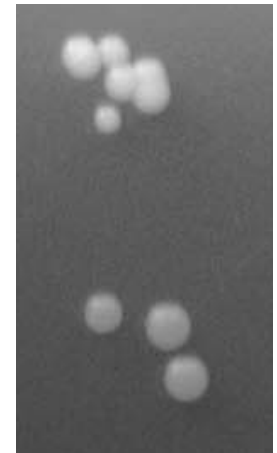


BMM400 - Microbiologia Básica

Módulo de Micologia –

Morfologia, Taxonomia e Fisiologia dos Fungos

Morfologia Macroscópica



Segundo os Tipos Básicos:

Macroscópicos → Cogumelos



Microscópios {
 Bolores – formam colônias
 filamentosas

 Leveduras – colônias
 cremosas

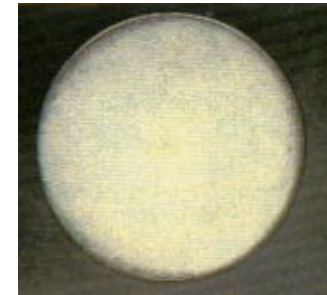


Morfologia Macroscópica

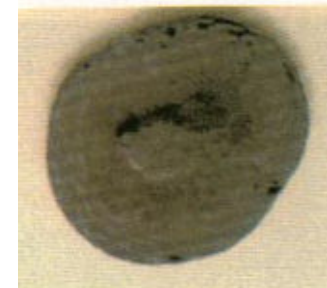
Textura Colônias

Altura das
hifas aéreas

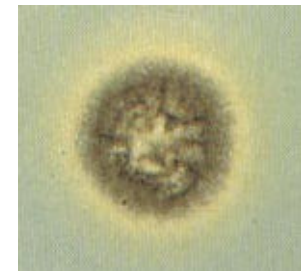
Algodonosa – micélio aéreo alto e denso



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

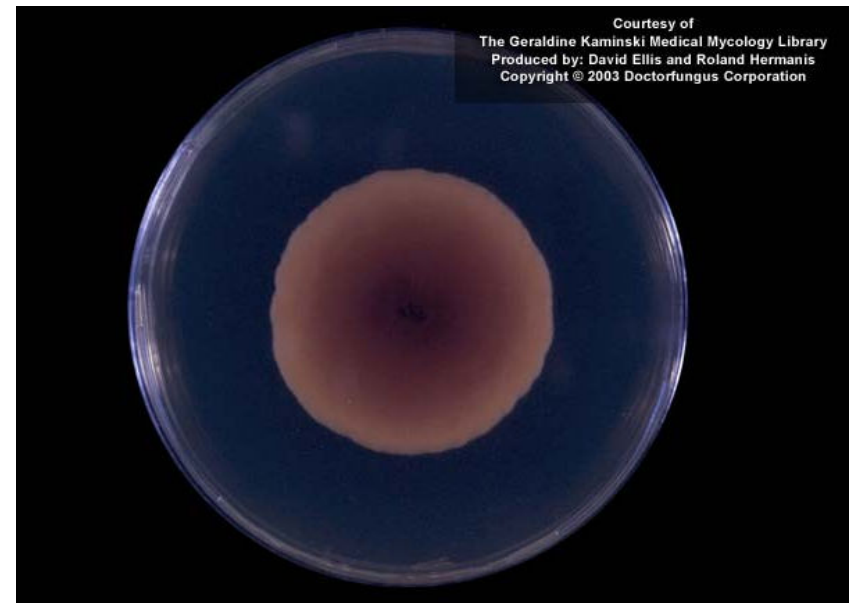
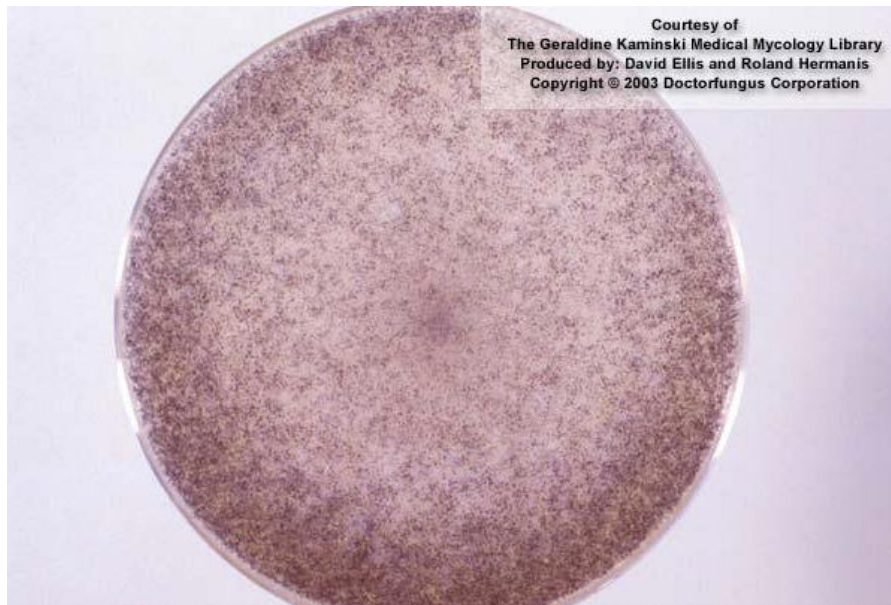


Velocidade de crescimento:

Rápido

Moderado

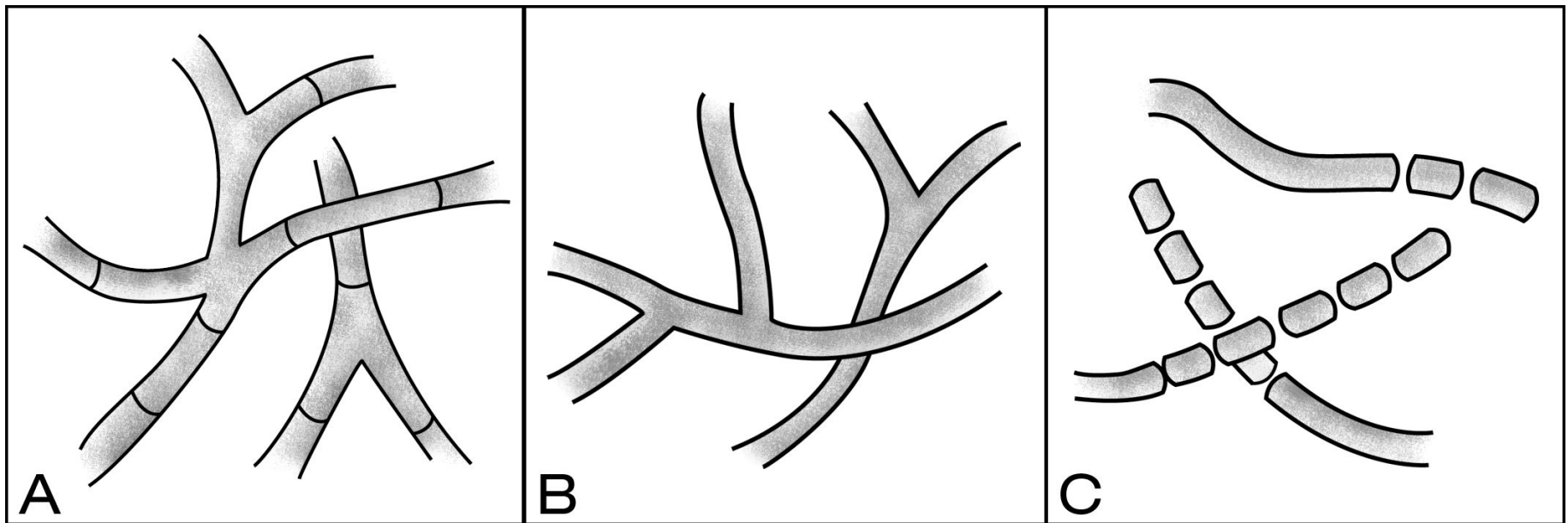
Lento



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)

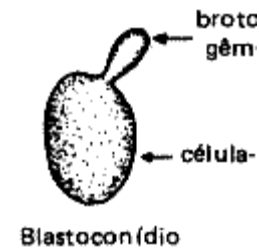


Morfologia Microscópica

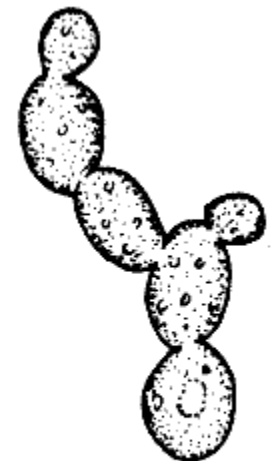
Bolores – micélio pluricelular



Leveduras – unicelulares

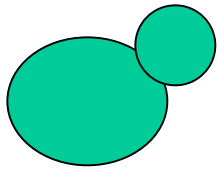


Pseudofilamentoso

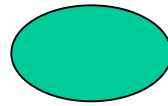


Pseudo-hifa

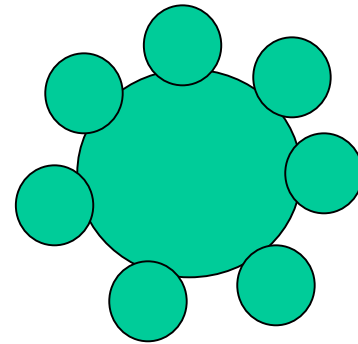
Morfologia microscópica de algumas leveduras:



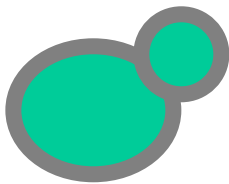
Brotamento
simples: *Candida*,
Saccharomyces



Ovóide:
Sporothrix
schenkii



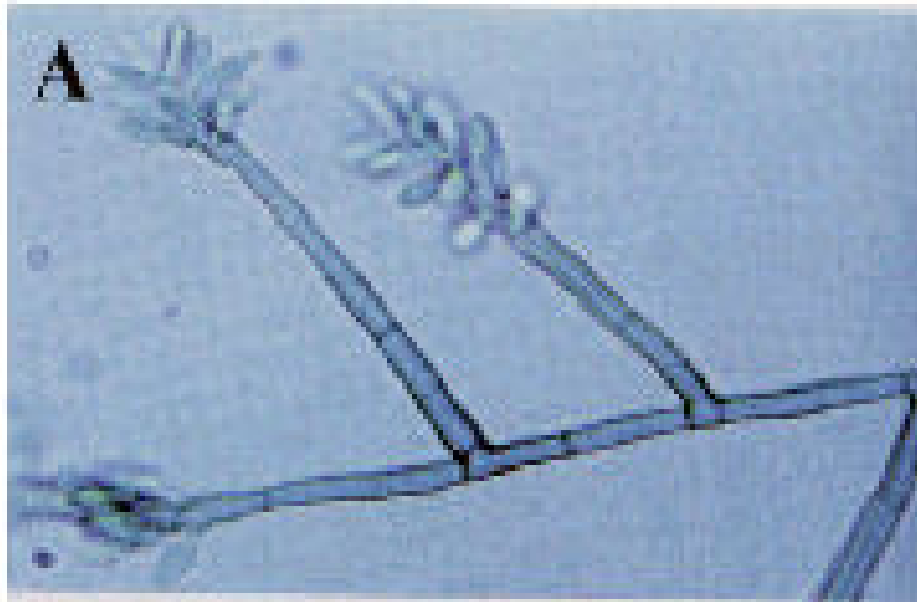
Multibrotamento:
Paracoccidioides brasiliensis



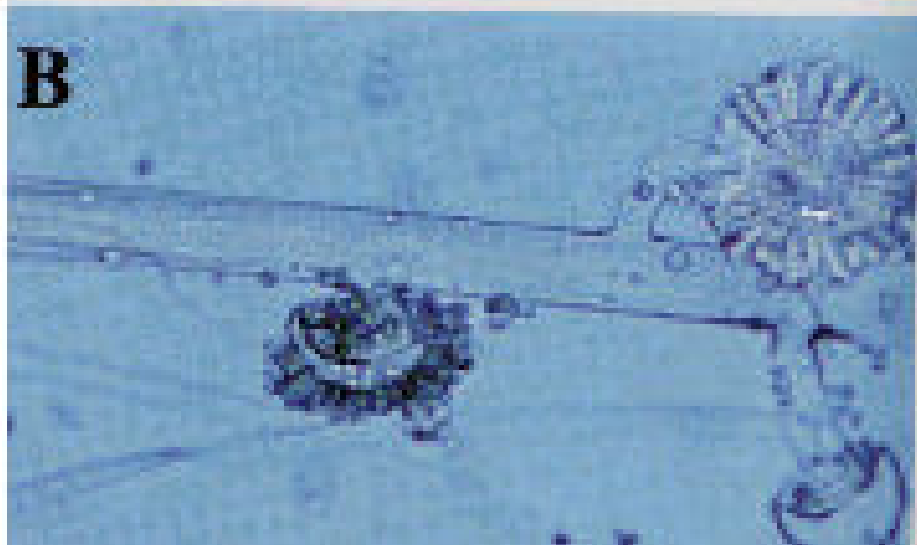
Encapsulada:
Cryptococcus spp

As Hifas apresentam, ou não, septos:

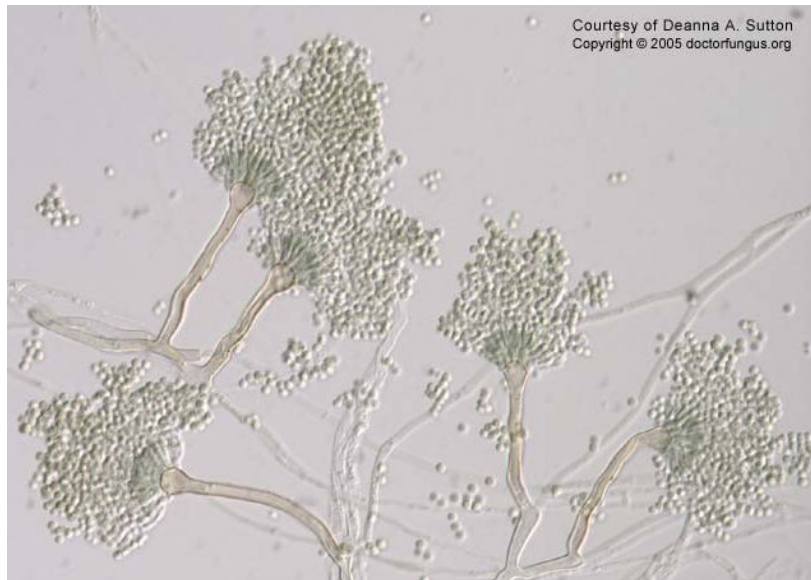
Hifas Septadas



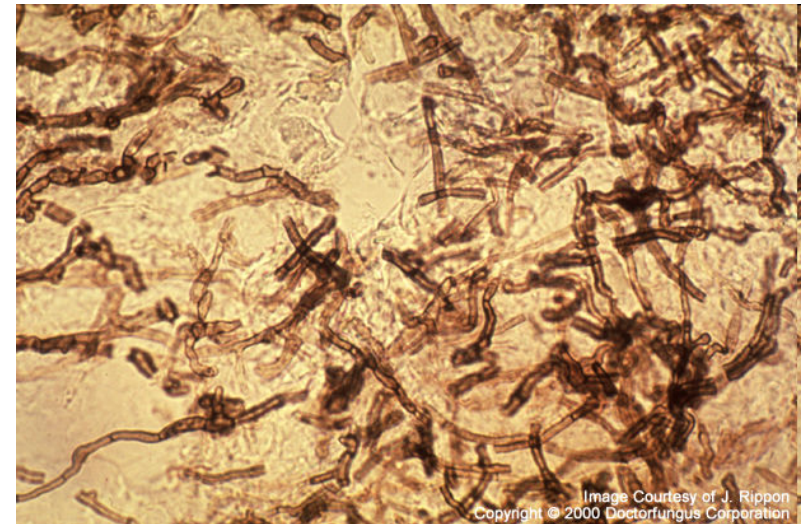
Hifas Asseptadas



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

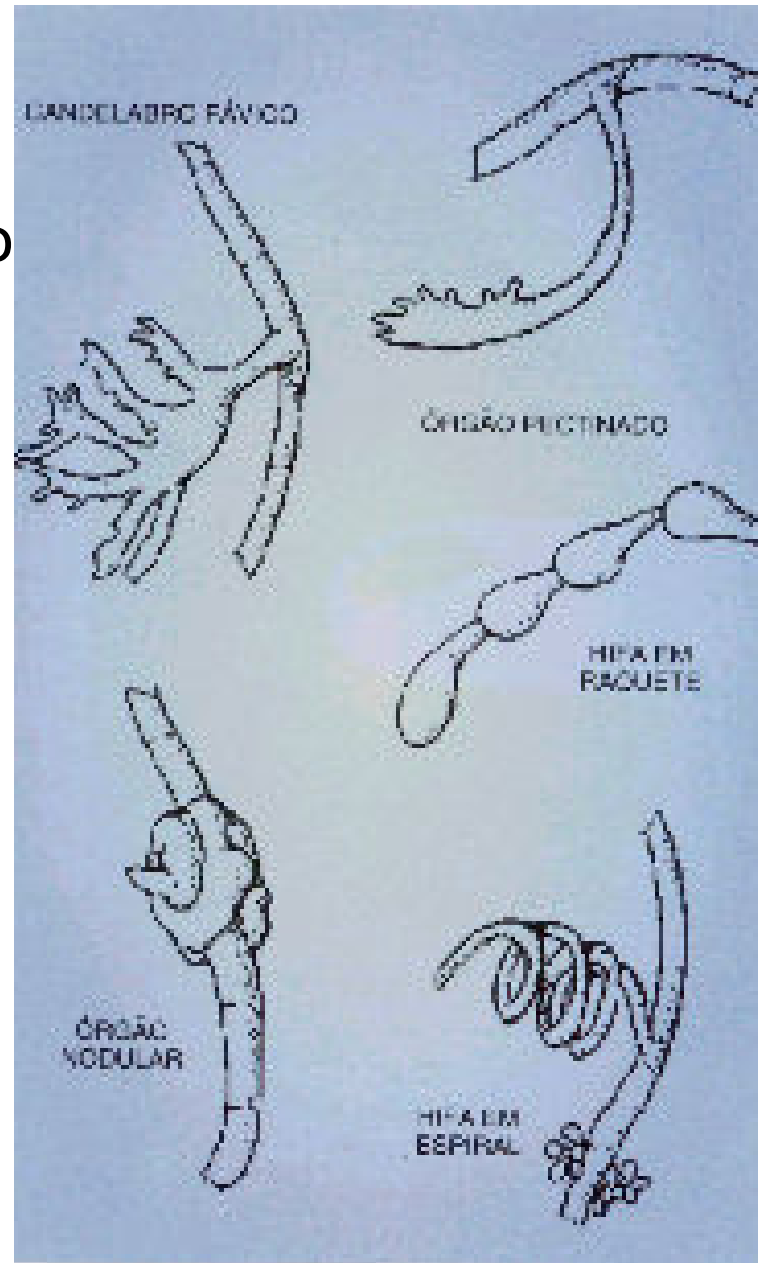
Candelabro Favoso

Orgão Pectinado

Em Raquete

Orgão Nodular

Hifa em Espiral



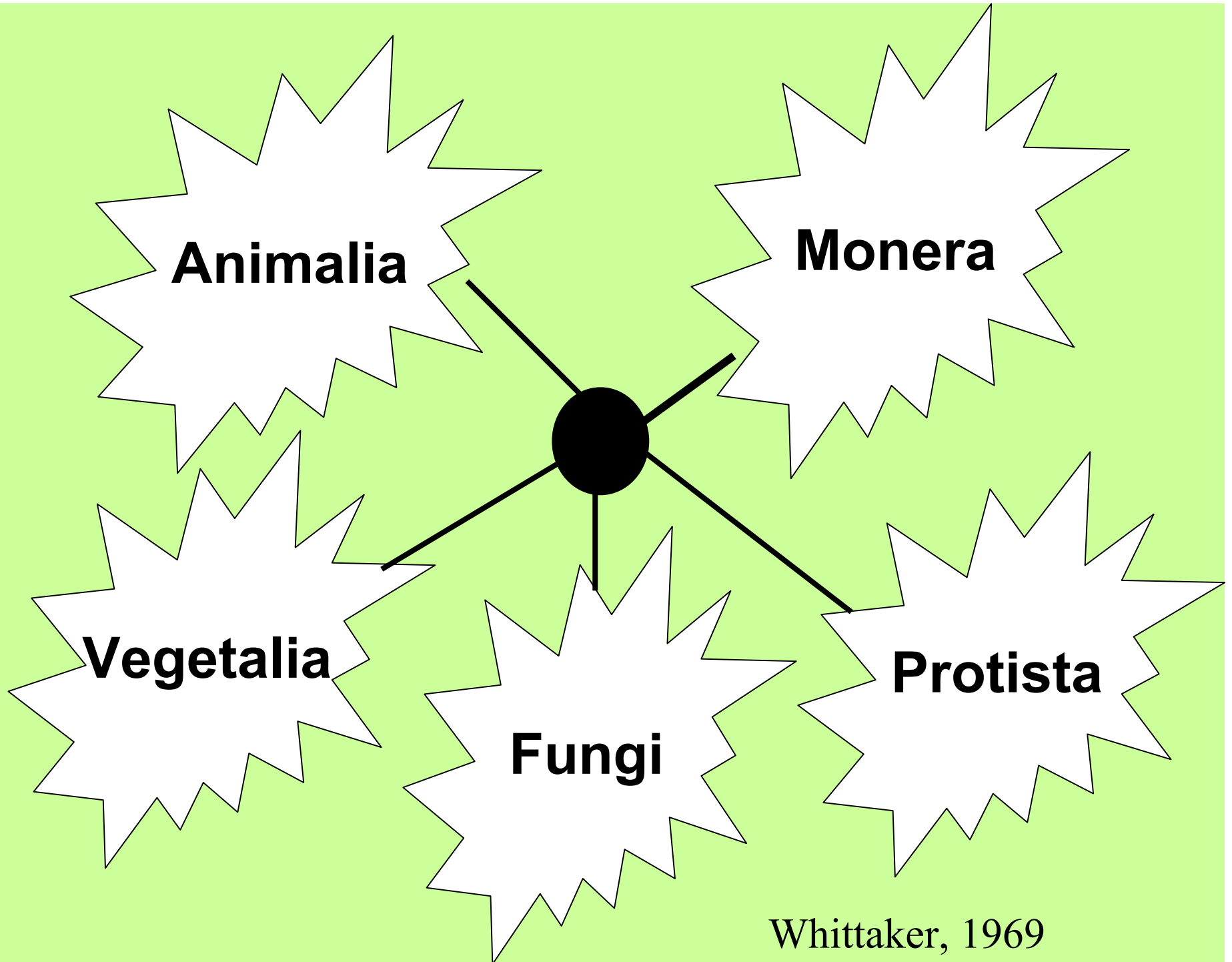
Taxonomia

Fungos: ~100.000 espécies descritas

Reino Fungi – Monofilético
Eumicetos – Fungos verdadeiros

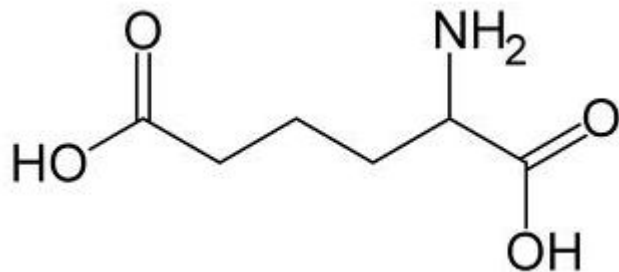


O termo “fungo” se refere historicamente a muitos organismos com características semelhante aos fungos verdadeiros (ex. Crescimento filamentoso), como bactérias (actinomicetos) , Oomicetos, protistas, algas ...

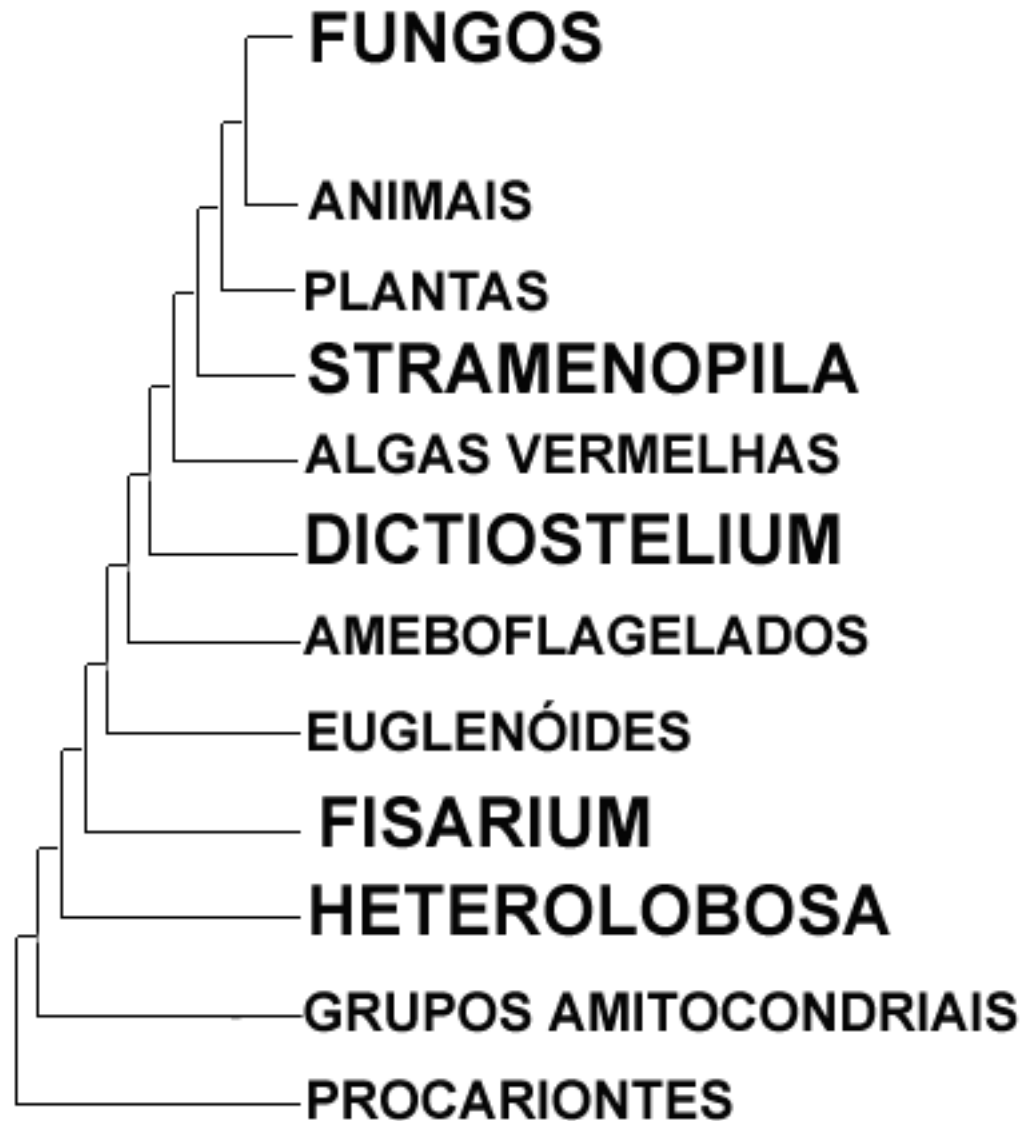


Whittaker, 1969

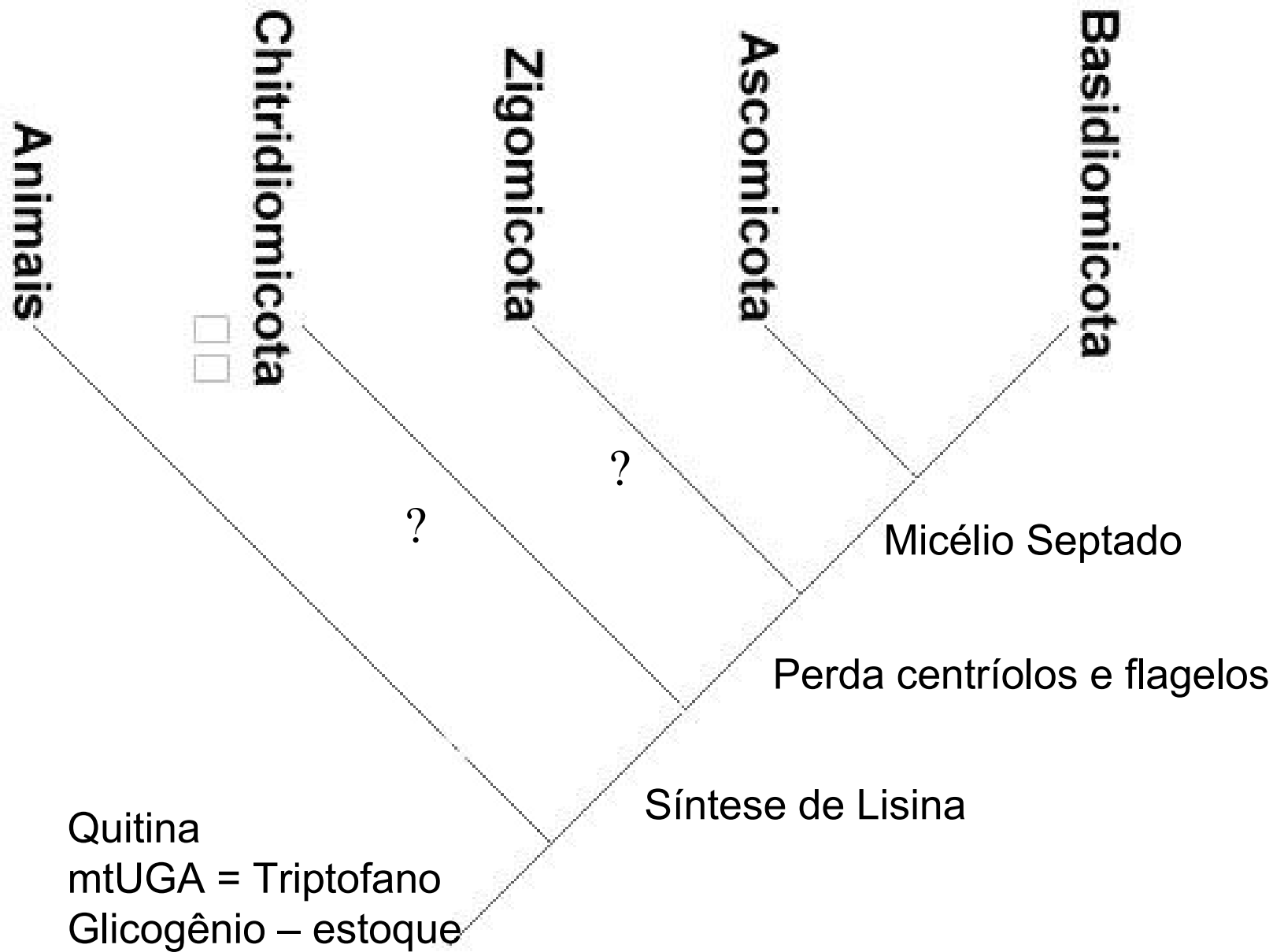
A via biossintética de aminoácidos a partir do ácido aminoadípico e presença de parede celular com quitina e β -glucanos definem monofileticamente os eumicetos.



ácido aminoadípico

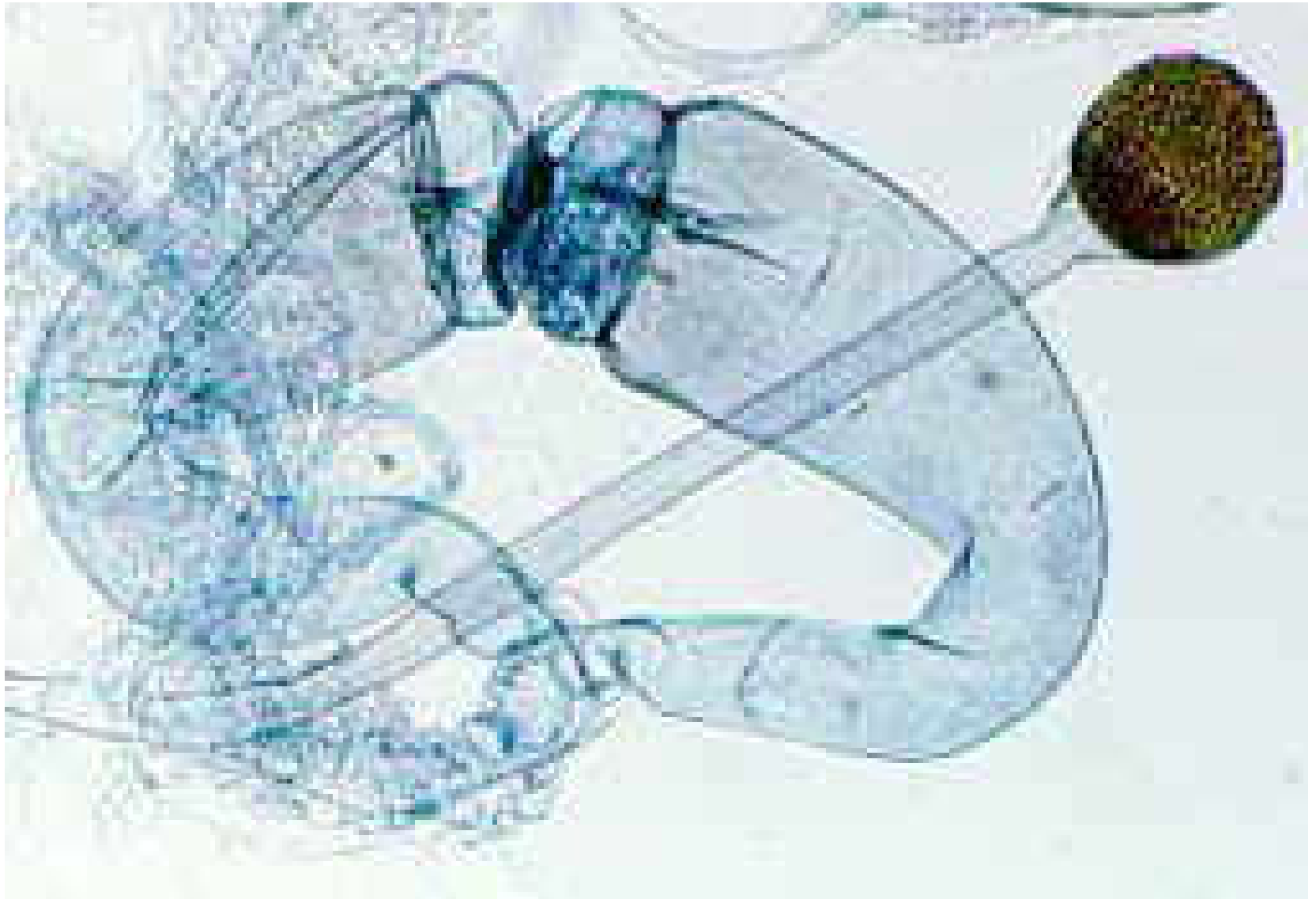


Árvore filogenética baseada sequência rDNA – Alexopoulos et al.1996 –
Introductory Mycology



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

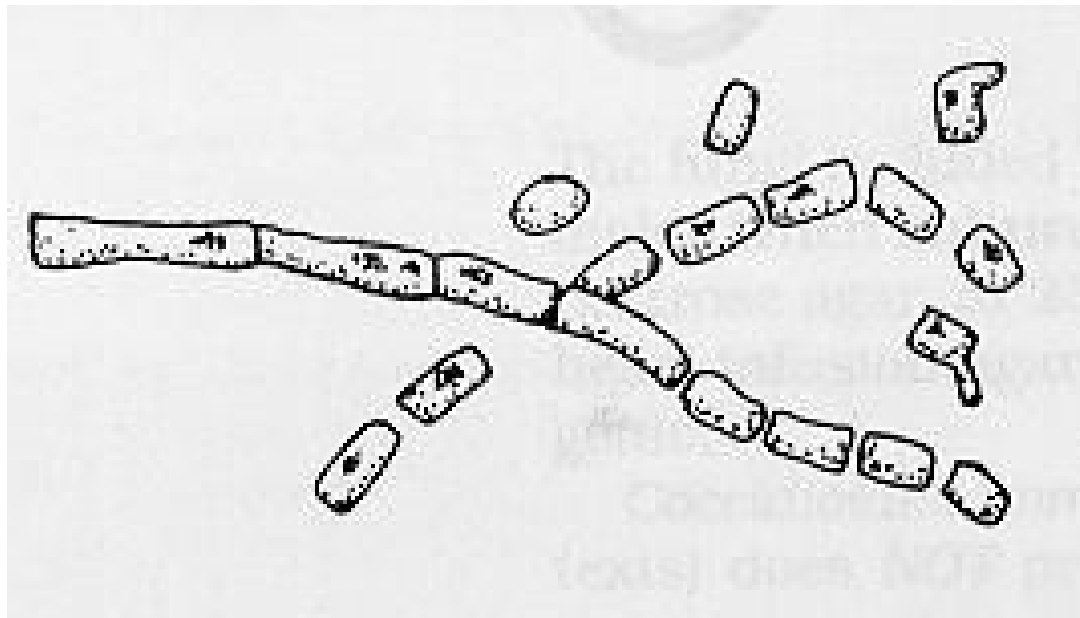
Tipos principais de Reprodução Sexuada:

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

2- Fusão de células morfológicamente distintas como anterídios e ascogônios (com hifa tricógina, ex. *Laboulbenia formicarum*)

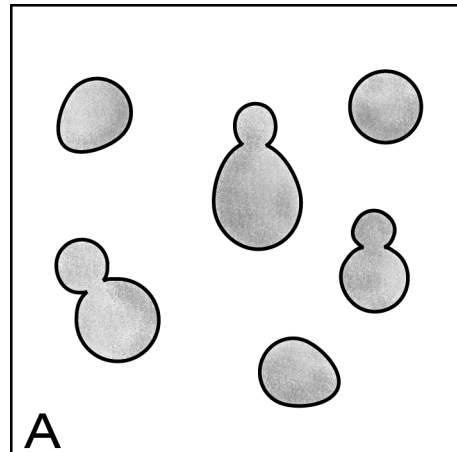
ASSEXUADA:

sem diferenciação celular, normalmente por fragmentação.

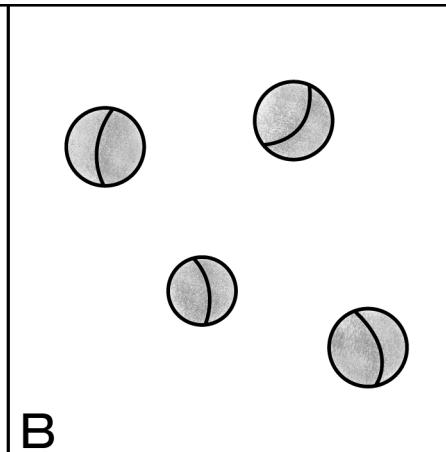


Reprodução Assexuada em Leveduras

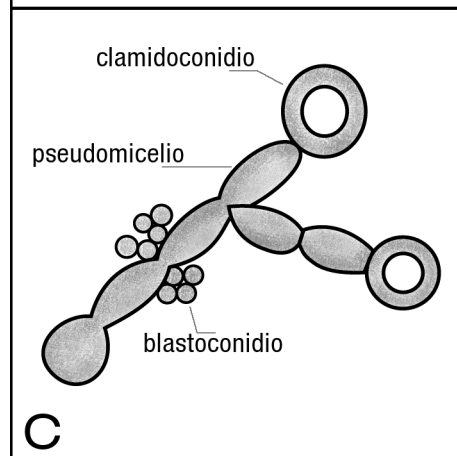
Brotamento



Cissiparidade

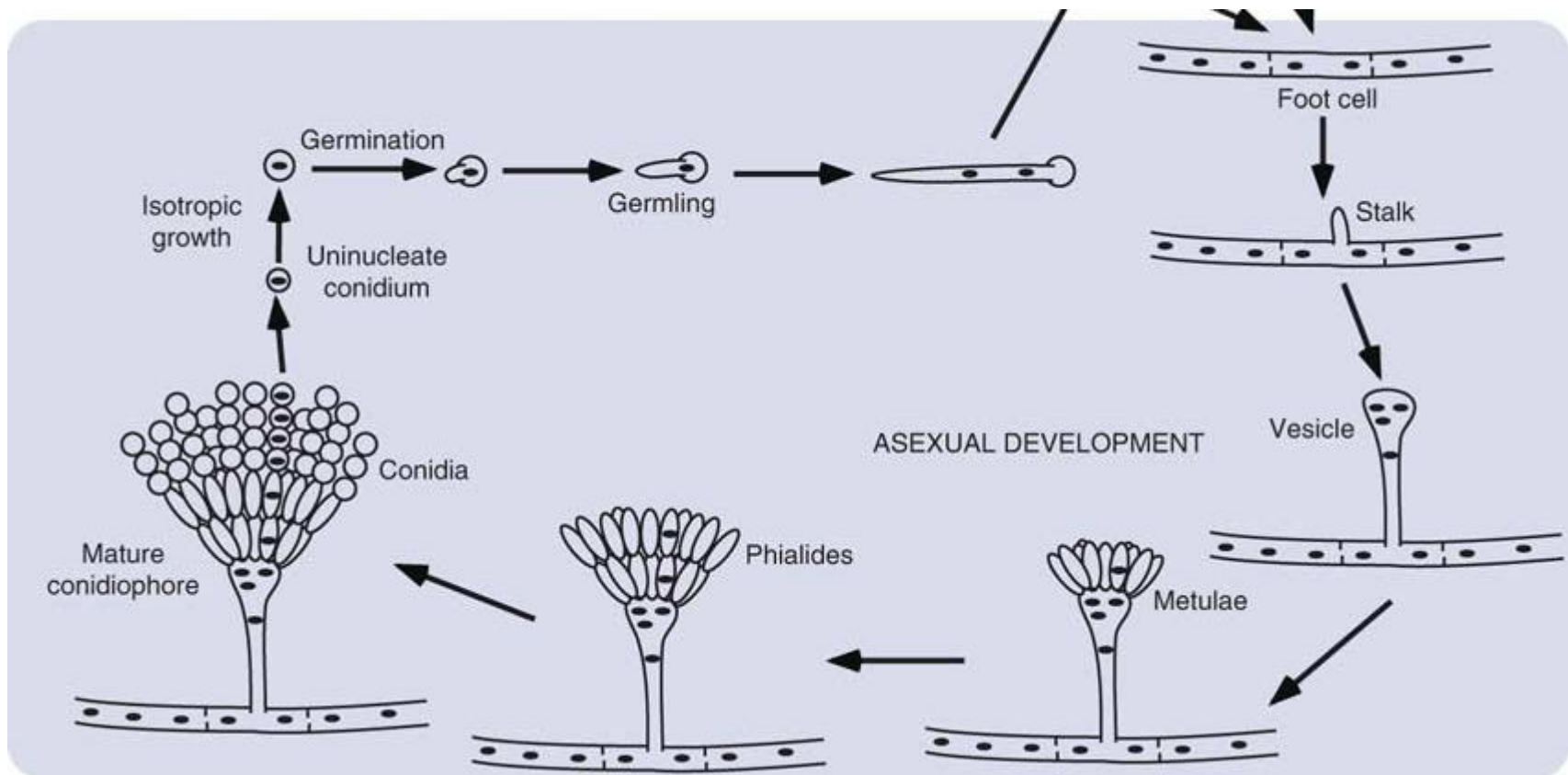


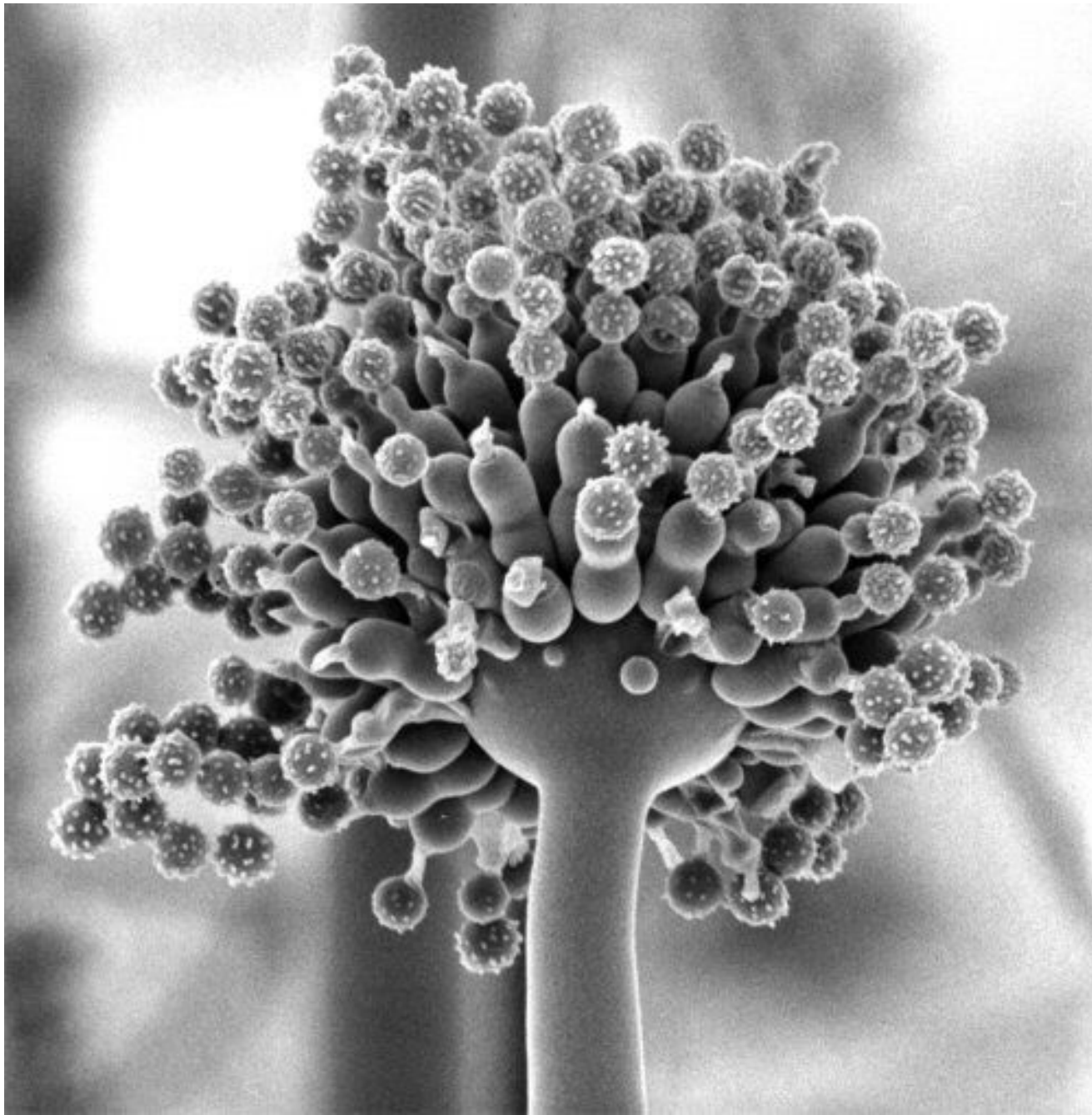
Pseudohifas



ASSEXUADA:

com diferenciação celular e produção de esporos (conídios)





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

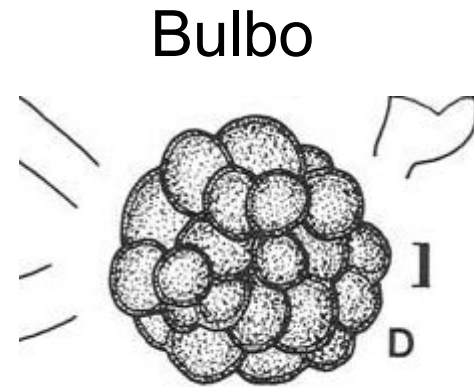


Esporangiósporos – endósporos produzidos no interior de um esporângio



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

Clamidoconídios



Adensamento hificos

Esclerotio

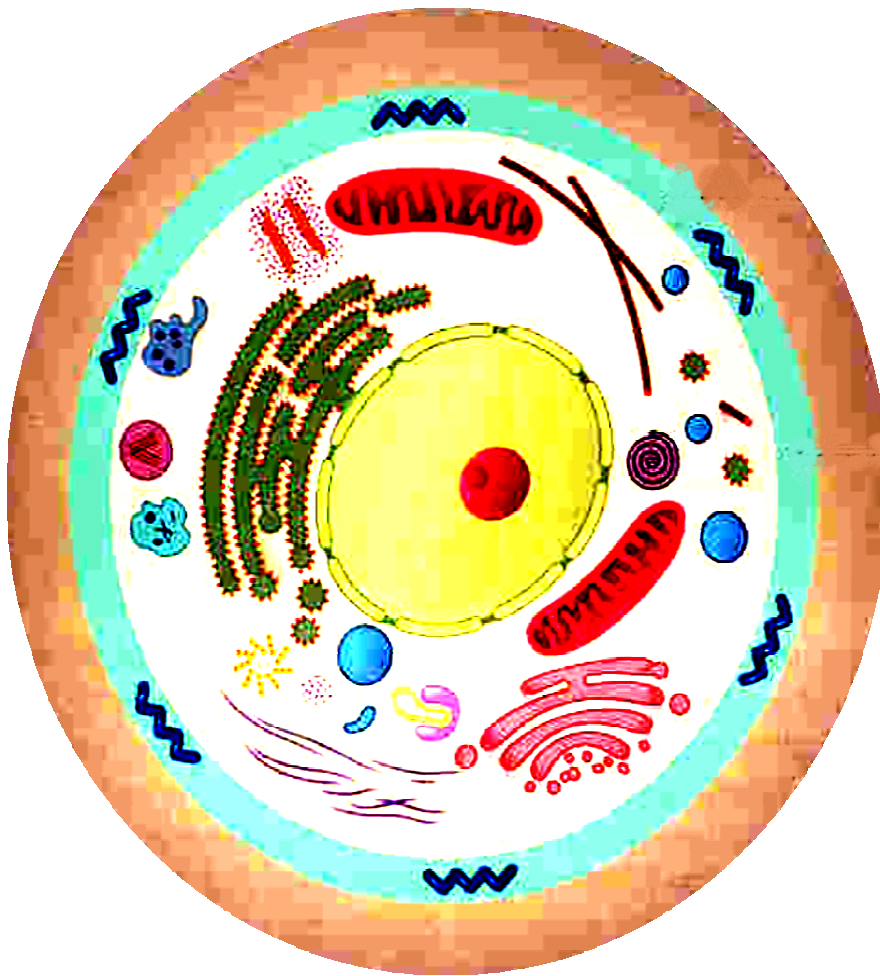


<-regular irregular -
>

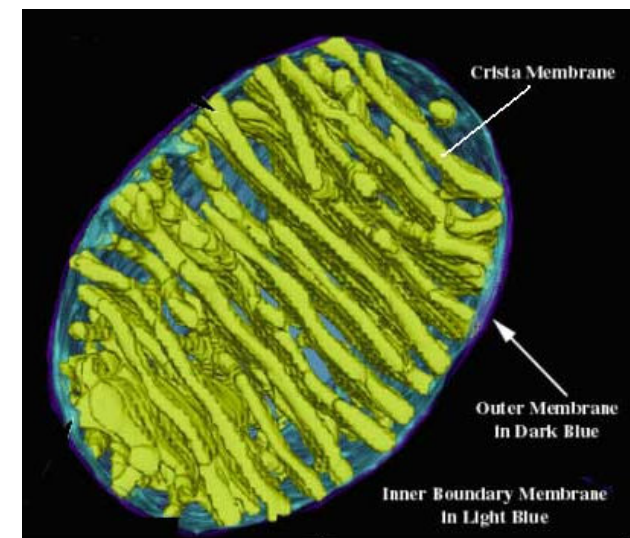
Estromata

Fisiologia

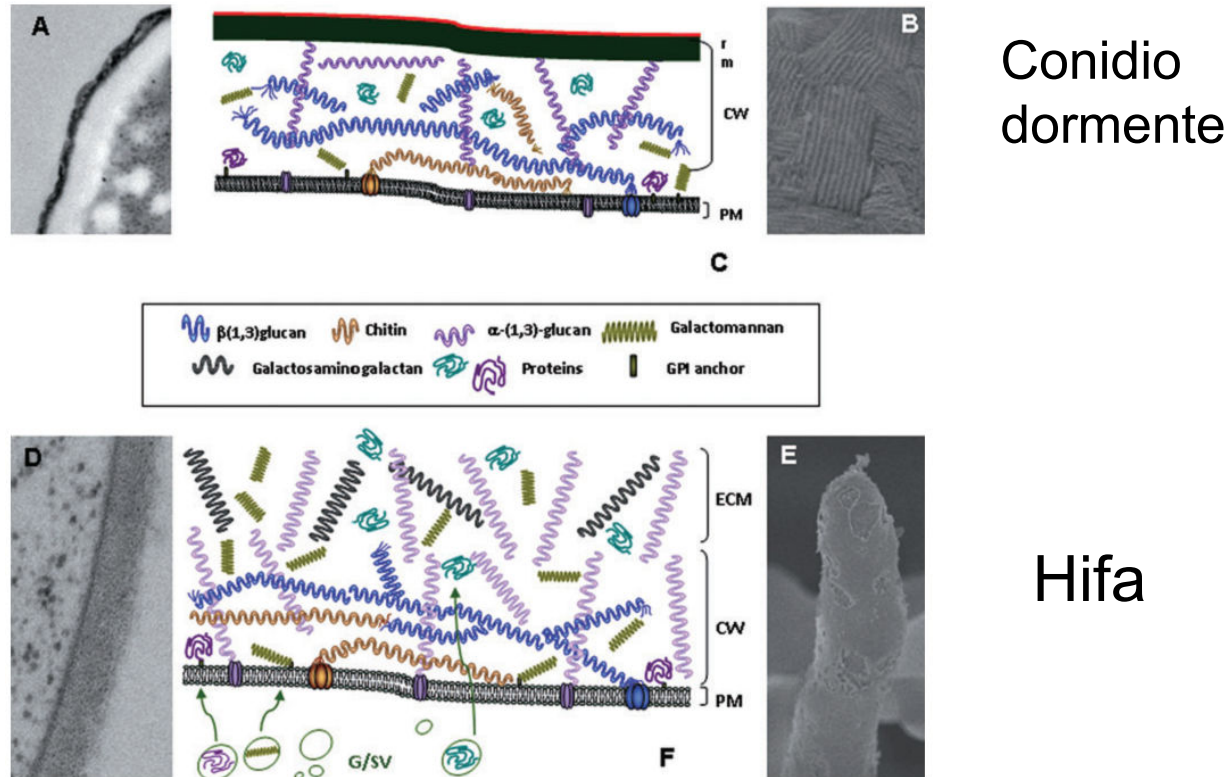
Em sua estrutura celular, os fungos são muito semelhantes às células dos animais



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



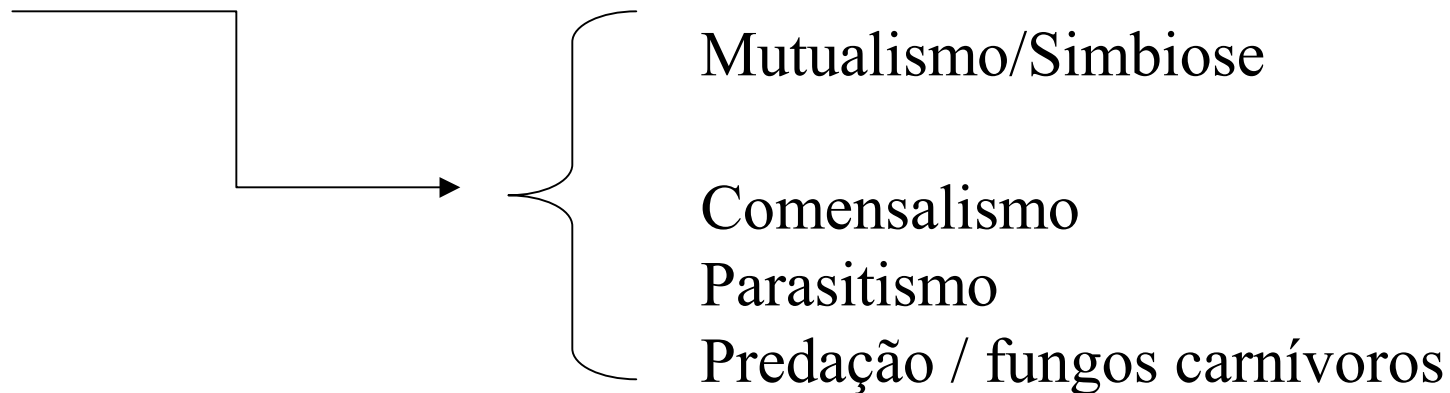
Estrutura da parede celular



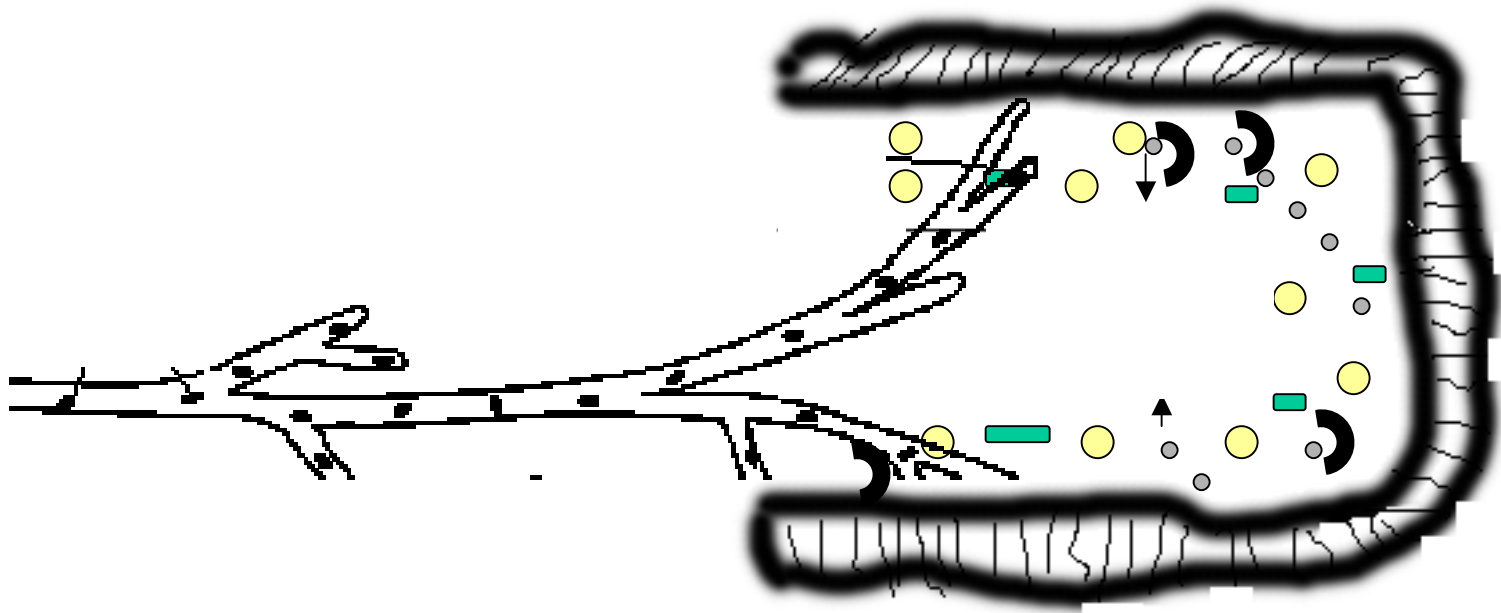
Características gerais de sua nutrição:

Organismos heterotróficos, absorção dos nutrientes do meio:

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

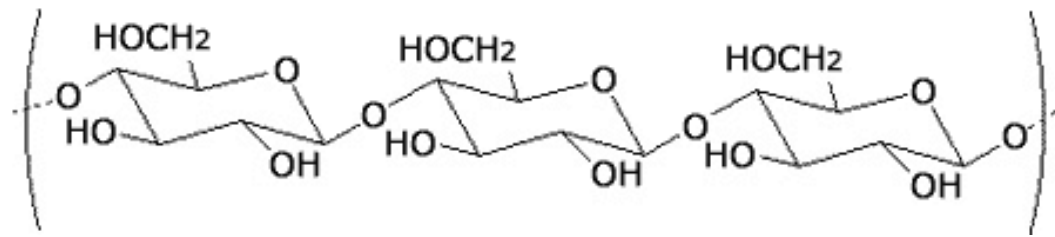


Os Fungos saprófitas obtém seus nutrientes através da secreção de várias enzimas ao ambiente externo, digerindo o substrato tornando-o solúvel e passível de passar pela parede celular fúngica.

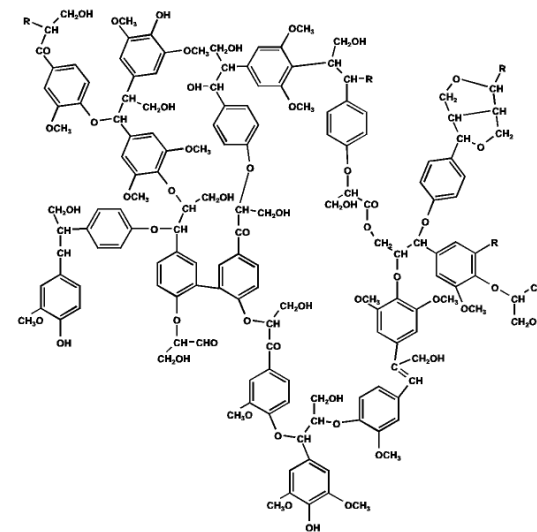


Em última análise o que determina em que substratos um fungo saprófita é capaz de crescer, depende do tipo de enzimas digestivas que ele é capaz de liberar.

Celulose - celulase



Lignina - ligninase





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

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

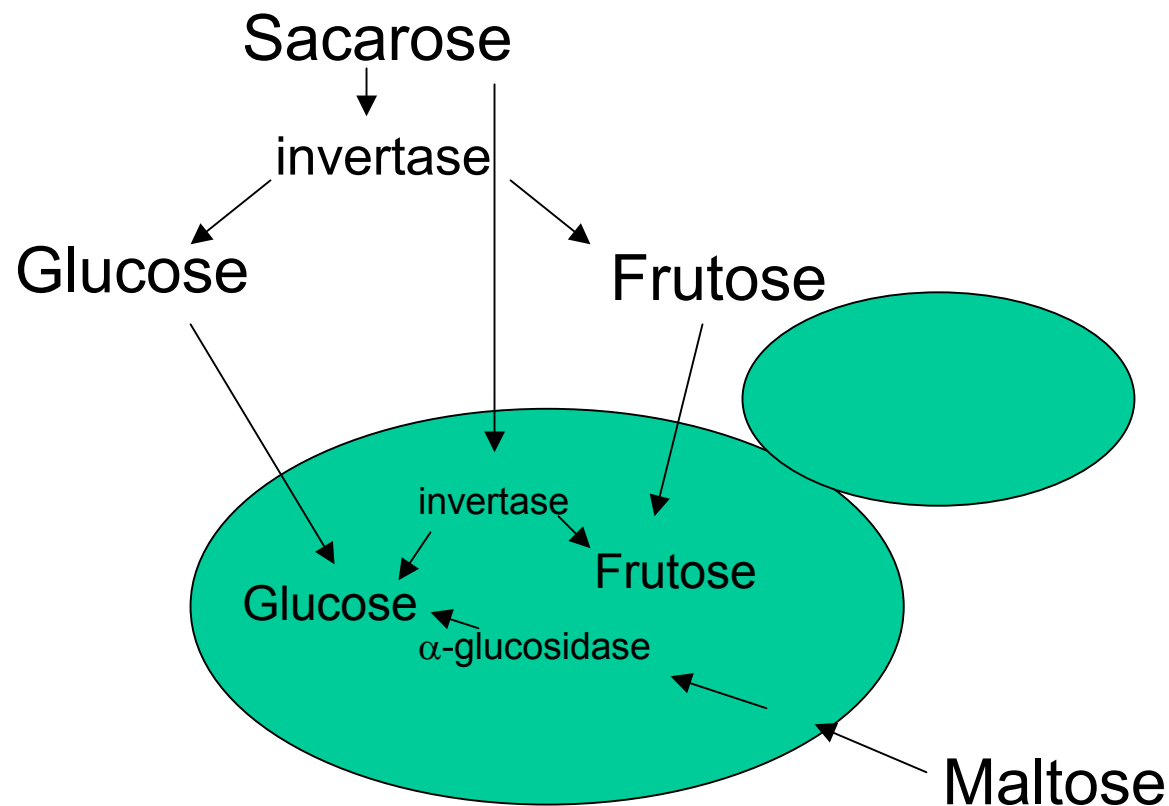
→ Ativação metabolismo secundário e secreção de antibióticos e micotoxinas

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

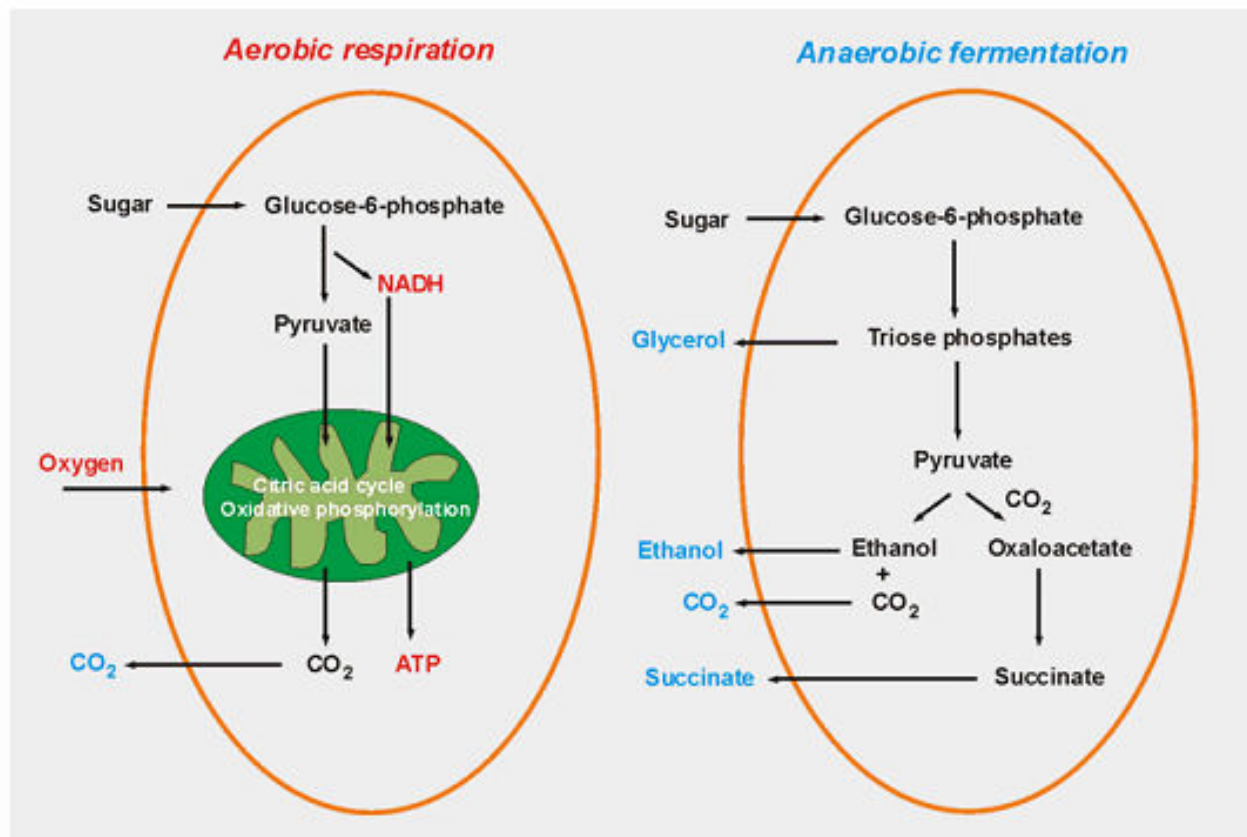


Figure 3-1: Metabolism in yeast under aerobic and anaerobic conditions.

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 laluginosus 30-55°C

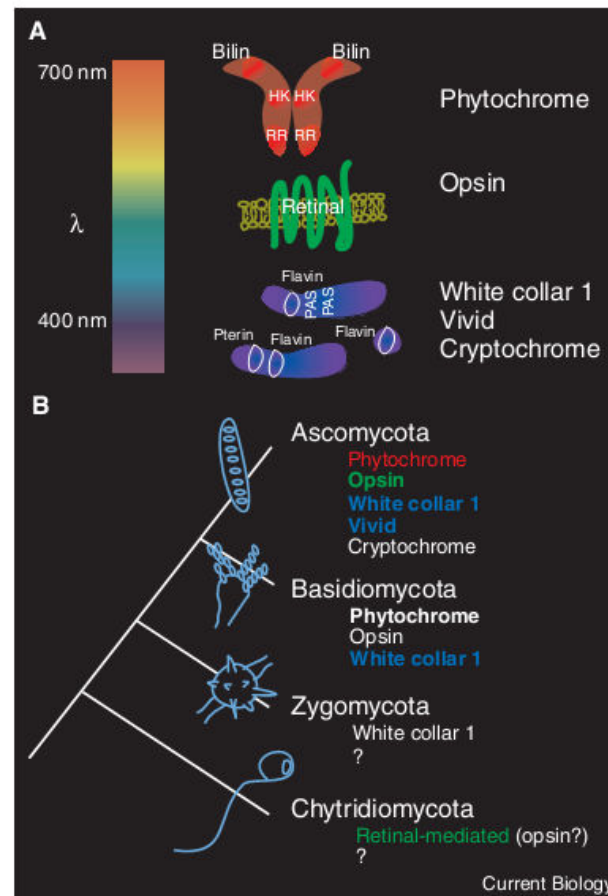
Ninhos de passáros, solo constantemente aquecido pelo sol.

➔ Luminosidade

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

...

Os fotons 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

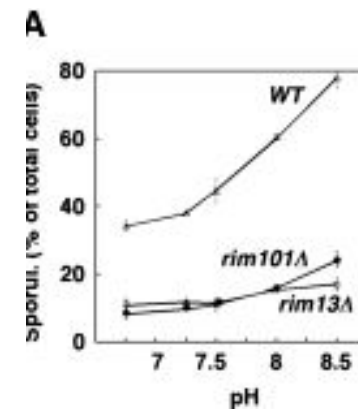
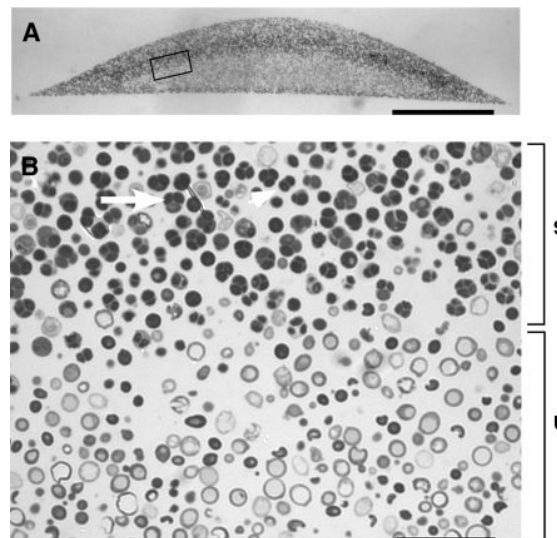
- Tolerância ao ambiente marinho em algumas espécies
- Leveduras osmofílicas vivem em altas concentrações de açúcar através da produção interna de manitol.

➔ pH

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

-> pH ótimo: 6

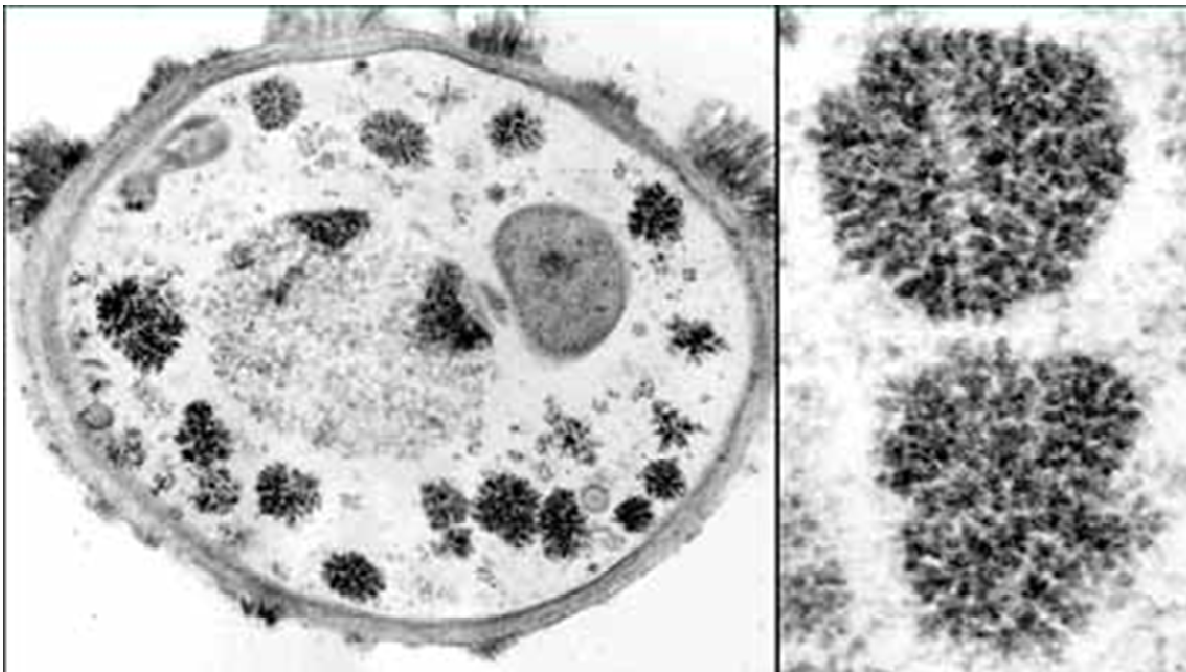
-> Em *S. cerevisiae* pH alcalino induz meiose



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

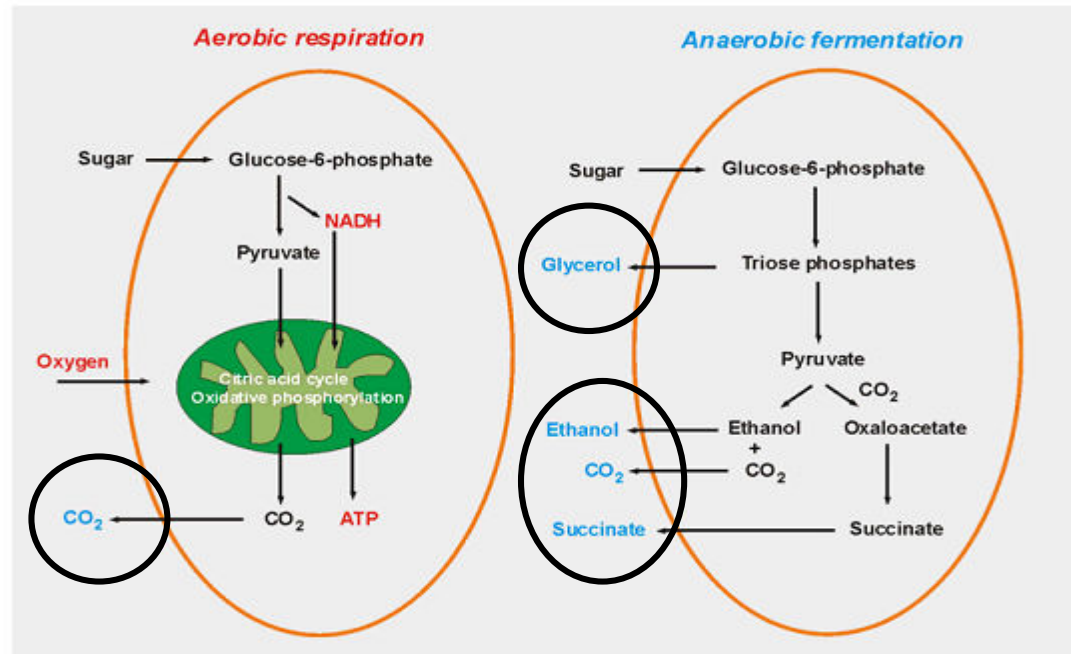


Figure 3-1: Metabolism in yeast under aerobic and anaerobic conditions.

CO_2 -> aproveitado na panificação



Etanol -> produção bebidas



→
Cozimento
filtração



→
Fermentação
maturação



Produtos do metabolismo Fúngico:

Lipídios -> Em *Yarrowia lipolytica* o conteúdo de lípidos chega a representar 50% do seu peso seco

-> Proteínas ~ 10% peso líquido ou 40% do peso seco da célula equivale a proteínas.

-> comparativamente enquanto um mamífero com 500kg produz 500g de proteína por dia, 500Kg de leveduras produzem 50.000 Kg.

Produtos do metabolismo Fúngico:

Outros metabólitos de interesse biotecnológico:

Enzimas -> Celulases, hemicelulases, amilases, invertases

Vitaminas-> provitamina A (zigomicetos), vitamina B12 (*Eremotecium*)
vitamina D2 (*Penicillium*), biotina (*Phycomyces*)

Ácidos -> Ácido cítrico, fumárico, succínico, láctico

Hormônios -> Giberilina (plantas), cortisona, hidroxiprogesterona.

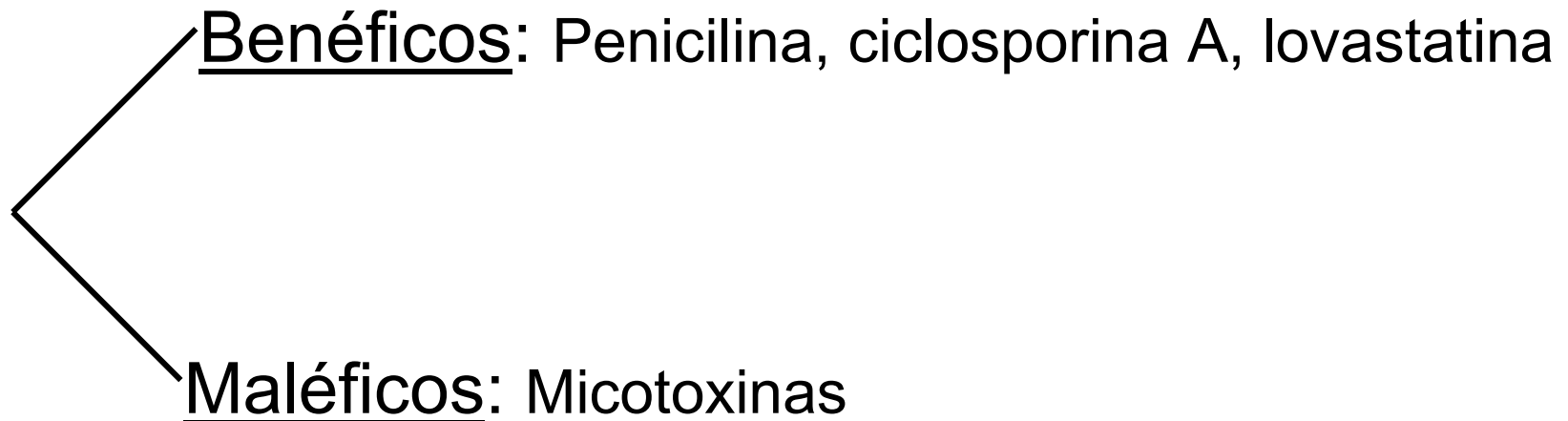
Pigmentos -> Carotenóides, crisogenina, pteridina.

Ácido cítrico -> obtido da fermentação de caldo de cana e concomitante uso de *Aspergillus niger* e *Y. lipolytica*

-> necessário na indústria de alimento e bebidas (refrigerantes), detergentes e produtos de limpeza.

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

Para o homem podem ter efeitos:



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)

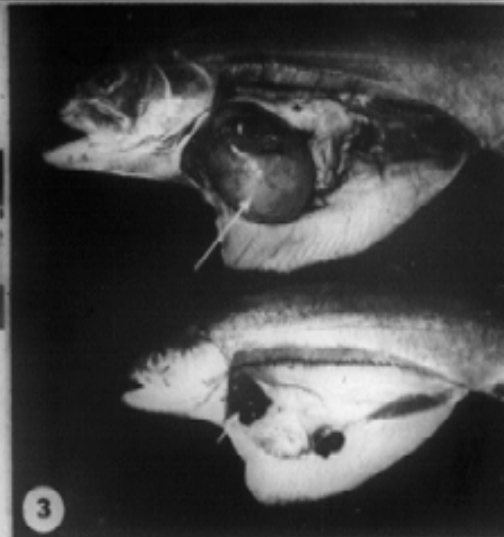
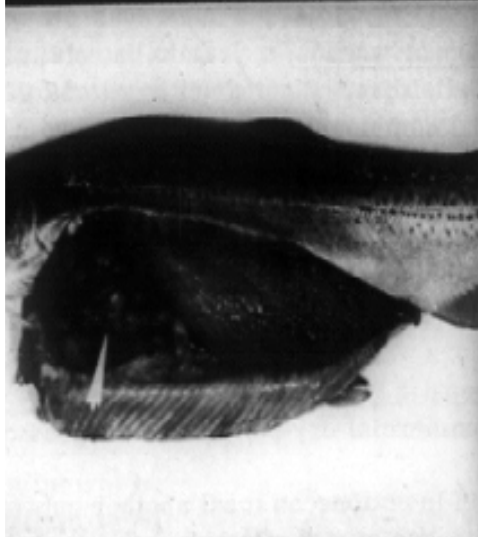
Fungos: *Aspergillus*
flavus,

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.**



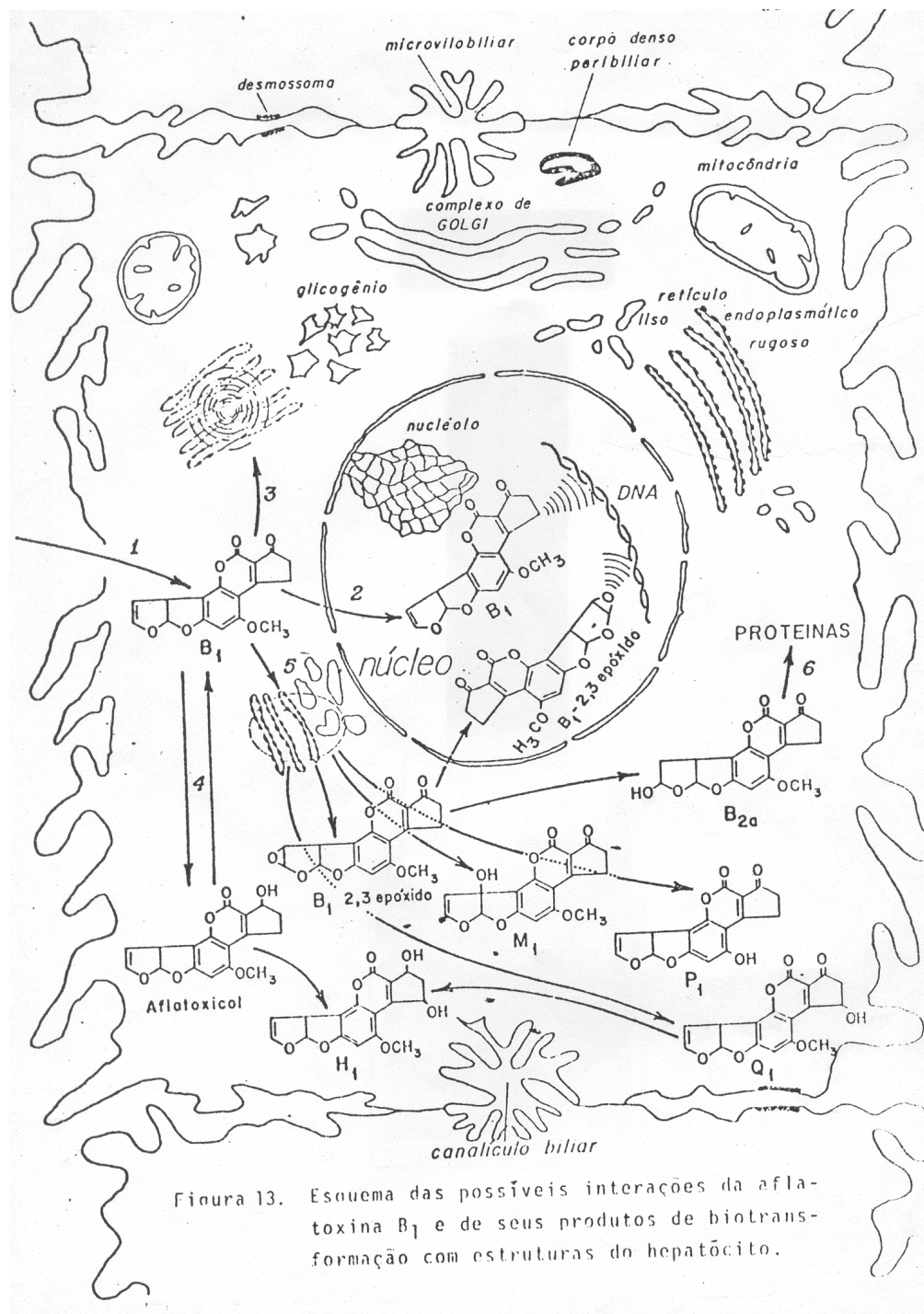


Figura 13. Esquema das possíveis interações da aflatoxina B₁ e de seus produtos de biotransformação com estruturas do hepatócito.

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).

Teor de aflatoxinas nos alimentos brasileiros

Substrato	número de amostras	no. e % positividade	teor em ppb
Amendoim cru	32	4 (12)	52 a 650
Amendoim salgado e torrado	32	4 (12)	40 a 1040
Manteiga de amendoim	64	48 (75)	25 a 275
Paçoca	64	42 (56)	55 a 1218
Milho	64	3 (4,7)	190 a 2000
Soja	64	0	-
Queijo	64	0	-
Salame	64	0	-
Farinha de trigo	20	2 (10)	3600 A 18000
Misso	20	3 (15)	1100 a 1400
Farinha de rosca	20	1 (5)	1000
Farinha de mandioca	20	0	0
Rações	140	15 (10,7)	40 a 20