomicetos representam, para os fungos, a **independência dos ambientes aquáticos**.

Com a perda do flagelo posterior, o grupo precisou desenvolver diversas **estratégias de dispersão** de esporos. Algumas delas são comuns, como sendo carregados pelo **vento**, porém outras são bem excêntricas, como no caso do gênero ***Pilobolus***.

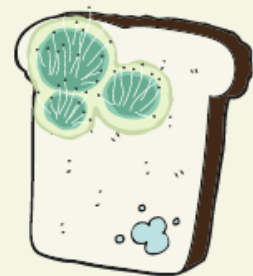


Mecanismo de disparo de *Pilobolus* sp. Fonte: Internet Archive

Este gênero possui uma característica peculiar chamada de **fototropismo positivo**, o que significa que seus corpos de reprodução **crecem em direção à luz**. Com isso, algumas espécies desenvolverem uma estrutura de disparo capaz de lançar seus esporos à **32 km/h** e a **até 2,5 m de distância** (o que é impressionante para um organismo que mede menos do que **1 cm**). Tudo isso ocorre graças a uma vesícula, que se enche d'água até atingir uma pressão de até **5 atmosferas**.

Essa estratégia de **dispersão ativa** de esporos é algo impressionante para um organismo tão pequeno e, mesmo assim, é pouco conhecida.

Mais conhecidos são os **bolores**, que de vez em quando "estragam" nossos alimentos. Retirando-se a conotação negativa, o seu **crescimento rápido e repentino** pode nos auxiliar com outros aprendizados, como os processos de **sucessão ecológica** e o fato que os fungos, ou seus esporos, estão em **todos lugares**, inclusive no ar, mas a sua grande maioria **não nos causa mal algum**.

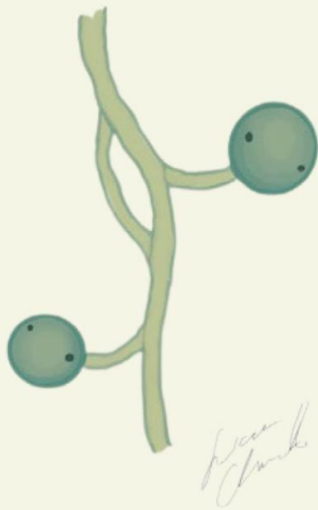


Fonte: Canva.com



Arte: Lucca Chemello

Glomeromicetos

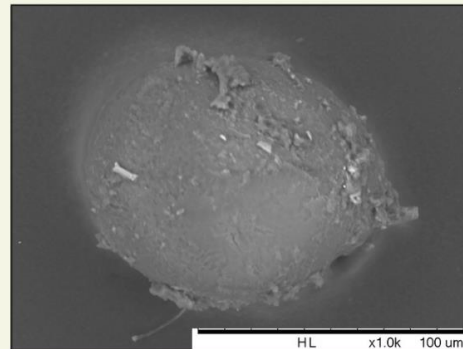


Arte: Lucca Chemello

Talvez este grupo seja novidade para vocês, pois trata-se de um dos filós recentemente descritos, mas a sua presença e **influência na natureza é tão antiga e essencial quanto as plantas**. Mas, como assim?

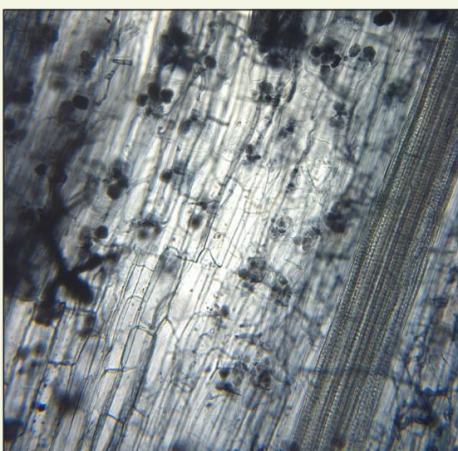
Acontece que os glomeromicetos são os responsáveis por uma das mais antigas e abundantes relações interespecíficas da natureza: as **micorrizas arbusculares**. Trata-se de uma **associação endossimbionte entre fungos e plantas** que se faz presente em **80% de todas as plantas terrestres**.

Não por acaso, a principal sinapomorfia deste grupo é a formação de **hifas arbusculares**, que nada mais são do que hifas especializadas em penetrar e convier **no interior de células de raízes vegetais**, numa relação tão benéfica que existe há pelo menos **400 milhões de anos**, de acordo com o registro fóssil. Este é o último grupo aqui apresentado composto por **hifas cenocíticas**, mesmo assim, possui um dos **maiores esporos** entre todos os fungos (tão grandes que alguns são **visíveis a olho nu**).



Esporo de *Funnelformis mosseae*.

Fonte: Wikimedia Commons



Associação micorrízica de hifas arbusculares (pontos escuros). Fonte: Wikimedia Commons

Apesar de possuir poucas espécies descritas, o **papel ecológico** dos glomeromicetos justifica o seu ensino à parte. Com eles, torna-se possível a inserção dos fungos no contexto da **macroevolução**. Afinal, foi essa **coevolução** entre **funga e flora** que permitiu o sucesso das plantas em terra firme e, por conseguinte, parte do **oxigênio** que respiramos hoje.

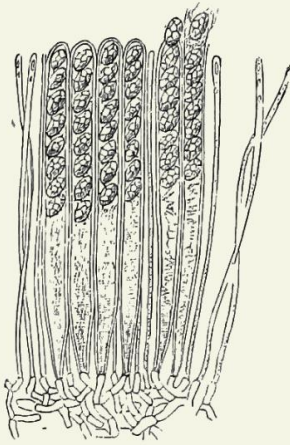
Isto é, literalmente **devemos o ar que respiramos às micorrizas**.

Ascomicetos

O maior filo de fungos e grupo irmão dos basidiomicetos, com o qual compartilha uma essencial característica em comum: as **hifas septadas**. Essa compartimentalização das hifas tornou possível o surgimento de **estruturas macroscópicas** nos fungos, especialmente dos **corpos de reprodução**, aqui chamados de **ascomas**. Mesmo assim, os ascomicetos apresentam as mais variadas morfologias, abrangendo desde fungos **leveduriformes** (unicelulares), até os chamados fungos **filamentosos** (pluricelulares).



Arte: Lucca Chemello



Ascus com 8 ascósporos cada.
Fonte: Internet Archive

O que diferencia os ascomicetos são as suas **células reprodutivas** chamadas de **ascos**, em alusão ao seu formato. Nelas, desenvolvem-se os **ascósporos**, esporos sexuais deste grupo. Além da forma sexuada, os ascomicetos também podem se reproduzir **assexuadamente**, através de estruturas chamadas de **conidióforos**, que produzem os **conídios** (esporos assexuais).

Essa **prolífica produção de esporos**, juntamente com o surgimento das **hifas septadas**, resultou na grande diversidade de **hábitos de vida**, que por **irradiação adaptativa**, surgiram no grupo.

Em Ascomycota encontramos organismos **sapróbios** (que decompõe matéria orgânica), **parasitas** capazes de modular o comportamento de artrópodes, **leveduras** que realizam fermentação alcoólica e até **simbiontes**, como é o caso dos **líquens**. Essa associação simbiótica entre fungos e algas ou cianobactérias, é uma das **mais antigas interações ecológicas** já encontradas na natureza (existem há pelo menos **600 milhões de anos**) e representam **42%** das espécies já descritas para o grupo. Toda essa variedade faz dos ascomicetos um grupo inestimável para a humanidade e o ensino da micologia.



Basidiomicetos



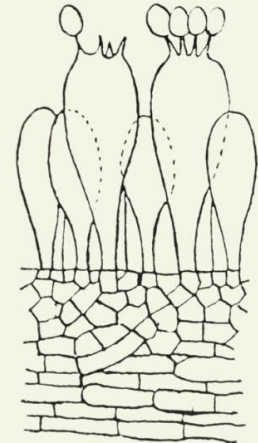
Arte: Lucca Chemello

Um grupo que dispensa introduções, visto que é o mais estudado e apreciado do Reino Fungi, graças aos seus vistosos, e algumas vezes deliciosos, corpos reprodutivos: os **basidiomas**. Alguns exemplos clássicos são os **cogumelos** e **orelhas-de-pau**, facilmente avistados na natureza ou até em parques e ambientes urbanos.

Os basidiomicetos também apresentam uma diversidade incrível proveniente da **irradiação adaptativa** de suas espécies compostas por **hifas septadas**.

A exemplo de seu grupo irmão, a sua principal diferença está nas estruturas de reprodução sexuada. Os **basídios** são as células reprodutivas onde são formados os **basidiósporos**, nome dado aos esporos sexuais e principal forma de reprodução deste grupo.

Boa parte das espécies de Basidiomycota são capazes de decompor a **lignina**, um dos principais componentes da madeira. Essa importante ferramenta ecológica **só evoluiu neste filo**, o que faz dos basidiomicetos um grupo essencial para o funcionamento da natureza, da forma como a conhecemos hoje.



Basídios. Fonte: Biodiversity Heritage Library

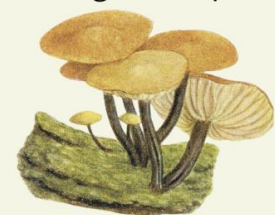
Além disso, diversas espécies também formam as chamadas **ectomicorrizas** - micorrizas que não penetram nas células das raízes vegetais.

Tanto "ecto" quanto "endo" **micorrizas** são capazes de conectar florestas inteiras, em uma **rede de interação oculta**, tão magnífica que merece uma seção à parte neste guia.



Amanita muscaria, um cogumelo ectomicorrízico.

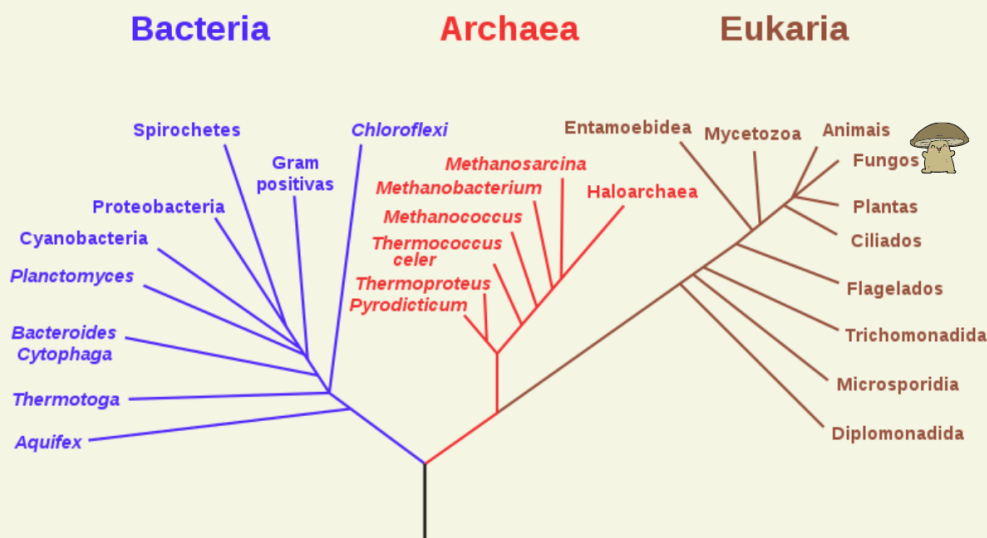
Fonte: Biodiversity Heritage Library



Fonte: Biodiversity Heritage Library

COMO ENSINÁ-LOS?

A funga, assim como qualquer outra forma de vida que ainda existe no planeta, está em pé de **igualdade** com a humanidade em **termos evolutivos**. No entanto, devido à histórica associação dos micróbios, inclusive dos fungos microscópicos, a **doenças** e outros **processos negativos**, costumamos não pensar dessa forma. Como assim, essas formas de vida tão simples são tão evoluídas quanto nós, humanos?



Os **três domínios da vida**, proposto por Woese *et al.* (1990), evidencia que a maior parte dos organismos atuais são "**micróbios**" **procariotos** (Bacteria e Archea), muitas vezes tratados como "menos evoluídos" que os eucariotos (Eukaria). Se assim fosse, será que essa árvore não deveria ser ao contrário? Fonte: Wikimedia Commons e Canva.com.

Fraga (2017) e Schünemann et al. (2021) sintetizam qual a visão preponderante dos fungos e dos "micróbios" em geral perante o senso comum da sociedade, documentando e argumentando quais são as origens e implicações dessas **visões antropocêntricas**. Ambos autores também apresentam uma maneira de contra-atacar essa forma ultrapassada e altamente estigmatizada de ensino, que já vem sendo e continuará sendo abordada também neste guia.



Fonte: Canva.com

O ensino ecológico-evolutivo possui o intuito de fazer o aluno raciocinar numa perspectiva que vai muito além da abordagem pessimista e compartimentalizada da biologia na escola. A ideia central consiste na **evolução biológica como eixo central de ensino**, interconectando todas as outras áreas, e **correlacionando o ensino da micologia e da microbiologia aos seus aspectos ecológicos**, em especial àqueles grandes processos da natureza. Por isso, sugere-se fortemente a leitura das obras abaixo e que constam descritas no item de sugestões bibliográficas.



Os dois volumes da obra "Ensino de Biologia: uma perspectiva evolutiva" abordam os mais diversos conteúdos sob um viés evolutivo, inclusive da funga, voltados para o ensino dos mesmos nos ensinos básico e superior.

Fonte: pensamentoevolutivo.com/publicações.



Pleurotus ostreatus.

Fonte: Biodiversity Heritage Library

Um enfoque ecológico-evolutivo no ensino da micologia poderá fazer muita diferença no futuro, dada a imensurável importância dos fungos para a manutenção dos ecossistemas.

Afinal, para **desmistificarmos a funga** devemos deixar a abordagem antropocêntrica destes organismos no passado, que é o lugar das mitologias, e aceitarmos que **o futuro, tanto ecológico como evolutivo, da vida na Terra depende da funga**.

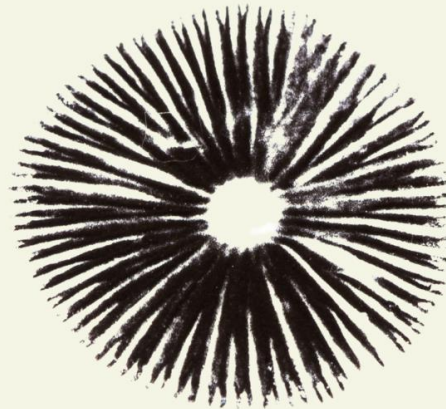
Ruptura com o passado botânico

Se você está buscando uma forma de ensino da funga livre de estigmas, então inevitavelmente terá que mudar um pouco o seu vocabulário. Isso porque **o passado botânico da micologia ainda persiste nas terminologias, conceitos e imagens** presentes na maioria dos livros didáticos. Apesar da proposta aqui apresentada prezar por um ensino de **grandes processos ecológicos acima de nomenclaturas** (Kindel, 2012), é preciso atualizar alguns termos que denotam características vegetais. Um exemplo são os cogumelos que, apesar de não serem, nem nunca formarem, frutos, ainda são chamados de "corpos de frutificação".

A readequação do vocabulário é algo necessário, mas não deve ser um empecilho. Por isso, a forma como fazemos isso pode se tornar um importante **artifício no ensino ecológico-evolutivo da micologia**, pois é nos vícios de linguagem que se escondem os preconceitos. Através da **desconstrução** de terminologias associadas à botânica, podemos apresentar aos alunos como acontece a **construção do conhecimento científico** e, dessa forma, **humanizamos a ciência**, aproximando-a dos alunos.

Afinal, você **não precisa ser um "gênio inato"** para ser um cientista, basta estudar e fazer ciência. Da mesma forma, os naturalistas do passado não eram "incompetentes", pois estavam pensando com base nos costumes e conhecimentos construídos para sua época. Outro bom exemplo disso é a descoberta da penicilina, mas deixemos isso para depois (ver **página 25**).

Romper com um conhecimento construído e validado ao longo de gerações de cientistas não é nada fácil. Mas, a fim de facilitar essa tarefa, segue abaixo um pequeno **glossário de terminologias e conceituações** que podem ser pertinentes para um ensino ecológico-evolutivo da micologia.



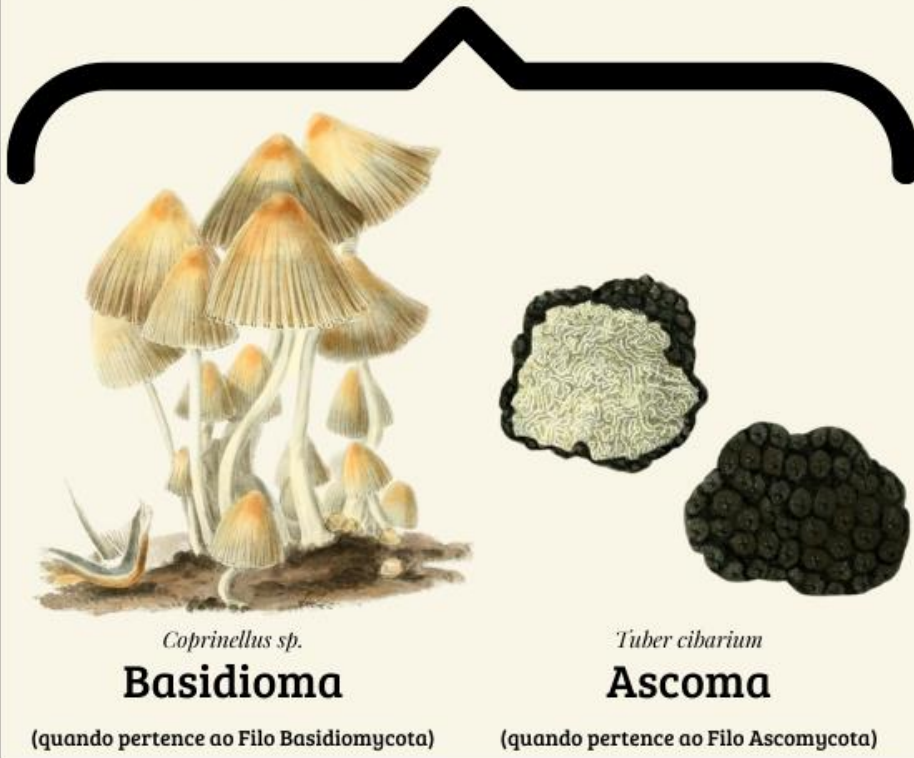
A "esporada" é uma prática comum na identificação de cogumelos. Fonte: Canva.com

Glossário de terminologias e conceituações

CORPO DE REPRODUÇÃO

Substitui a terminologia do "corpo de frutificação", uma vez que os fungos não produzem frutos. Nomenclaturas associadas, tais como "basidiocarpo" e "ascocarpo" devem ser substituídas, pois o sufixo "carpo" também remete à "fruto". Outro termo que pode ser utilizado é **esporoma**, que se refere a qualquer estrutura portadora de esporos, seja ela macroscópica ou microscópica.

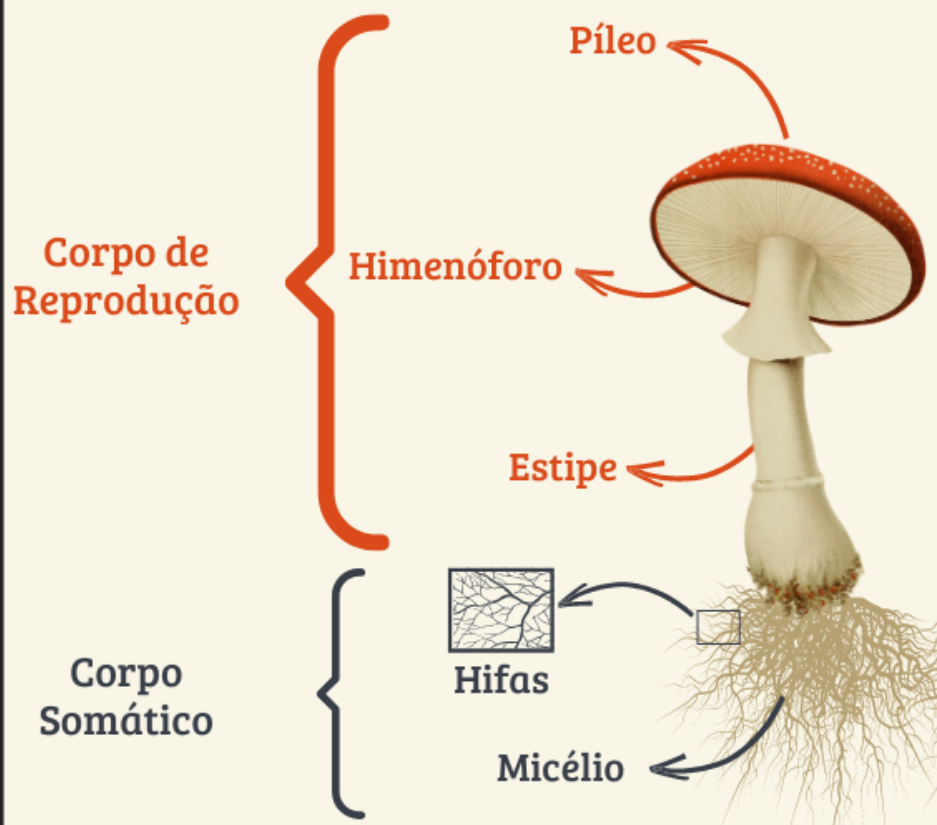
Corpos de reprodução ou esporomas



Fontes: Kirk et al. (2008); Schunemann *et al.* (2021); Biodiversity Heritage Library e Canva.com

ESTRUTURA DE UM MACROFUNGO

Os **macrofungos** são aqueles grupos capazes de produzir estruturas macroscópicas, como os **basidiomas** e **ascomas**. No entanto, esses corpos de reprodução representam apenas a **fase reprodutiva** desses fungos. Quando pensamos em um macrofungo, devemos lembrar que **além** dessa estrutura visível a olho nu, existe uma **grande massa de hifas**, que chamamos de **micélio**, e nada mais é do que o **corpo somático** destes fungos.

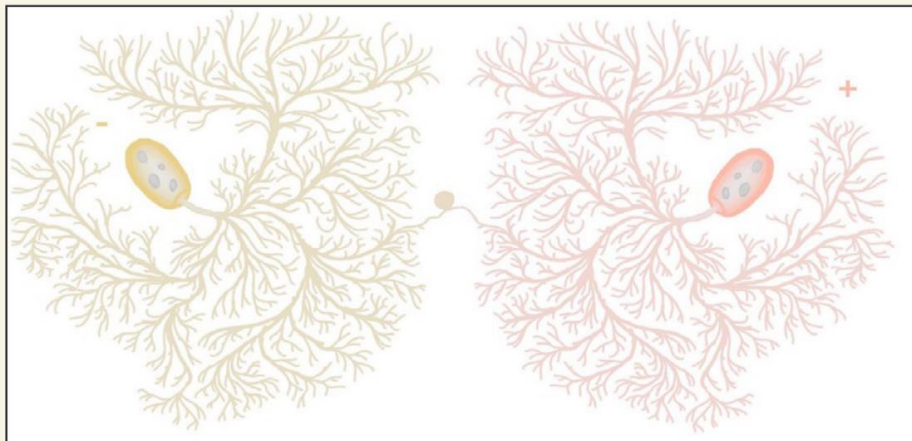
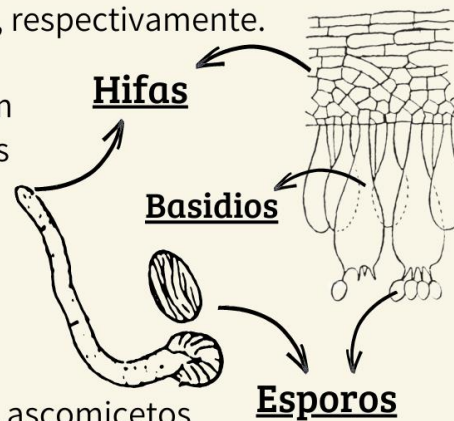


Fontes: Kirk et al. (2008); Schunemann *et al.* (2021); Biodiversity Heritage Library e Canva.com

COMO UM FUNGO CRESCE?

Os corpos reprodutivos dos macrofungos são responsáveis por dispersar os esporos sexuais, sendo os **basidiósporos** (no caso dos basidiomas) e os **ascósporos** (no caso dos ascomas), produzidos por estruturas de reprodução microscópicas, denominadas **basídios** e **ascos**, respectivamente.

Boa parte dos grupos também são capazes de se reproduzirem assexuadamente por estruturas especializadas, como os **conidiomas**: aglomerados de **conidióforos** (ver *Penicillium* - página 25) produtores de **conídios**, que são os esporos assexuais presentes em muitos ascomicetos



Nos fungos filamentosos, um **esporo +**, após dispersado, desenvolve um **micélio primário** que, ao se encontrar com as hifas de outro micélio primário, proveniente de um **esporo geneticamente diferente (-)**, se unirá e formará um **micélio secundário**. Arte: Lucca Chemello.

Fontes: Kirk et al. (2008); Schunemann *et al.* (2021); Biodiversity Heritage Library e Canva.com

A Heterotrofia por Absorção

Por motivos já abordados neste guia, desvencilhar a ideia de que **fungos não são relacionados às plantas** pode ser difícil. Introduzir o conceito de que eles são **nossos parentes mais próximos** dentre todos os Reinos de seres vivos, então, pode ser mais difícil ainda. Apesar disso, não há motivos para pânico, afinal o **modo de nutrição** surge como um importante aliado nesta empreitada.

Fungos e animais digerem, ao contrário das plantas que sintetizam o próprio alimento através da fotossíntese. Em outras palavras, opistocontes são **heterótrofos**, enquanto plantas são **autótrofas**. Portanto, via de regra, se os fungos não são capazes de sintetizar seu próprio alimento eles não podem ser classificados como plantas.

Em contrapartida, a mesma heterotrofia que **une didaticamente** fungos e animais, também os **separa**. Enquanto nós, animais, precisamos ingerir os alimentos para digeri-los, os fungos **secretam enzimas no substrato**, realizando a **digestão externamente**, e **absorvendo os nutrientes decompostos** diretamente do meio. Por isso, o modo de nutrição dos fungos é chamado de "**Heterotrofia por absorção**" ou "**absortiva**". Ao **alterar quimicamente** o ambiente e decompor a matéria orgânica residual de outros seres vivos, os fungos, juntamente com as bactérias, possibilitam que os **nutrientes** se tornem novamente **acessíveis** nos ecossistemas. E assim, através da **decomposição**, a **ciclagem de nutrientes** na natureza é sustentada pela digestão dos fungos.



Fonte: Canva.com

A evolução pela decomposição

Talvez possa soar como um exagero, mas o mundo conforme o conhecemos **não existiria sem os fungos**. Dentre todos os papéis ecológicos que a funga desempenha, a **decomposição de matéria orgânica morta** é de longe a mais valorizada. Mas, por quê?

O processo de decomposição é fruto da **heterotrofia por absorção** e da **evolução de enzimas** específicas para decompor diversas moléculas orgânicas, por parte de fungos e bactérias. Como você já viu por aqui, esse processo é o modo **como a natureza se renova**, interligando a morte com o nascimento numa incrível **ciclagem de nutrientes**. É algo tão poético que permite conectar a humanidade, muitas vezes tida como alheia à natureza, com os demais seres vivos, pois a **matéria que nos constitui é a mesma que um dia constituiu outro ser vivo**. Como dizia o cientista e divulgador científico Carl Sagan, "somos todos poeira estelar, (...) uma forma do cosmos de se autoconhecer" e, acima de tudo, **somos uma parte da natureza**, assim como nossos irmãos eucariotos, os fungos.

A evolução deve muito ao processo de decomposição, e vice-versa. Logo, imaginar um mundo sem fungos é criar uma utopia impossível de ser habitada por nós e por boa parte das formas de vida que conhecemos hoje. Por isso, ao nos depararmos com algo que está "apodrecendo", em vez de uma sensação de repulsa, inerente à concepção pessimista da micologia, acolhamos **a funga como um símbolo do recomeço** daquilo que foi um dia gerado por uma estrela e se tornou vida.



Alguns fungos decompositores de madeira. Fonte: Biodiversity Heritage Library

A Rede Florestal de Micorrizas

Se você achava que a **Rede Mundial de Computadores** é a única capaz de conectar milhares de organismos pelo mundo, bem, os fungos tem um contra argumento que vem evoluindo há **mais de 450 milhões de anos**. Apesar da idade, essa rede simbiótica entre micélios e raízes foi descoberta recentemente e apelidada de "Wood Wide Web", que numa tradução livre seria a "**Rede Florestal de Micorrizas**".

Mas como uma rede capaz de interconectar florestas permaneceu desconhecida por tanto tempo? Bem, escondida sob uma **concepção pessimista da funga**, altamente difundida nas sociedades ocidentais contemporâneas, e **sob o solo das florestas**, já que trata-se de uma interação **completamente subterrânea**. Apesar de seu anonimato científico, a hoje reconhecida "Internet das Florestas" vem moldando os solos continentais desde o início da colonização das plantas sobre a terra firme, influenciando diretamente não só no sucesso desses seres fotossintetizantes, como de todos aqueles que **respiram o oxigênio atmosférico**.

A "conexão" dessa rede é formada basicamente por micélios de fungos micorrízicos, os mesmos que você viu quando falamos das **micorrizas arbusculares** (em Glomeromycota), que são altamente difundidas e comuns nas florestas tropicais; e das **ectomicorrizas** (em Basidiomycota), mais comuns nas zonas temperadas do planeta. As hifas funcionam como cabos que interligam diversas árvores, que então se tornam capazes de trocar **mensagens** e **nutrientes**, ou até **competir** com outras plantas de uma mesma floresta. Dessa forma, grandes árvores que restringem a luz solar com suas copas, conseguem praticar um certo "cuidado parental" com as suas descendentes, que estão crescendo no solo sombreado, enviando nutrientes vitais para seu desenvolvimento.



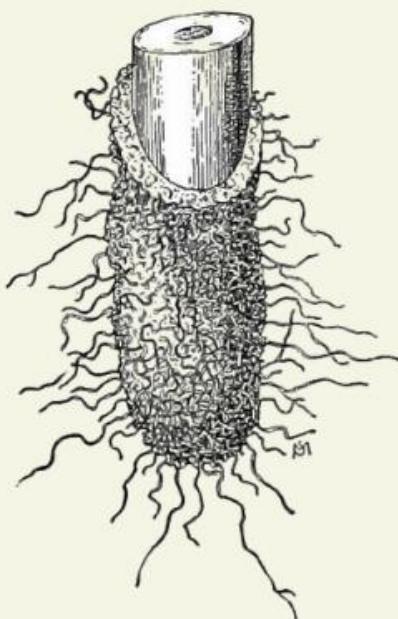
Fonte: Canva.com

Ou seja, as árvores se comunicam e trocam nutrientes vitais e água através dessa rede, mas o que os fungos ganham com isso? Sabe-se que as **micorrizas são relações mutualísticas** onde fungos ganham **açúcares** produzidos pelas folhas das árvores, sendo a principal fonte de alimento dos mesmos, visto que a vasta maioria não sobrevive sem uma planta companheira. O porquê do caráter "**altruísta**" de promover uma rede de comunicação nas florestas não é muito claro ainda, porém deve estar atrelado ao **maior sucesso evolutivo** que essa interação gera para todos.

A descoberta dessa "Internet natural da Terra" mudou a forma como compreendemos os **ecossistemas florestais** que, além da sua reconhecida flora, **possuem uma funga imensa** que também precisa ser valorizada. Já é comprovado que as **ectomicorrizas**,



Arte: Lucca Chemello



Uma associação micorrízica.
Fonte: Internet Archive

essenciais no processo de **fixação de Carbono** promovido pelas florestas, **estão ameaçadas pelo aquecimento global**, algo que é visível a todos, ao contrário da Rede Florestal de Micorrizas que permaneceu oculta por tanto tempo. A perda desses ecossistemas agravaria ainda mais esse processo que há menos de três décadas passamos a conhecer e estudar. Se valorizamos tanto a internet e toda a facilidade de comunicação que providencia à humanidade, que tal valorizarmos as **redes fúngicas de nossas florestas**, muito mais antigas e essenciais para a vida na Terra do que qualquer tecnologia humana?

Funga ao resgate

Em meio a uma 6ª Extinção em Massa, causada pela humanidade, uma luz resplandece no horizonte. É a mesma responsável por **reciclar os nutrientes, conectar as florestas e nos curar de infecções**: isso mesmo, a funga! Nesta última sessão do guia, que tal um pouco de esperança?

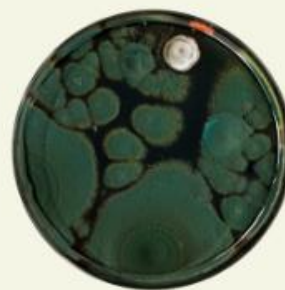
Humanidade e Reino Fungi possuem uma intrínseca e forte relação que vai muito além da **perspectiva evolutiva** já apresentada aqui. Diversos exemplos disso podem ser encontrados nos trabalhos de **etnomicologia**, a ciência que estuda o **papel dos fungos sob a perspectiva de diferentes grupos étnicos**, afinal, tão antigo quanto os prejuízos, são os benefícios dos fungos. Por isso, não podemos ignorar que **a funga pode nos salvar** de um futuro desastroso, assim como ela já fez antes na história.

Se hoje vivemos mais e melhor, devemos ao "suco de mofo" descoberto por **Alexander Fleming** no início do século XX. A descoberta da **penicilina** revolucionou a medicina, a partir da sua produção em larga escala durante a Segunda Guerra Mundial. Várias **doenças e infecções bacterianas** passaram a ter um remédio eficaz, o que diminuiu a mortalidade e **aumentou a expectativa de vida** das

peças. O interessante é que Fleming descobriu o composto **por acaso**, ao identificar um fungo do gênero *Penicillium* como o agente capaz de inibir as bactérias de uma placa de petri esquecida em seu laboratório.



Vitral em homenagem a Alexander Fleming (1881-1955)
Fonte: Wikimedia Commons



Mofo e Conidióforos de *Penicillium* sp. Fonte: Canva.com

Nas palavras do próprio cientista, "**Eu não inventei a penicilina, a natureza fez isso. Eu só a descobri por acidente**". De fato, milhares de anos de **evolução** moldaram o organismo que produz uma substância em **resposta às bactérias** que habitam o **mesmo ambiente** que ele. Isso foi descoberto por pura sorte, provando que o conhecimento científico, muitas vezes, não é resultado de uma grande epifania, mas de algo fora do nosso alcance, afinal de contas, **a ciência e o seu ensino são humanas**, apesar de tudo.

A penicilina abriu espaço para a descoberta e produção de diversos outros **compostos fúngicos** com potencial médico ou biotecnológico. São **metabolitos, enzimas e estruturas** que podem ser utilizadas desde a **agricultura** até a **indústria têxtil**, além das diversas utilizações ambientais, como nos processos de **biorremediação**.



As **tecnologias fúngicas** já existem e podem ser opções menos prejudiciais para o meio ambiente. Já somos capazes de produzir **alimentos** e **couros** que se assemelham àqueles de origem animal; **embalagens** e até **tijolos**, feitos com **micélio**, biodegradáveis e resistentes. No futuro, quando olharmos para as rochas do Antropoceno, inevitavelmente encontraremos poluentes produzidos pela humanidade e que se acumulam em ritmos assustadores. O **plástico**, por exemplo, já é praticamente onipresente na atmosfera.

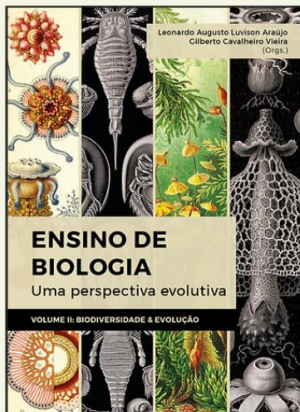
Por isso, a exemplo da penicilina, que no passado salvou (e continua salvando) inúmeras vidas, podemos **confiar na funga** para, quem sabe, salvar também o futuro, nosso e de todas as formas de vida. Demos o primeiro passo com a valorização de um ensino ecológico-evolutivo da micologia.

Fonte: Canva.com

BIBLIOGRAFIA SUGERIDA

Este guia rápido tem o intuito de servir como uma **introdução a uma forma de ensino desmistificada da funga**, por isso, os conteúdos foram abordados apenas superficialmente.

Sendo assim abaixo estão listadas **bibliografias** e outros **meios de informação** que são altamente indicados para um aprofundamento dos conteúdos deste guia, além de subsídios que também podem ser levados para as salas de aula. Bom proveito!



Ensino de Biologia: Uma perspectiva evolutiva (2021)

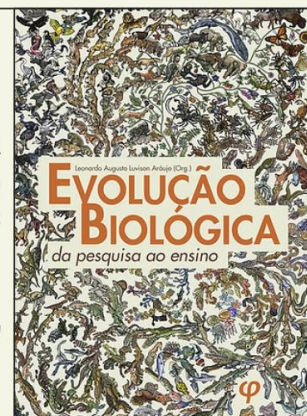
O capítulo 7, intitulado "O Desconhecido Reino dos Fungos", foi escrito pelo autor deste guia e demais colegas do Laboratório de Micologia da UFRGS, sendo que praticamente todos os conteúdos aqui abordados estão melhores descritos neste capítulo.

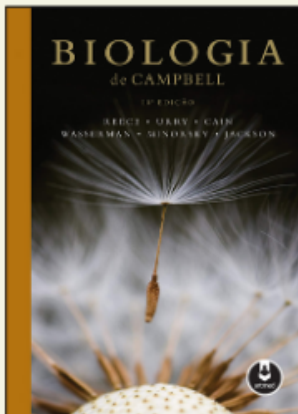
Os dois volumes da Obra podem ser baixados **gratuitamente** em PDF no site www.pensamentoevolutivo.com/publicacoes

Evolução Biológica: da pesquisa ao ensino (2017)

O capítulo 21, intitulado "A Biologia Evolutiva e a Compreensão do Mundo Microbiano", faz uma reflexão muito interessante sobre a forma como foi construído o ensino da microbiologia, inclusive da funga.

A Obra também pode ser baixada **gratuitamente** em PDF pelo site www.pensamentoevolutivo.com/publicacoes





Biologia de Campbell (Reece *et al.* 2015)

No capítulo 31 (p. 648), encontramos textos muito bons sobre os grupos que apresentamos aqui, além de outras informações que podem ser interessantes para o ensino dos fungos, como ciclos de vida e atividades.

Përisi: o fungo que as mulheres yanomami usam na cestaria (Yanomami *et al.* 2019)

Livro que explica como o fungo *Marasmius yanomami* é coletado e usado na fabricação de cestas. Pode ser uma importante ferramenta de ensino do conhecimento científico aliado ao conhecimento tradicional indígena da cultura Yanomami. O livro pode ser acessado através do link:

<https://acervo.socioambiental.org/acervo/publicacoes-isa/perisi-o-fungo-que-mulheres-yanomami-usam-na-cestaria>



Ana amopö – Cogumelos (Sanuma *et al.* 2016)

Livro que resgata a cultura do cultivo e consumo de fungos comestíveis pelos povos Yanomami. Pode ser uma importante ferramenta de ensino do conhecimento científico aliado ao conhecimento tradicional indígena da cultura Yanomami.

O livro pode ser acessado através do link abaixo:

<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/publications/YAL00024.pdf>

@DivulgaFunga

Instagram de divulgação científica da funga brasileira realizado pelo autor deste guia em parceria com a micóloga Bárbara Schunemann, ambos colegas no Laboratório de Micologia da UFRGS (Micolab-UFRGS).



REFERÊNCIAS

FRAGA, F. B. F. F. A biologia evolutiva e a compreensão do mundo microbiano. In: Araújo, L.A.L. (Org.). **Evolução Biológica da pesquisa ao ensino**. Porto Alegre: Editora Fi, 2017, p. 481-512.

HAWKSWORTH, D.L.; LÜCKING, R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. **Microbiology Spectrum**, v. 5, n. 4, p. 1–17, 2017.

KINDEL, E. **A docência em ciências naturais: construindo um currículo para o aluno e para a vida**. Erechim: Edelbra, 2012.

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D.W.; STALPERS, J. A. (Eds.). **Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi**. 10. ed. Wallingford: CAB International, 2008.

KOLBERT, E. **The sixth extinction: An unnatural history**. London: Bloomsbury Publishing Plc, 2014.

KUHAR, F. et al. Delimitation of Funga as a Valid Term for the Diversity of Fungal Communities: The Fauna, Flora & Funga Proposal (FF & F). **IMA Fungus**, v. 9, n. 2, p. 71–74, 2018.

LORON C.C. et al. Early fungi from the Proterozoic era in Arctic Canada. **Nature**, v. 570, n. 7760, p. 232-235, 2019.

MCLAUGHLIN, D.J.; SPATAFORA, J.W. **The Mycota: Systematics and evolution**. VII, Part A, 2ª Edição. Berlin: Springer-Verlag, 2014.

REECE, J.B. et al. **Biologia de Campbell**. 10ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ROSA, M. D. et al. A Micologia como conteúdo da disciplina de Biologia no Ensino Médio: uma análise dos livros didáticos aprovados no PNLD-2018. **Revista Thema**, v. 16, n. 3, p. 617–635, 2019.

SILVA, A. C. **A Visão Dos Alunos Sobre Fungos: Estudo das Percepções e Conhecimentos de Fungos por Estudantes Concluintes Do Ensino Médio**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, Diadema, 2019.

SILVA, E. G. **Micologia no Ensino Médio: um guia pedagógico complementar à concepção dos professores**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) - Programa Nacional ProfBio, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SILVA, A. C.; MENOLLI, N. Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Ciências & Ideias**, v. 7, n. 3, p. 235–273, 2017.

SIMARD, S. W.; DURALL, D. M. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. **Canadian Journal of Botany**, v. 82, n. 8, p. 1140–1165, 2004.

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 e Evolução**. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021, v. 2, p. 233-270.

TAYLOR, T.N. et al. **Fossil Fungi**. London: Academic Press, 2015.

TEDERSOO, L. et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. **Fungal Diversity**, v. 90, n. 1, p. 135-159, 2018.

WATKINSON, S.C.; BODDY, L.; MONEY, N.P. **The Fungi**. 3ª edição. Boston: Academic Press, 2016.

WILLIS, K.J. (Ed). **State of the World's Fungi 2018**. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew, 2018.

