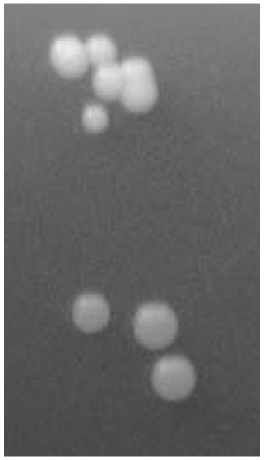
# Morfologia e Taxonomia dos Fungos

Fungos: ~100.000 espécies descritas

~5.100.000 espécies existentes

# Morfologia


*Pezizaceae*
Ascomiceto com apotécio em forma de copo

*Hericium* – Basidiomiceto, comestível

Gênero *Amanita* – algumas espécies altamente venenosas para o homem.

*Pilobolus*

Mucorales
(Zigomiceto)

Cresce sobre fezes de gado. Possui esporângios explosivos que podem carregar inclusive pequenos nematodos que causam infecções pulmonares no próprio gado.

*Geastrum triplex* – basidiomiceto, liberando seus esporos.

Auricularia judae - Basidiomiceto

Basidiomicetos com formato “Bracket”

Estima-se que o total de biomassa produzido na terra por ano é de $10x10^{10}$ toneladas. Desse total $20x10^{9}$ é de lignina!

Os Basidiomicetos são os mais efetivos nesse processo.

Qual o maior ser vivo existente no planeta?

*Armillaria ostoyae* – humongous fungo

"All the News That's Fit to Print"

The New York Times

THURSDAY, APRIL 2, 1992

**World's Biggest, Oldest Organism Twin Crowns for 30-Acre Fungus:**

By NATALIE ANGIER

Scientists have discovered what could be the largest and oldest living organism on earth, an individual mightier than the blue whale, the giant sequoia tree or such past pretenders to size supremacy as the dinosaur.

The organism is a giant fungus, an interwoven filagree of mushrooms and rootlike tentacles spawned by a single fertilized spore 1,500 to 10,000 years ago and now extending for more than 30 acres in the soil of a forest near Crystal Falls, Mich., along the Wisconsin border.

The fungus, called Armillaria bulbosa, has many tiny breaks in it but is genetically uniform from one end of its expanse to the other, which is why scientists say it rightfully deserves to be called a single individual. They suggest it has been growing possibly since the end of the last Ice Age, making it older than any other known organism on earth. If all its mushrooms and tendrils are considered together, the fungus weighs about 100 tons, about as much as a blue whale.

Dr. Myron L. Smith and Dr. James B. Anderson of the University of Toronto in Mississauga, Ontario, and Dr. Johann N. Bruhn of Michigan Technological University in Houghton report their discovery of the mammoth Armillaria in today's issue of the journal Nature.

"This is a fascinating report," said Dr. Thomas D. Bruns, an assistant professor of plant pathology and a fungal researcher at the University of California at Berkeley. "The catchy part of it is, when you really begin to appreciate how large this thing is, it's mind-boggling. People usually think of a mushroom as a little creature, but most of the action of a fungus is underground."

The organism survives by feeding on dead wood and other detritus, spreading outward right beneath the surface as it senses the presence of nutrients nearby. But scientists believe that the fungus has probably reached its maximum dimensions; at one, and possibly several, of its borders, the Armillaria is bumping up against competing fungi, which are blocking the older giant's further colonization of the forest.

Researchers said the finding will force biologists to rethink their assumptions about what constitutes an individual, a fundamental problem in the study of the natural world and its ecosystems. Scientists normally view a single organism as something bound by a type of skin, whether of animal flesh or plant cellulose. But fungi, along with other organisms like coral and some types of grasses, grow as a network of cells and threadlike elements whose boundaries are not always clear.

What is more, some elements of the newly discovered Armillaria grow independently, thus straining the idea that the entire fungal patch can truly be considered an individual. Nevertheless, biologists said that given its uniform genetic makeup the mold merited its ranking as a one giant creature.

"The individual is the basic unit of biology," said Dr. Rytas Vilgalys, an assistant professor of botany at Duke University. "Fungi like Armillaria offer us an opportunity for re-examining what the basic unit might be."

Scientists said the new work was particularly significant because it used detailed genetic analysis, similar to the techniques of DNA fingerprinting, to prove that the 30-acre fungus was a discrete being, which had grown over the years by sending out clonal shoots of itself. Other extremely large fungal growths have been identified in the past, but researchers could never be sure that the growths represented individual fungi, rather than populations of smaller molds whose edges had become smeared together.

"We used genetic markers to distinguish between these two possibilities," Dr. Anderson said. "It shocked us to have found such a large fungal entity that is so ancient."

"A lot of people have asked us if this is an April Fool's joke," he continued. "I've assured them it is not."

**Larger Growths Are Possible**

As startled as they were to discover the colossal patch of fuzz, the researchers said their Armillaria may not even be the largest fungal clone around.

"It's the most successful one we're aware of, but this is in a mixed forest with many kinds of trees," Dr. Bruhn said. "We would think where there was a stand of pure trees like birch or aspen, a single fungus might be more successful still." In that case a fungus with a taste for a particular type of tree might be able to proliferate especially quickly and over the entire area before encountering any competitors.

The new discovery also underscores the ubiquity and power of the planet's fungi, a kingdom of organisms quite distinct from the plant and animal kingdoms.

"Fungi are the base of all terrestrial ecosystems," Dr. Bruns said. "No ecosystem on the planet would continue to operate without fungi to decompose and recycle wood and plants."

But fungi are not always innocuous; they sometimes attack healthy tissue. A few virulent fungal species, like the Dutch elm pathogen, have ...

**Mapping a Discovery**

...

Through experiments measuring the growth rate of the fungus on wooden stakes, they were able to estimate how long it would have taken the clone to reach its current dimensions.

**Fending Off Rivals**

The scientists now believe that at some point in the distant past a fertilized spore, blown from a parent ...



Giant fungus was found in forest near Crystal Falls, Mich.

Mushrooms growing through a tree stump are only tips of an organ... iceberg. A 100-ton giant fungus, extending through 30 acres ... Michigan forest, is believed to be the largest organism in the world.

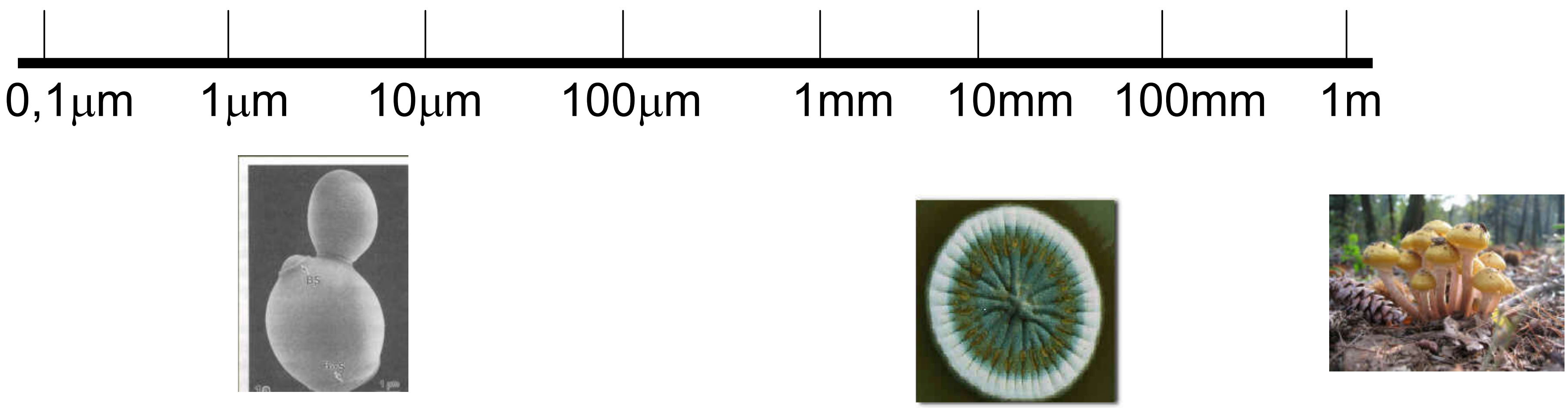
1500 anos

9700 kg

8,4 km$^2$

# Aspectos básicos relacionados aos fungos

Os Fungos formam um grupo extremamente heterogêneo, sendo largamente distribuído na Natureza.



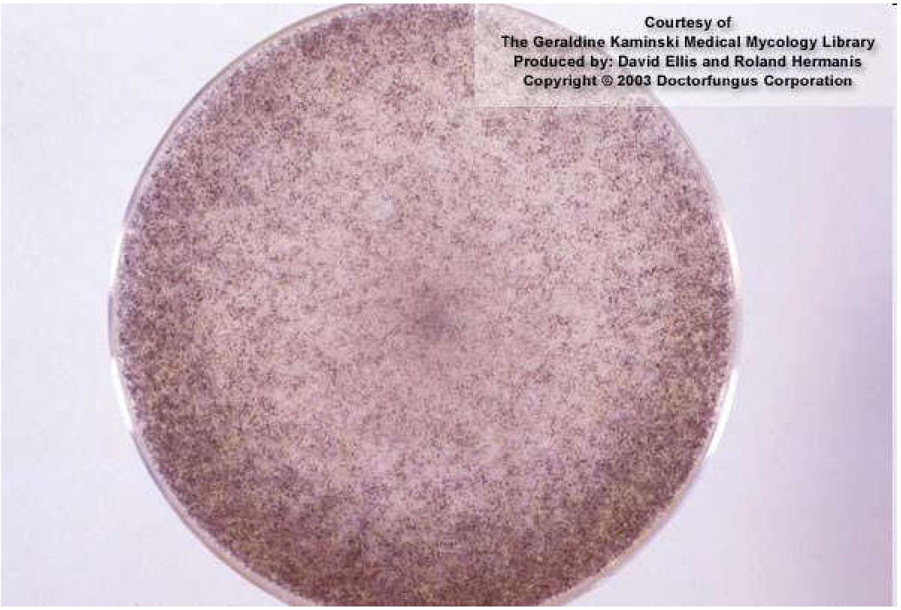
# Tipos Essenciais:

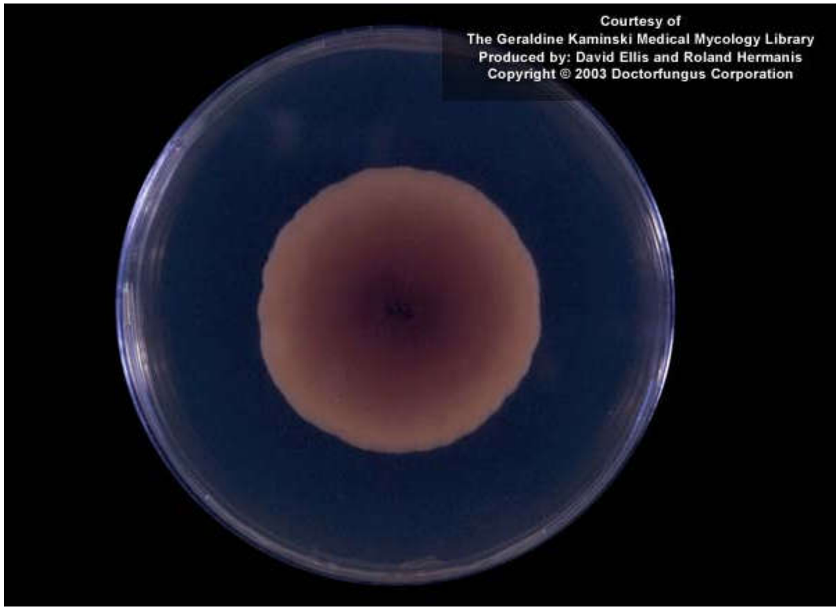
**Macroscópicos** → Cogumelos

**Microscópios**

- **Bolores** – formam colônias filamentosas
- **Leveduras** – colônias cremosas

Velocidade de crescimento afeta a morfologia da colônia:



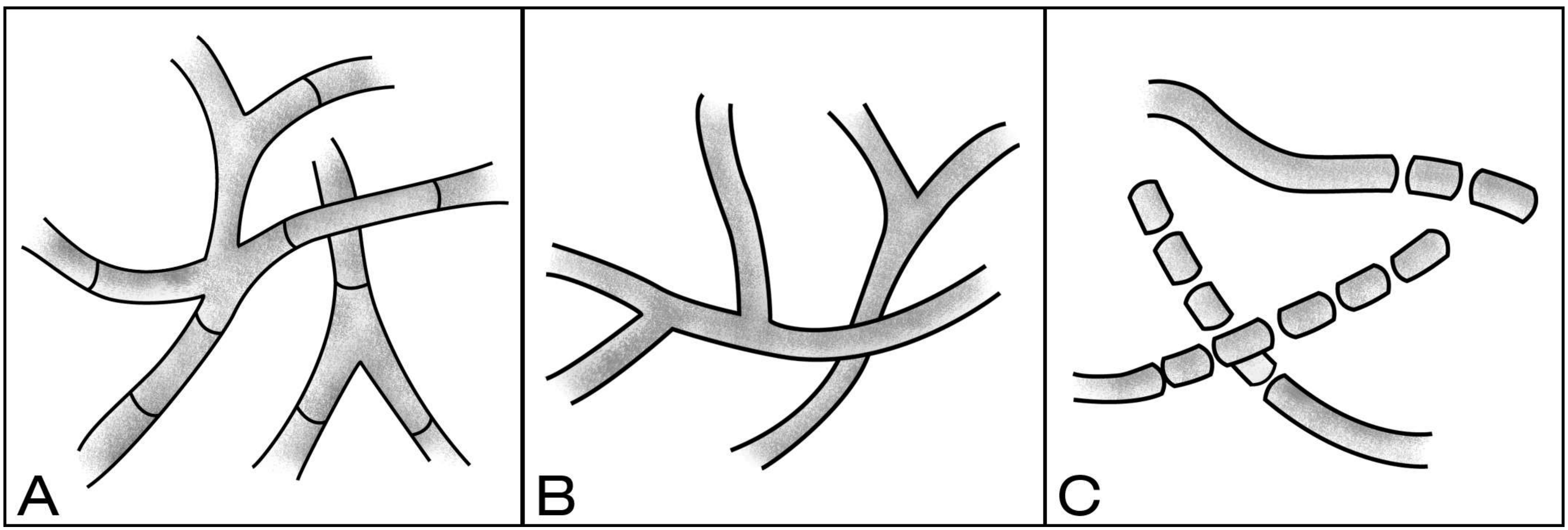




*Rhizopus sp* apresenta crescimento rápido, enquanto *Histoplasma capsulatum* é lento

# Morfologia Microscópica

Os **Bolores** são formados por seu conjunto de **hifas**, também conhecido por **Micélio**.

O micélio cumpre tanto papel vegetativo (a e b) como reprodutivo (c)

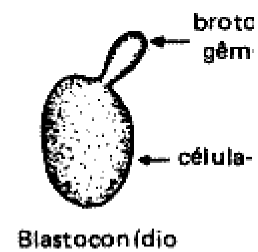


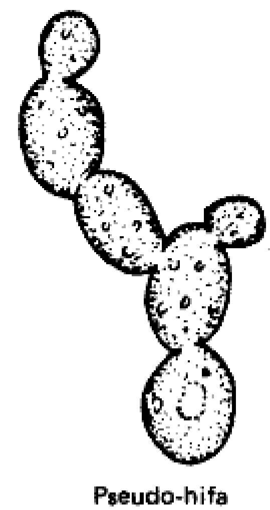
## Morfologia Microscópica

**Bolores** – micélio pluricelular

**Leveduras** –

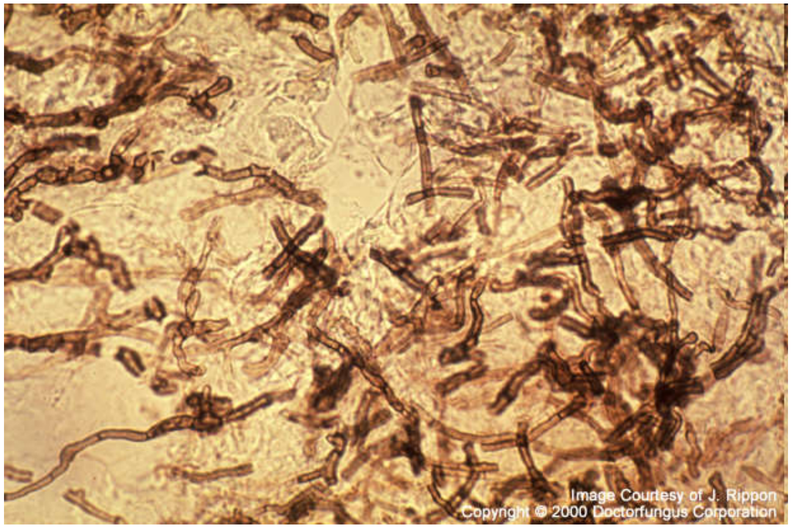
- unicelulares
- Pseudofilamentoso



Quanto ao aspecto de cor as hifas podem apresentar-se:
Claras ou hialinas
Escuras ou demácias (acúmulo de melanina)


*Aspergillus nidulans*



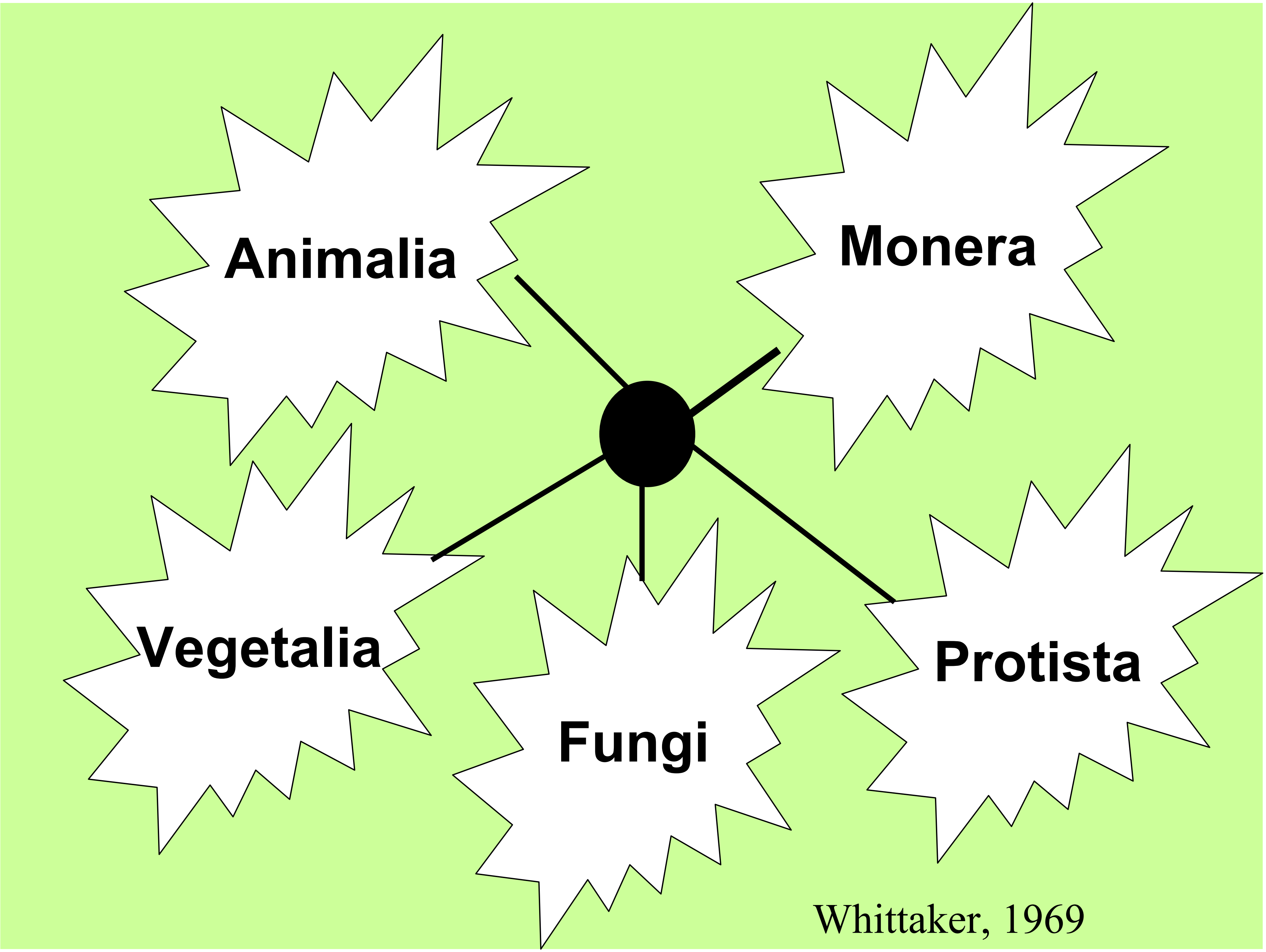

*Scytalidium dimidiatum*

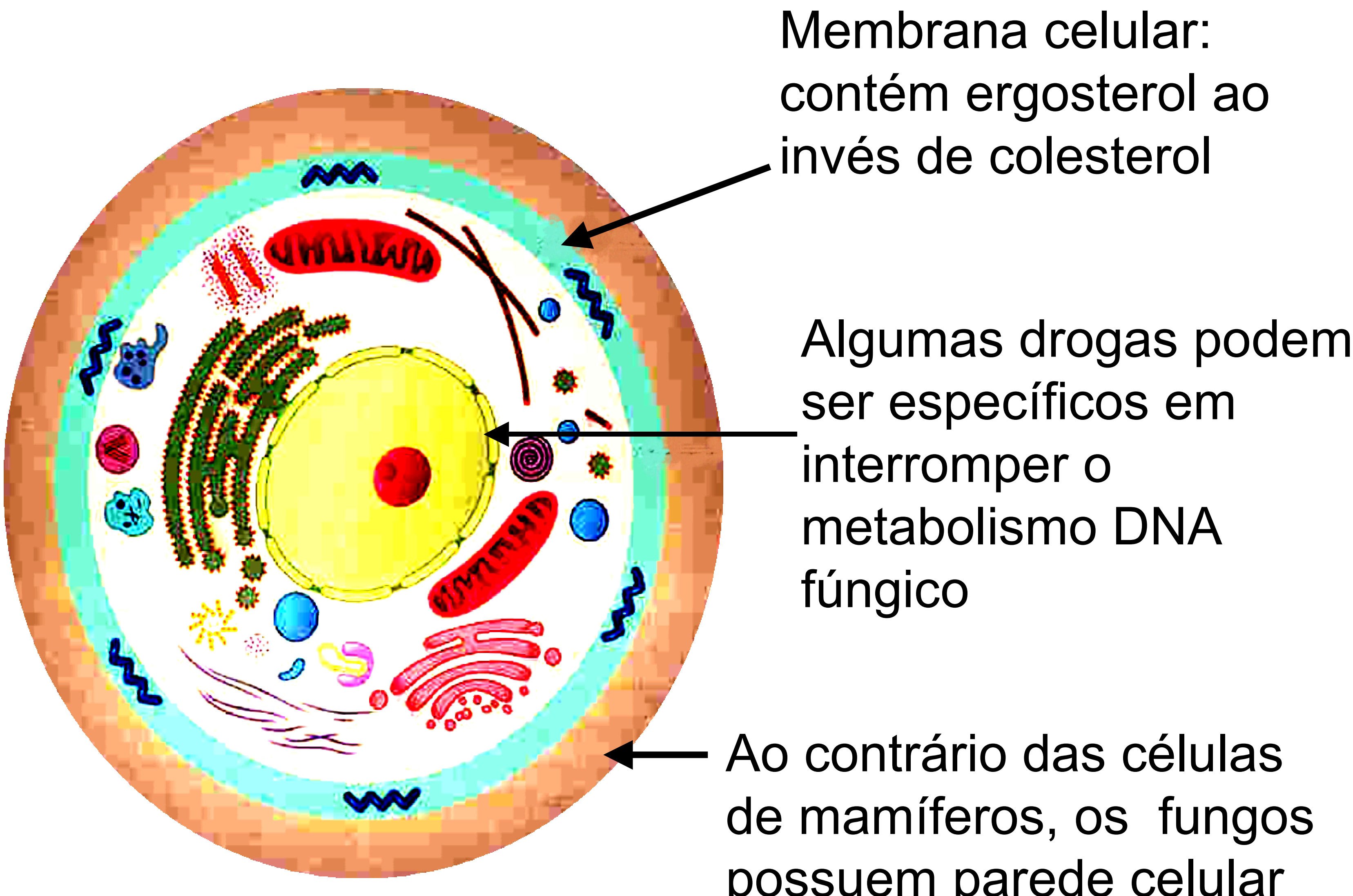
# Taxonomia

Assembling the Fungal Tree of Life

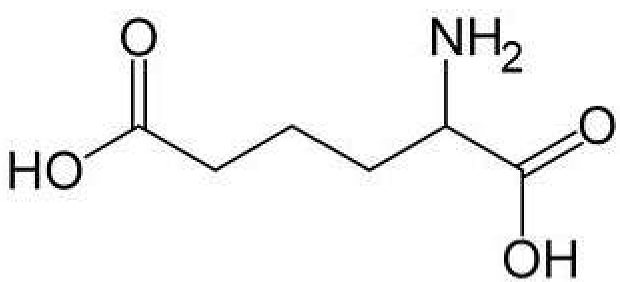
## Reino Fungi – Monofilético
## Eumicetos – Fungos verdadeiros

O termo “fungo” se refere historicamente a muitos organismos com características semelhante aos fungos verdadeiros (ex. Crescimento filamentoso), como bactérias (actinomicetos) , Oomicetos, protistas, algas ...

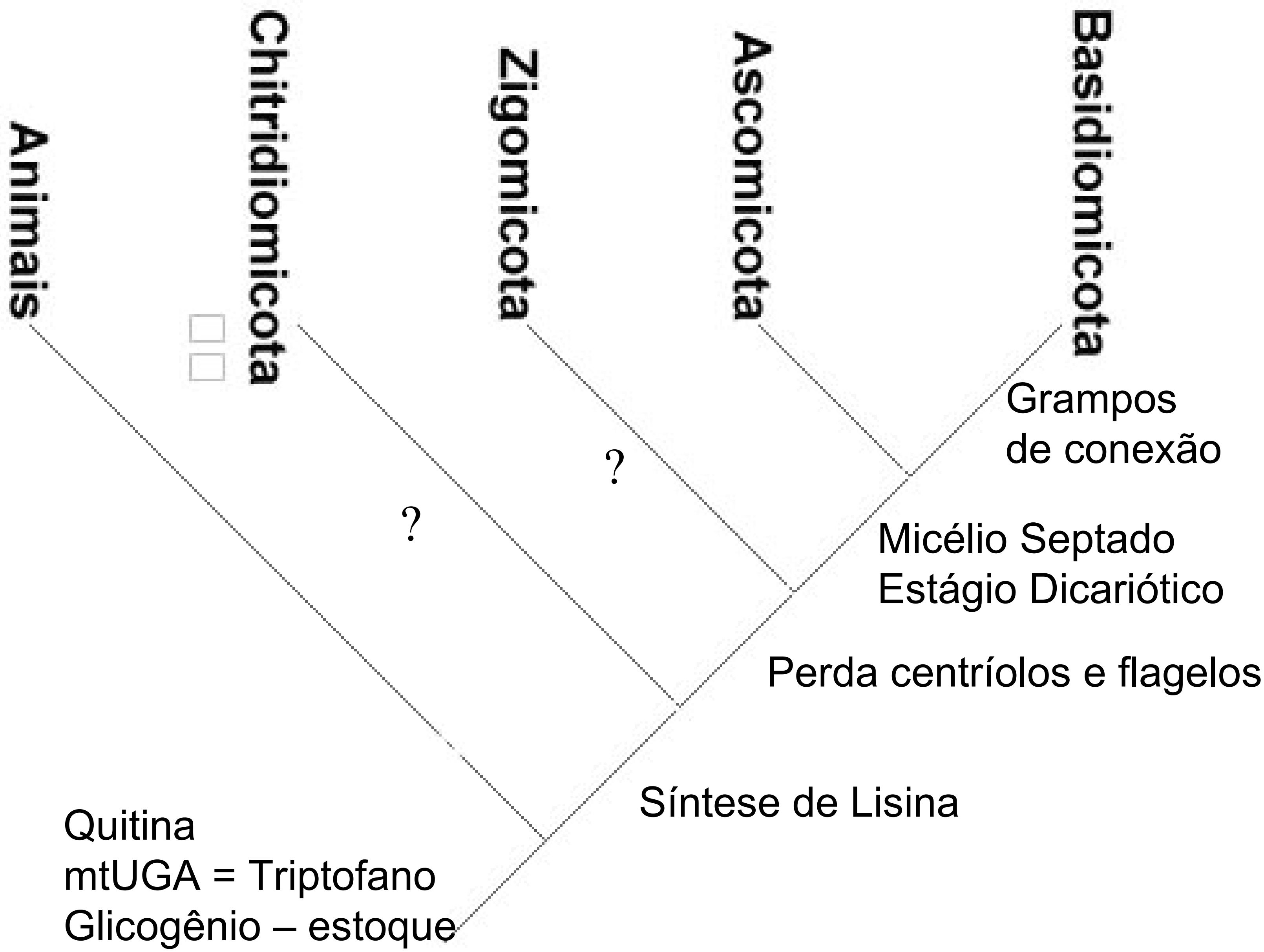

Animalia
Monera
Vegetalia
Fungi
Protista
Whittaker, 1969


Membrana celular: contém ergosterol ao invés de colesterol
Algumas drogas podem ser específicos em interromper o metabolismo DNA fúngico
Ao contrário das células de mamíferos, os fungos possuem parede celular

A via biossintética de aminoácidos a partir do ácido aminoadipico e presença de parede celular com quitina e β-glucanos definem monofileticamente os eumicetos.




ácido aminoadipico




Árvore filogenética baseada nas características morfológicas, bioquímicas apontadas acima – Alexopoulos et al.1996 – Introductory Mycology

# Tipos de Reprodução

Os fungos são capazes de se propagar de diversas maneiras, através de núcleos haplóides, diplóides, poliplóides, aneuplóides, dicarions

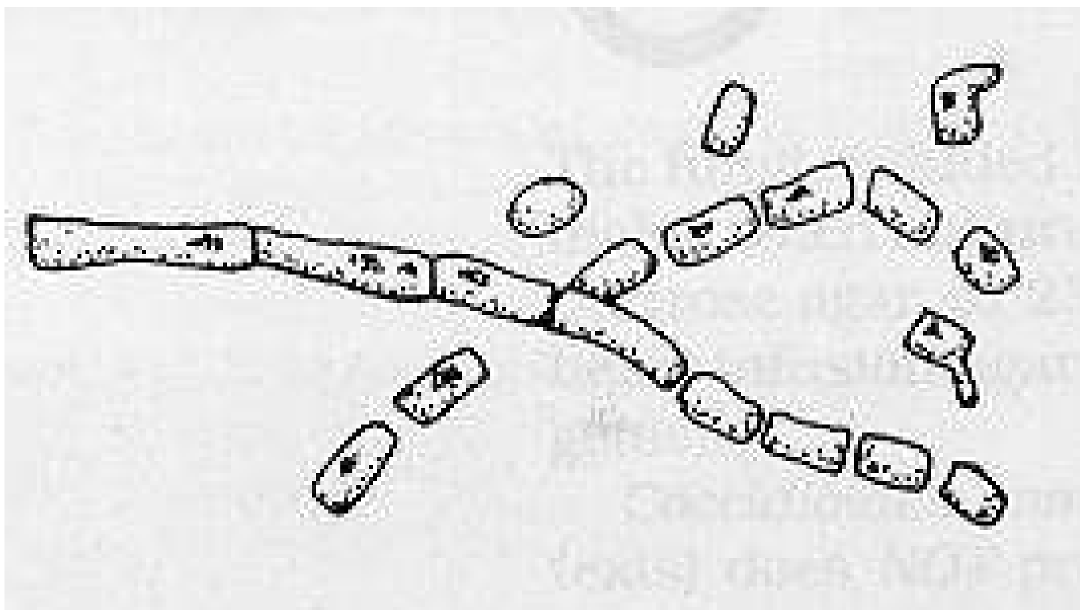
- **VEGETATIVA - ASSEXUADA :**
  **não ocorre fusão de núcleos**

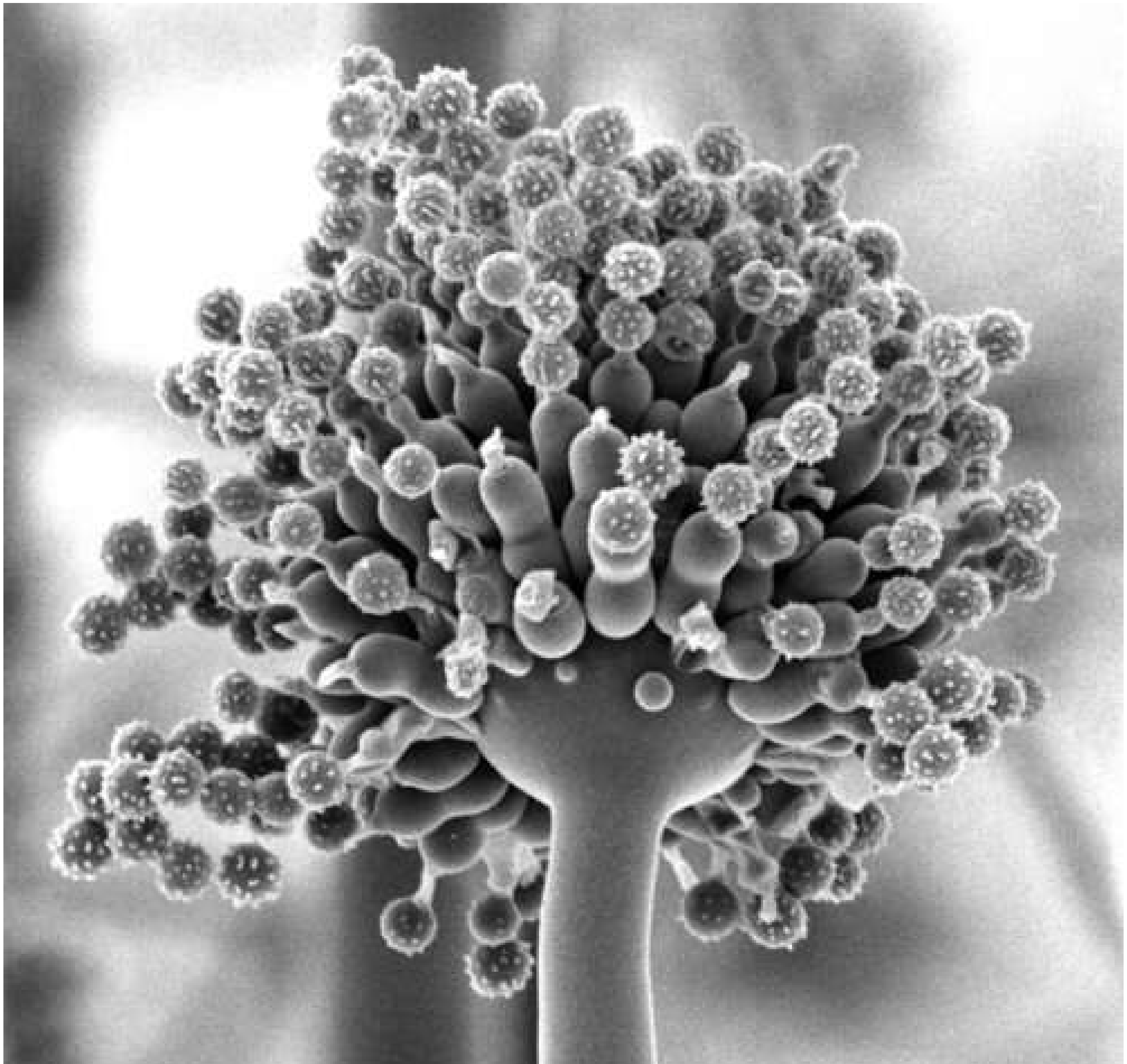
- **SEXUAL:**
  **união núcleos – seguido de divisão meiótica**

- **PARASEXUAL:**
  **ocorre união núcleos – divisão mitótica – haploidização por aneuploidia**

ASSEXUADA:

sem diferenciação celular, normalmente por fragmentação.





**Conídios** – ectósporos produzidos a partir de hifas especializadas, conidióforos.

**Esporangiósporos** – endósporos produzidos no interior de um esporângio.

# Fisiologia

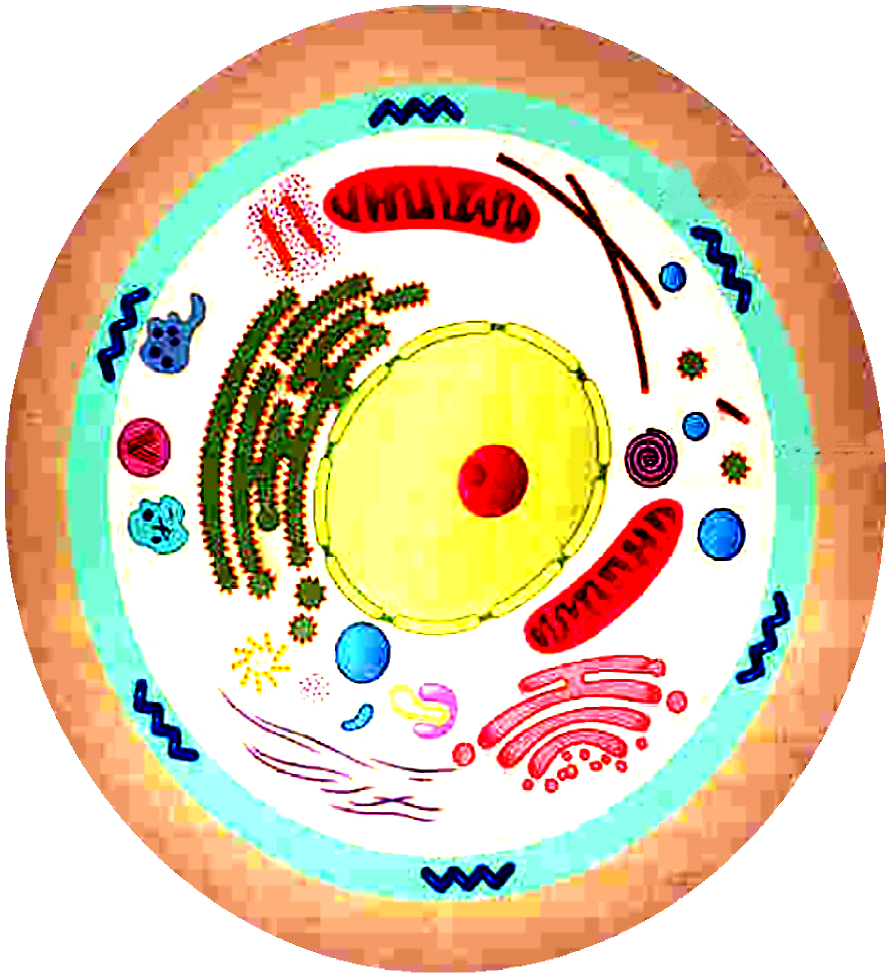
## Características gerais de sua nutrição:

Organismos heterotróficos, absorção dos nutrientes do meio:

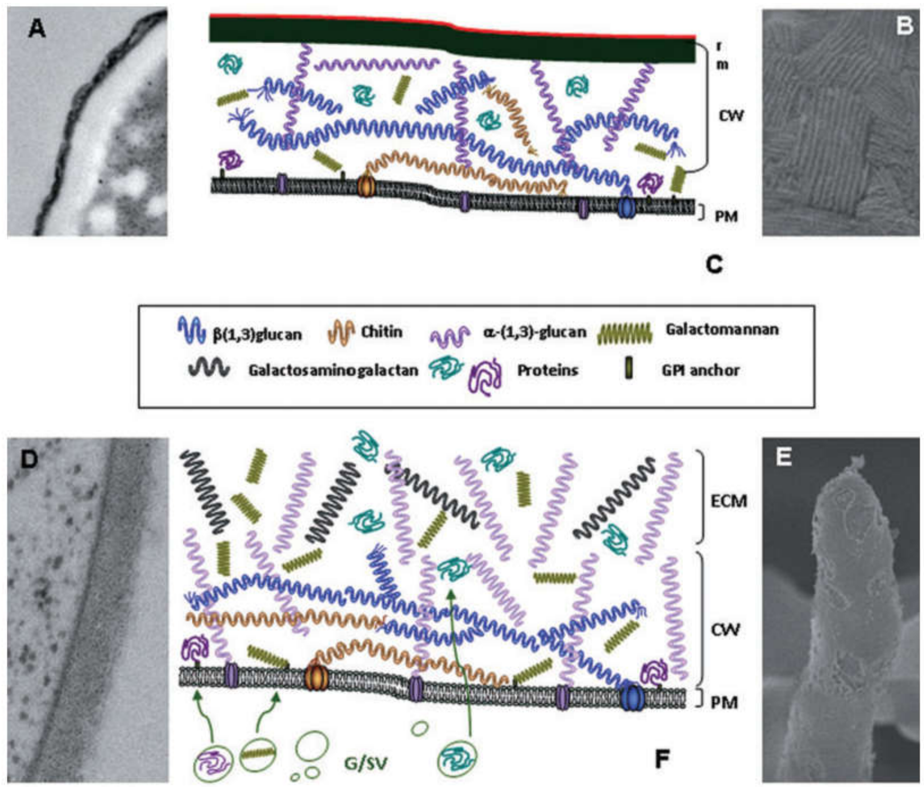
- -Saprofitismo → matéria orgânica morta
- -Interações com outros organismos → matéria orgânica viva

  - Mutualismo/Simbiose
  - Comensalismo
  - Parasitismo
  - Predação / fungos carnívoros

Em sua estrutura celular, os fungos são muito semelhantes às células dos animais



# Estrutura da parede celular

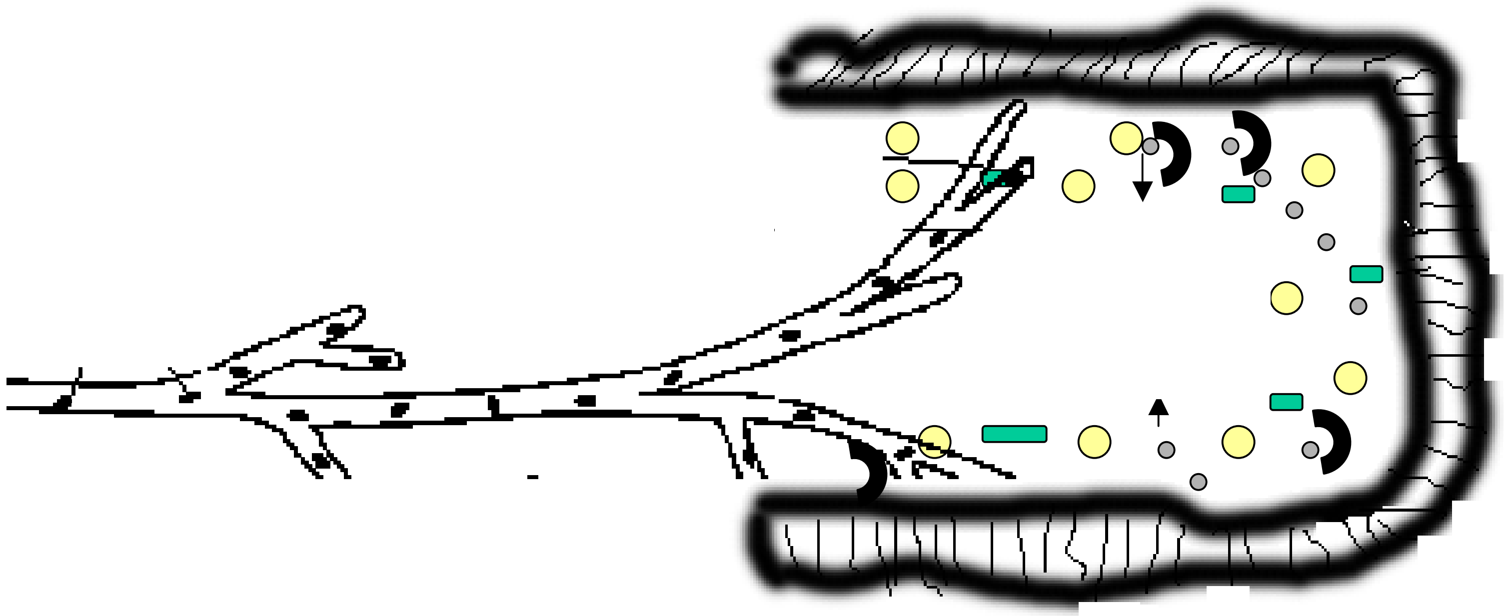



Conidio dormente

Hifa

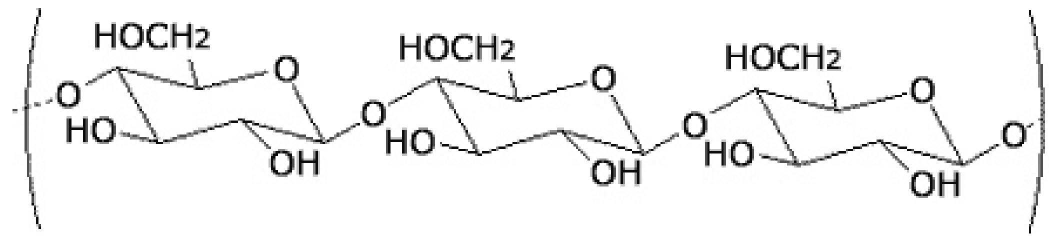
Cellular Microbiology (2010) **12**(7), 863–872

Os Fungos sapróftas obtém seus nutrientes através da secreção de várias enzimas ao ambiente externo, digerindo o substrato tornando-o solúvel e passível de passar pela parede celular fúngica.

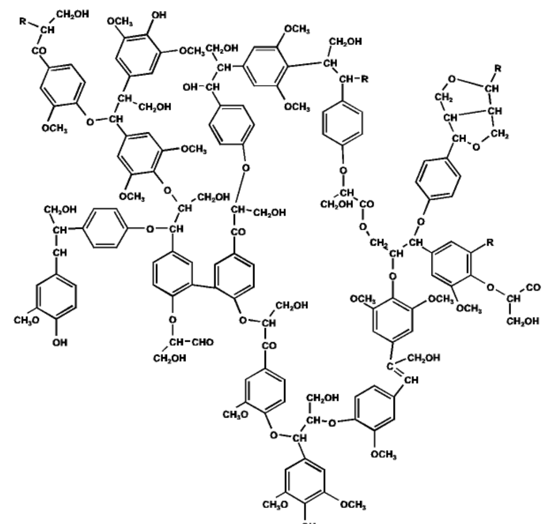


Em última análise o que determina em que substratos um fungo saprófita é capaz de crescer, depende do tipo de enzimas digestivas que ele é capaz de liberar.

*Celulose - celulase*




*Lignina - ligninase*




Nature Reviews | Microbiology

*Hypocrea(H)/Trichoderma(T)* tem sido largamente utilizados pela indústria como fonte de celulases e hemicelulases .

Nature Reviews Microbiology 9, 749-759

→ O substrato digerido deve ser protegido da ação de organismos oportunistas

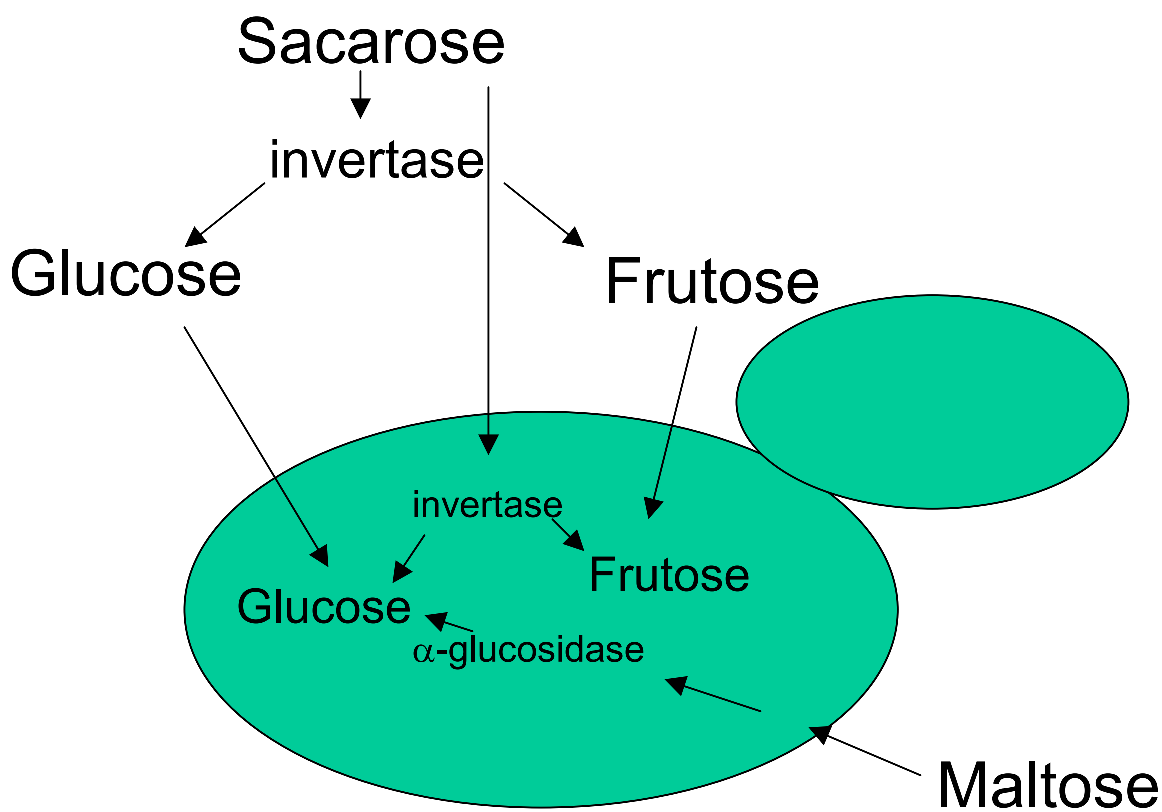
→ Ativação metabolismo secundário e secreção de antibióticos e micotoxinas

Alguns antibióticos secretados pelos fungos:

| | |
|---|---|
| *Penicillium sp* | Penicilina |
| *Cephalosporium* | Cefalosporina |
| *Aspergillus fumigatus* | Dictopiprazinas |
| *Penicillium griseofulvum* | Griseofulvina |
| *Aspergillus nidulans* | Anidulafungina |

A partir da digestão do substrato o fungo deve obter:

➡ Fonte de carbono – açúcares: monossacarídeos por difusão facilitada, dissacarídeos e trissacarídeos por transporte acoplado a H+

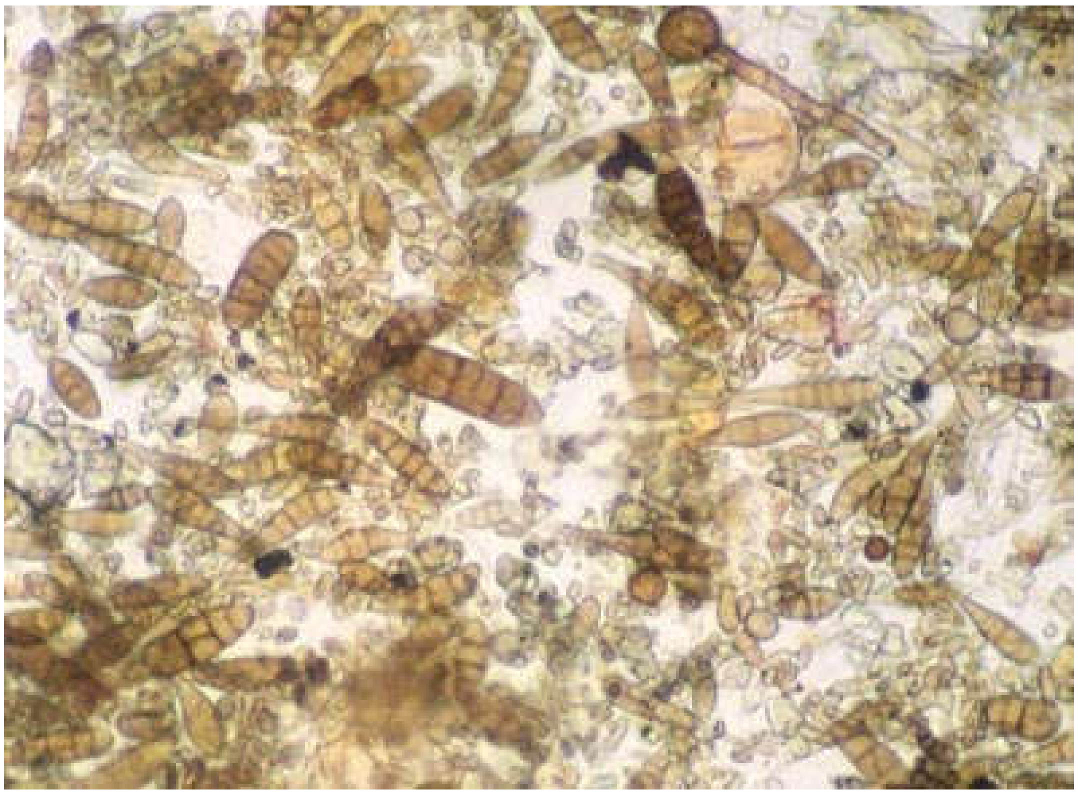


- -Fonte de nitrogênio – uréia, sais de amônio, nitritos, nitratos, aminoácidos.

- -Vitaminas – biotina, tiamina, riboflavina ...
  -Micronutrientes – fosfato, magnésio, ferro, cobre ...

# Ar

O Ar é rico em esporos de fungos que se dispersam continuamente pela ação dos ventos.



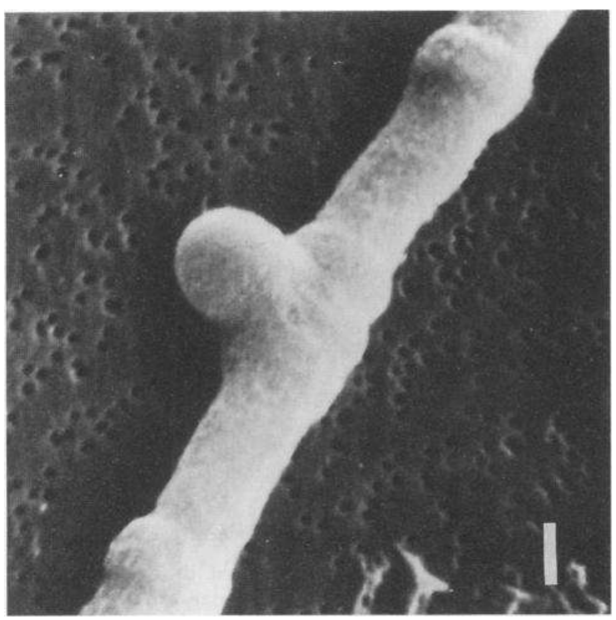
Método Fita adesiva
Ambiente externo

# Fita adesiva: Ambiente Interno

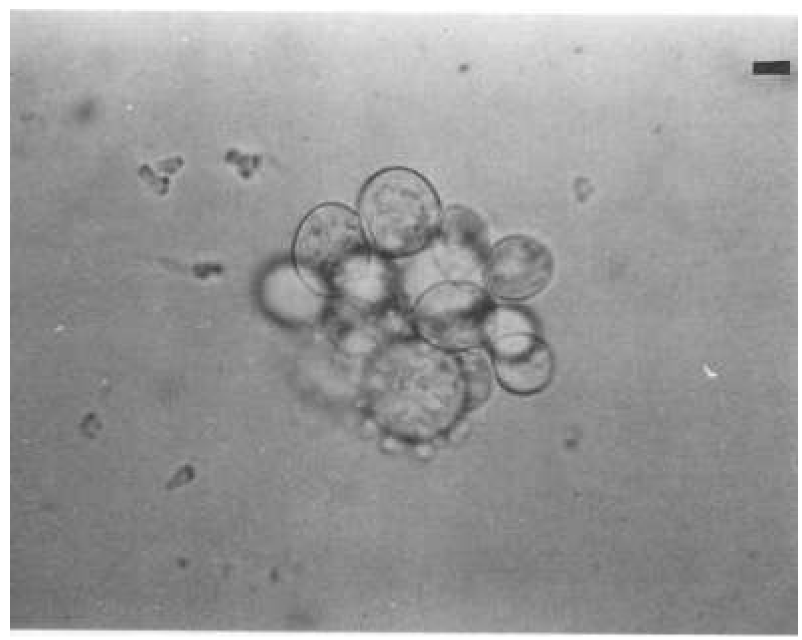
# Relações Ecológicas

Parasitismo: Fatores de virulência levam microrganismos saprofíticos para vida parasitária (ação imunossupressiva, capacidade de aderência, formação de cápsulas, dimorfismo, etc...)Ex. dimorfismo em *Paracoccidioides*

25°C

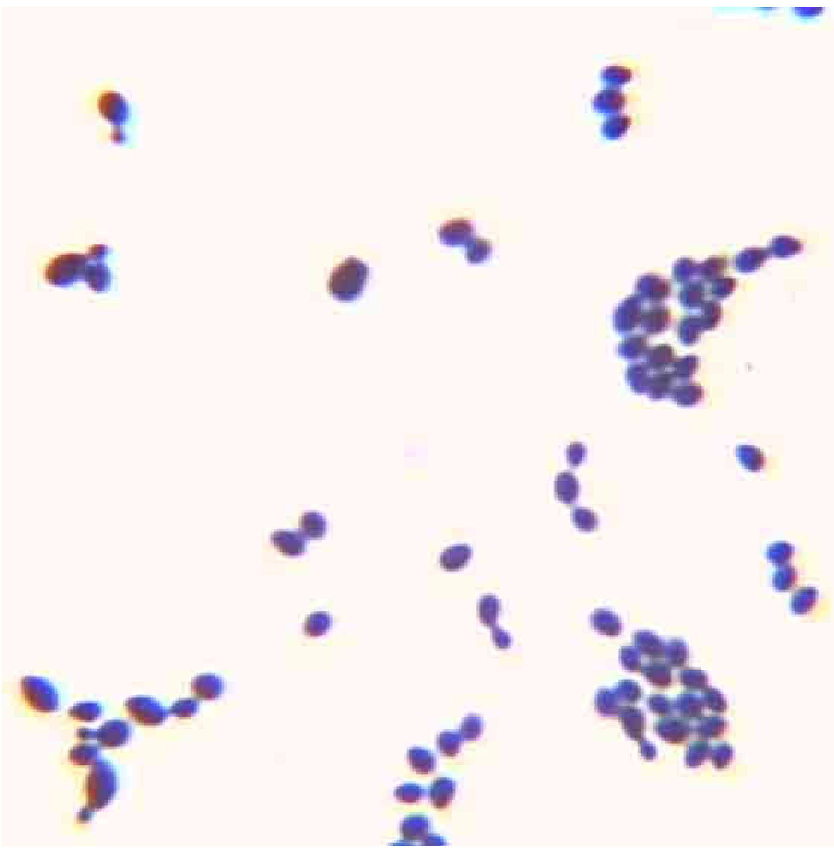


37°C



Comensalismo: Relação com efeito benéfico para um dos participantes e neutro para o outro.

*Candida albicans*: comensais do trato gastro-intestinal humano, mas se tornam parasitas dependendo do estado fisiológico do hospedeiro.

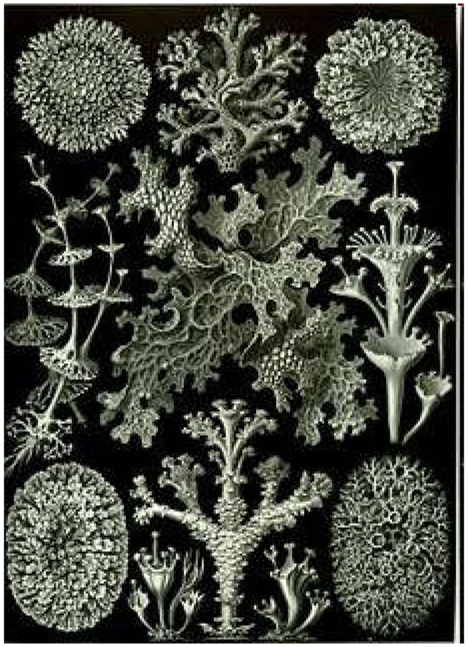


Mutualismo/Simbiose: Relação de benefício mútuo – é específica e dependente de co-evolução por longo período.

-Micorrizas

-Saúva – Fungos Basidiomicetos

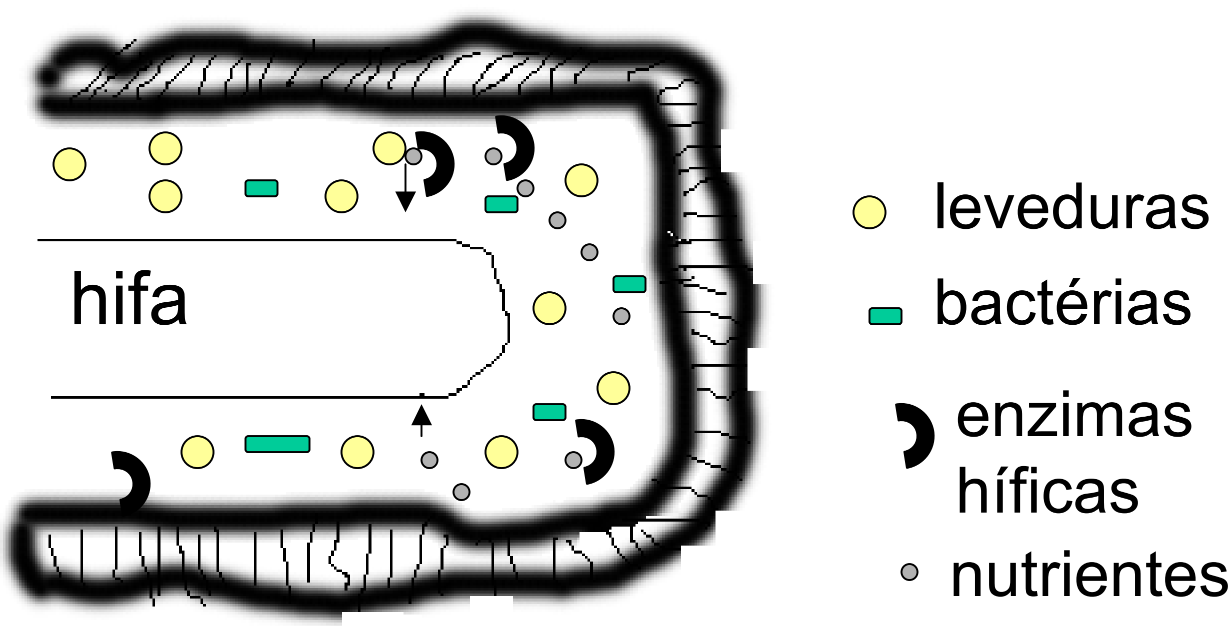
- Líquens – associação entre algas, ou  cianobactérias com ascomicetos (98% casos) ou basidiomicetos (2%)



Lichenes" de Ernst Haeckel: *Artforms of Nature*, 1904

## Competição:

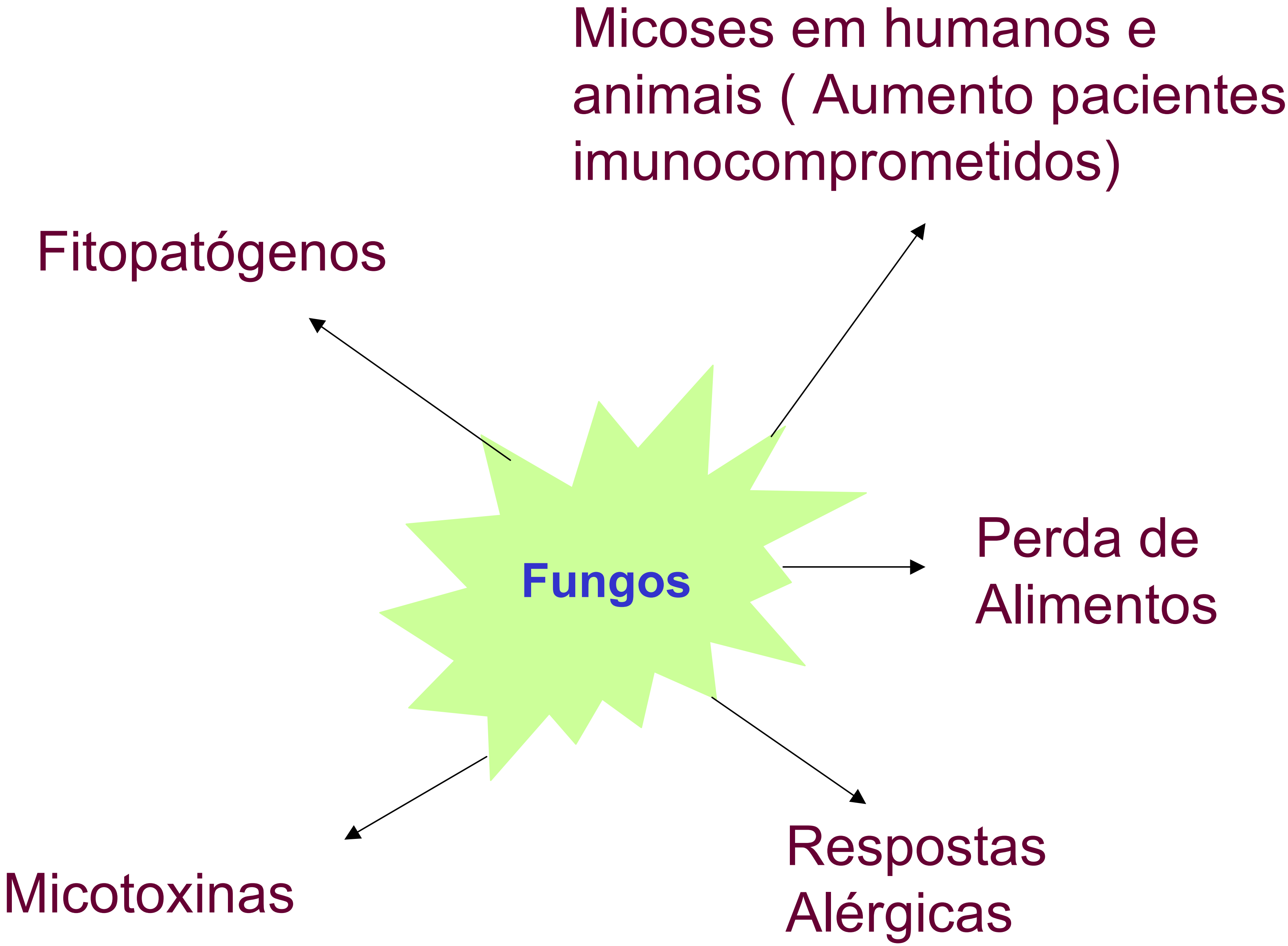
Embora haja diferenças nos tipos de substratos que os microrganismos são capazes de explorar em determinadas situações há disputa pelo mesmo substrato.



## INTERAÇÕES POR COMPETIÇÃO

# ANTAGONISMO ATIVO

**INIBIÇÃO POR CONTATO:PLASMÓLISE DO MICRORGANISMO ANTAGONIZADO ; PRODUÇÃO DE ANTIBIÓTICOS,** ÁCIDOS, etc


Micoses em humanos e animais ( Aumento pacientes imunocomprometidos)
Fitopatógenos
Fungos
Perda de Alimentos
Micotoxinas
Respostas Alérgicas

Micoses → são doenças causadas por fungos parasitas nos animais

# Tinea barbae


Tinea barbae causada por *T. rubrum*. (Imagem Dr. G. Hunter and Dr. J. Nicholson, Adelaide, S.A.

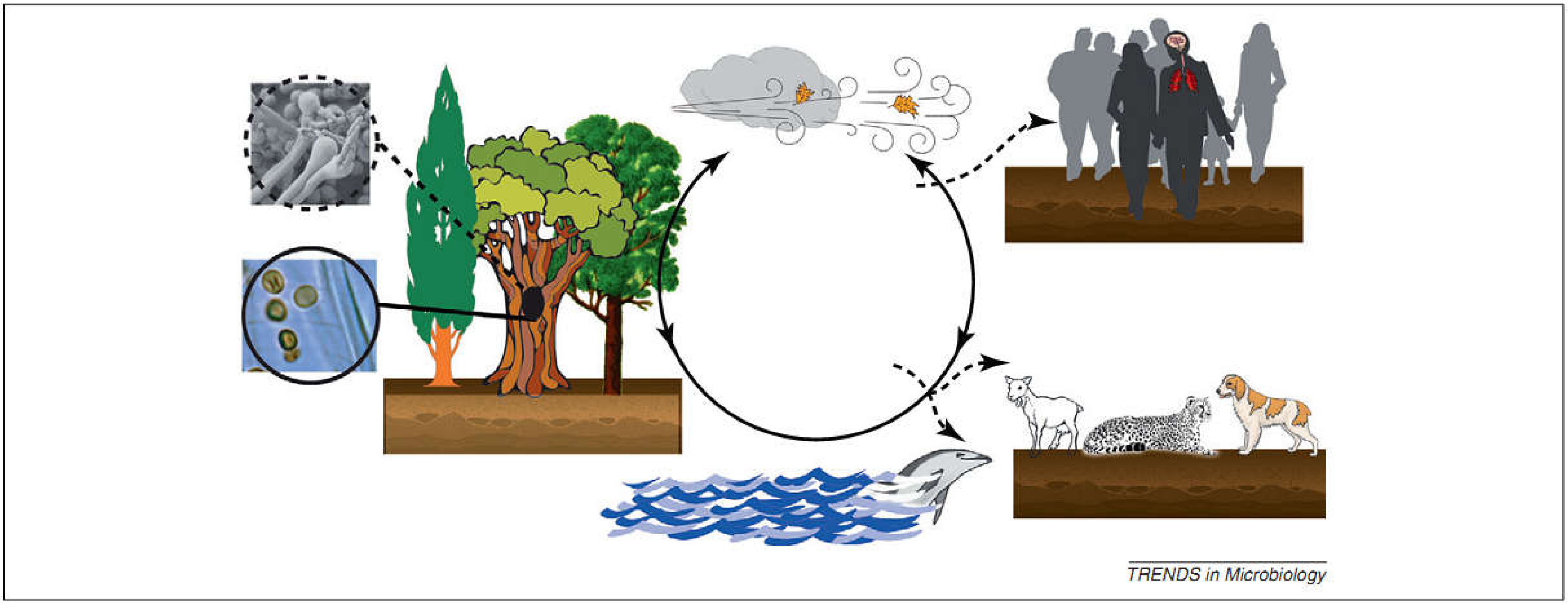



**Figure 3**. Suggested natural cycle of *Cryptococcus gattii* and events leading to cryptococcosis. The available information indicates the pathogen can cycle through plants, soil, air and water without any intermediate live hosts (solid line with arrows). Yeast cells of either mating type (*MATα* or *MAT**a***) have been repeatedly isolated from trees, especially hollows (solid circle); it is not yet known if cells of *C. gattii* cells complete their sexual cycle in nature, as has been shown in the laboratory (dotted circle). Humans and animals (domestic and wildlife) coming in contact with fungal propagules (yeast cells or sexual spores) mostly remain asymptomatic (dotted lines with arrows), but a small number of infected humans and animals develop serious infections of the lungs and brain. These drawings are not to exact scale. Graphic artist: Andrew Bentley.

**Fig. 1** - Exuberant injury in the face, similar to giant molluscum contagiosum.

*Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo*
*48(6):353-358, November-December, 2006*

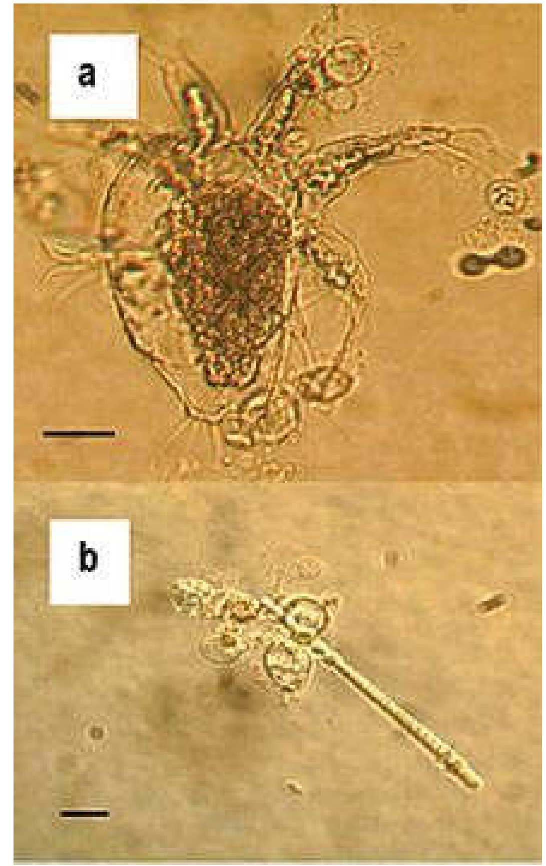

*Histoplasma capsulatum* – causador histoplasmose


CAUTION
THIS AREA
CONTAMINATED
WITH HISTOPLASMA
CAPSULATUM
KEEP OUT


*Candida albicans* – presente na microbiota da maioria da população, normalmente estabelecendo relação comensal.

Chitridiomicetos – *Batrachochytrium dendrobatidis*

→ Infecção pele anfíbios
→ Letal
→ causador de extinção de espécies



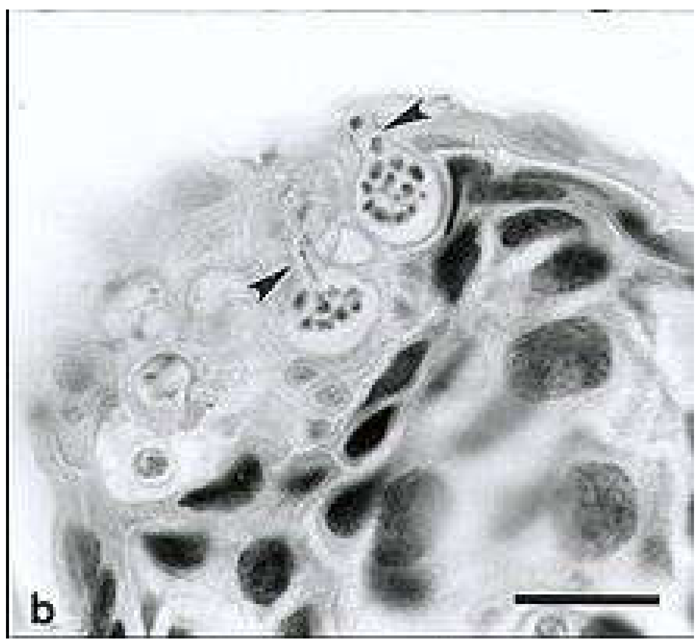
**Worldwide distribution of Batrachochytrium dendrobatidis (Bd), the amphibian chytrid fungus:** Credit: Fisher et al (2009); DOI: 10.1146/annurev.micro.091208.073435

→ Cresce entre 4 e 25ºC – seu desenvolvimento é interrompido a 28ºC.

→Ciclo de vida : fase séssil → Esporângio (Zoo-esporângio)

fase móvel → Esporangiósporos (zoósporos) flagelados

→ Zoósporo se instala na pele do anfíbio e dele se desenvolve um novo esporângio



# Intoxicações

**Fungos como alimentos**

→Ampla difusão como fonte alimentar

→Alto teor de proteínas e vitaminas

→Basidiomicetos são os mais empregados

- *-Agaricus campestris*
- *-Clavaria flava*
- *-Amanita caesarea*
- *-Russula alutacea*
- *-Cantharellus cibarius*
- *-Lactarius deliciosus*
- *-Psalliota arvensis*
- *-Cortinellus shiitaque*

Outros tipos de Cogumelos são extremamente tóxicos, apesar de muitas vezes serem aparentados dos comestíveis

*Cantharellus aurantiacus*

*Lactarius tormentosum*

*Amanita phalloides*

*Amanita muscaria*

*Russula emetica*

*Amanita ceasaria*

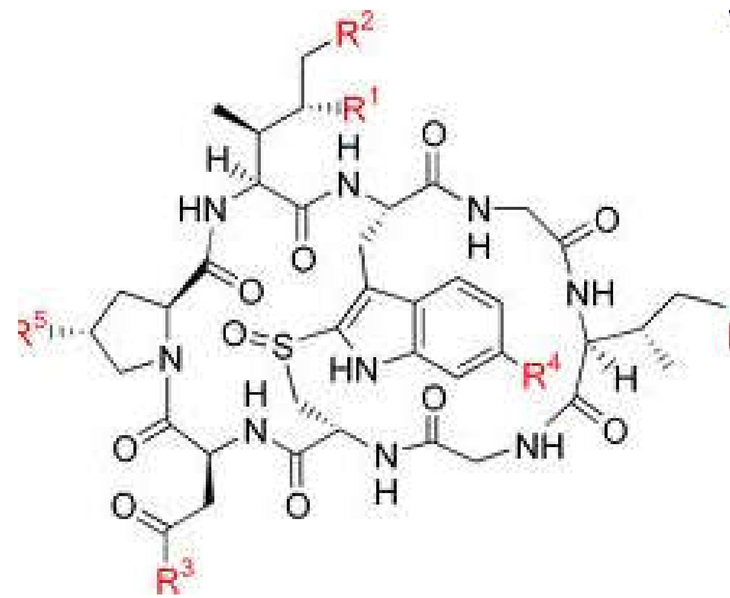
comestível


*Amanita muscaria*

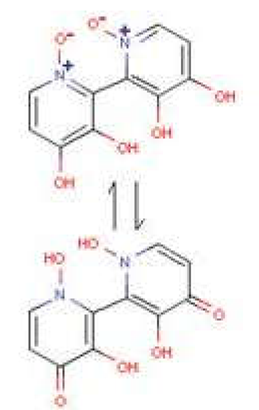
tóxica

As intoxicações por cogumelos são conhecidas como micetismos e assim agrupadas:

Amatoxina e análogas presente em *Amanita phalloides, A. verna, A. bisporigena, A. virosa*




Orelanina → produzida por *Cortinarius orellanus*



Micetismo nervoso: toxinas muscarínicas, encontradas nas espécies de *Inocybe*

afetam SNC, alucinogênicos – Amanita muscaria, Psilocibe mexicana

Micetismo gastrointestinal → mais frequente, pode até levar a morte

# Micotoxicoses

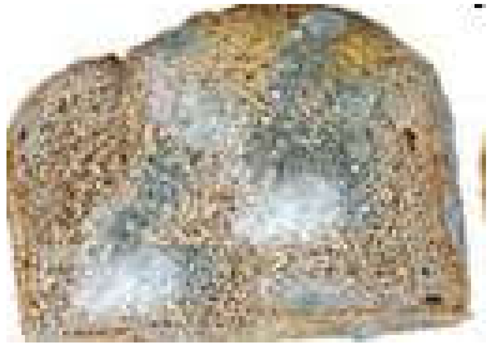
Os fungos também podem ser ingeridos na alimentação de forma indesejada, isto é, quando contaminantes de determinados produtos.

Alguns fungos contaminantes são de especial importância pois além de deteriorar o alimento também produzem micotoxinas.

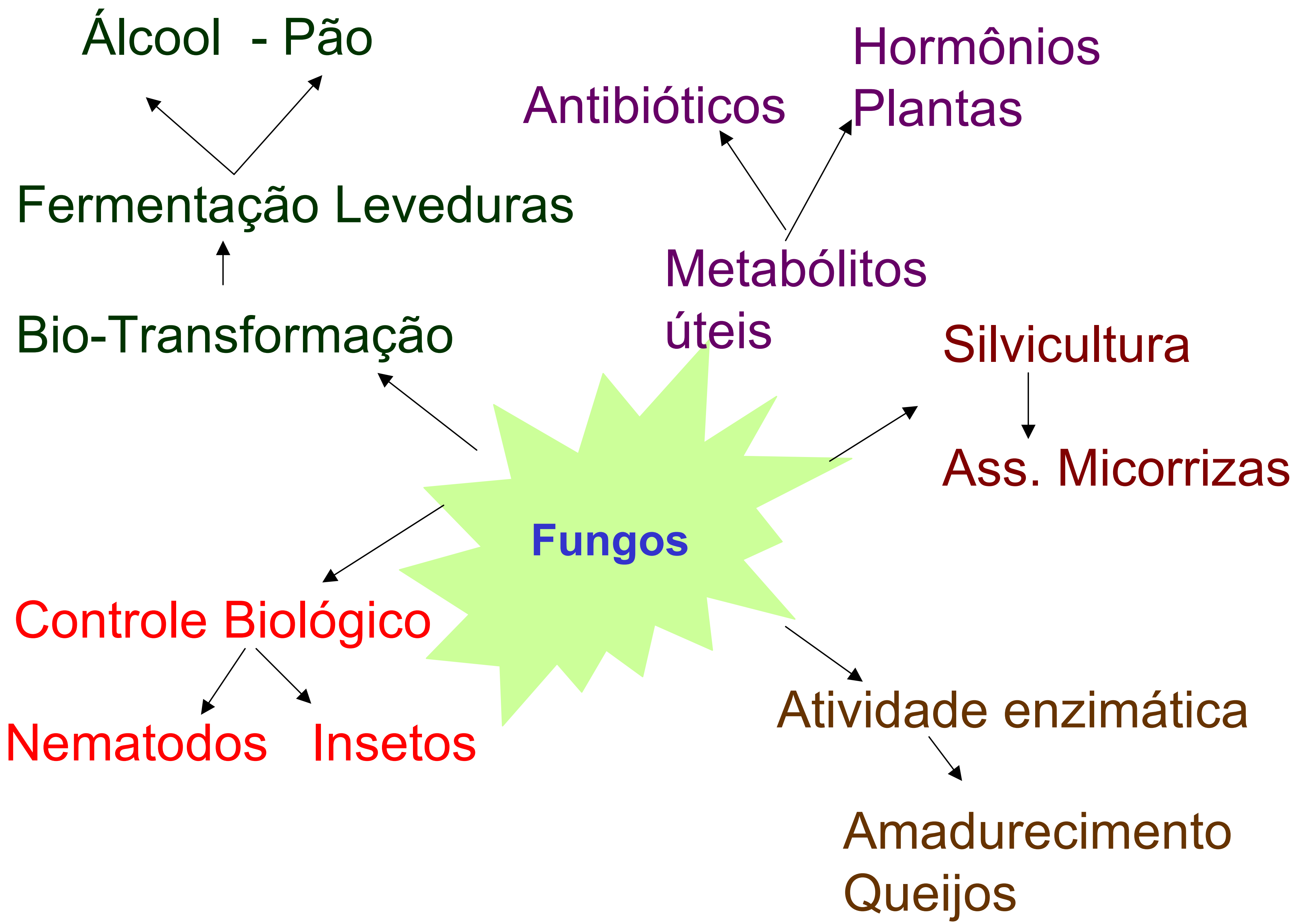
# Micotoxicoses

## PRODUTOS COM ALTO RISCO DE CONTAMINAÇÃO PELAS PRINCIPAIS MICOTOXINAS

| MICOTOXINA | PRODUTO |
| --- | --- |
| Aflatoxinas | Amendoim, castanha do Brasil, semente de algodão, farelo de peixe, côco, milho |
| Alternariol | Sementes de girassol, tomate, sorgo, trigo |
| Ocratoxinas | Café, milho, cacau, trigo, centeio, aveia e cevada |
| Zearalenona | Milho |
| Toxina T-2 | Trigo |
| Patulina | Frutas (maçãs) |
| Fumonisinas | Milho |




Gourmandise

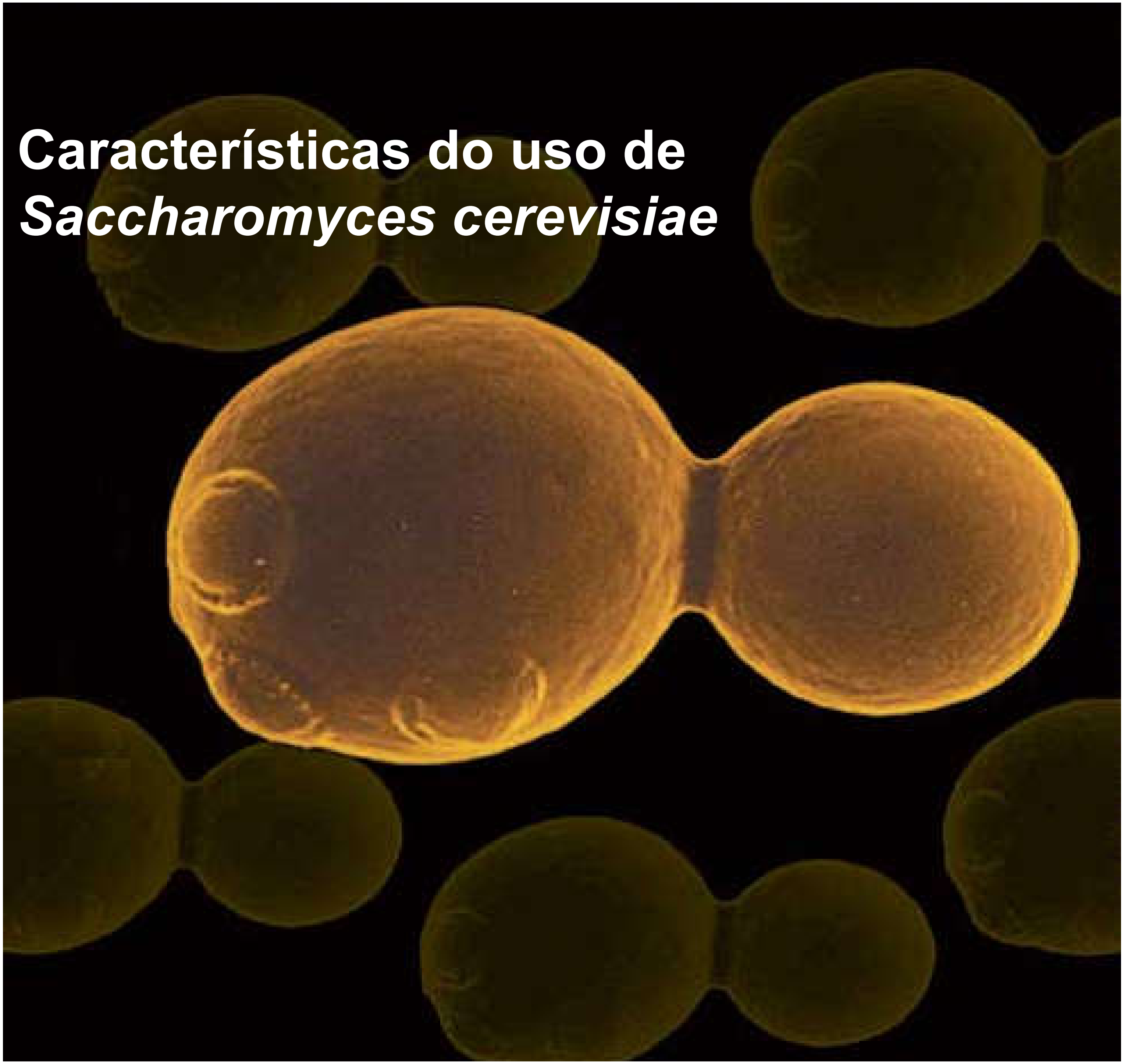

Álcool - Pão
Hormônios
Plantas
Antibióticos
Fermentação Leveduras
Metabólitos
úteis
Bio-Transformação
Silvicultura
Ass. Micorrizas
Fungos
Controle Biológico
Nematodos
Insetos
Atividade enzimática
Amadurecimento
Queijos


Desenvolvimento das mudas *Scutellospora gilmorei* (pimenteira),micorrizadas (FMA) e não micorrizadas (cont) 90 dias após a inoculação. (Elizabeth Ying Chu -Embrapa)

**Bioremediação** – Bactérias e fungos remoção extratos orgânicos –

Seleção de biodegradadores: (*Mycobacterium, Anhtrobacter, Nocardia, Bacillus e Aspergillus*) :Utilização poluentes como fonte de carbono. Metabolização e transformação do poluente em $CO_2$ e $H_20$

# Características do uso de *Saccharomyces cerevisiae*



Book cover:
From a to $\alpha$
Hiten Madhani

*Saccharomyces cerevisiae*:

Ascomiceto → ascos de paredes finas

Na natureza →locais com pouca disponibilidade de água e alta oferta de açúcar : exsudato de plantas

Uso pelo homem:

→ preparação de alimentos e bebidas desde o início da civilização

→ Modelo de estudo da célula eucariótica

→ Como modelo de estudo da célula eucariótica:

**Estrutura celular muito semelhante aos animais**

**Crescimento rapido**

**Facilidade de cultivo e seleção em meios diferenciados**

**Manipulação genética bem determinada e sistema verstátil de transformação gênica**

**Ciclo de vida com estado haplóide e diplóide estáveis.**

## Table 1 Therapeutic proteins produced in the yeasts *S. cerevisiae* and *P. pastoris*

**Products on the market**

| Commercial name | Recombinant protein | Company | Expression system |
|---|---|---|---|
| Actrapid | Insulin | NovoNordisk | *S. cerevisiae* |
| Ambirix | Hepatitis B surface antigen | GlaxoSmithKline | *S. cerevisiae* |
| Comvax | Hepatitis B surface antigen | Merck | *S. cerevisiae* |
| Elitex | Urate oxidase | Sanofi-Synthelabo | *S. cerevisiae* |
| Glucagen | Glucagon | Novo Nordisk | *S. cerevisiae* |
| HBVAXPRO | Hepatitis B surface antigen | Aventis Pharma | *S. cerevisiae* |
| Hexavac | Hepatitis B surface antigen | Aventis Pasteur | *S. cerevisiae* |
| Infanrix-Penta | Hepatitis B surface antigen | GlaxoSmithKline | *S. cerevisiae* |
| Leukine | Granulocyte-macrophage colony stimulating factor | Berlex | *S. cerevisiae* |
| Novolog | Insulin | Novo Nordisk | *S. cerevisiae* |
| Pediarix | Hepatitis B surface antigen | GlaxoSmithKline | *S. cerevisiae* |
| Procomvax | Hepatitis B surface antigen | Aventis Pasteur | *S. cerevisiae* |
| Refuldan | Hirudin/lepirudin | Hoechst | *S. cerevisiae* |
| Regranex rh | Platelet-derived growth factor | Ortho-McNeil Phama (US), Janssen-Cilag (EU) | *S. cerevisiae* |
| Revasc | Hirudin/desirudin | Aventis | *S. cerevisiae* |
| Twinrix | Hepatitis B surface antigen | GlaxoSmithKline | *S. cerevisiae* |

**Wildt and Gerngross (2005) *Nat Rev Microbiol* 3: 119-128**

# Engineered *Saccharomyces cerevisiae* capable of simultaneous cellobiose and xylose fermentation

Suk-Jin Ha[a,b,1], Jonathan M. Galazka[c,1], Soo Rin Kim[a,b], Jin-Ho Choi[a,b], Xiaomin Yang[d], Jin-Ho Seo[e], N. Louise Glass[f], Jamie H. D. Cate[c,g,2], and Yong-Su Jin[a,b,2]

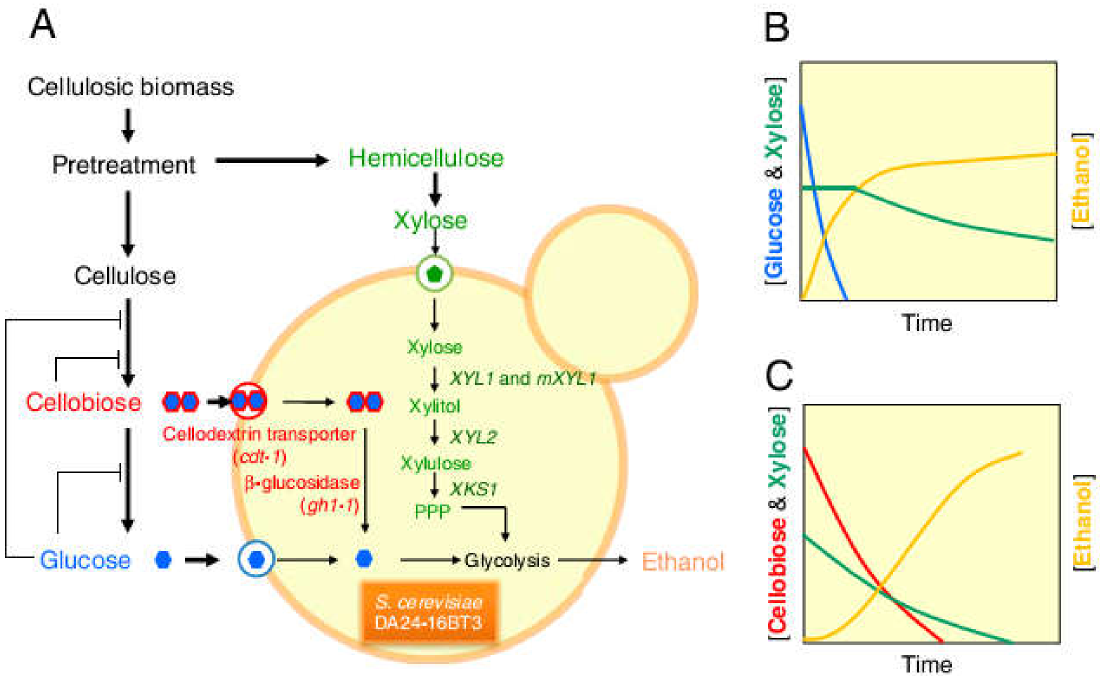


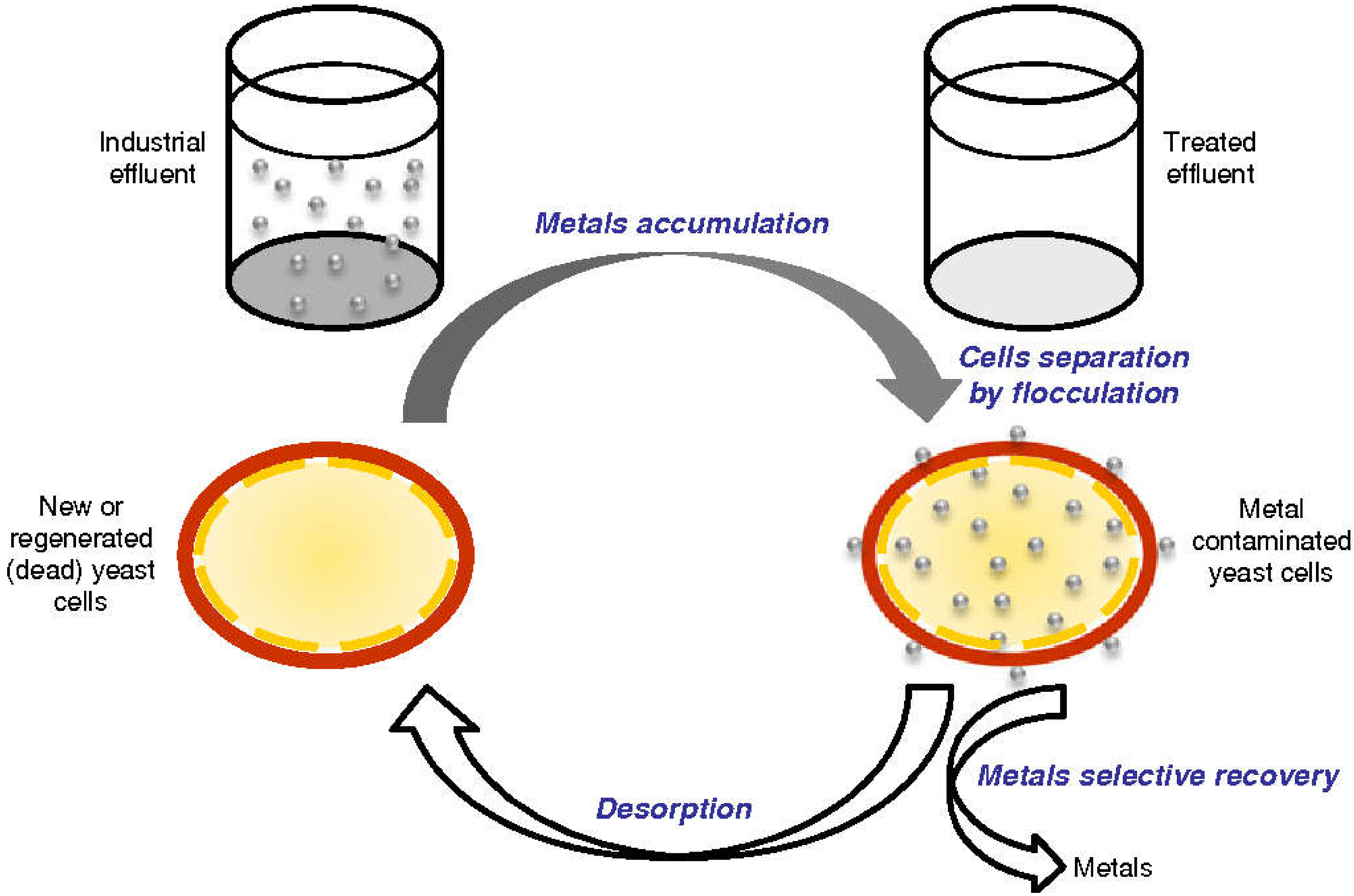

**Fig. 1.** Strategy for simultaneous cofermentation of cellobiose and xylose without glucose repression. (*A*) A strain improvement strategy to engineer yeast capable of fermenting two nonmetabolizable sugars (cellobiose and xylose). The cellodextrin assimilation pathway consists of a cellodextrin transporter (*cdt-1*) and an intracellular β-glucosidase (*gh1-1*) from the filamentous fungus *N. crassa*. The modified xylose metabolic pathway utilizes xylose reductase isoenzymes (wild-type XR and a mutant XR$^{R276H}$), xylitol dehydrogenase (*XYL2*), and xylulokinase (*XKS1*) from the xylose-fermenting yeast *P. stipitis*. (*B*) Schematic fermentation profile of a sugar mixture containing glucose and xylose by the engineered *S. cerevisiae*. Glucose fermentation represses xylose fermentation completely so that xylose fermentation begins only after glucose depletion (analogous fermentation result shown in Fig. 5*A*). (*C*) Schematic fermentation profile of a sugar mixture containing cellobiose and xylose by the engineered *S. cerevisiae*. Cellobiose and xylose are simultaneously utilized, as neither carbon source represses consumption of the other (analogous fermentation result shown in Fig. 5*B*).

504–509 | PNAS | January 11, 2011 | vol. 108 | no. 2

# GranBio begins cellulosic ethanol production in Brazil

By GranBio | September 24, 2014

# Bioremediação metais




Applied Microbiology and Biotechnology

August 2013, Volume 97, Issue 15, pp 6667–6675

Material de Estudo
Brock – Unidade 6 – os fungos

Questões :

→Que características biológicas permitem reunir os fungos como um Reino à parte?

→ Como o metabolismo fúngico se adequa a sua ecologia?

→Quais as implicações que os fungos tem para os seres humanos?