

BIOLOGIA 2 BLOCO 3



EVOLUÇÃO DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA

# FUNGOS

Professora Amanda Cruz Mendes



# Texto pré-encontro

## Cientistas descobriram que... "CDQ"

O " Cientistas descobriram que..." descreverá alguns dos principais achados científicos atuais numa linguagem simples. Nossos textos são escritos e revisados por pesquisadores que atuam em diversas áreas do conhecimento.

[Home](#) [Equipe de redação](#) [Nossos convidados](#) [Blogs sugeridos](#) [Notícias na mídia](#) [Apoio](#)



# Cientistas descobriram que...

Os fungos transformam o nosso planeta



Plântula e sua rizosfera significativamente ampliada pelas hifas do fungo micorrízico. Fonte: Pinterest.

## Nutrient acquisition by symbiotic fungi governs Palaeozoic climate transition

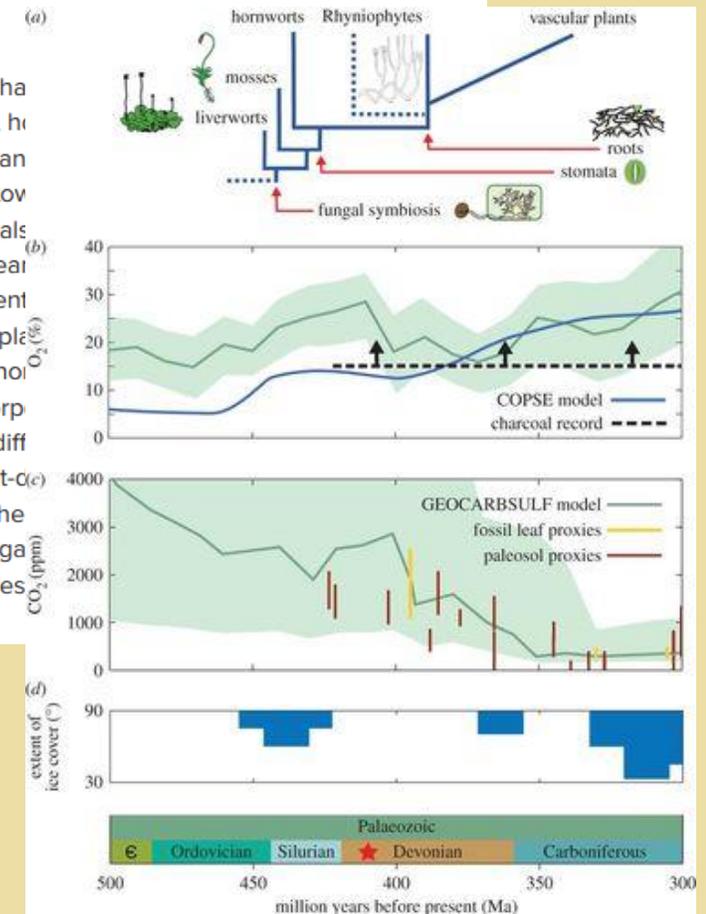
Benjamin J. W. Mills, Sarah A. Batterman and Katie J. Field

Published: 18 December 2017 | <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0503>

### Abstract

Fossil evidence from the Rhynie chert indicates the high- $\text{CO}_2$  atmosphere during the Palaeozoic Era, but we hypothesized that the rise of early non-vascular land plants, roots and vasculature, drove the long-term shift to a low- $\text{CO}_2$  atmosphere that eventually permitted the evolution of mammals. Very little is known about the productivity of the early land plants, which depended on the acquisition of the limiting nutrient phosphorus. Recent laboratory experiments have shown that plant productivity is specific to fungal identity, with carbon-for-phosphorus exchange suppressed under superambient  $\text{CO}_2$ . By incorporating these findings into a biogeochemical model, we show that the different nutrient acquisition strategies could greatly alter the plant-mediated drawdown of  $\text{CO}_2$  to glacial levels, and altering the model to include the effects of fungal symbiosis, we conclude that an accurate depiction of plant–funga interactions in high- $\text{CO}_2$  experiments, is key to resolving the question of how early land ecosystems altered our planet.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0503>



# Cientistas descobriram que...

Fósseis de fungos nos ajudam a contar a história da vida no planeta



FIGURA 1: *Gondwanagaricites magnificus* (A) foto do fóssil de cogumelo mais antigo, depositado no Herbário URM da Universidade Federal de Pernambuco. (B) Desenho interpretativo do cogumelo fóssil, mostrando regiões anatômicas que comprovam a identidade fúngica (fonte: artigo original Heads et al. 2017)

## Acknowledgments

We thank Dra. Leonor Costa Maia of the URM Herbarium for providing a URM accession number and for assistance repatriating the specimen to Brazil. SEM work was carried out in the Frederick Seitz Materials Research Laboratory Central Research Facilities at the University of Illinois. This work was partly supported by NSF grant EF-1304622 (to SWH) and EF-1205935 and EF-1502735 (to ANM).

PLOS ONE

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED

RESEARCH ARTICLE

## The oldest fossil mushroom

Sam W. Heads , Andrew N. Miller, J. Leland Crane, M. Jared Thomas, Danielle M. Ruffatto, Andrew S. Methven,

DOI: [10.1371/journal.pone.0199660](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199660)

Media Coverage

The oldest fossil mushroom.  
[al.pone.0199660](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199660) | [View](#)

Acknowledgments

Author Contributions

References

Reader Comments

### Abstract

A new fossil mushroom is described and illustrated from the Lower Cretaceous Crato Formation of northeast Brazil. *Gondwanagaricites magnificus* gen. et sp. nov. is remarkable for its exceptional preservation as a mineralized replacement in laminated limestone, as all other fossil mushrooms are known from amber inclusions. *Gondwanagaricites* represents the oldest fossil mushroom to date and the first fossil mushroom from Gondwana.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199660>

# Cientistas descobriram que...

Fósseis de fungos nos ajudam a contar a história da vida no planeta

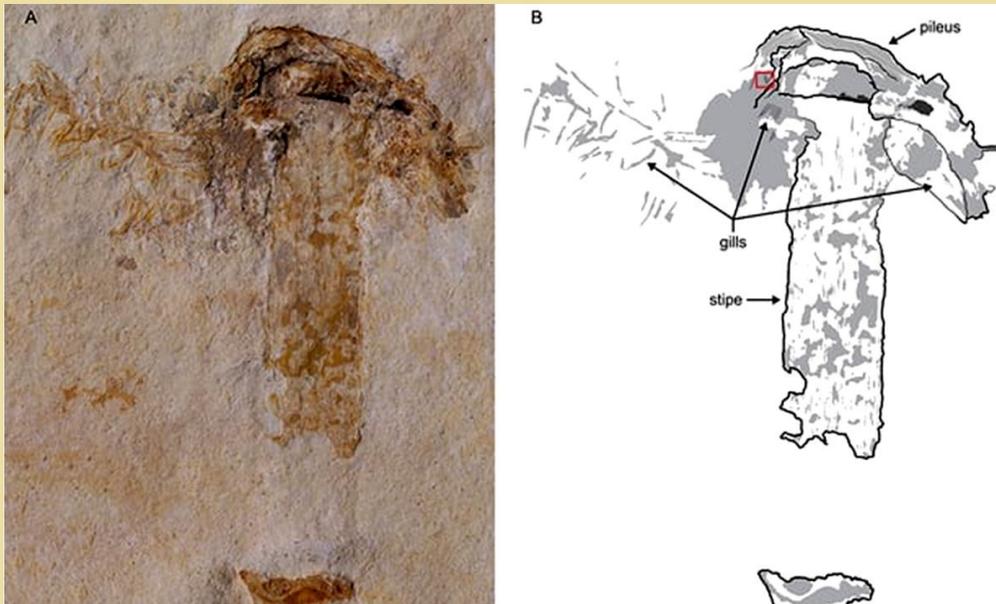


FIGURA 1: *Gondwanagaricites magnificus* (A) foto do fóssil de cogumelo mais antigo, depositado no Herbário URM da Universidade Federal de Pernambuco. (B) Desenho interpretativo do cogumelo fóssil, mostrando regiões anatômicas que comprovam a identidade fúngica (fonte: artigo original Heads et al. 2017)



Original Article

## Cord-forming Palaeozoic fungi in terrestrial assemblages

Martin R. Smith ✉

First published: 02 March 2016 | <https://doi.org/10.1111/boj.12389> | Citations: 3

[Read the full text >](#)

[PDF](#) [TOOLS](#) [SHARE](#)

### Abstract

The fossil record paints a thin picture of early terrestrial life. Useful diagnostic features are rare in the organic-walled fossils of the first land colonizers, and at first glance the Silurian–Devonian *Tortotubus protuberans* seems no exception. Now, new material from New York, Gotland and Scotland reveals the ontogenesis and affinity of this problematic organism. Its filamentous early stages (previously referred to *Ornatifilum lornensis*) demonstrate simple septal perforations and a bilayered cell wall; threads of entwined filaments, bounded by an elaborately sculptured surface, arose via the retrograde growth and subsequent proliferation of secondary branches. This morphology and pattern of growth together indicate an affinity with the ‘higher’ fungi (Dikarya) and document the formation of differentiated mycelium. The presence of complex mycelial fossils in the earliest Silurian corroborates the likely contribution of fungi to the colonization of land and the establishment of modern sedimentological systems; their rise seemingly accompanied the diversification of early embryophytes and the vegetation of the terrestrial biosphere.

<https://doi.org/10.1111/boj.12389>

# Cientistas descobriram que...

Fósseis de fungos nos ajudam a contar a história da vida no planeta

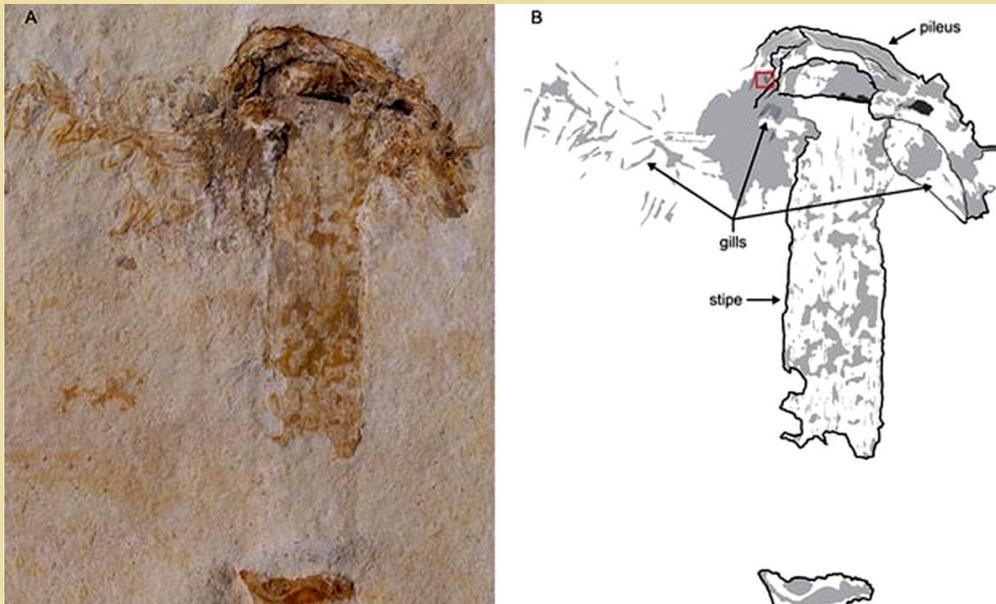


FIGURA 1: *Gondwanagaricites magnificus* (A) foto do fóssil de cogumelo mais antigo, depositado no Herbário URM da Universidade Federal de Pernambuco. (B) Desenho interpretativo do cogumelo fóssil, mostrando regiões anatômicas que comprovam a identidade fúngica (fonte: artigo original Heads et al. 2017)

Original Articles

## Affinities and architecture of Devonian trunks of *Prototaxites loganii*

G.J. Retallack & Ed Landing

Pages 1143-1158 | Received 11 Dec 2013, Accepted 24 May 2014, Published online: 20 Jan 2017

Cite this article | <https://doi.org/10.3852/13-390> | Check for updates

Full Article | Figures & data | References | Supplemental | Citations | Metrics | Reprints & Permissions | Read the full article

### Abstract

Devonian fossil logs of *Prototaxites loganii* have been considered kelp-like aquatic algae, rolled up carpets of liverworts, enormous saprophytic fungal fruiting bodies or giant lichens. Algae and rolled liverwort models cannot explain the proportions and branching described here of a complete fossil of *Prototaxites loganii* from the Middle Devonian (386 Ma) Bellvale Sandstone on Schunnemunk Mountain, eastern New York. The “Schunnemunk tree” was 8.83 m long and had six branches, each about 1 m long and 9 cm diam, on the upper 1.2 m of the main axis. The coalified outermost layer of the Schunnemunk trunk and branches have isotopic compositions ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ) of  $-25.03 \pm 0.13\%$  and  $-26.17 \pm 0.69\%$ , respectively. The outermost part of the trunk has poorly preserved invaginations above cortical nests of coccoid cells embraced by much-branched tubular cells. This histology is unlike algae, liverworts or vascular plants and most like lichen with coccoid chlorophyte phycobionts. *Prototaxites* has been placed within Basidiomycota but lacks clear dikaryan features. *Prototaxites* and its extinct order Nematophytales may belong within Mucoromycotina or Glomeromycota.

Related to  
People also read  
Late-Pleistocene alpine, snow-melted  
Massachusetts  
Norton G. M.  
Journal of Botany  
Published online  
Three 19th-century  
Charles E. C.

<https://doi.org/10.3852/13-390>

# Cientistas descobriram que...

Fósseis de fungos nos ajudam a contar a história da vida no planeta

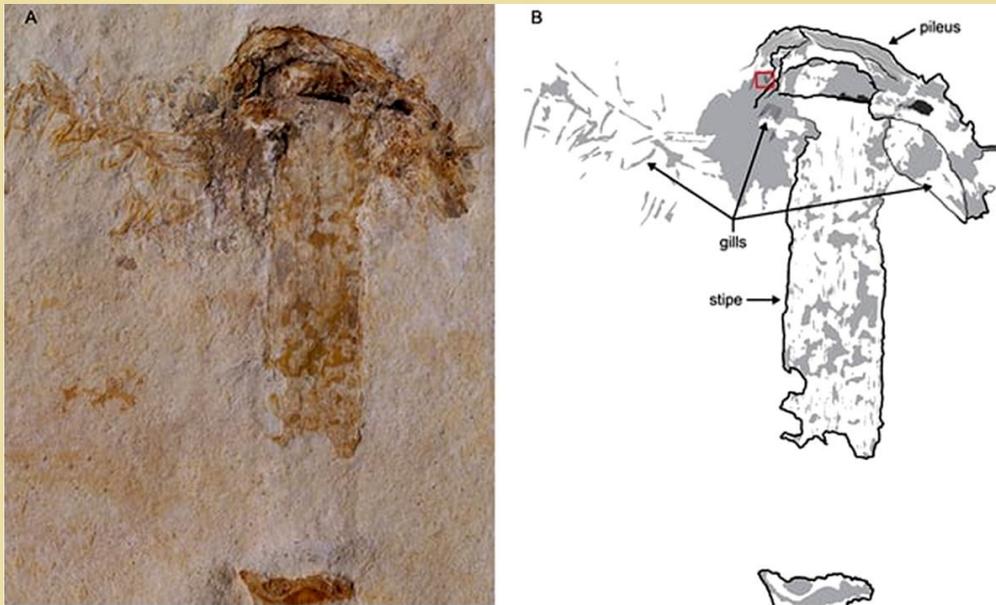


FIGURA 1: *Gondwanagaricites magnificus* (A) foto do fóssil de cogumelo mais antigo, depositado no Herbário URM da Universidade Federal de Pernambuco. (B) Desenho interpretativo do cogumelo fóssil, mostrando regiões anatômicas que comprovam a identidade fúngica (fonte: artigo original Heads et al. 2017)

[nature](#) > [nature ecology & evolution](#) > [articles](#)

<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0141>

Article | Published: 24 April 2017

## Fungus-like mycelial fossils in 2.4-billion-year-old vesicular basalt

[Stefan Bengtson](#) , [Birger Rasmussen](#) , [Magnus Ivarsson](#), [Janet Muhling](#), [Curt Broman](#), [Federica Marone](#), [Marco Stampanoni](#) & [Andrey Bekker](#)

[Nature Ecology & Evolution](#) **1**, Article number: 0141 (2017) | [Cite this article](#)

12k Accesses | 92 Citations | 453 Altmetric | [Metrics](#)

### Abstract

Fungi have recently been found to comprise a significant part of the deep biosphere in oceanic sediments and crustal rocks. Fossils occupying fractures and pores in Phanerozoic volcanics indicate that this habitat is at least 400 million years old, but its origin may be considerably older. A 2.4-billion-year-old basalt from the Palaeoproterozoic Ongeluk Formation in South Africa contains filamentous fossils in vesicles and fractures. The filaments form mycelium-like structures growing from a basal film attached to the internal rock surfaces. Filaments branch and anastomose, touch and entangle each other. They are indistinguishable from mycelial fossils found in similar deep-biosphere habitats in the Phanerozoic, where they are attributed to fungi on the basis of chemical and morphological similarities to living fungi. The Ongeluk fossils, however, are two to three times older than current age estimates of the fungal clade. Unless they represent an unknown branch of fungus-like organisms, the fossils imply that the fungal clade is considerably older than previously thought, and that fungal origin and early evolution may lie in the oceanic deep biosphere rather than on land. The Ongeluk discovery suggests that life has inhabited submarine volcanics for more than 2.4 billion years.

# Cientistas descobriram que...

Uma pequena história sobre fungos, plantas fósseis e mudanças climáticas



Science

Current Issue First release papers Archive About Submit manu

## The Paleozoic Origin of Enzymatic Lignin Decomposition Reconstructed from 31 Fungal Genomes

DIMITRIOS FLOUDAS, MANFRED BINDER, ROBERT RILEY, KERRIE BARRY, ROBERT A. BLANCHETTE,

JOSEPH W. SPATAFORA, [...] AND DAVID S. HIBBETT +61 authors Authors Info & Aff

SCIENCE · 29 Jun 2012 · Vol 336, Issue 6089 · pp. 1715-1719 · DOI:10.1126/science.12211

5.264 1.174

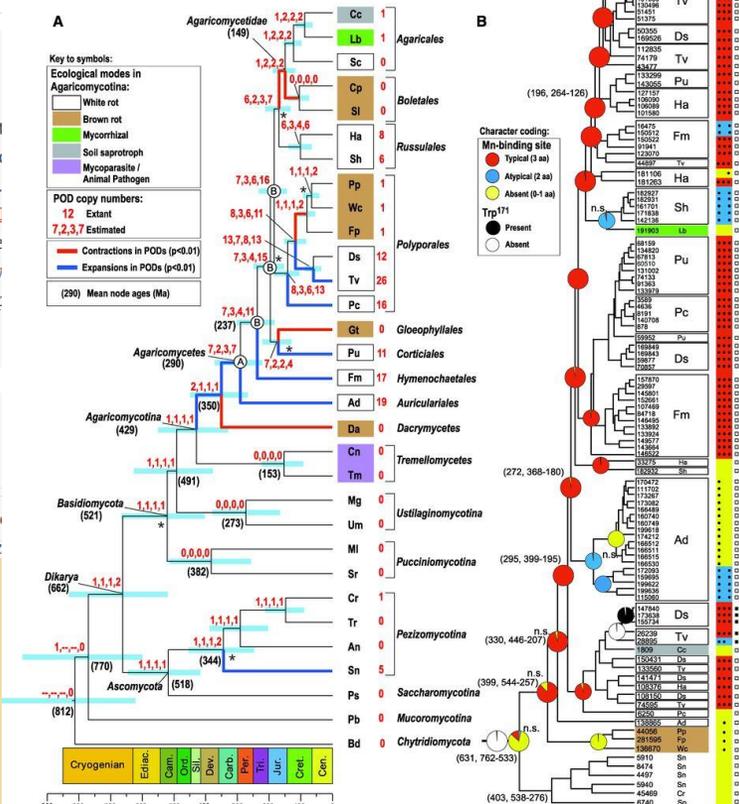
### Dating Wood Rot

Specific lineages within the basidiomycete fungi, with the ability to break up a major structural component of wood relative to their non-lignin-decaying brown rot relatives. Through genetic sampling of fungal genomes, Floudas *et al.* (p. 1715) mapped the detailed evolution of wood-decay enzymes and other enzymes involved in lignin decay to the ancestor of the Agaricomycetes. These genes then expanded in parallel, giving rise to white rot lineages.

### Abstract

Wood is a major pool of organic carbon that is highly resistant to degradation largely to the presence of lignin. The only organisms capable of breaking down lignin are fungi, which

<https://doi.org/10.1126/science.1221174>



# Cientistas descobriram que...

Fungos estruturam a internet natural das florestas



Fonte da imagem: <http://timewheel.net/>

## Trends in Plant Science



Volume 17, Issue 11, November 2012, Pages 633-637

Opinion

### Fungal superhighways: do common mycorrhizal networks enhance below ground communication?

E. Kathryn Barto <sup>1</sup>, Jeffrey D. Weidenhamer <sup>2</sup>, Don Cipollini <sup>3</sup>, Matthias C. Rillig <sup>1</sup>

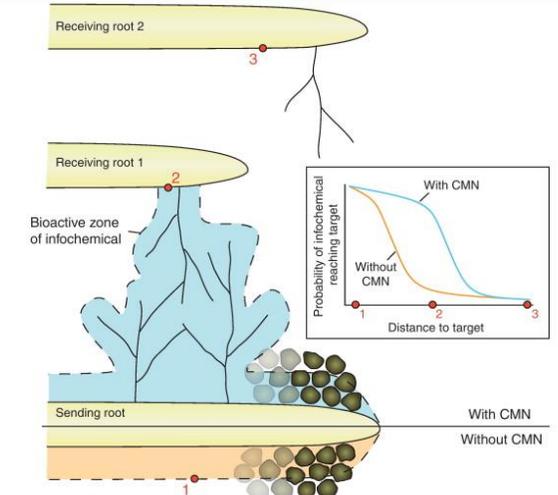
Show more ▾

+ Add to Mendeley   Share   Cite

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.06.007>

[Get rights and content](#)

In many natural communities communication ground drives community dynamics. This communication involves the transport and detection of infochemicals, which must travel long distances. In this opinion article, we propose the Network Enhancement Hypothesis, which posits that common mycorrhizal networks (CMNs) enhance the transport of infochemicals by serving as superhighways directed toward target plants. We argue that infochemical transport *via* CMNs allows for more efficient communication between plant populations and directed allelochemical interactions may also be facilitated by CMNs, suggesting that these networks may play a role in community structure and dynamics.



<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.06.007>

# Cientistas descobriram que...

Os fungos podem salvar as abelhas?



Figura 1. Ilustração interpretativa das interações dos fungos com outros seres vivos em um ambiente natural.

Fonte: <https://fungi.com>

## Extracts of Polypore Mushroom Mycelia Reduce Viruses in Honey Bees

Paul E. Stamets, Nicholas L. Naeger, Jay D. Evans, Jennifer O. Han, Brandon K. Hopkins, Dawn Lopez, Henry M. Moershel, Regan Nally, David Sumerlin, Alex W. Taylor, Lori M. Carris & Walter S. Sheppard

*Scientific Reports* 8, Article number: 13936 (2018) | [Cite this article](#)

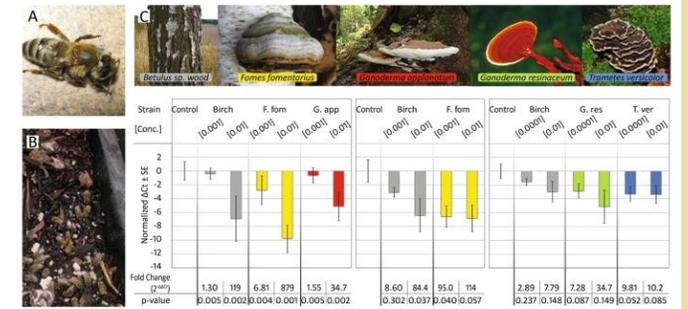
149k Accesses | 34 Citations | 914 Altmetric | [Metrics](#)

### Abstract

Waves of highly infectious viruses sweeping through global honey bee populations have contributed to recent declines in honey bee health. Bees have been observed foraging on mushroom mycelium, suggesting

from fungi. Fungi are known to p including compounds active agai the mycelium of multiple polypor from amadou (*Fomes*) and reishi wing virus (DWV) and Lake Sinai colonies fed *Ganoderma resinace* 45,000-fold reduction in LSV com may gain health benefits from fun

Figure 1



<https://doi.org/10.1038/s41598-018-32194-8>



*Penicillium* sp.

# Atividade 1 – propriedade rural

Uma propriedade rural atuante na produção de frutas realiza o escoamento dos seus produtos exclusivamente para supermercados e restaurantes. O foco na comercialização de frutas de mesa obrigou os produtores a investirem na manutenção da qualidade das frutas com relação a sua aparência. Sendo assim, o proprietário contratou você, especialista em microbiologia, para avaliar a qualidade das frutas e propor medidas de manutenção da aparência sadia dos frutos que serão comercializados. Para iniciar o trabalho, você fez o registro fotográfico de frutas, bem como a coleta de amostras que já demonstravam características indesejadas (adaptado de GOTTI, 2018).



FIGURAS: A- laranjas com manchas verrugosas escuras e bordas amareladas; B – morango com aspecto aveludado; C – mamão com manchas pretas na casca e brancas na polpa.

- Por que estas frutas apresentam estas modificações? Quais foram os possíveis agentes causadores deste processo?
- Quais medidas podem ser tomadas, tanto em campo como após colheita, para evitar que frutos de mesa apresentem essas modificações?

# Atividade 1 – propriedade rural

## Causas das Modificações nas Frutas:

- **Patógenos:** Microrganismos atacam o tecido sadio das frutas. Exemplo: *Xanthomonas* (cancro cítrico em laranjas).
- Fungos em Morango e Mamão:
  - Morango: *Colletotrichum* sp., *Phytophthora* spp., entre outros.
  - Mamão: *Asperisporium caricae* (varíola), *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnose).

## Medidas Preventivas:

- **Campo:** Uso de fungicidas e controle biológico (*Bacillus* sp., *Trichoderma* sp.).
- **Pós-colheita:** Limpeza com hipoclorito, enxágue, secagem e refrigeração.
- **Manutenção:** Higienizar prateleiras com hipoclorito ou álcool antes da comercialização.

# Atividade 2 – internet da floresta

Pesquisadores do Laboratório Crowther, da Suíça, e da Universidade de Stanford, nos EUA, usaram uma base de dados da Global Forest Initiative, que cobriu 1,2 milhão de árvores de 28 mil espécies em mais de 70 países. Por meio de milhões de observações diretas de árvores e suas associações simbióticas no solo, os pesquisadores puderam construir modelos para visualizar redes de fungos no solo, pela primeira vez (Figura 1).

"Assim como imagens de ressonância magnética do cérebro nos ajuda a entender como ele funciona, esse mapa global dos fungos subterrâneos nos ajuda a entender o funcionamento dos ecossistemas globais" (Thomas Crowther).

Nos últimos anos, o aumento do desmatamento das florestas tem demonstrado relação direta com as mudanças climáticas e estoque de carbono. A longo prazo, tais modificações na temperatura de regiões tropicais e temperadas podem alterar a estrutura da rede de fungos subterrâneos. Diante dessas informações:

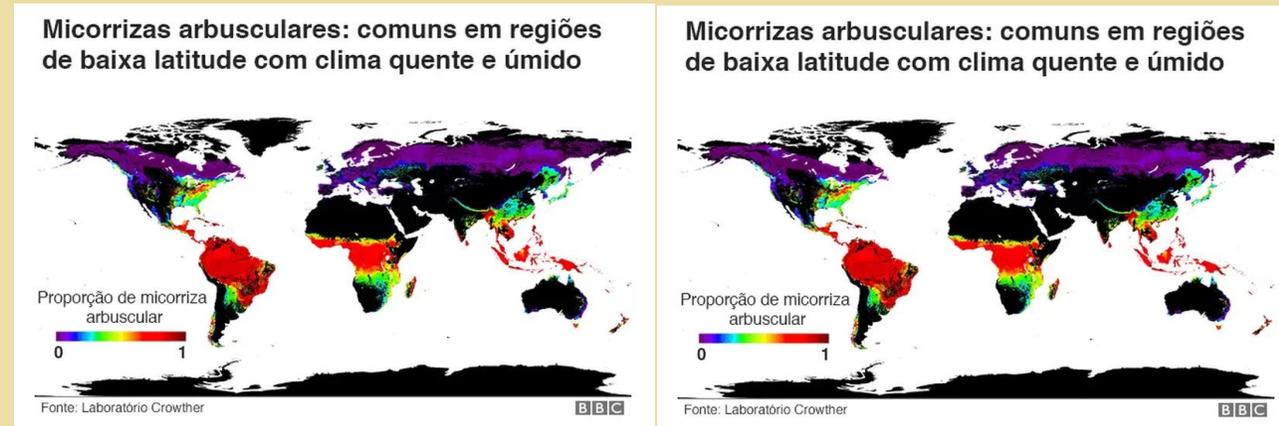


Figura 1 - Proporção de micorrizas arbusculares e ectomicorrizas e sua relação com tipologia de clima em diferentes regiões do mundo. Fonte: CrowtherLab , BBC

- Quais seriam as implicações ecológicas das alterações climáticas na biota dos fungos subterrâneos em regiões tropicais e temperadas?
- Como essas informações obtidas nos mapas podem ajudar a definir estratégias de conservação ambiental das florestas nas diferentes regiões do mundo?

# Atividade 2 – internet da floresta

## **Implicações Ecológicas das Mudanças Climáticas em Fungos Subterrâneos:**

- **Ectomicorrizas:** Comuns em climas temperados, retêm carbono e são mais vulneráveis a mudanças climáticas. Sua perda pode aumentar a liberação de carbono na atmosfera.
- **Micorrizas Arbusculares:** Predominam em regiões tropicais, promovendo o rápido ciclo de carbono. Substituem ectomicorrizas com o aumento da temperatura.

## **Impactos na Conservação e Estratégias Ambientais:**

- Alterações nos tipos de fungos subterrâneos podem acelerar mudanças climáticas.
- Mapas ajudam a identificar quais espécies arbóreas e suas redes simbióticas devem ser restauradas em diferentes regiões.
- Informações podem apoiar campanhas de reflorestamento, como a da ONU, para o plantio de um trilhão de árvores.

# Atividade 3 – insetos zumbi

Nas imagens abaixo é possível observar um pesquisador realizando coletas de material biológico em campo. Entre suas amostras, uma delas é um inseto díptera (mosca) encontrado preso na parte abaxial da folha de uma planta/árvore viva e apresentando estruturas pontiagudas na sua superfície (Figura C). Já na outra fotografia é possível observar uma formiga presa pelas mandíbulas nos ramos de uma bromélia do gênero *Tillandsia*, que é uma planta epífita. Interessante observar que ambos insetos, além de mortos, apresentam “novas estruturas associadas” e estão fixados em partes de plantas vivas, “longe” do solo da floresta.



Fonte: Elisandro Ricardo Drechsler dos Santos

- Por que esses insetos apresentam essas “novas estruturas”? Explique.
- Por que os insetos estão fixos (presos) nos ramos/folhas das árvores?

# Atividade 3 – insetos zumbi

## Razão das "Novas Estruturas" nos Insetos:

Ambos os insetos foram infectados por fungos entomopatogênicos:

- **Mosca:** Estruturas reprodutivas do fungo *Ophiocordyceps dipterigena*.
- **Formiga:** Estruturas do fungo *Ophiocordyceps unilateralis*.

Esses fungos manipulam o comportamento dos insetos, levando-os a locais favoráveis para a esporulação.

## Fixação dos Insetos nas Plantas:

- Fungos controlam o movimento dos insetos, fixando-os em locais elevados para facilitar a dispersão de esporos.
- A fixação em substratos resistentes (ex.: galhos) permite que o fungo complete seu ciclo de vida, liberando esporos que poderão infectar outros insetos.

# Atividade 4 -blobs

Em uma aula de campo de Biologia os alunos realizaram diversos registros fotográficos, tanto de plantas, animais e fungos. No entanto, algumas fotos os deixaram intrigados por não conseguirem decifrar de imediato, que tipo de organismo estavam visualizando. Entre os relatos dos alunos, foi unânime que esses organismos eram gelatinosos ou que apresentavam um emaranhado de fios cilíndricos, com aspecto semelhante a fios de lã ou cabelo. Vejam as fotos logo abaixo.

- Qual a classificação desses organismos? São fungos, animais ou vegetais? Por quê?
- Faça uma descrição das características morfológicas de cada uma das fotos apresentadas e busque informações taxonômicas e ecológicas desses organismos.



# Atividade 4 –blobs

## Classificação dos Organismos:

Esses organismos são mixoamebas, também conhecidos como "pseudo-fungos" ou "fungos falsos". Pertencem ao Reino Protista e foram inicialmente classificados incorretamente como fungos.

Diferenças chave em relação aos fungos:

- **Nutrição:** Mixoamebas são fagotróficas (ingestão), enquanto fungos realizam absorção.
- **Estrutura Celular:** Nas mixoamebas, a parede celular é encontrada apenas nos esporos e é composta por celulose, ao contrário dos fungos, que possuem parede celular de quitina.

## Características Morfológicas das Imagens:

1. **Primeira Imagem:** Fase plasmodial (móvel) do gênero *Hemitrichia*. [DISCORDO, parece *Physarum*, "blob"]
2. **Segunda e Terceira Imagens:** Fase de esporóforo (não móvel) do gênero *Stemonitis*, responsáveis pela produção de esporos.

# Atividade 5 – investigação forense

Você agora é um perito/investigador (tipo CSI), especialista em microrganismos e com grande conhecimento sobre os fungos. Você foi convocado a dar um parecer técnico-científico para o caso que um Juiz (via Receita Federal) está para tomar uma decisão. O referido caso se trata de uma carga de tecidos oriunda da China que sofreu recentemente um incêndio no seu destino, o Porto de Itajaí. Os bombeiros apagaram o fogo antes que o material do contêiner fosse totalmente incinerado. No entanto, esta parte “salva” (70% da carga) ficou totalmente molhada e continua úmida há exatas quatro semanas. Os proprietários da carga, que está presa na aduana portuária, alegam à Receita Federal que não podem pagar os impostos ao governo brasileiro de uma mercadoria que nem poderão comercializar. Diante da situação, o Juiz, para ter certeza da inviabilidade de comércio dos tecidos, enviou amostras destes tecidos para você dar um parecer técnico científico..

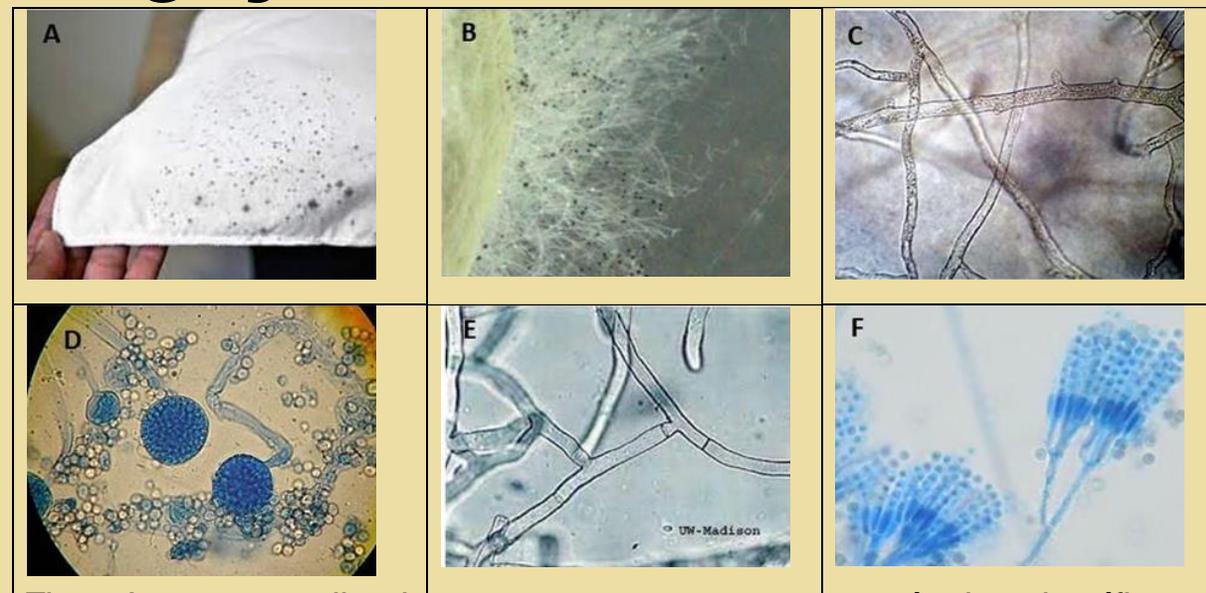


Fig 1. Imagens realizadas para comporem o parecer técnico-científico: a) tecido com manchas; b) destaque para estruturas observadas em algumas manchas sob estereomicroscópio (lupa aumento 40X); c-d-e-f) estruturas microscópicas em evidência (100X) observadas em microscópio.

- Inicialmente, o que você faria para verificar se o material está comprometido por microrganismos e o que seriam evidências claras da presença dos mesmos na amostra?**
- Quais as primeiras estruturas/informações na amostra que te auxiliam na identificação dos fungos e quais grupos de fungos?**

# Atividade 5 – investigação forense

## 1. Verificação de Contaminação por Microrganismos:

- **Observação Visual:** Manchas de mofo ou bolor visíveis a olho nu.
- **Exame em Microscopia:** Análise de amostras em estereomicroscópio e microscópio para identificar micélio (hifas) e estruturas produtoras de esporos.
- Não utilizar o termo micélio vegetativo pois não são plantas

## 2. Estruturas e Informações para Identificação dos Fungos:

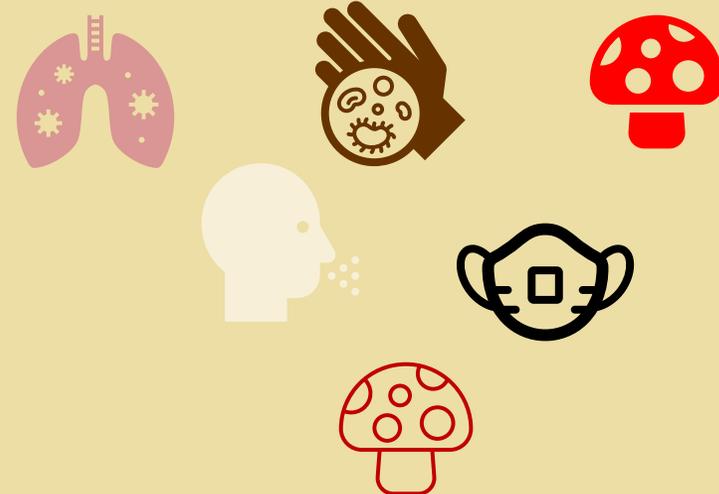
- **Hifas:** Cenocíticas (sem septação) ou septadas (importante para a diversificação evolutiva).
- **Grupos de Fungos:**
  - **Zygomycota s.l.:** Hifas cenocíticas, como nas figuras C e D.
  - **Ascomycota e Basidiomycota:** Hifas septadas e incluem espécies como *Penicillium* (figuras E e F), que podem formar macroestruturas visíveis.

# Atividade 6 – micotoxicoses

O problema das micotoxicoses vem ganhando importância. Historicamente foram relatados casos de mortes em humanos e animais: No milênio passado o ergotismo foi responsável pela morte de milhares de pessoas na Europa (MATOSSIAN, 1981). A aleluia tóxica alimentar (ATA) matou cerca de 100.000 russos entre 1942 e 1948 (JOFFE, 1978). A aflatoxicose matou 100.000 perus jovens no Reino Unido, em 1960, podendo ser responsável pela morte de outros animais e até de humanos (RODRICKS et al., 1977; PITT e HOCKING, 1986). No noroeste da Índia, em 1974, ocorreu um surto de aflatoxina B1 em 397 pessoas, após a ingestão de milho contaminado, cerca de 108 pessoas morreram. Outro surto devido à ingestão de alimento contaminado com aflatoxina B1 foi verificado no Quênia, em 1982, quando 20 pessoas adoeceram e 12 delas morreram. “Historicamente o homem utiliza microrganismos como forma de se defender e também para atacar seus inimigos. Com o avanço no estudo de microbiologia e engenharia genética, essas armas se tornaram cada vez mais eficazes e perigosas.” Diante desse cenário apresentado:

Fungos que produzem micotoxinas poderiam ser utilizados para criar armas biológicas? Como?

- Quais são as espécies potenciais produtoras de micotoxinas?
- Quais são os principais substratos onde tais espécies são encontradas?
- Quais são os principais agravos à saúde?
- O que poderia ser feito para evitar possíveis danos à saúde humana?



# Atividade 6 – micotoxicoses

## Uso de Micotoxinas como Armas Biológicas

- Micotoxinas como tricotecenos podem ser dispersas pelo ar, alimentos ou através de munições, causando sintomas graves em humanos.

### a) Espécies Produtoras de Micotoxinas:

- **Aflatoxinas:** *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*
- **Ocratoxina:** *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium verrucosum*
- **Zearalenona:** *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*
- **Fumonisinias:** *Fusarium proliferatum*, *F. moniliforme*
- **Patulina:** *Penicillium*, *Aspergillus*
- **Alcaloides de ergot:** *Claviceps purpurea*
- **Tricotecenos:** Algumas espécies de *Fusarium*

# Atividade 6 – micotoxicoses

- **b) Principais Substratos:**

- **Aflatoxina:** Milho, amendoim, castanha do Pará.
- **Ocratoxina:** Cevada, café, vinho.
- **Zearalenona:** Trigo, cevada, milho.
- **Fumonisinias:** Milho.
- **Patulina:** Maçãs, sucos de uva.
- **Alcaloides de ergot:** Centeio, trigo.

- **c) Agravos à Saúde:**

- **Aflatoxina:** Vômitos, febre, baixa imunidade.
- **Ocratoxina:** Nefrotóxica, carcinogênica.
- **Zearalenona:** Puberdade precoce, problemas reprodutivos.
- **Fumonisinias:** Câncer de esôfago, leucoencefalomalácia.
- **Patulina:** Convulsões, neurotoxicidade.
- **Alcaloides de ergot:** Gangrena, convulsões.

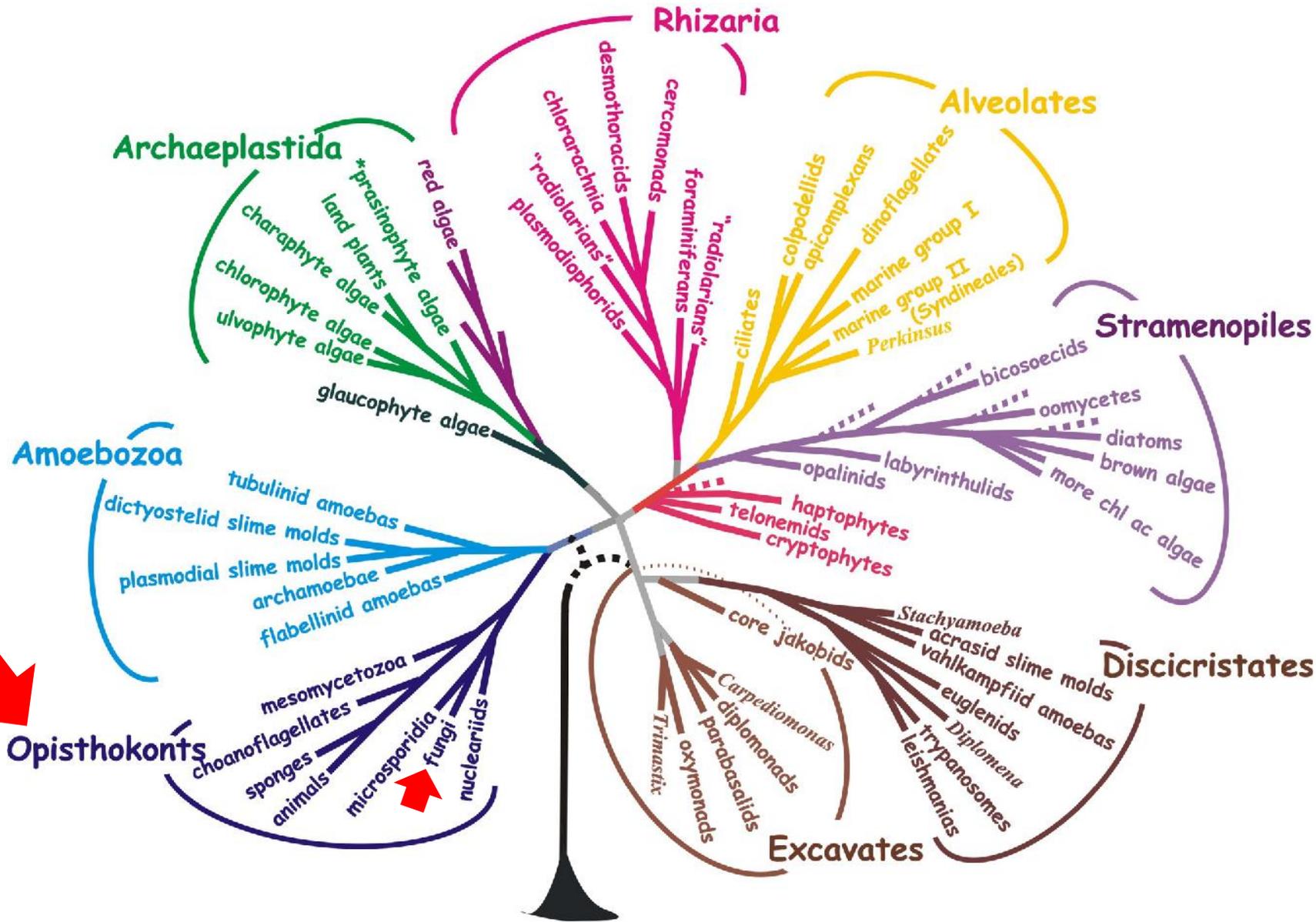
- **d) Prevenção:**

- Desenvolvimento de métodos de detecção e descontaminação.
- Ligantes para tornar micotoxinas indisponíveis ao organismo.
- Processamento adequado para reduzir toxinas (ex: cozimento para alcaloides de ergot).

- ✓ O QUE DEFINE UM FUNGO?
- ✓ VOCÊ CONHECE A HISTÓRIA EVOLUTIVA DOS FUNGOS?
- ✓ QUAL A FUNÇÃO ECOLÓGICA DOS FUNGOS?



NAMESMA  
LINHAGEM  
DOS ANIMAIS

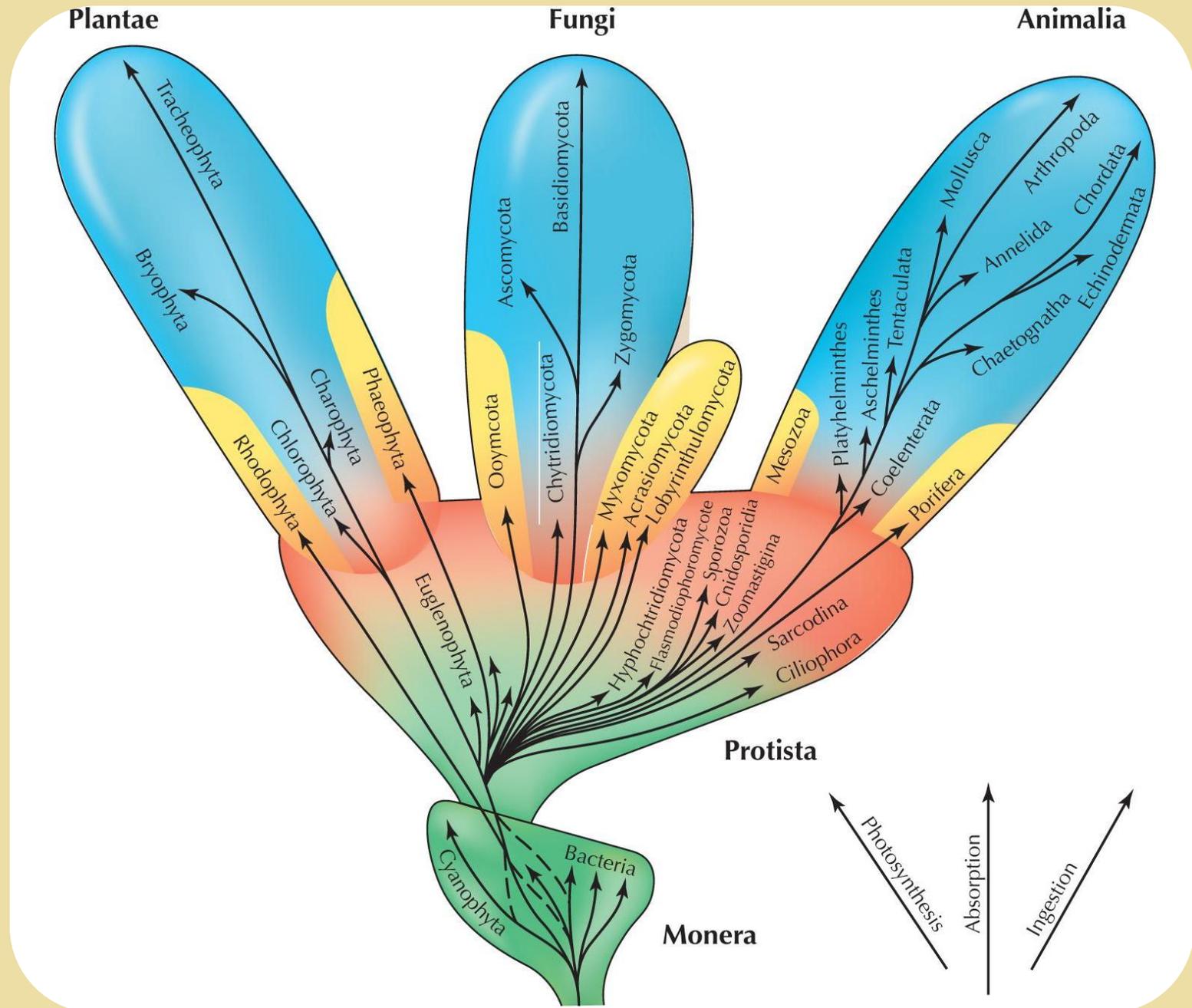


Árvore filogenética não enraizada de eucariotos, baseada em dados moleculares e ultraestruturais (Baudauf, 2003)

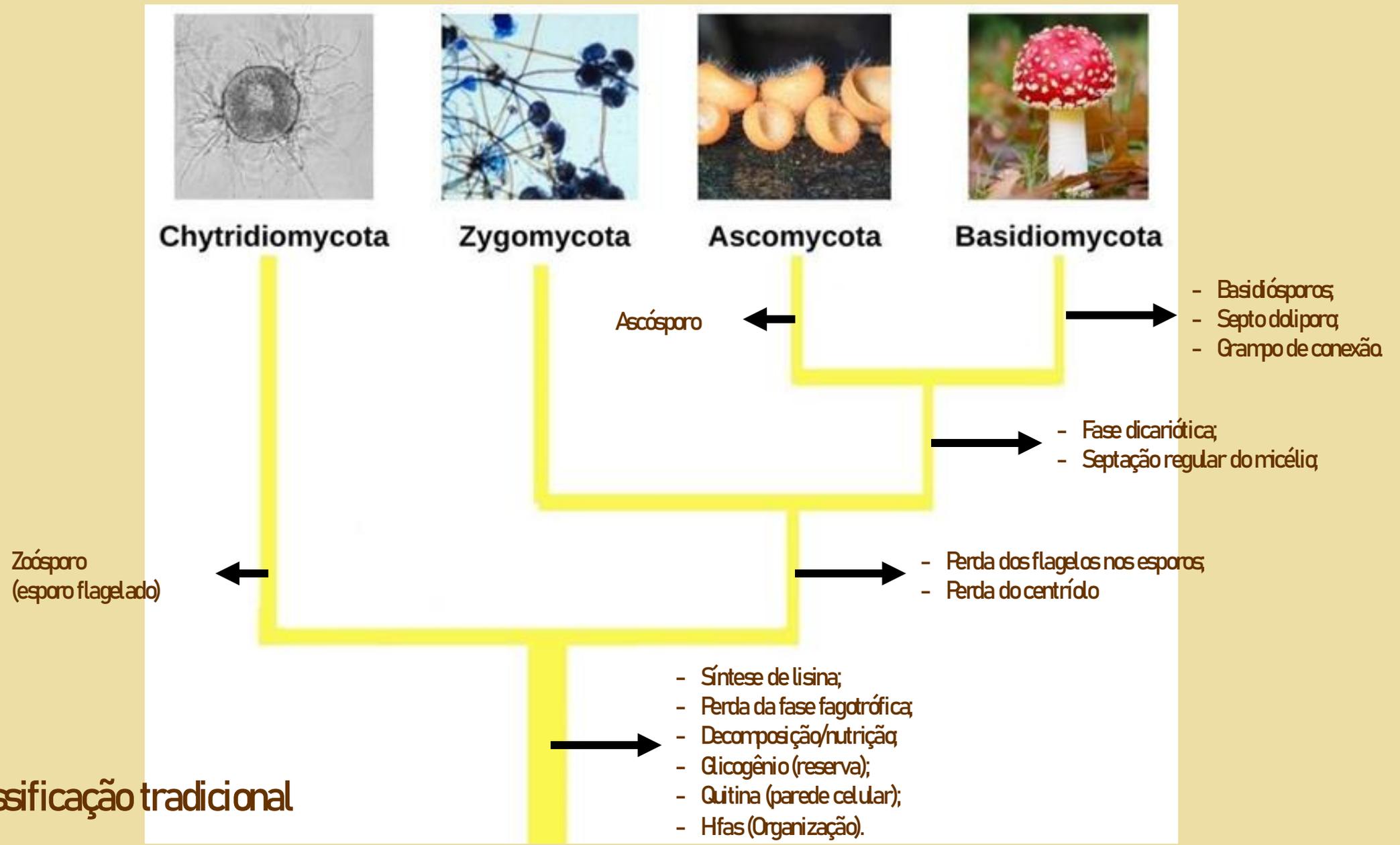
- **Organização em um reino distinto**  
(R. W. Whittaker, 1969)



- Estrutura somática;
- Modo de nutrição;
- Modo de reprodução.



# Taxonomia de fungos



- A classificação tradicional

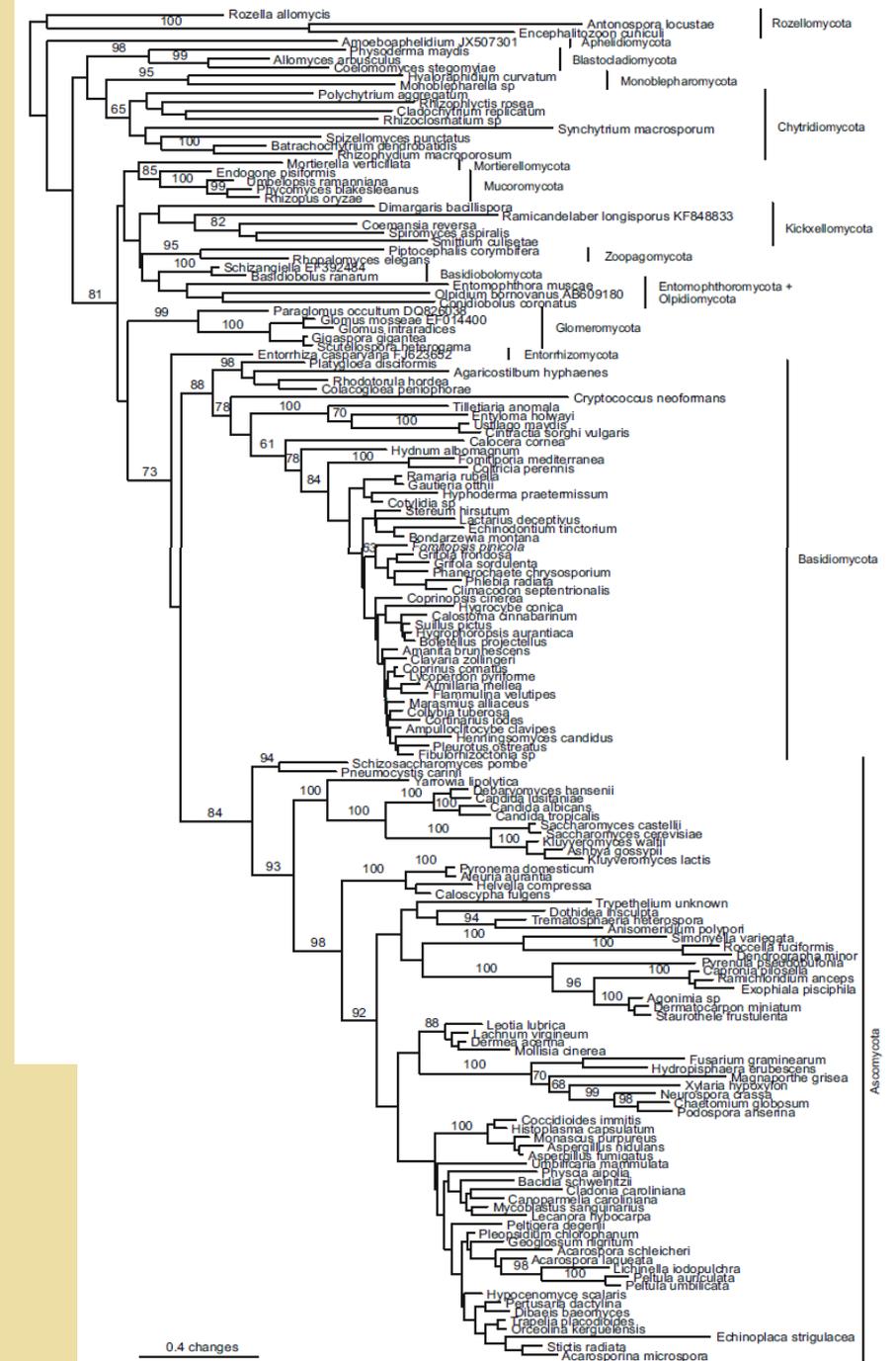


# High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses

Leho Tedersoo<sup>1,2,3</sup> · Santiago Sánchez-Ramírez<sup>4</sup> · Urmaz Kõljalg<sup>1,2</sup> · Mohammad Bahram<sup>3,5</sup> · Markus Döring<sup>6</sup> · Dmitry Schigel<sup>6,7</sup> · Tom May<sup>8</sup> · Martin Ryberg<sup>5</sup> · Kessy Abarenkov<sup>1</sup>

SUBKINGDOM Rozellomycota
Phylum Rozellomycota
SUBKINGDOM Aphelidiomycota
Phylum Aphelidiomycota
SUBKINGDOM Blastocladiomycota
Phylum Blastocladiomycota
SUBKINGDOM Chytridiomycota
Phylum Chytridiomycota
Phylum Monoblepharomycota
Phylum Neocallimastigomycota
SUBKINGDOM Olpidiomycota
Phylum Olpidiomycota
SUBKINGDOM Basidiobolomycota
Phylum Basidiobolomycota

SUBKINGDOM Zoopagomycota
Phylum Entomophthoromycota
Phylum Kickxellomycota
Phylum Zoopagomycota
SUBKINGDOM Mucoromycota
Phylum Mucoromycota
Phylum Mortierellomycota
Phylum Calcarisporiellomycota
Phylum Glomeromycota
SUBKINGDOM Dikarya
Phylum Entorrhizomycota
Phylum Basidiomycota
Phylum Ascomycota



1 Reino (Fungi) | 9 Sub-reino (Dikaria) | 18 Filos

# CARACTERÍSTICAS GERAIS

- ✓ Eucarióticos
- ✓ Heterótrofos por absorção extracelular
- ✓ Parede celular: quitina
- ✓ Polissacarídeo de reserva: glicogênio
- ✓ Não possui tecidos verdadeiros (corpo = talo)
- ✓ Sésseis: vida livre, parasitas ou simbiontes
- ✓ Aquáticos ou terrestres
- ✓ Reprodução sexuada e assexuada por esporos



# CARACTERÍSTICAS GERAIS - NUTRIÇÃO

- ✓ NUTRIÇÃO POR ABSORÇÃO: liberação no ambiente de enzimas hidrolíticas que degradam biopolímeros (lignina e celulose) e absorção extracelular dos nutrientes
- ✓ HETERÓTROFOS: obtenção de carbono do corpo de organismos vivos ou mortos

→ **SAPRÓBIOS** (maioria): Decomposição de matéria orgânica morta → Principais decompositores da biosfera  
↳ Ciclagem de nutrientes

→ **PARASITAS**: Utilizam matéria orgânica viva (vegetais, animais, fungos,...)

→ **SIMBIONTES** (Ex: Líquens e micorrizas)

Alga: fornece matéria orgânica

Funga: fornece minerais e estrutura física



Líquen

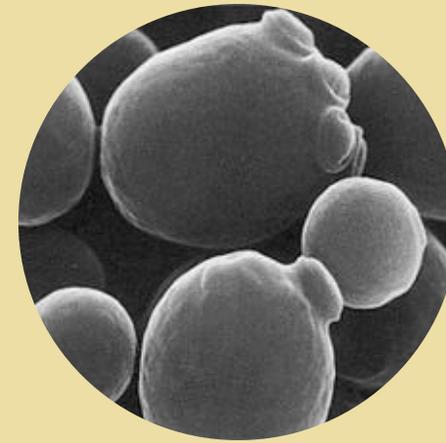


Raízes com e sem micorrizas

# CARACTERÍSTICAS GERAIS - MORFOLOGIA

## UNICELULARES

Ex: leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*)



*Saccharomyces cerevisiae*

## MULTICELULARES

✓ HFA: Filamento delgado e ramificado. Podem ser:

- CENOÓTICAS

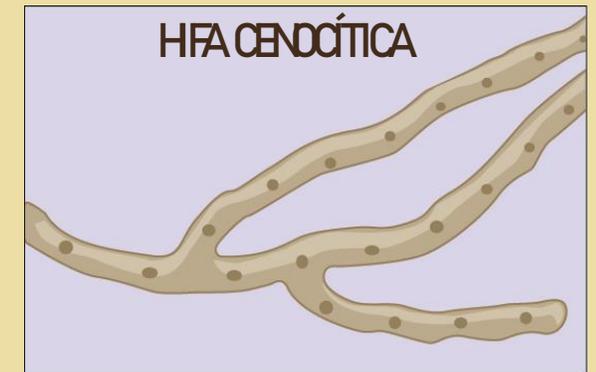
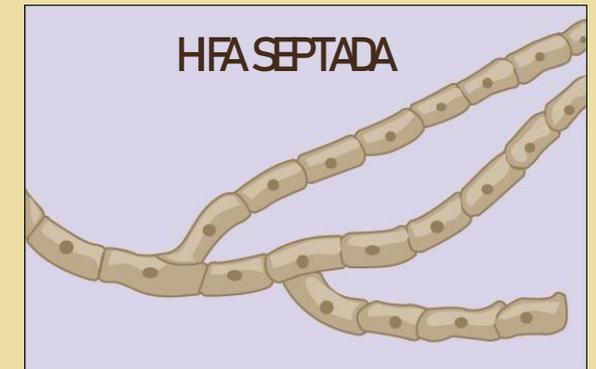
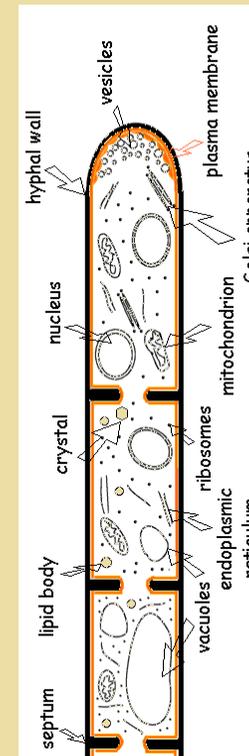
Sem septos: tubo contínuo multinucleado

- SEPTADAS

Septos incompletos (com poros) individualizando células  
Comunicação entre citoplasmas

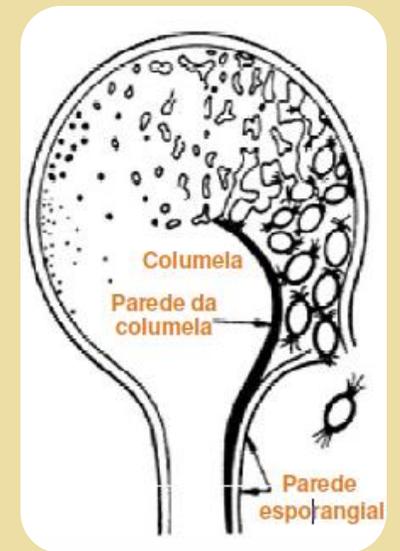
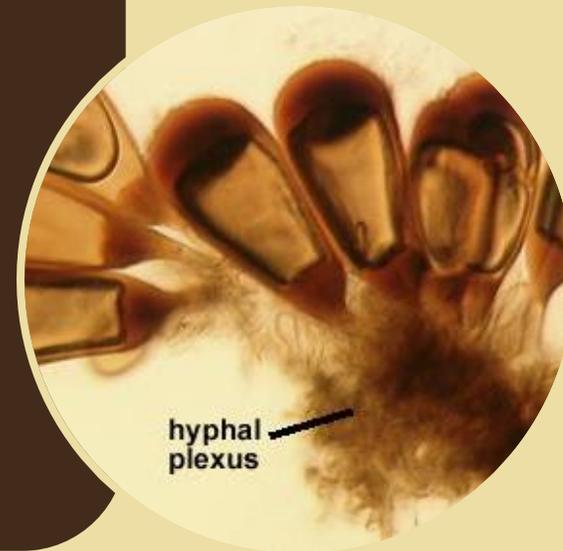
Cel. com um (monocariótica) ou dois (dicariótica)

✓ MCELQ: conjunto de hifas



# CARACTERÍSTICAS GERAIS - REPRODUÇÃO

- ✓ Diversificado e com ciclos complexos
- ✓ Ciclos de vida combinando reprodução sexuada e assexuada
- ✓ Produção de esporos
  - Por mitose na reprodução assexuada:  
mitósporos
  - Por meiose na reprodução sexuada:  
meiósporos



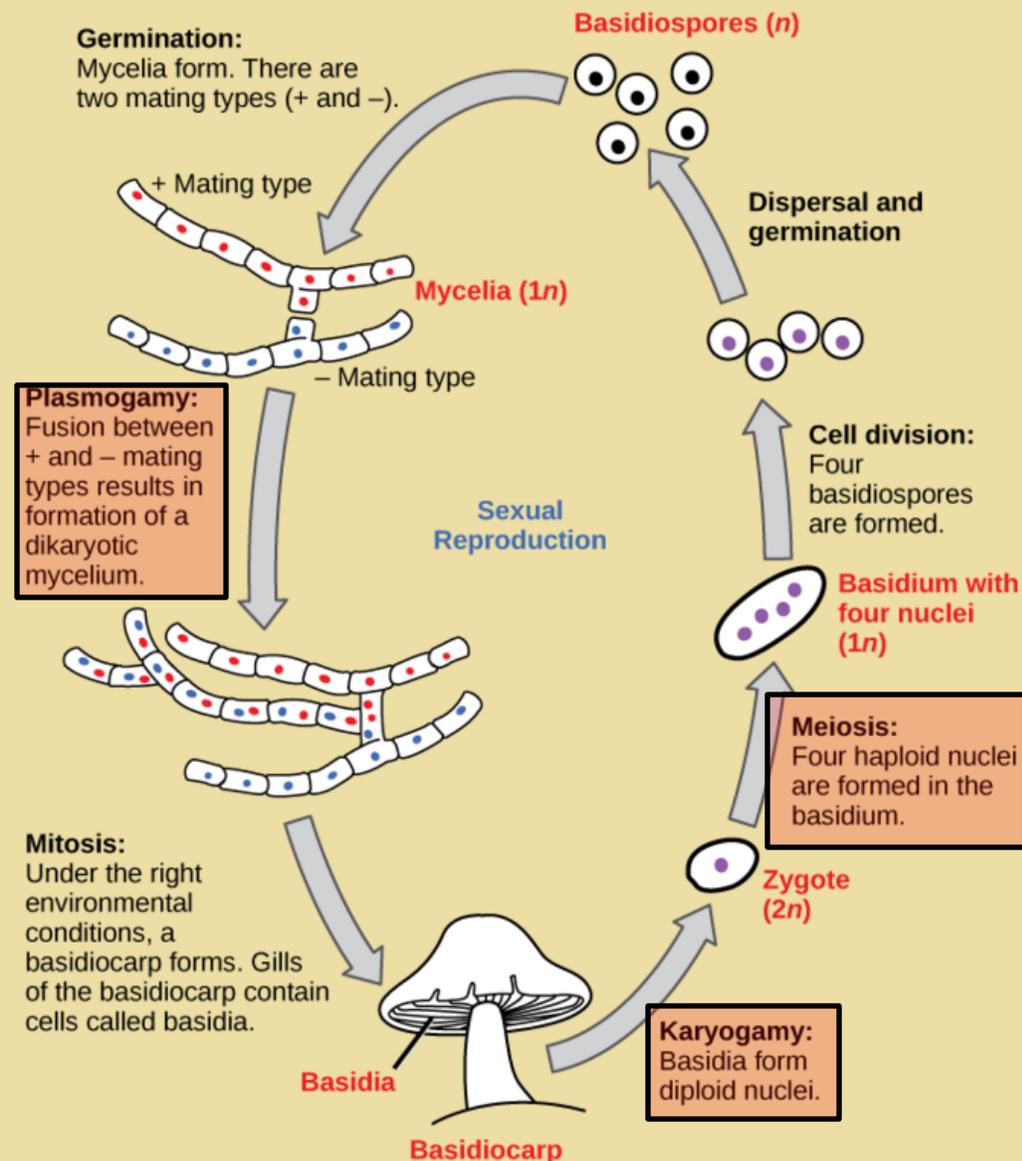
# CARACTERÍSTICAS GERAIS - REPRODUÇÃO

## ✓ REPRODUÇÃO ASSEXUADA

- Fragmentação de hifas ou
- Produção de esporos em estruturas especializadas (esporângios) ou células esporogênicas.

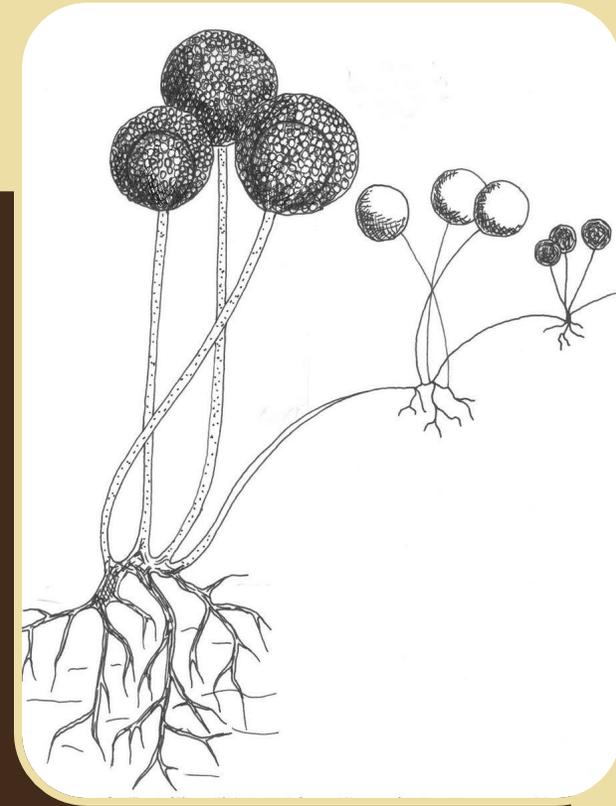
## ✓ REPRODUÇÃO SEXUADA em três etapas:

- União de protoplastos das hifas (plasmogamia)
- União dos núcleos (cariogamia)
- Meiose



# FILO MUCOROMYCOTA

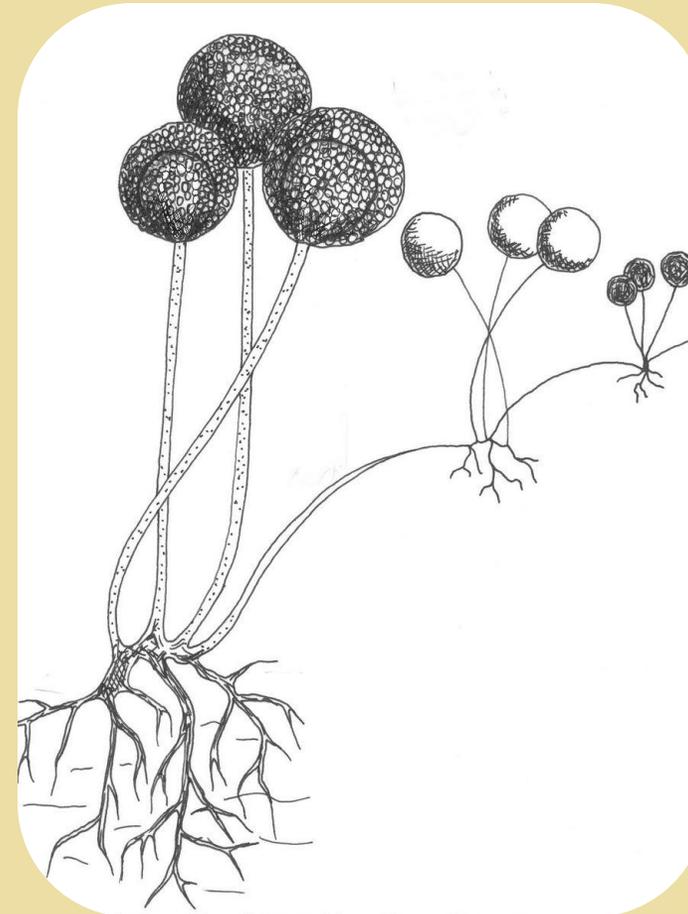
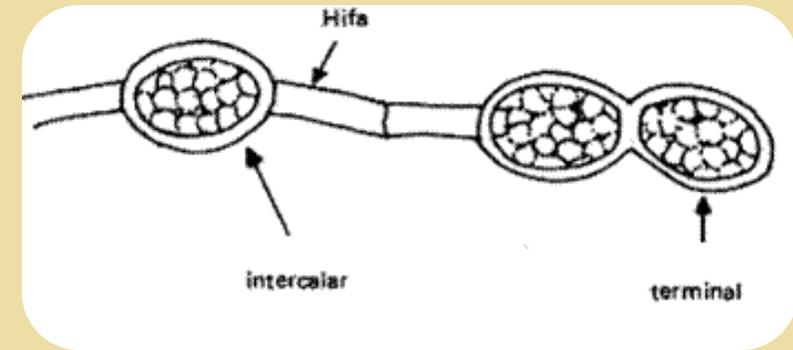
- ✓ Multicelulares – micélio cenocítico
- ✓ Terrestres
- ✓ Sapróbios, parasitas ou simbiontes



# FILO MUCOROMYCOTA

## REPRODUÇÃO ASSEXUAL

- Esporangiosporos: produzidos em esporângios
- Artrosporos: formado pela fragmentação das hifas
- Clamidosporos (estrutura de resistência): formado pela transformação da hifa

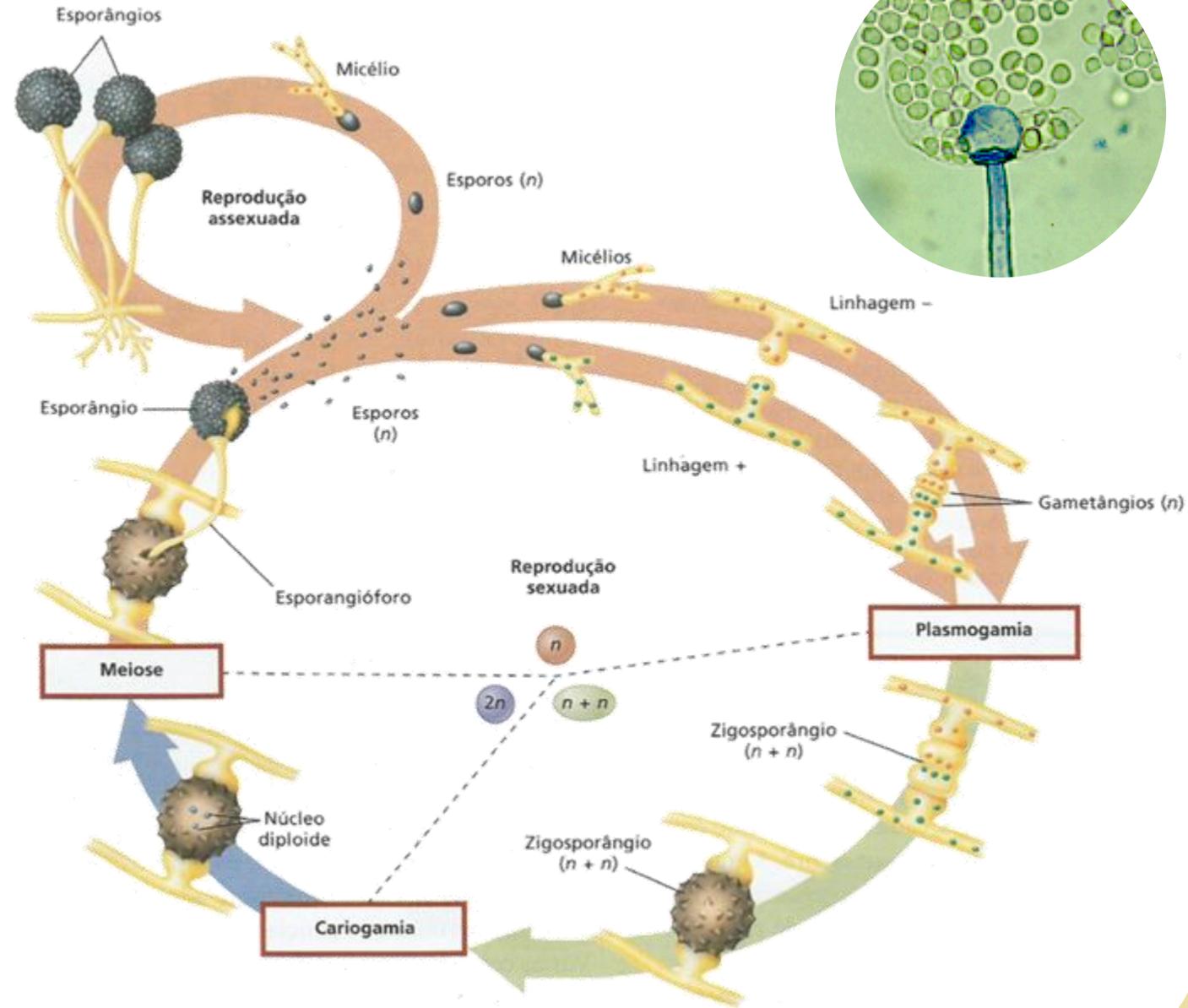


# FILO MUCOROMYCOTA

## REPRODUÇÃO SEXUADA

Produção de ZIGOSPORÂNGIOS: esporos de resistência que germinam em condições favoráveis

- Fusão das hifas (plasmogamia) e transferência de núcleos
- Formação do zigoesporângio
- Fusão dos núcleos (cariogamia)
- Meiose e produção dos zigósporos



# FILO MUCOROMYCOTA

## IMPORTÂNCIA DO GRUPO

- Indústria alimentícia
- Bolor em produtos agrícolas (flores, frutos carnosos, sementes, bulbos)
- Biorremediação
- Indústria farmacêutica: antibióticos, ácido lático, ácido cítrico



# FILO ASCOMYCOTA

- ✓ Unicelulares ou multicelulares com hifas septadas
- ✓ Terrestres ou aquáticos (sapróbios, parasitas e simbiontes)
- ✓ Corpo de frutificação: ASCOMA com formas variadas (taças, garrafas, globosos, etc)
- ✓ Leveduras, trufas, morchelas, líquens,...



# FILO ASCOMYCOTA

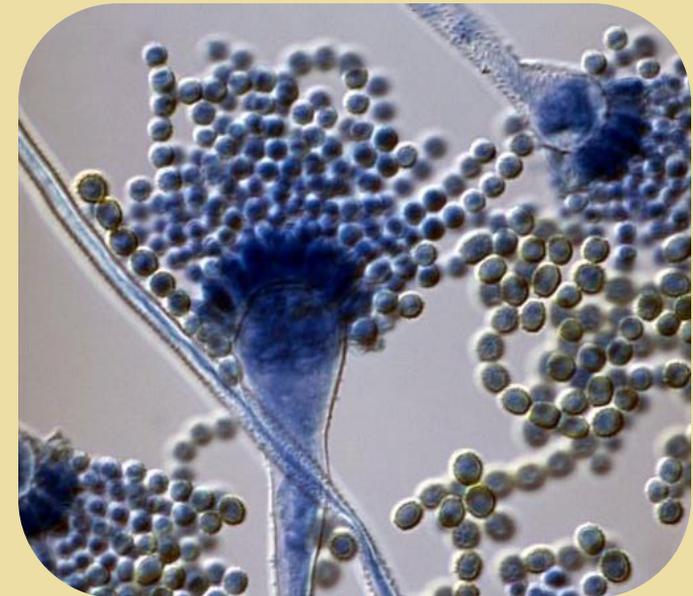
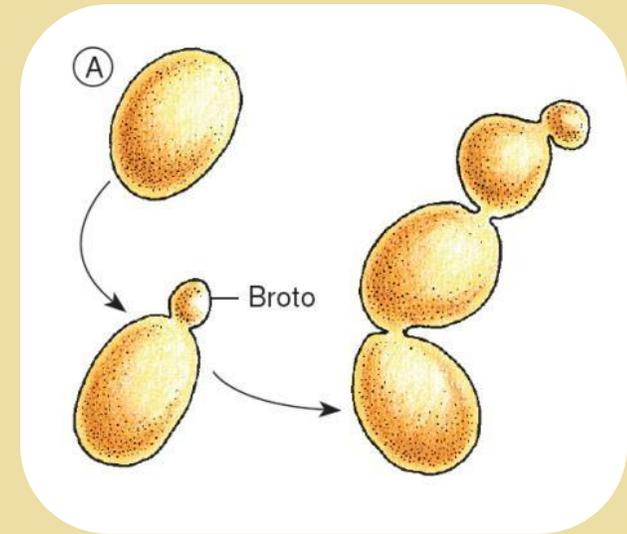
## REPRODUÇÃO ASSEXUADA

- Organismos unicelulares: Brotamento

Brotos ou gemas se destacam e formam células filhas

- Organismos multicelulares:

Produção de CONÍDIOS (esporos) em hifas especializadas (CONDIÓFOROS)

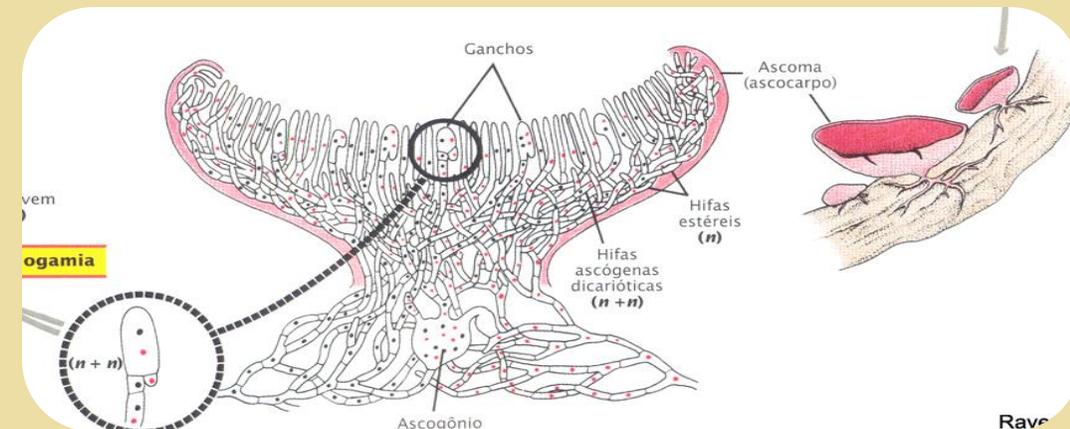
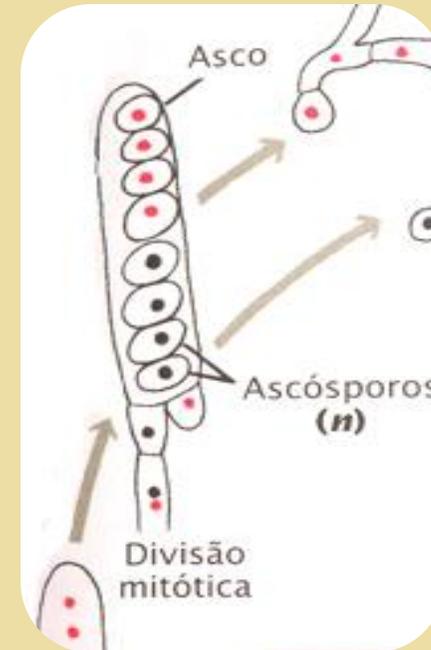


# FILO ASCOMYCOTA

## REPRODUÇÃO SEXUADA

Produção de ASCÓSPOROS (esporos) no interior de ASCOS

- Fusão de hifas monocarióticas e migração de núcleos: formação de hifas dicarióticas
- Ascoma é formado por hifas dicarióticas
- Cariogamia no ápice das hifas dicarióticas (ascos) e formação dos ascósporos



# FILO ASCOMYCOTA

## IMPORTÂNCIA DO GRUPO

- Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*): fermentação
  - Produção de álcool etílico – cerveja, vinho, biocombustível
  - Produção de CO<sub>2</sub> – fermento biológico (panificação)
- *Penicillium*: fabricação de queijos (Camembert, roquefort e gorgonzola)
- *Penicillium chrysogenum*: penicilina
- *Tuber* sp.: trufas
- Importância médica: micoses respiratórias, rinite, cândida



# FILO BASIDIOMYCOTA

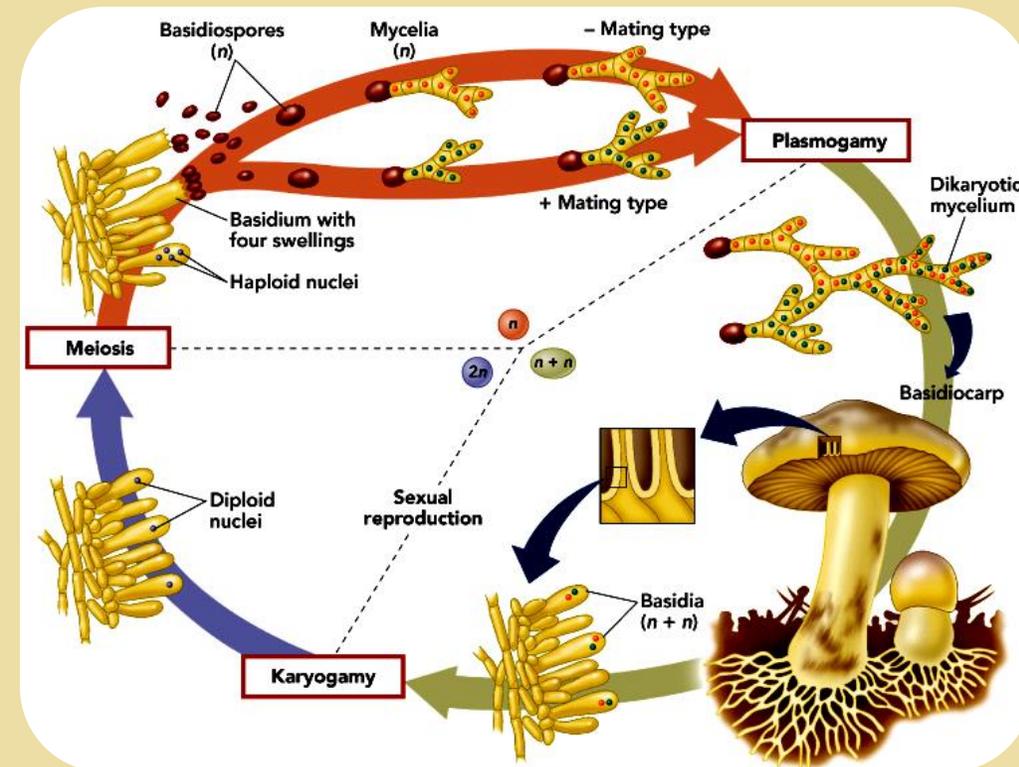
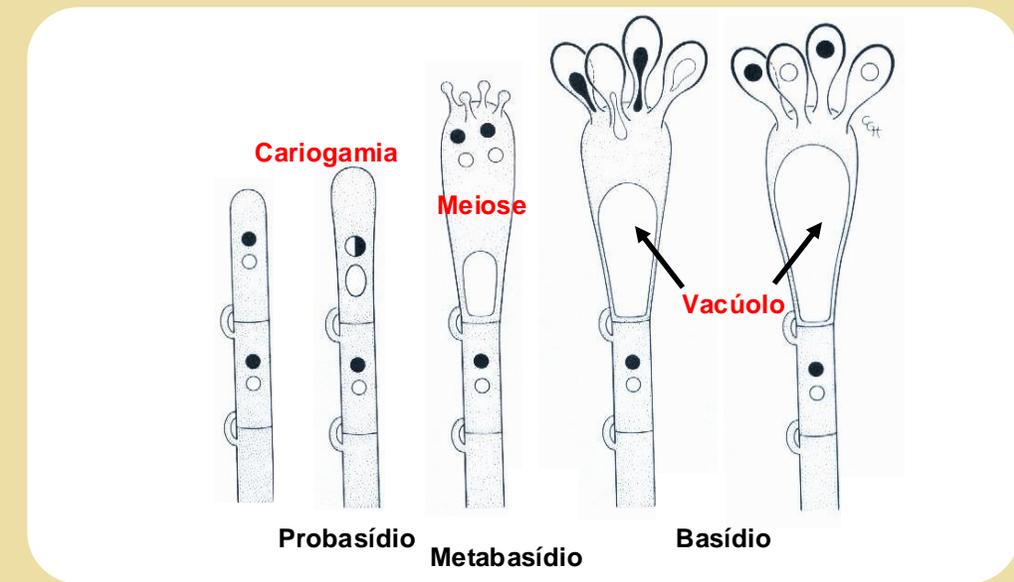
- ✓ Unicelulares ou multicelulares com hifas septadas
- ✓ Terrestres e cosmopolitas
- ✓ Principalmente sapróbios, mas também simbiontes ou parasitas
- ✓ **BASÍDIO** célula especializada na produção de esporos (**BASIDIÓSPOROS**) onde ocorre a cariogamia e a meiose
- ✓ Corpo de frutificação: **BASIDIOMA**



# FILO BASIDIOMYCOTA

## REPRODUÇÃO SEXUADA

- Basidiósporo germina e forma hifas monocarióticas
- Fusão das hifas mono (plasmogamia) e migração de núcleos: formação de hifas dicarióticas
- Formação de micélio dicariótico: fase dominante e crescimento indefinido
- Cariogamia no ápice das hifas dicarióticas e formação de basidiósporos



# FILO BASIDIOMYCOTA

## IMPORTÂNCIA DO GRUPO

- Produção de alimentos: champignon paris (*Agaricus bisporus*), shitake (*Lentinula edodes*), shimeji (*Pleurotus ostreatus*)
- Fitopatógenos (ferrugens e carvões) de plantas de interesse econômico
- Papel ecológica: decompositores e ectomicorrizas
- Cogumelos comestíveis, orelha de pau, ferrugens, carvões...



Ferrugem



*Panaedus*: decompositor

Shimeji



Carvão



*Russula* formador de micorriza

# E AGORA? COMO VOCÊS RESPONDERIAM A ESTAS PERGUNTAS?

- ✓ O QUE DEFINE UM FUNGO?
- ✓ VOCÊ CONHECE A HISTÓRIA EVOLUTIVA DOS FUNGOS?
- ✓ QUAL A FUNÇÃO ECOLÓGICA DOS FUNGOS?



## RESPONSÁVEIS PELA ELABORAÇÃO

- ANA CRISTINA ANDRADE AGUIAR DIAS (UFGA)

## RESPONSÁVEIS PELA REVISÃO DE CONTEÚDO

- ROSANA CONRADO LOPES (UFRJ)
- JOSIANE SANTANA MONTEIRO (MPEG)