

BMM400 - Microbiologia Básica

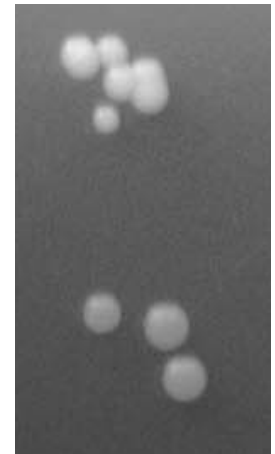
Módulo de Micologia –

Morfologia, Taxonomia e Fisiologia dos Fungos

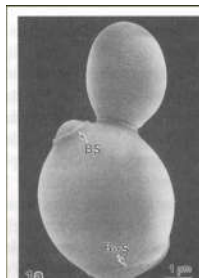
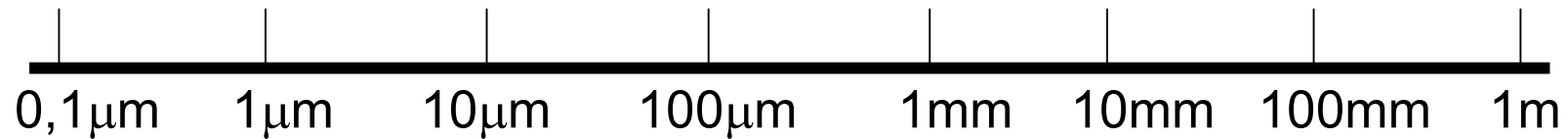
Morfologia Macroscópica



Photo courtesy of E.B. Matheny



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



Segundo os Tipos Básicos:

Macroscópicos → Cogumelos



Microscópios {
Bolores – formam colônias filamentosas
Leveduras – colônias cremosas



Morfologia Macroscópica

Textura Colônias

Altura das
hifas aéreas

Algodonosa – micélio aéreo alto e denso



Aveludada – micélio aéreo baixo



Granular – planas e “esfarelentas”



Glabra – sem micélio aéreo – normalmente formado por leveduras



Topografia da colônia

Rugosa – sulcos profundos a partir do centro



Umbilicada – elevação central



Verrucosa – superfície franzida e retorcida

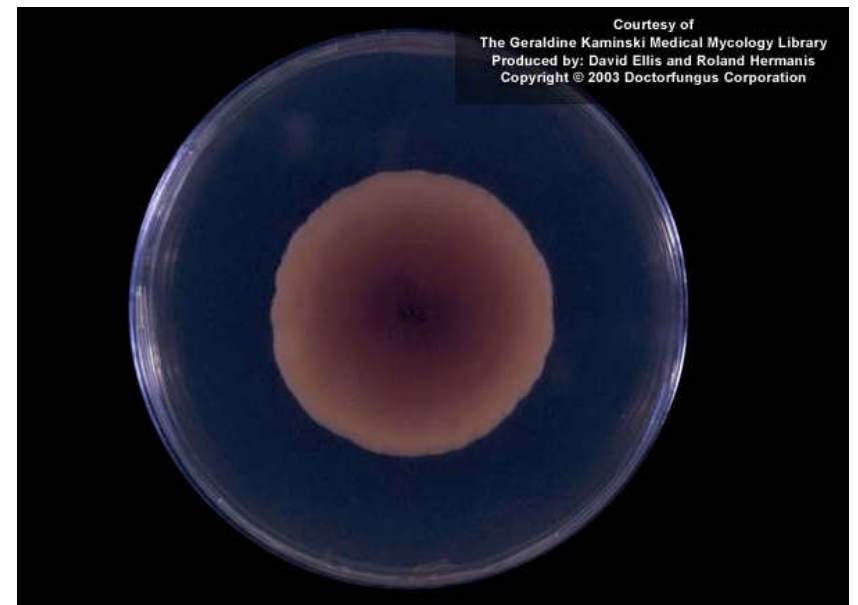
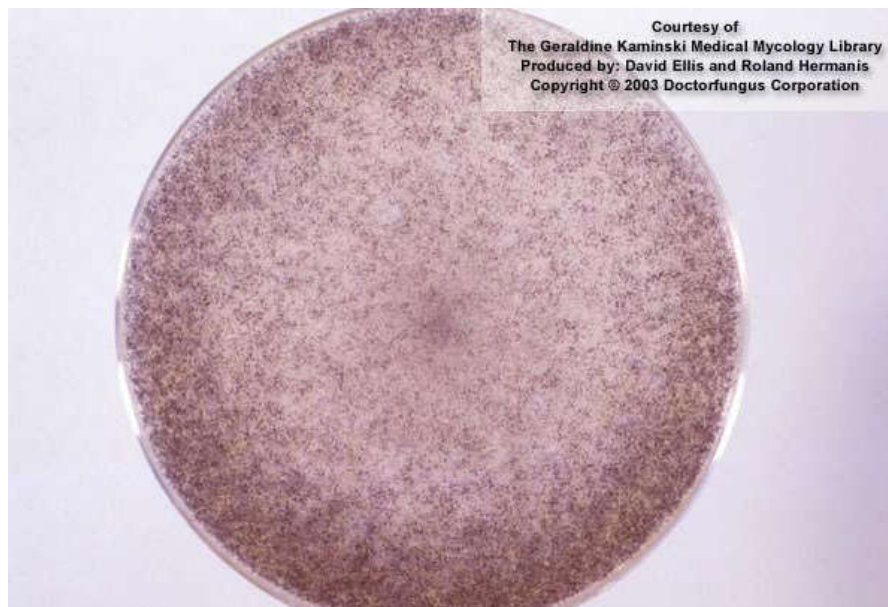


Velocidade de crescimento:

Rápido

Moderado

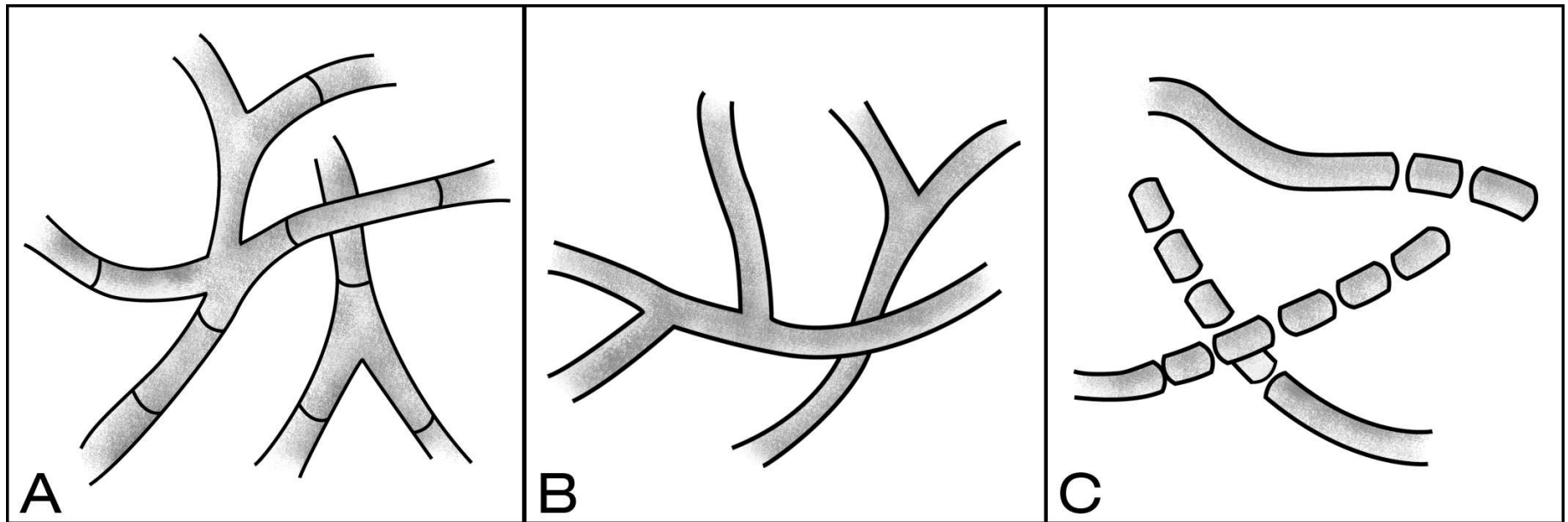
Lento



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

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)

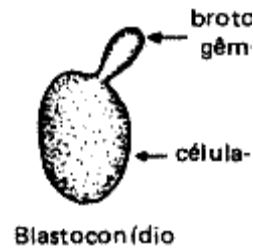


Morfologia Microscópica

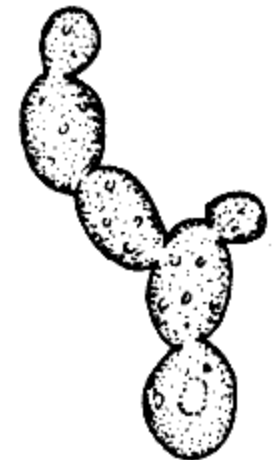
Bolores – micélio pluricelular



Leveduras – unicelulares

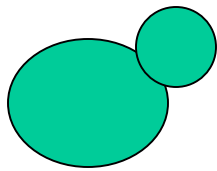


Pseudofilamentoso

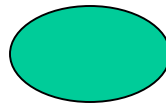


Pseudo-hifa

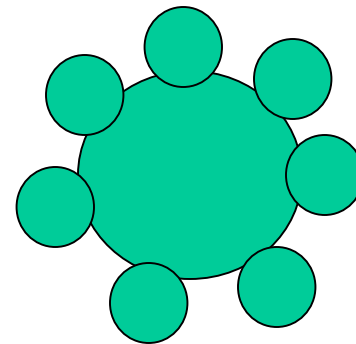
Morfologia microscópica de algumas leveduras:



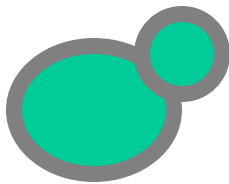
Brotamento simples: *Candida*, *Saccharomyces*



Ovóide: *Sporothrix schenckii*



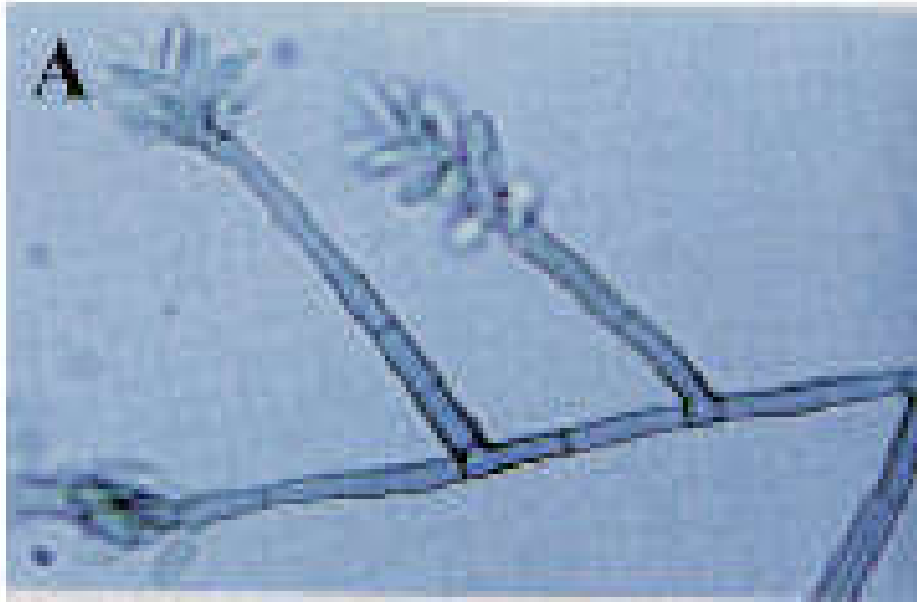
Multibrotamento: *Paracoccidioides brasiliensis*



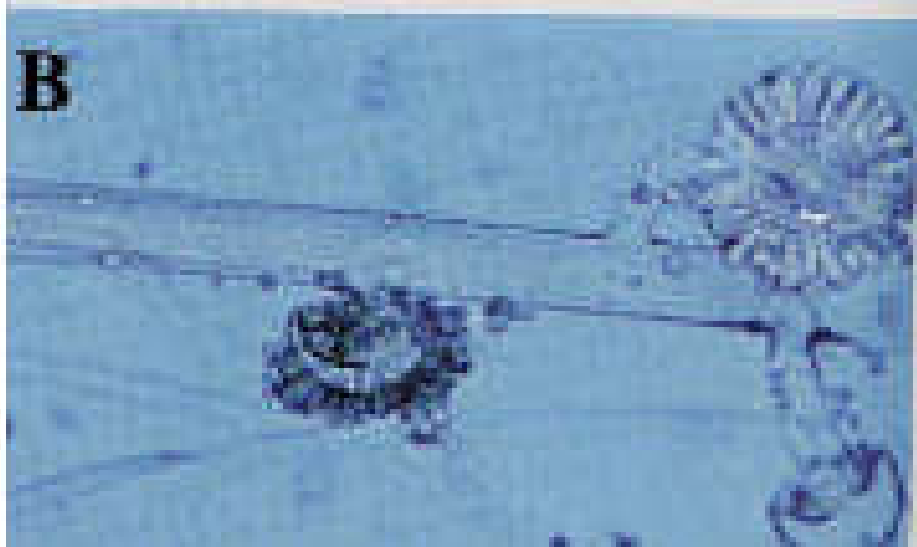
Encapsulada: *Cryptococcus* spp

As Hifas apresentam, ou não, septos:

Hifas Septadas



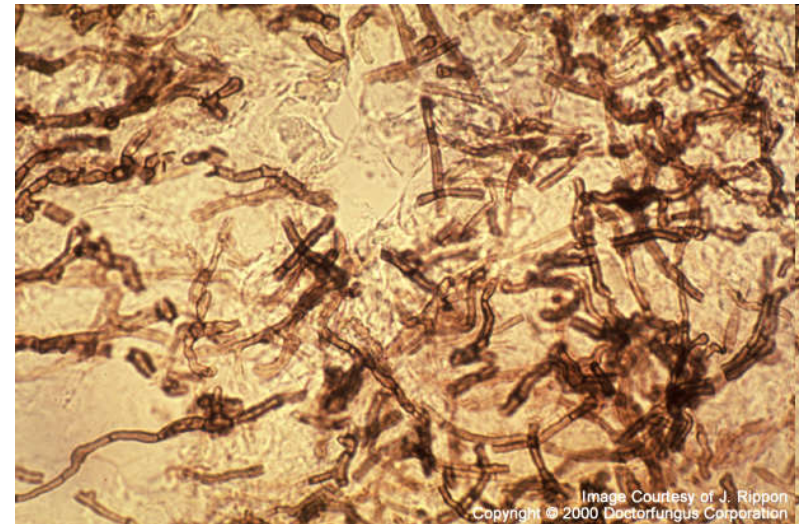
Hifas Asseptadas



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



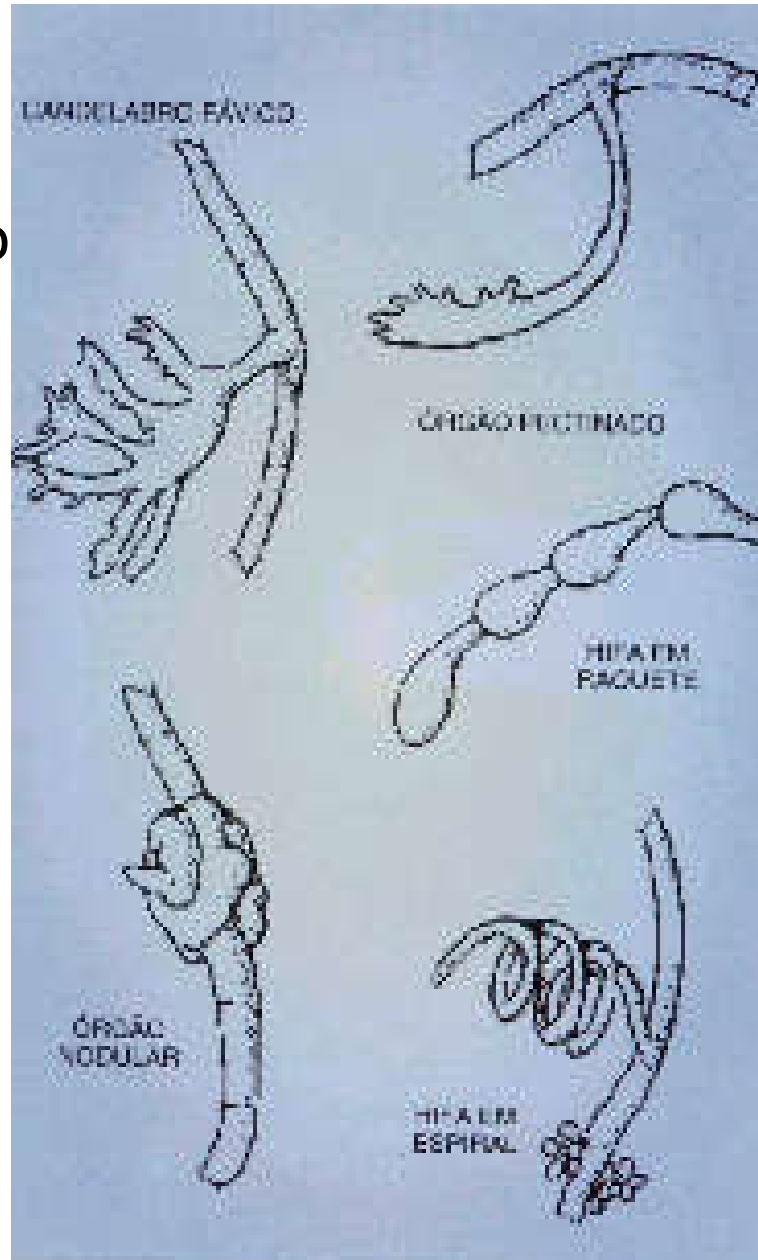
Aspergillus nidulans



Scytalidium dimidiatum

Algumas Hifas apresentam especializações morfológicas distintas

Candelabro Favoso



Orgão Pectinado

Em Raquete

Orgão Nodular

Hifa em Espiral

Taxonomia

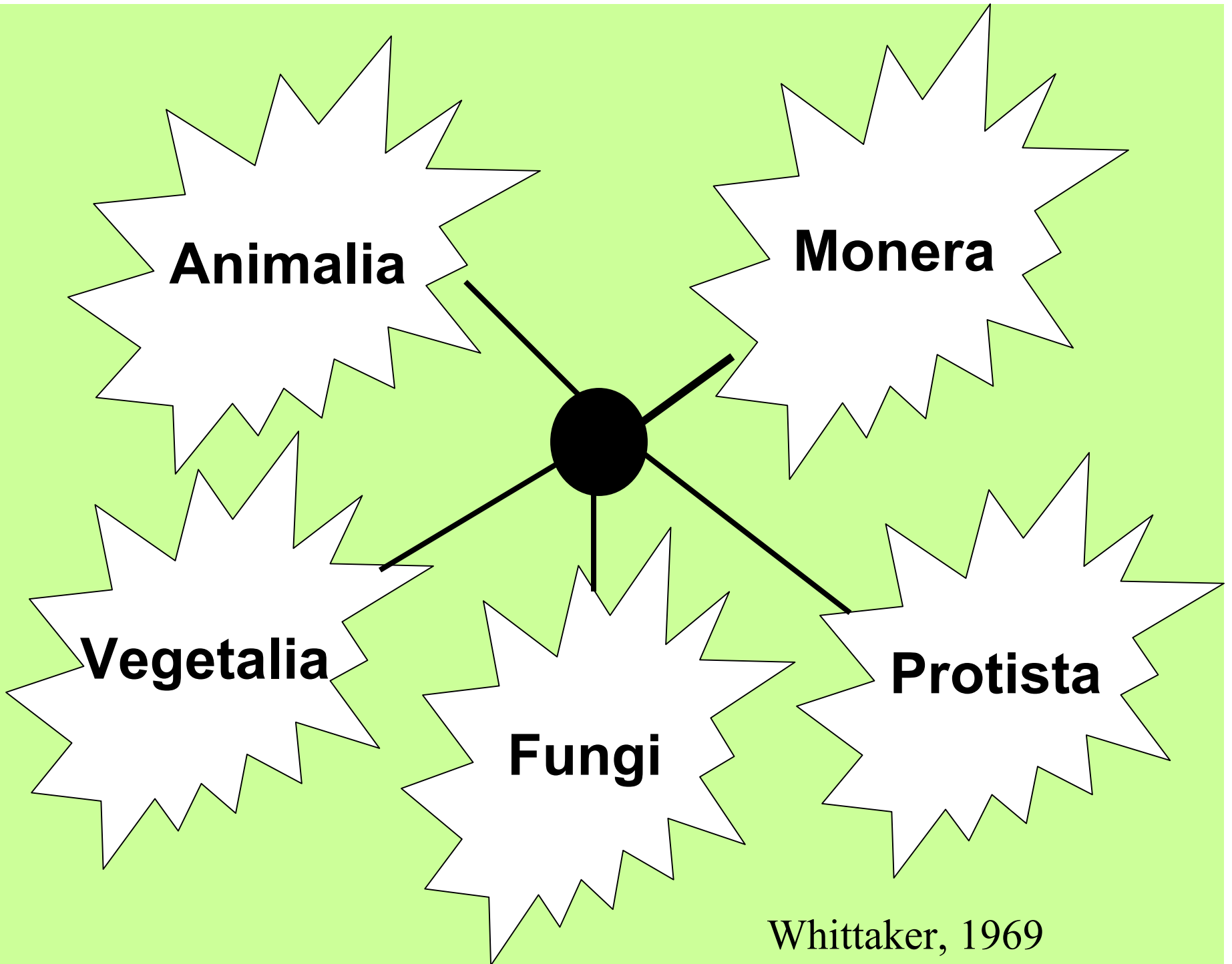
Fungos: ~100.000 espécies descritas

Reino Fungi – Monofilético

Eumicetos – Fungos verdadeiros

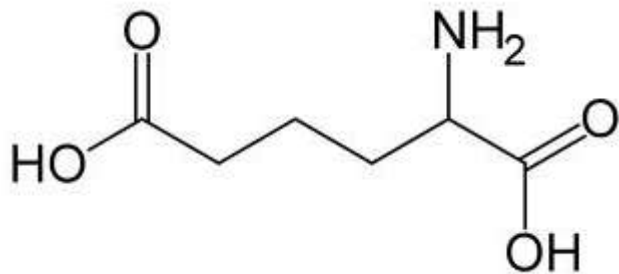


O termo “fungo” se refere historicamente a muitos organismos com características semelhante aos fungos verdadeiros (ex. Crescimento filamentoso), como bactérias (actinomicetos) , Oomicetos, protistas, algas ...

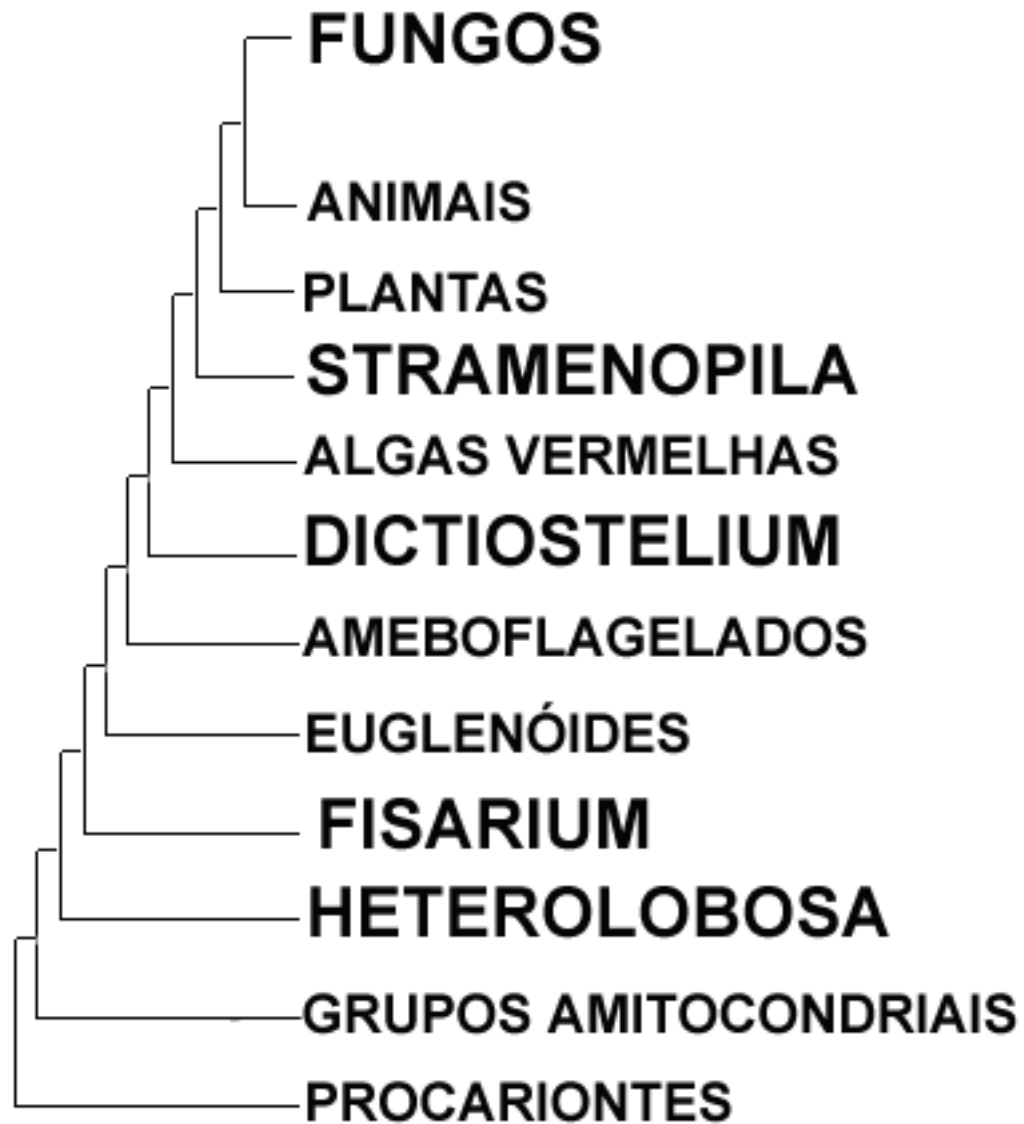


Whittaker, 1969

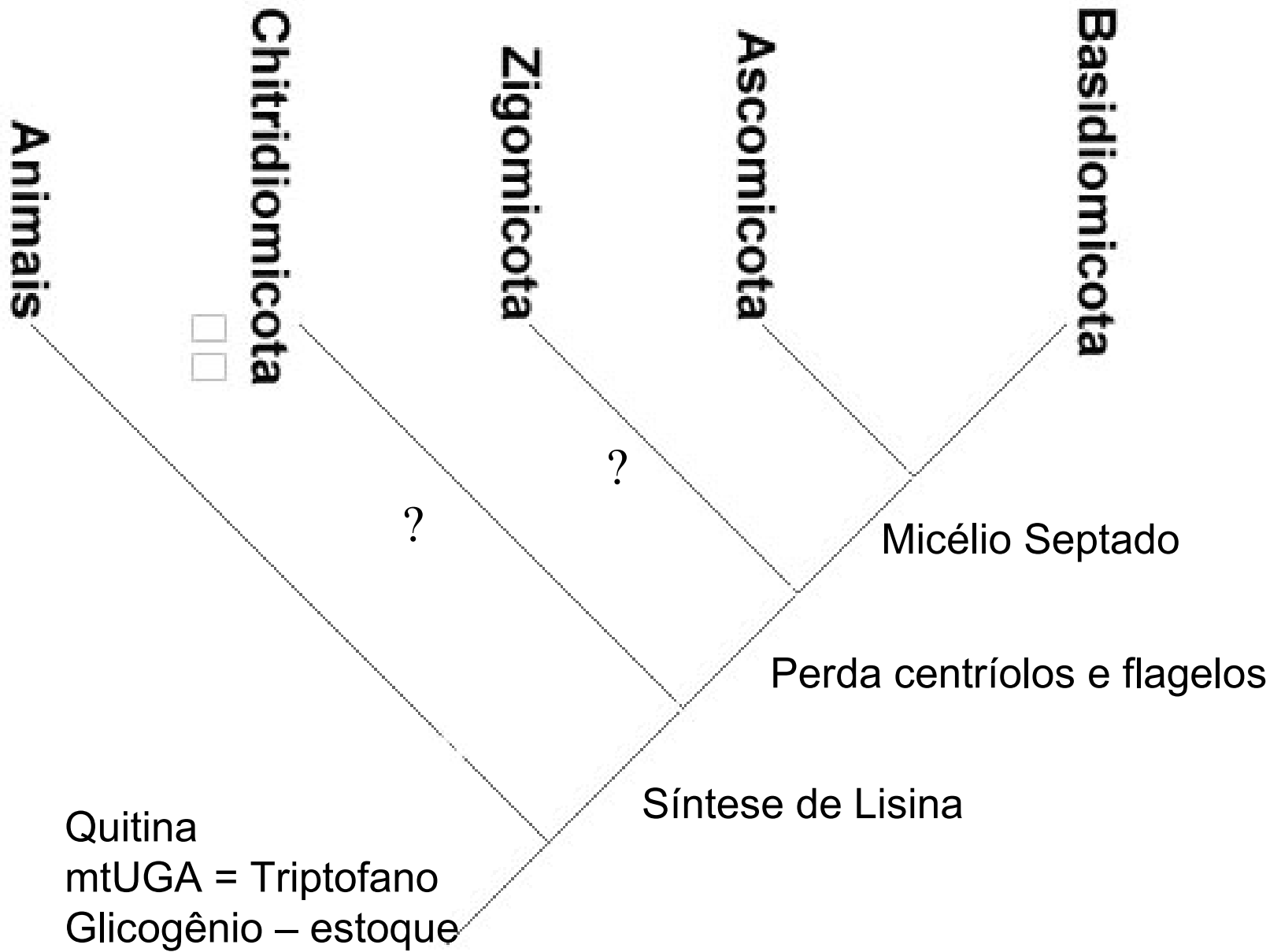
A via biossintética de aminoácidos a partir do ácido aminoadípico e presença de parede celular com quitina e β -glucanos definem monofileticamente os eumicetos.



ácido aminoadípico

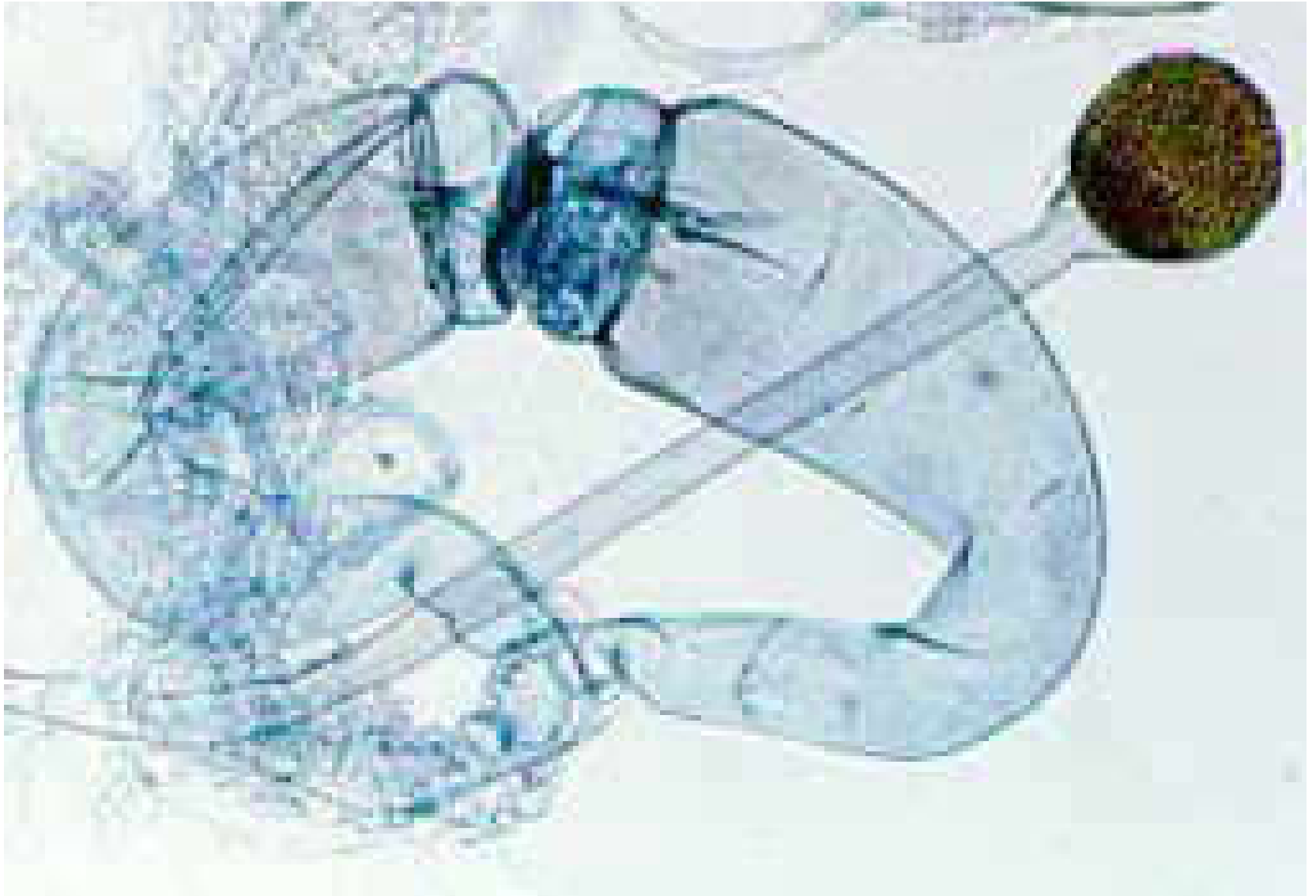


Árvore filogenética baseada sequência rDNA – Alexopoulos et al.1996 –
Introductory Mycology



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

Reprodução Fungos



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

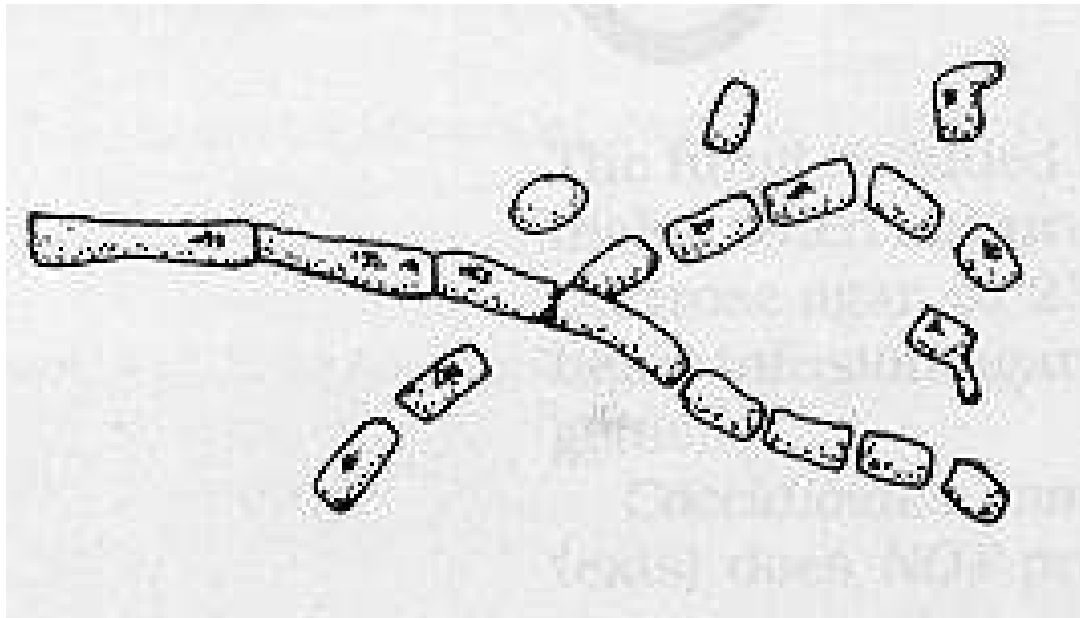
Tipos principais de Reprodução Sexuada:

1- Duas células morfologicamente idênticas mas de tipo sexual opostos se unem (ex. *Saccharomyces cerevisiae*)

2- Fusão de células morfologicamente distintas como anterídios e ascogonios (com hifa tricógena, ex. *Laboulbenia formicarum*)

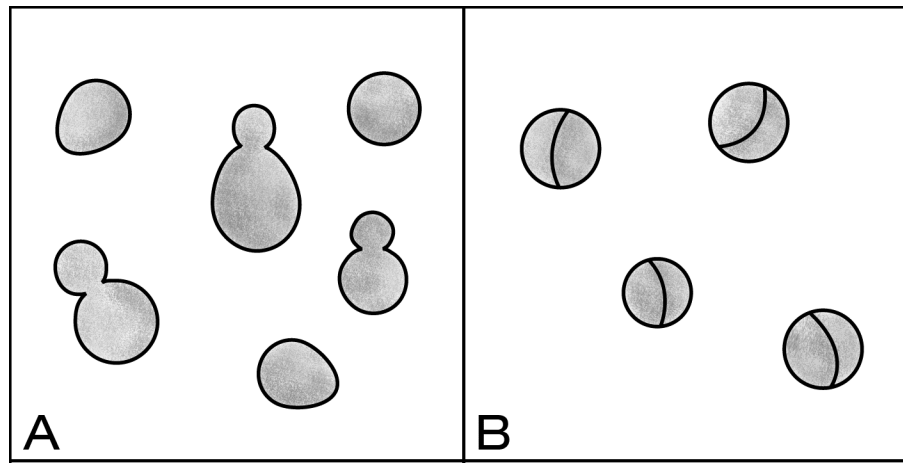
ASSEXUADA:

sem diferenciação celular, normalmente por fragmentação.



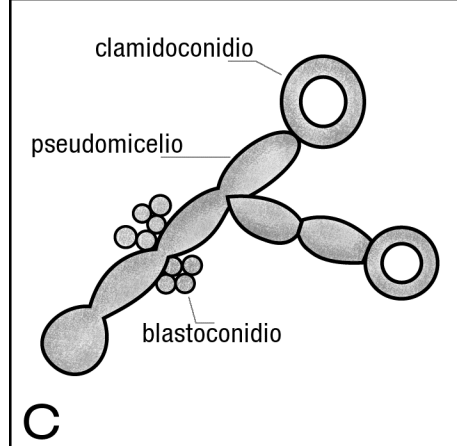
Reprodução Assexuada em Leveduras

Brotamento



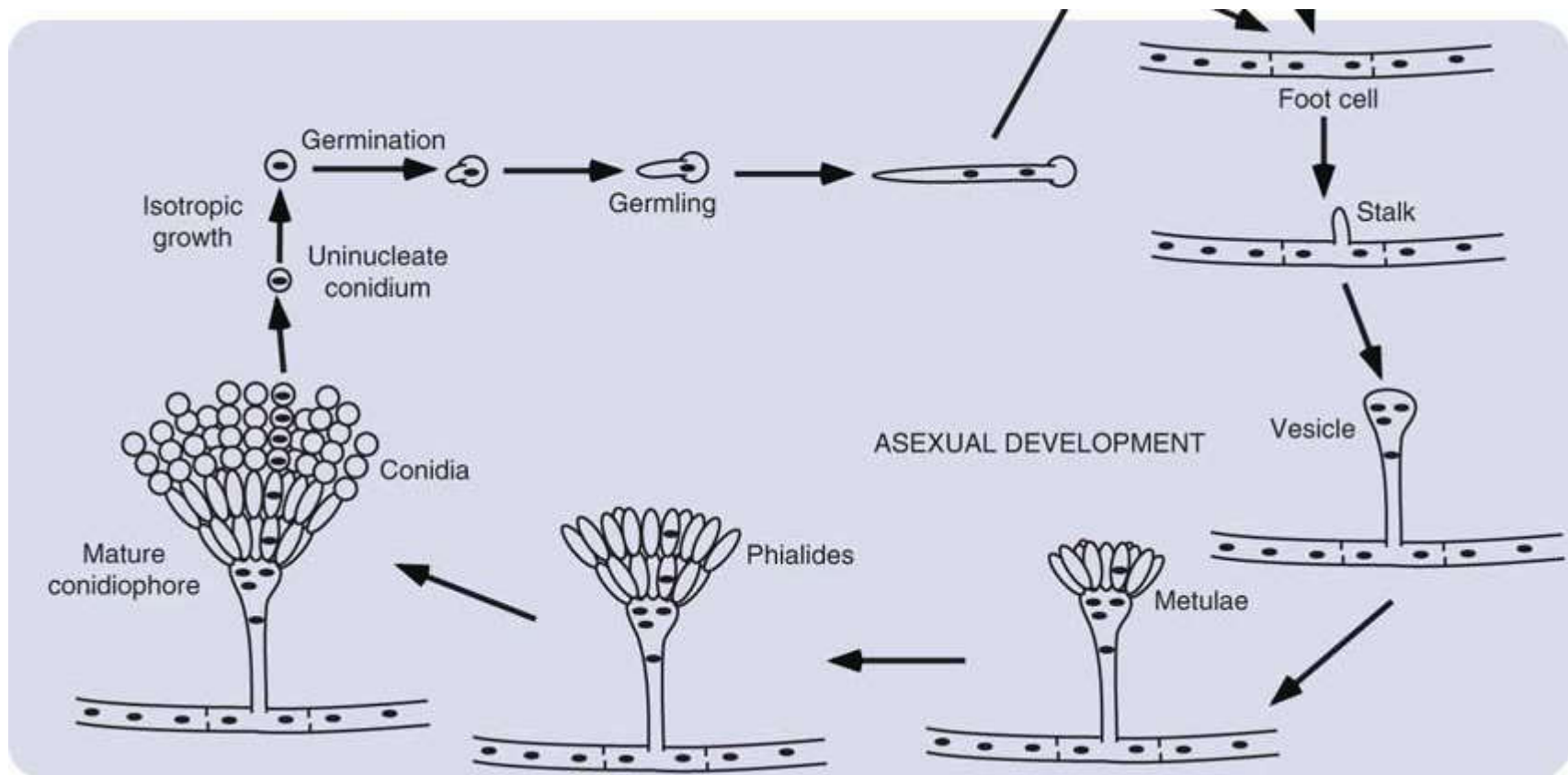
Cissiparidade

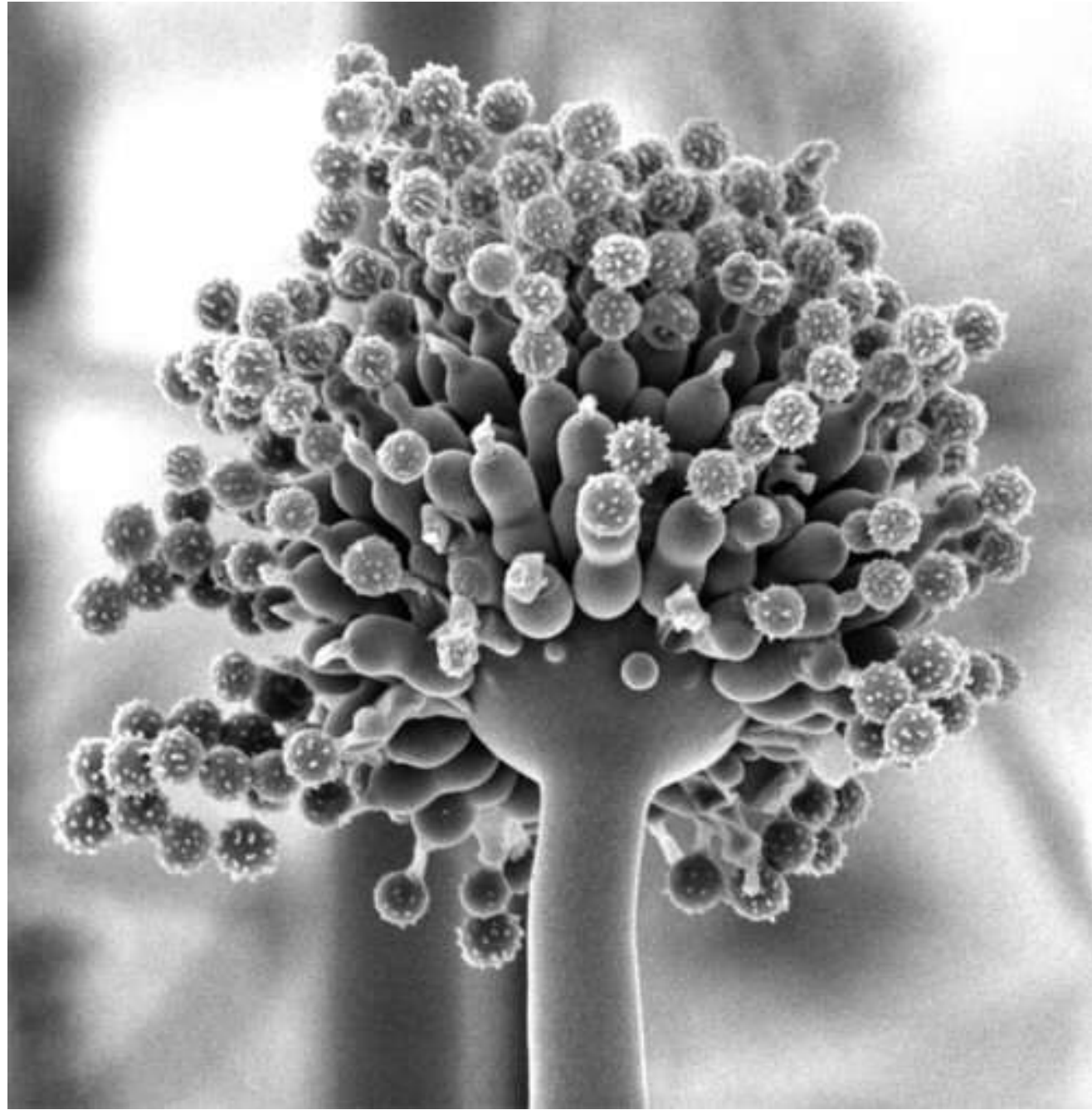
Pseudohifas



ASSEXUADA:

com diferenciação celular e produção de esporos (conídios)





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



Esporangiósporos – endósporos produzidos no interior de um esporângio

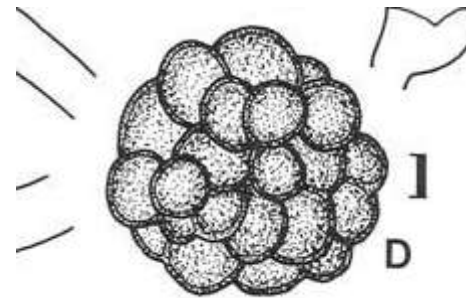


Outros tipos de esporos (propágulos) de perfil mais resistente também podem servir para dispersão assexuada:

Clamidoconídios



Bulbo



Adensamento hificos

Esclerotio



<-regular irregular -
>

Estromata

Ecologia

Decompositores

Fungos são essenciais no processo de decomposição da matéria orgânica morta em qualquer ecossistema.



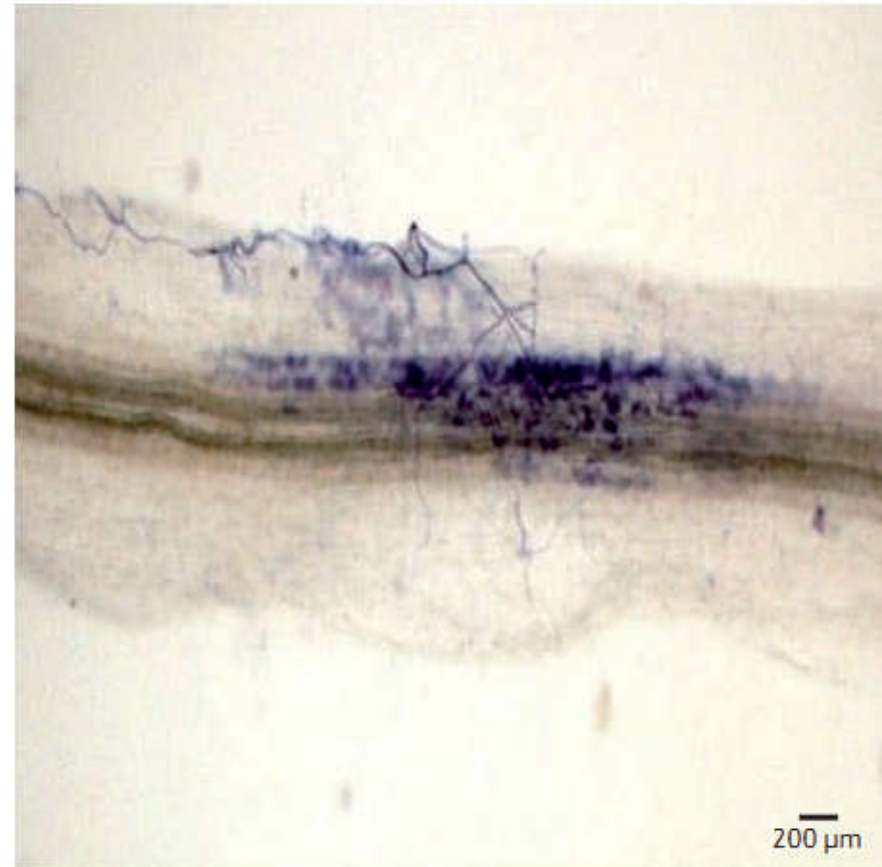
Saprófitas: organismos que absorvem matéria orgânica em decomposição



Ciclagem Elementos: Carbono, Nitrogênio, Enxofre...

Os Fungos estão presentes em todos habitats terrestres – nas regiões polares, desertos, a ambientes anaeróbicos.

Além dos habitats naturais, muitos fungos vivem associados a outros seres vivos constituindo suas “microbiotas”, por exemplo, 90% das plantas vasculares apresentam fungos associados a suas raízes -



An arbuscular mycorrhiza between the glomeromycete fungus *Glomus intraradices* (stained blue) and the legume *Medicago truncatula*. Image is reproduced, with permission, from Maillet, F. et al. © (2011) Macmillan Publishers Ltd. All rights reserved.

Considerando a maior oferta de matéria orgânica, o solo é o habitat com maior frequência e diversidade de espécies de fungos



<http://ppbio.inpa.gov.br/Port/noticias/fungosducke>

Fungos no Ar

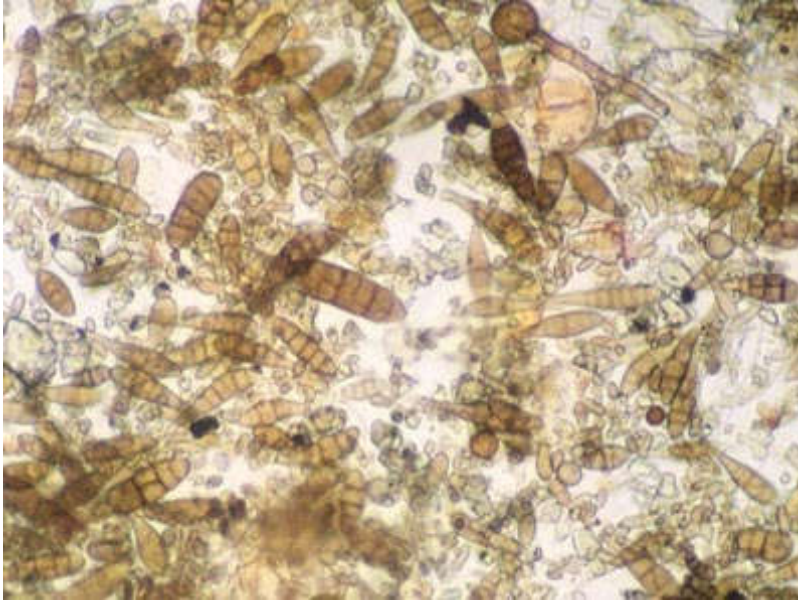
O Ar que respiramos é rico em esporos de fungos que se dispersam continuamente pela ação dos ventos.

Os esporos aéreos possuem uma grossa parede celular revestida por cadeias carbônicas **hidrofóbicas**, cera e melanina (prot. UV).



Permitem controle de perda de água, mas devem permitir também entrada de água que desencadeie o processo de germinação do esporo. No interior da célula glicerol é a principal fonte carbônica

Fita adesiva de coleta de esporos aéreos, nota-se além dos esporos, fragmentos de hifas.

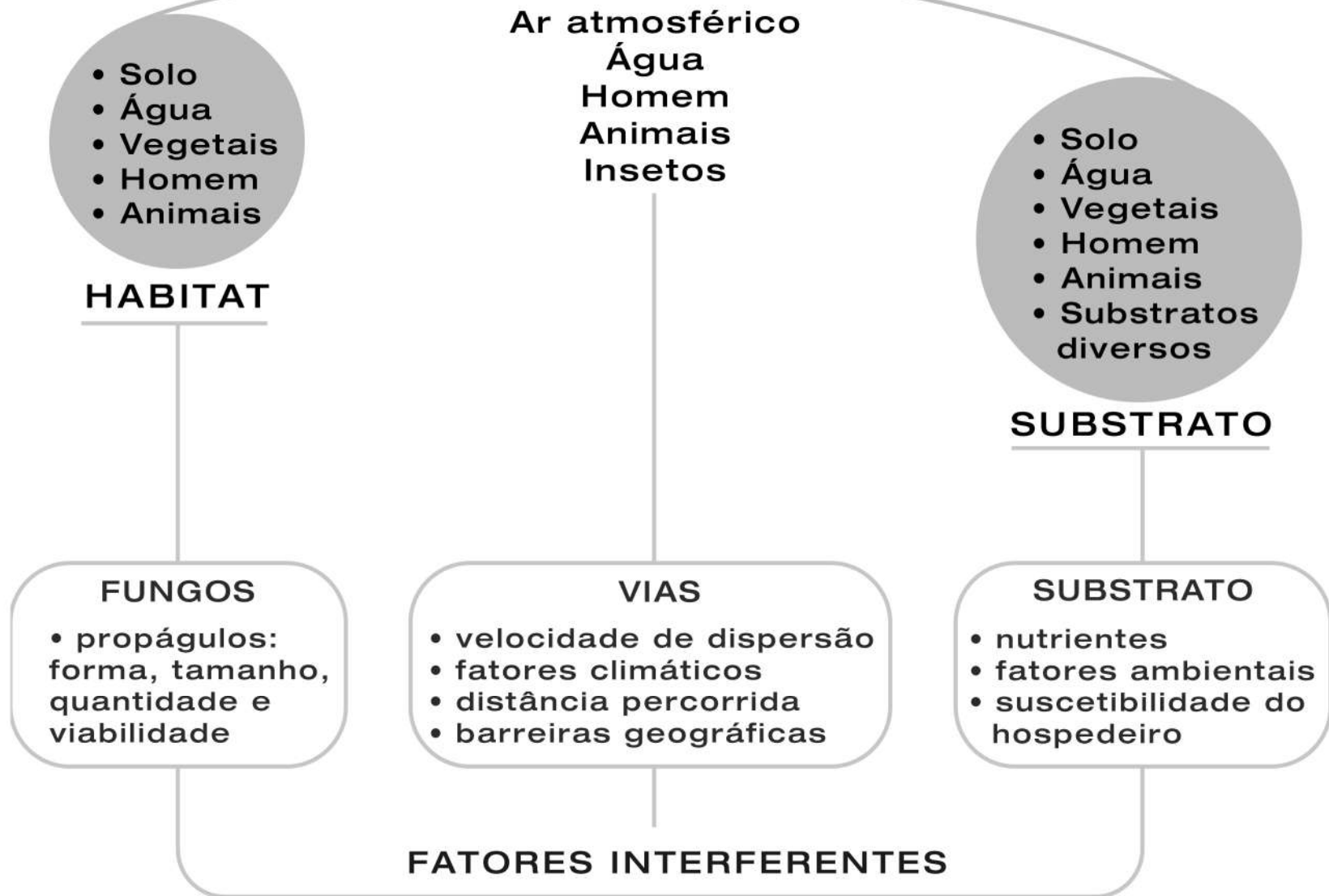


Ambiente externo



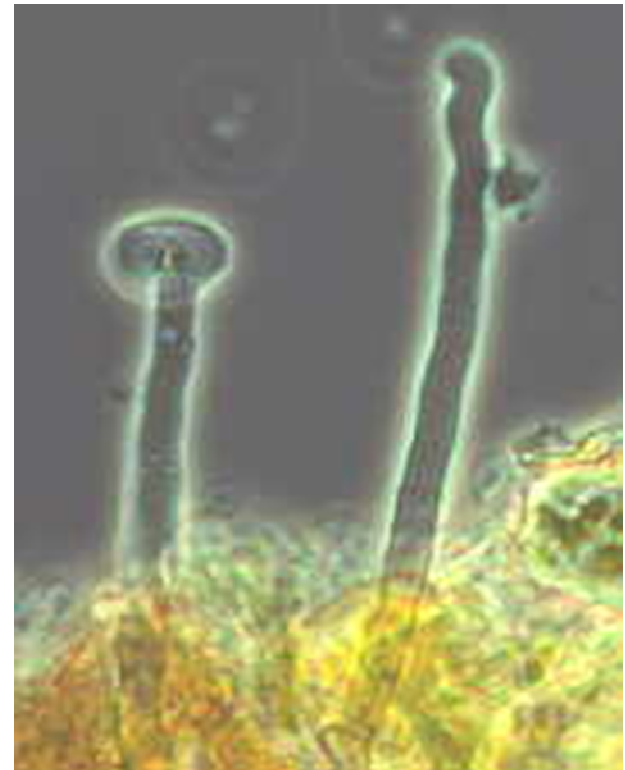
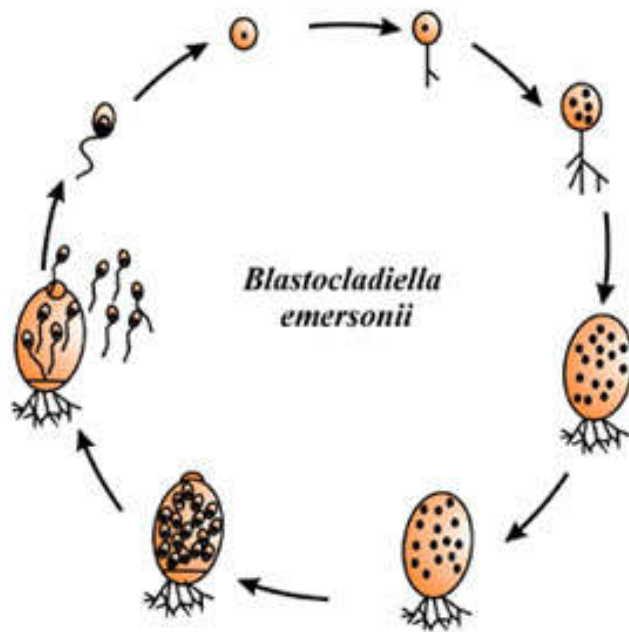
Ambiente interno

VIAS DE DISPERSÃO

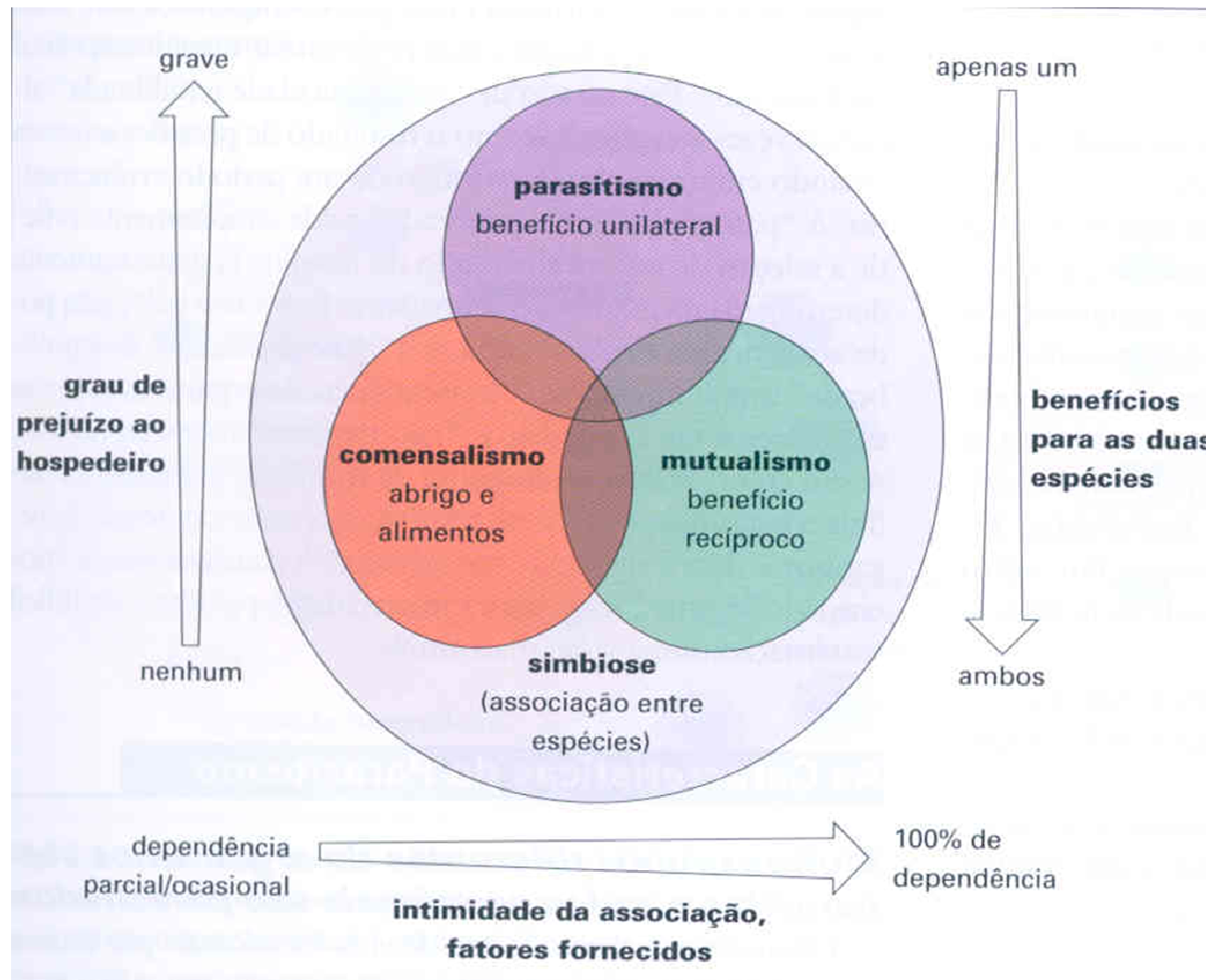


Fungos Aquáticos

A água é utilizada como via de dispersão por muitos espécimes. Mas, ela é também habitat dos fungos pertencentes ao filo Chitridiomycota, que apresentam esporangiósporos flagelados, e ascomicetos marinhos.



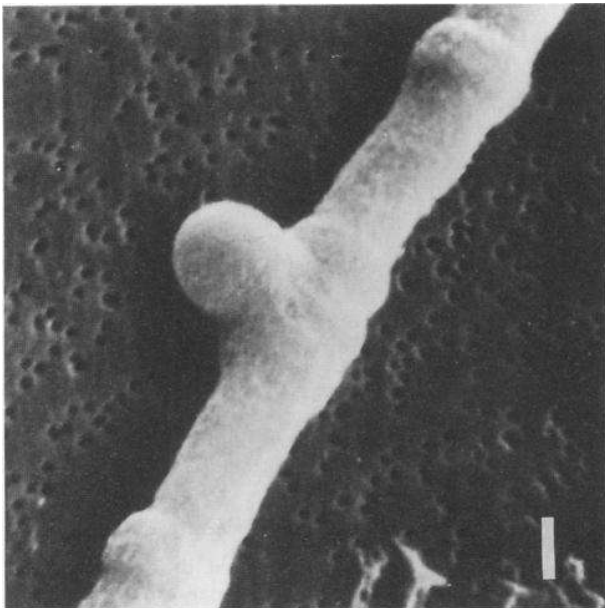
Relações Ecológicas



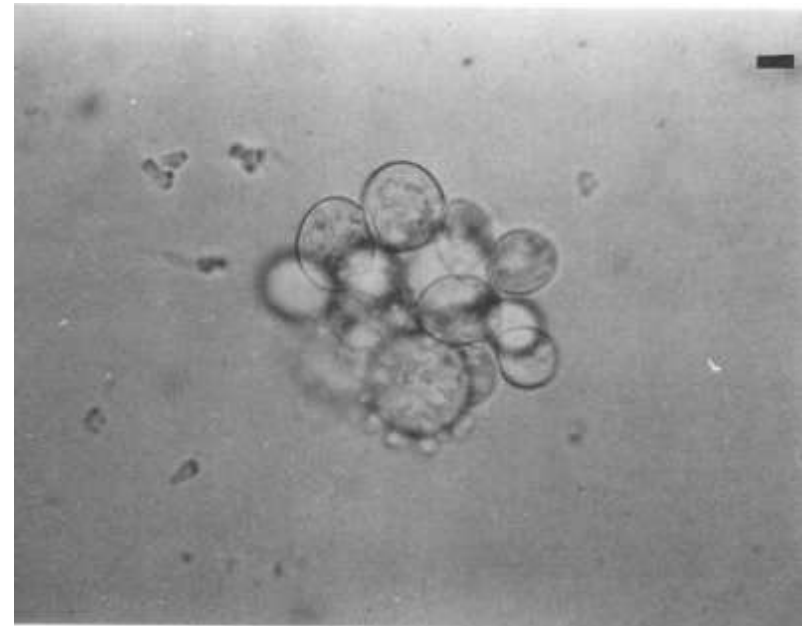
Relações Ecológicas

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

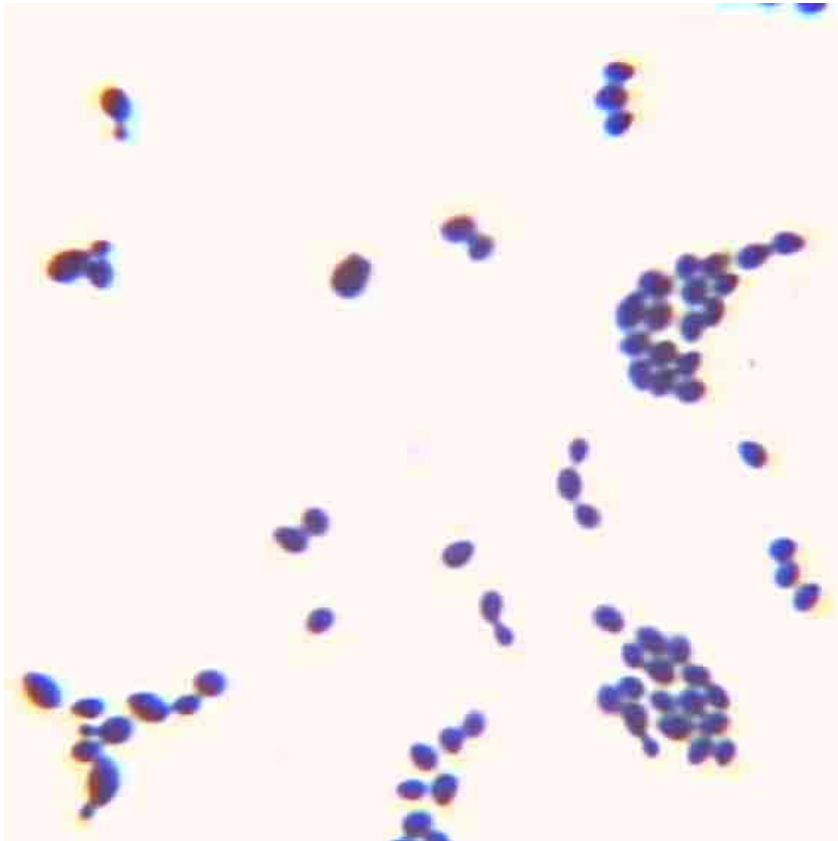


37°C



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.

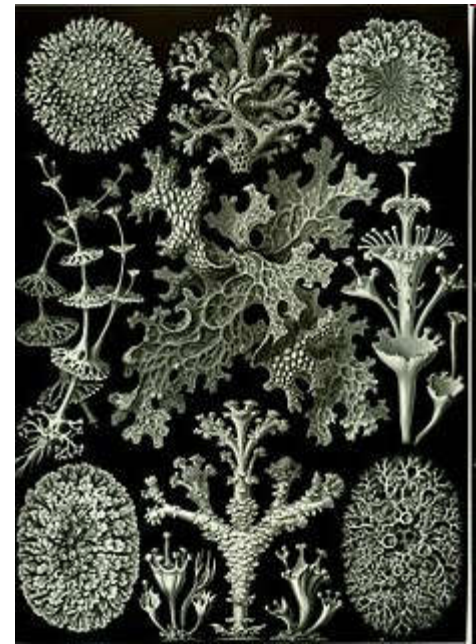


Mutualismo/Simbiose: Relação de benefício mútuo – é específica e dependente de co-evolução por longo período.

-Micorrizas

-Saúva – Fungos Basidiomicetos

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



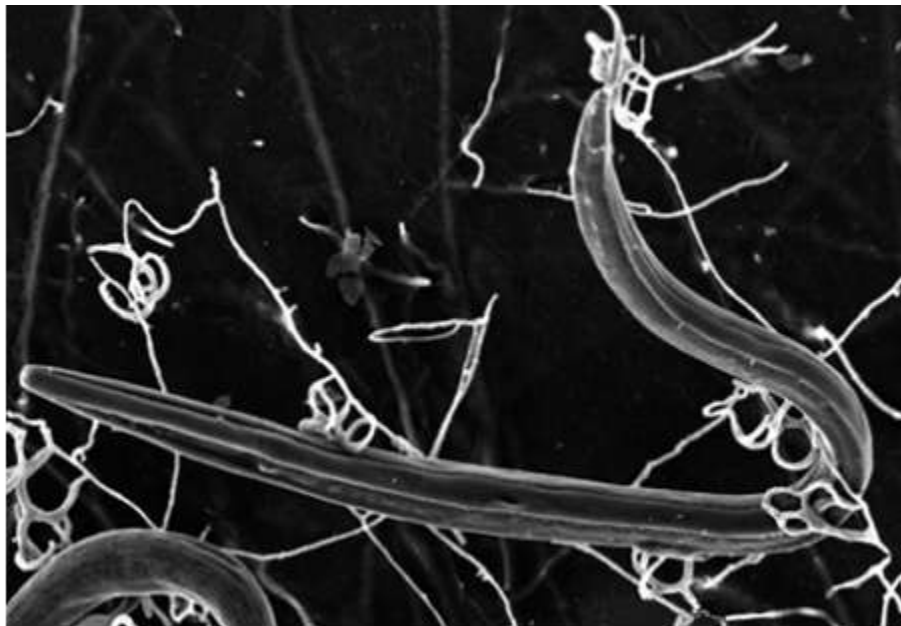
Lichenes" de Ernst Haeckel: *Artforms of Nature*, 1904

Predação

Fungos considerados carnívoros que através de entrelaçamento hifal mata sua presa. Essa estratégia está presente nos Zigomicetos, Ascomicetos e Basidiomicetos.

 FUNGAL PATHOGENESIS

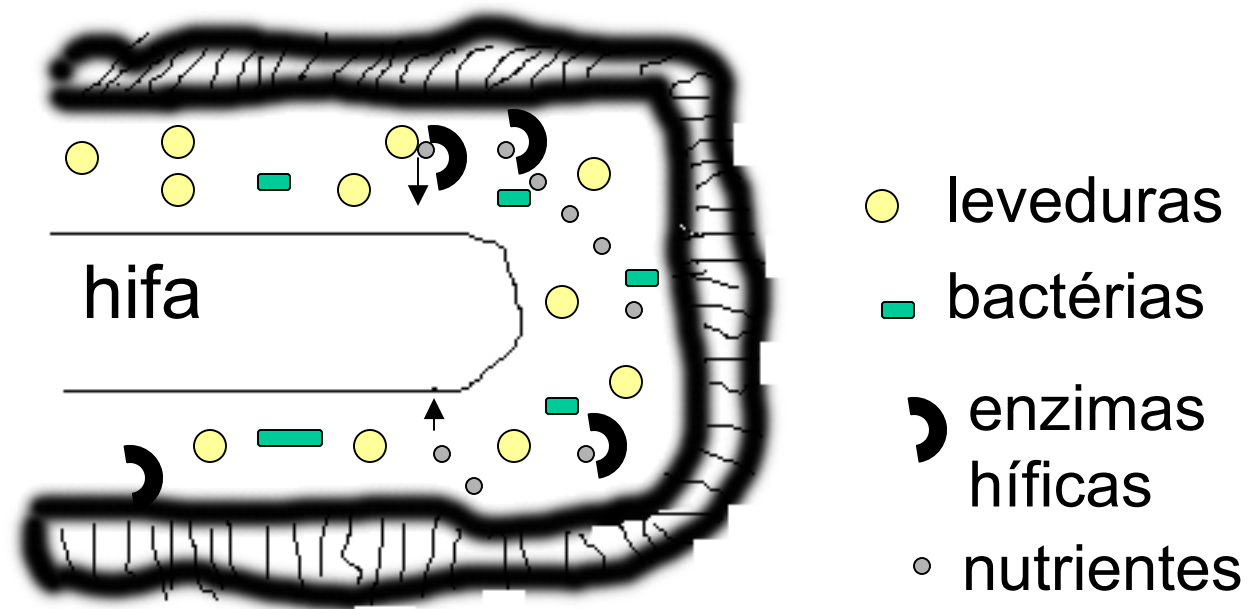
Hungry fungus eats nematode



Arthrobotrys oligospora in the process of capturing a nematode worm. Image is reproduced from Yang, J. et al.

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
MICROORGANISMO ANTAGONIZADO ; PRODUÇÃO DE
ANTIBIÓTICOS, ÁCIDOS, etc**

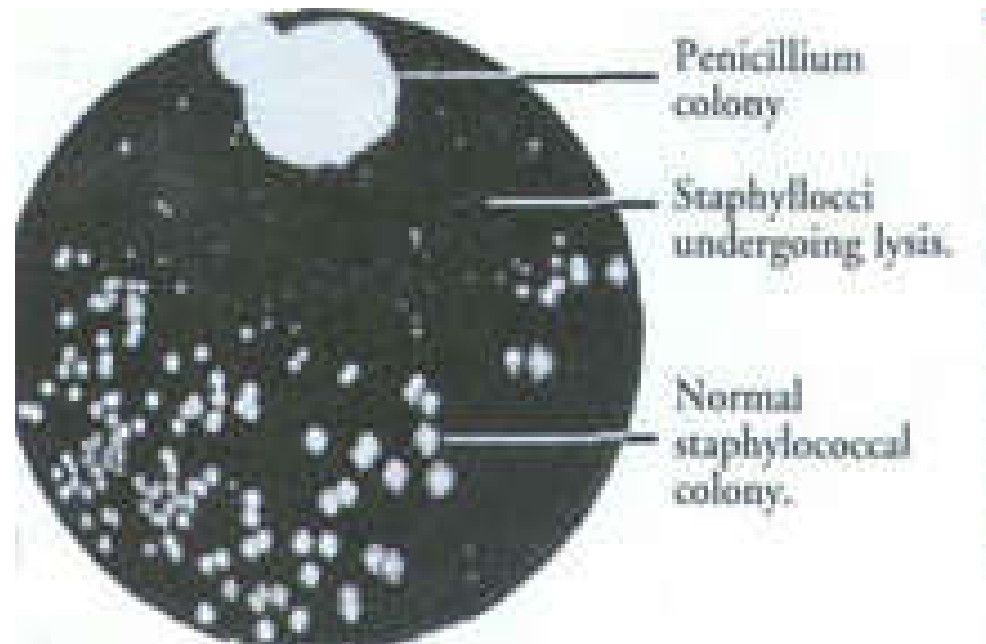
Reprinted from
The British Journal of Experimental Pathology,
1929, Vol. X, p. 226.

**ON THE ANTIBACTERIAL ACTION OF CULTURES OF A
PENICILLIUM, WITH SPECIAL REFERENCE TO THEIR
USE IN THE ISOLATION OF *B. INFLUENZAE*.**

ALEXANDER FLEMING, F.R.C.S.

*From the Laboratories of the Inoculation Department, St. Mary's Hospital,
London.*

Received for publication May 10, 1929.



Escapando da Competição

Antagonismo ativo: A *Oudemansiella mucida* (toxina: mucidin) defende seu substrato



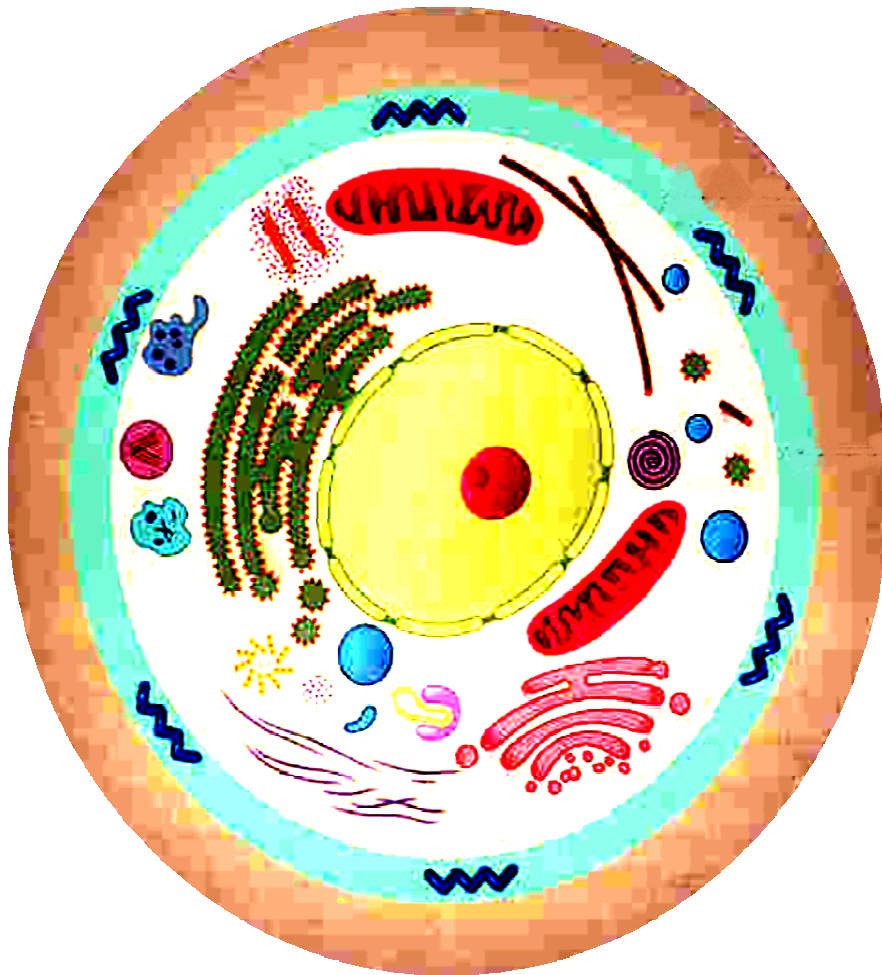
ANTAGONISMO PASSIVO:

COMPETIÇÃO POR ESPAÇO OU NUTRIENTES ESPECIAIS : VANTAGEM PARA O FUNGO QUE ESTIVER EM MAIOR NÚMERO E COM MAIOR TAXA DE CRESCIMENTO

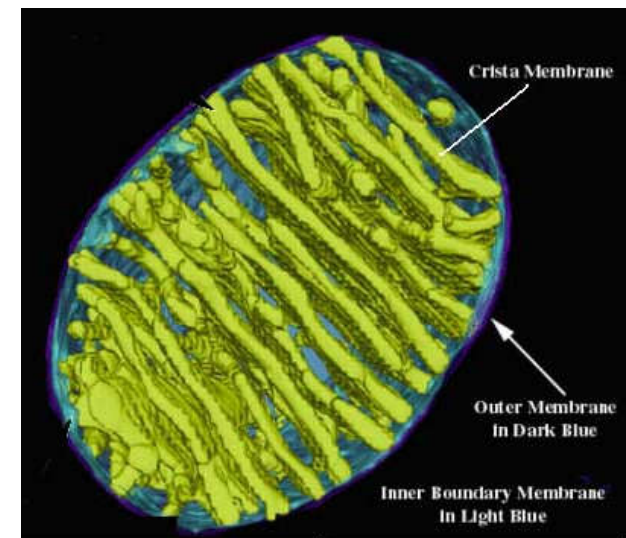


Fisiologia

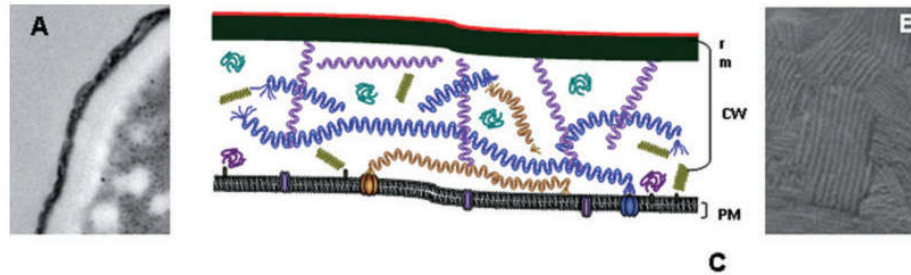
Em sua estrutura celular, os fungos são muito semelhantes às células dos animais



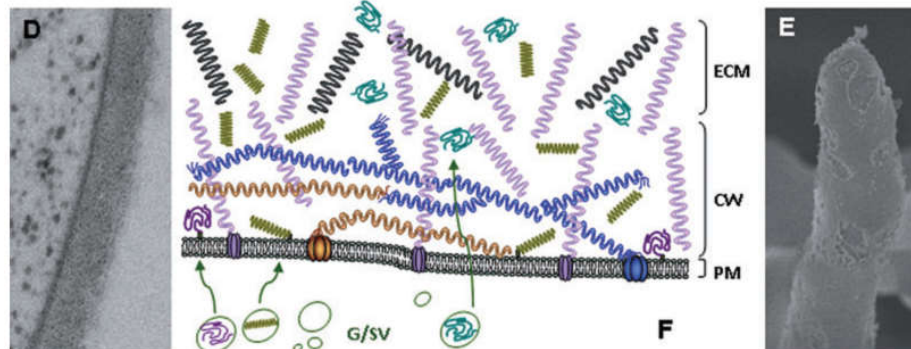
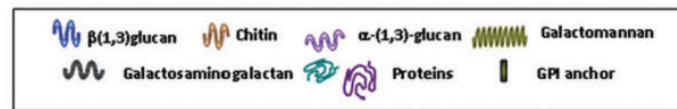
São eucariotos, apresentam diversas organelas intracelulares, não possuem cloroplastos, suas mitocôndrias possuem cristas achatadas e paralelas



Estrutura da parede celular



Conidio
dormente

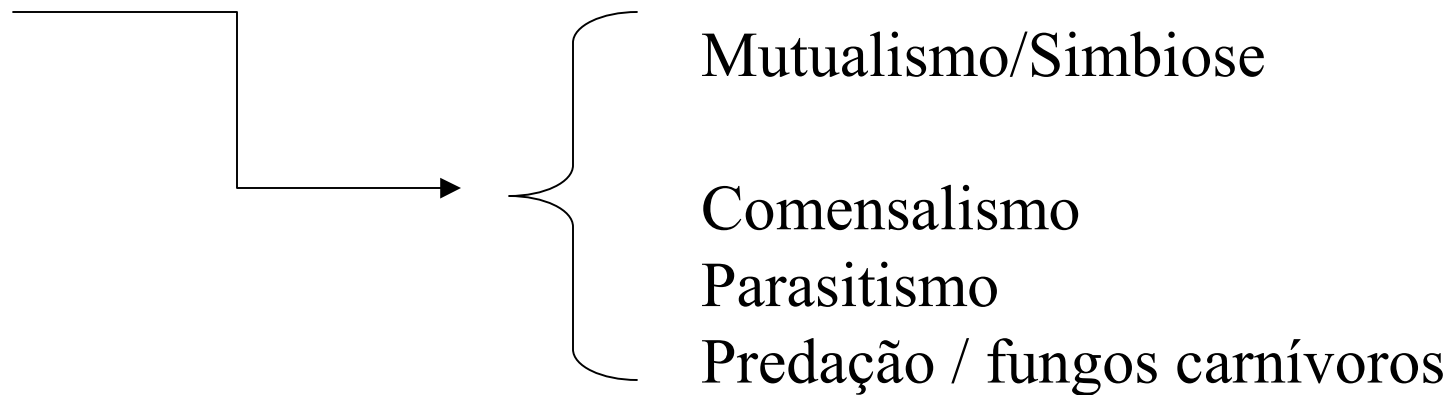


Hifa

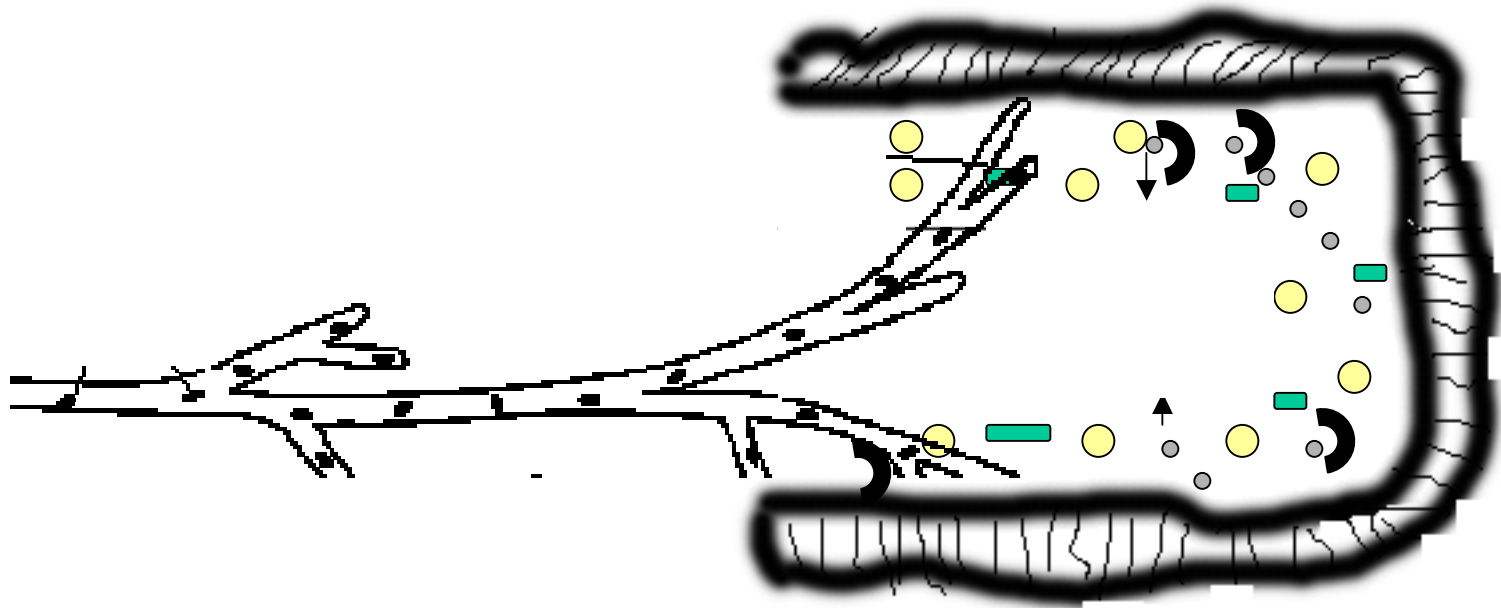
Características gerais de sua nutrição:

Organismos heterotróficos, absorção dos nutrientes do meio:

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



Os Fungos saprófitas 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.



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

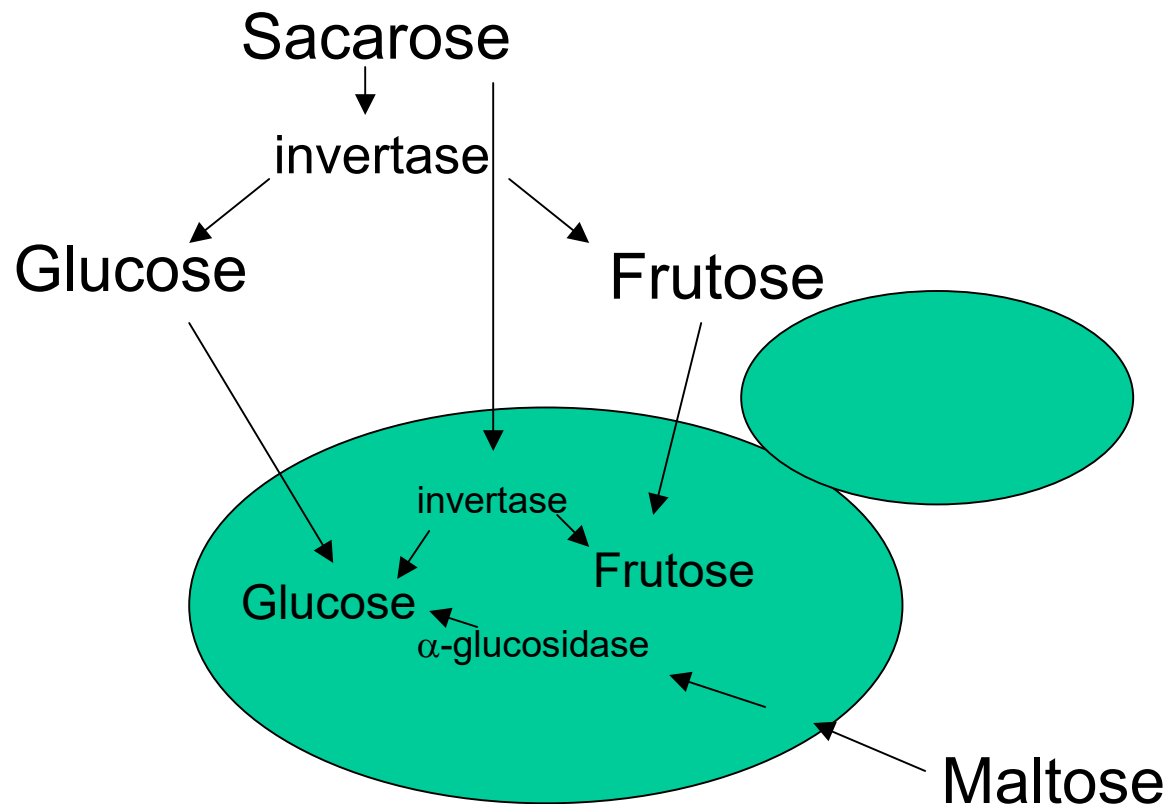
→ Ativação metabolismo secundário e secreção de antibióticos e micotoxinas

Alguns antibióticos secretados pelos fungos:

<i>Penicillium sp</i>	Penicilina
<i>Cephalosporium</i>	Cefalosporina
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Dictopiprazinas
<i>Penicillium griseofulvum</i>	Griseofulvina
<i>Aspergillus nidulans</i>	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 ...

→ Água



A disponibilidade de H₂O pode ser medida por atividade de água (Aa)

(Aa) – Água disponível para pronto uso em substratos

Aa	Exemplos
1,0	Água pura
0,99	Meios micológicos e clássicos
0,98	Água do mar
0,95	Pães
0,90	Presunto
0,75	Solução saturada cloreto de sódio
0,65	Glicerol 22M
0,55	Solução de Glicose saturada
0,48	Vales áridos da Antártica

(Aa) Mínima para o Crescimento de Alguns Fungos

0,97	<i>Penicillium viridicatum</i> e a maioria dos fungos da madeira
0,95	Basidiomicetos
0,92	<i>Rhizopus</i>
0,90	<i>Neurospora crassa</i> , <i>Trichotecium roseum</i>
0,87	<i>Fusarium verticillioides</i>
0,80	<i>Penicillium citrinum</i>
0,78	<i>Aspergillus flavus</i> e <i>Aspergillus parasiticus</i>
0,77	<i>Aspergillus ochraceus</i>
0,75	<i>Aspergillus candidus</i>
0,60	<i>Monascus</i>
0,58	Esporos <i>Eurotium</i> , <i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i> .

➔ **Oxigênio** – A maioria dos fungos é aeróbica, entretanto algumas leveduras são aeróbicas facultativas podendo sobreviver somente a partir do metabolismo fermentativo

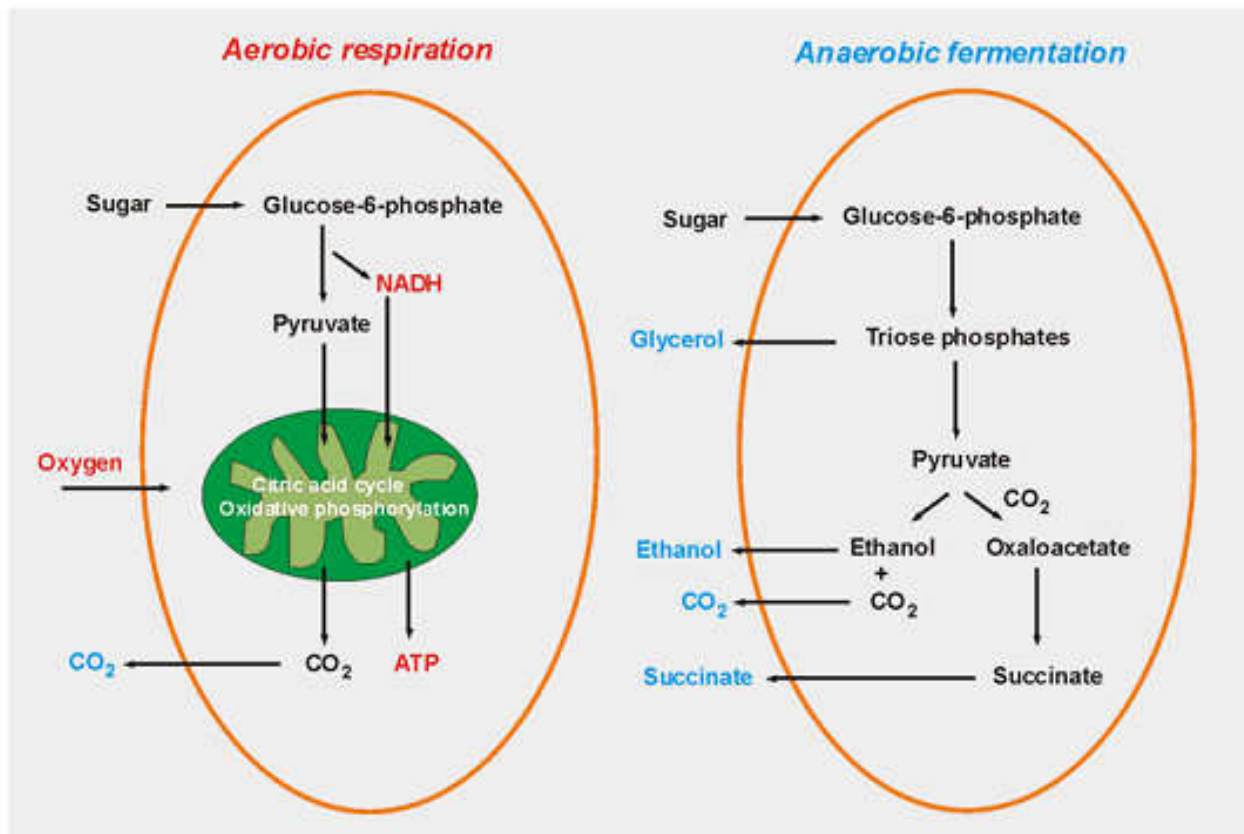


Figure 3-1: Metabolism in yeast under aerobic and anaerobic conditions.

Fatores Físicos do meio que afetam crescimento fúngico:

➔ Temperatura

Necessário a definição de parâmetros como: peso seco, crescimento linear, germinação, turbidez no meio

Psicrófilos -> não crescem acima de 20°C

Mesófilos -> com temp. ótima entre 15 e 40°C

Termófilos -> não crescem abaixo de 20°C



Leucosporidium antarcticum 5-20°C



Aspergillus flavus 10-43°C



Humicola laluginosous 30-55°C

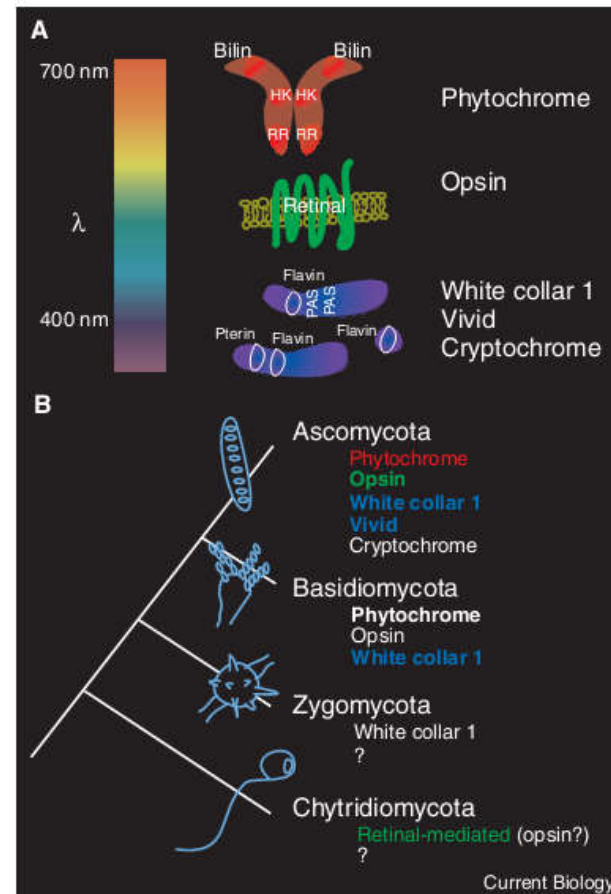
Ninhos de passáros, solo constantemente aquecido pelo sol.

→ Luminosidade

Exposição a luz têm maior importância no desenvolvimento do micélio reprodutivo dos fungos, afetando também a morfogênese, esporulação

...

Os ftons são sentidos dentro do reino dos fungos por proteínas presentes em outros seres vivos



Agaricus subrufescens

Cogumelo do sol

➔ **Radiação** Pode ter efeito mutagênico, bem como atrasar a germinação de esporos e o crescimento vegetativo

O acidente em Chernobyl demonstrou a capacidade de alguns Ascomicetos em tolerar as altas doses de C^{137} , representando a maior fonte de contaminação de Herbívoros. O crescimento de fungos na parede do reator que sofreu a explosão também chama a atenção pela sua capacidade adaptativa.

Fungos da região contaminada agora apresentam a germinação de esporos estimulada por radiação γ , enquanto fungos de outras áreas têm o crescimento totalmente inibido.



→ Osmoralidade

-Tolerância ao ambiente marinho em algumas espécies

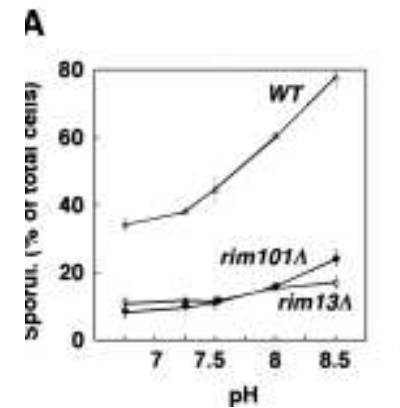
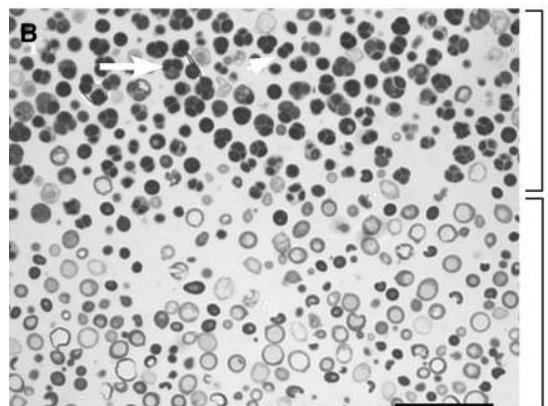
-Leveduras osmofílicas vivem em altas concentrações de açúcar através da produção interna de manitol.

→ pH

-> faixa pH bolores: 2 a 11
leveduras: 2 a 8

-> pH ótimo: 6

-> Em *S. cerevisiae* pH alcalino induz meiose

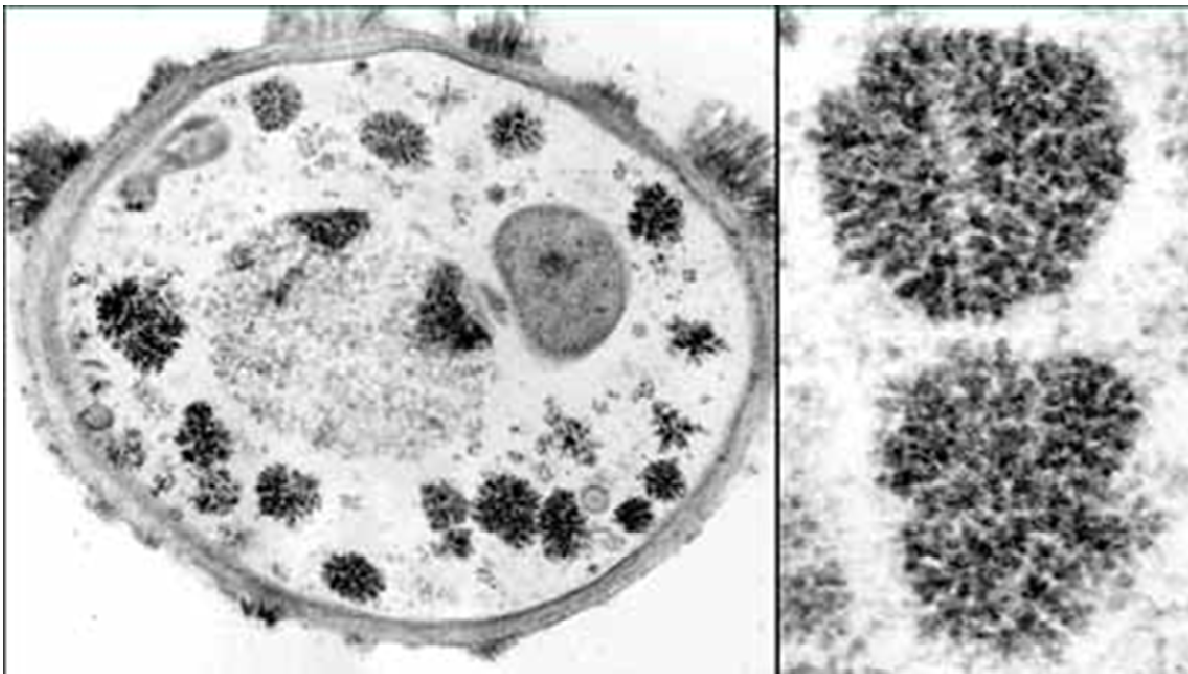


Produtos do metabolismo Fúngico:

Reservas de açúcar

-> Glicogênio (polissacarídeo) – reserva energética

-> Trealose (dissacarídeo) – reserva de resposta rápida



Produtos do metabolismo Fúngico:

Metabolismo respiratório -. CO_2

Metabolismo fermentativo -> CO_2 , Etanol, Glicerol, Succinato

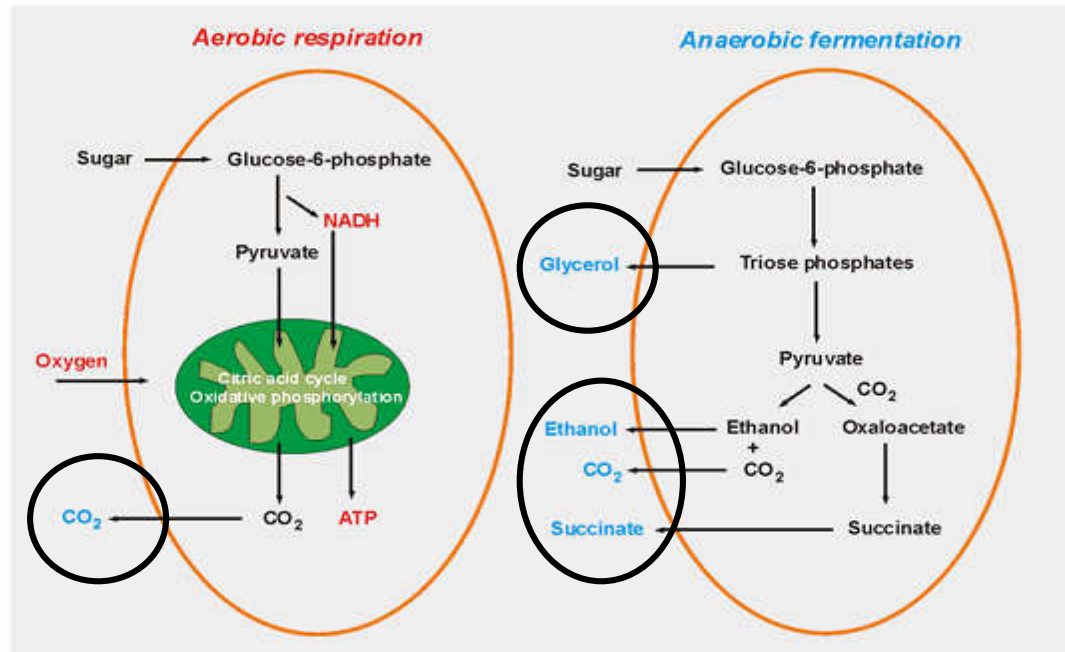


Figure 3-1: Metabolism in yeast under aerobic and anaerobic conditions.

CO₂ -> aproveitado na panificação



Etanol -> produção bebidas



→
Cozimento
filtração

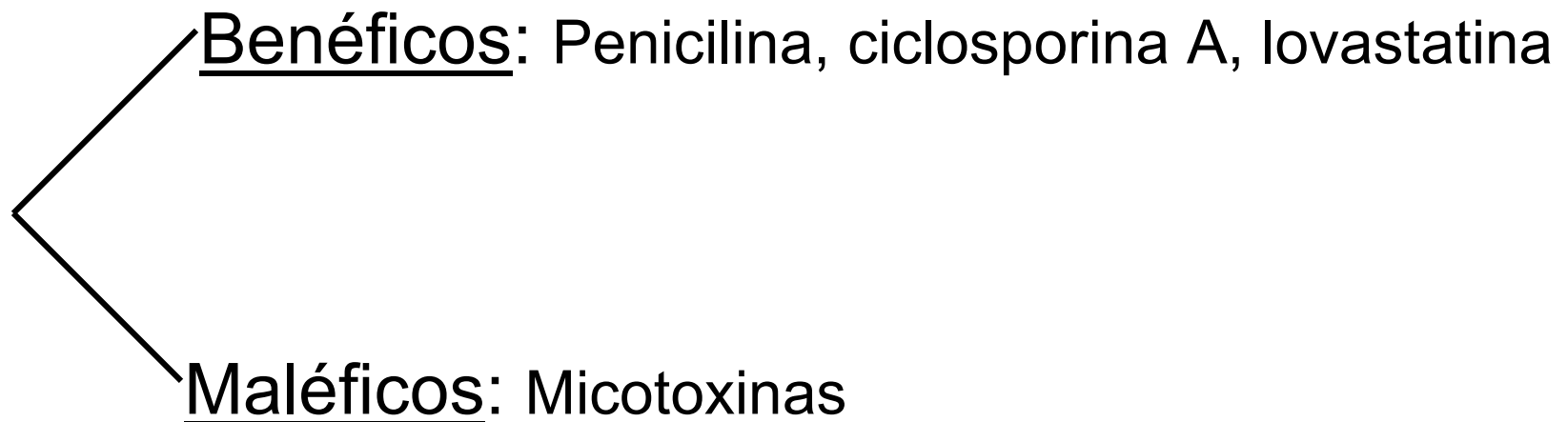


→
Fermentação
maturação



Os produtos do metabolismo secundário são utilizados pelos fungos principalmente no antagonismo a microorganismos competidores

Para o homem podem ter efeitos:





Amanita caesaria

comestível



Amanita muscaria

tóxica

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

PRINCIPAIS FUNGOS TOXIGÊNICOS E MICOTOXINAS PRODUZIDAS

FUNGOS

TOXINAS

Aspergillus flavus
A. parasiticus, A. nomius

AFLATOXINAS

A. ochraceus (A. alutaceus)
Penicillium verrucosum.

OCRATOXINAS

Fusarium spp.

FUSARIOTOXINAS

FUMONISINAS, ZEARALENONA
MONILIFORMINA, TRICOTECENOS

ESPORÃO DE ERGOT

ERGOTISMO

Fungo:
claviceps
purpurea

Toxina:
Alcalóides de
Ergot



**ALEUCIA TÓXICA
ALIMENTAR
(ATA DISEASE)**

**Fungos: *Fusarium
poae***

F. sporotrichioides

Micotoxina: Toxina T-2

1941-1945

100.000 óbitos



AFLATOXINAS

(AFB₁, AFB₂, AFG₁ e AFG₂)

Fungos: *Aspergillus flavus*,

A. parasiticus e *A. nomius*



AFLATOXINAS

- ❑ 1960 – Doença X dos Perus ingleses**
- ❑ *A. flavus* Link e *A. parasiticus* Speare**
- ❑ Bifuranocumarinas fluorescentes**
- ❑ 17 substância : AFB₁, AFB₂, AFG₁ e AFG₂ – FÍGADO**
- ❑ Alimentos: amendoim, castanha do brasil, milho, algodão, cacau, nozes, arroz, sorgo.**

METABÓLITOS DAS AFLATOXINAS

Ⓢ AFB₁ → AFM₁, AFQ₁, AFB_{2a},
AFP₁ e aflatoxicol

Ⓢ AFB₂ → AFM₂

Ⓢ AFG₁ → AFGM₁, AFG_{2a}

Ⓢ AFG₂ → AFM₄

CARCINOGENICIDADE DAS AFLATOXINAS: EXPOSIÇÃO CRÔNICA

- ❖ É através da alta frequência de ingestão de alimentos contaminados com baixos teores (*ng/g*) que reside o maior risco para a população exposta.**
- ❖ AFB1 e seu produto de biotransformação em mamíferos; AFM1 são reconhecidamente cancerígenos para o homem.**

VIAS DE EXPOSIÇÃO HUMANA ÀS MICOTOXINAS

❖ Fonte Principal: Alimentos Contaminados

A- Ingestão Direta: através de alimentos contaminados (cereais, amendoim, etc)

B- Através de produtos de origem animal (animais que consumiram ração contaminada: carne, leite e produtos lácteos).