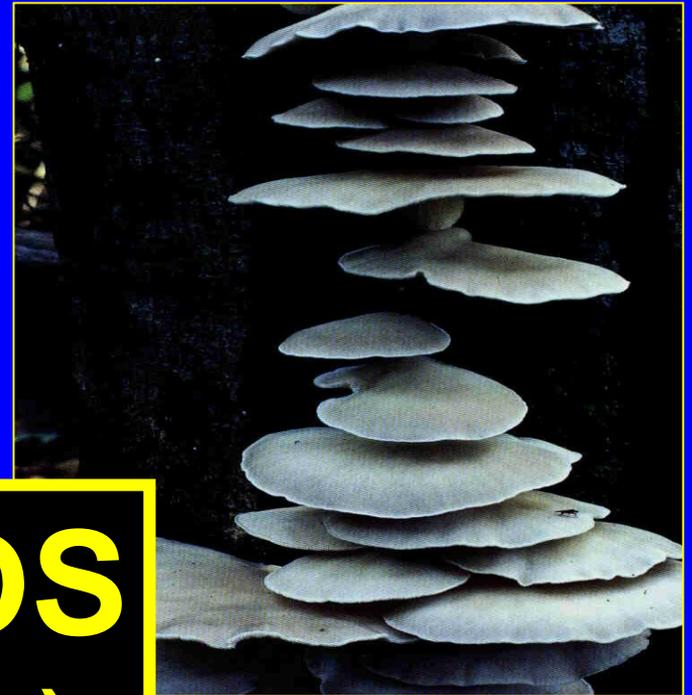




FUNGOS e OOMICETOS





FUNGOS (Micologia)

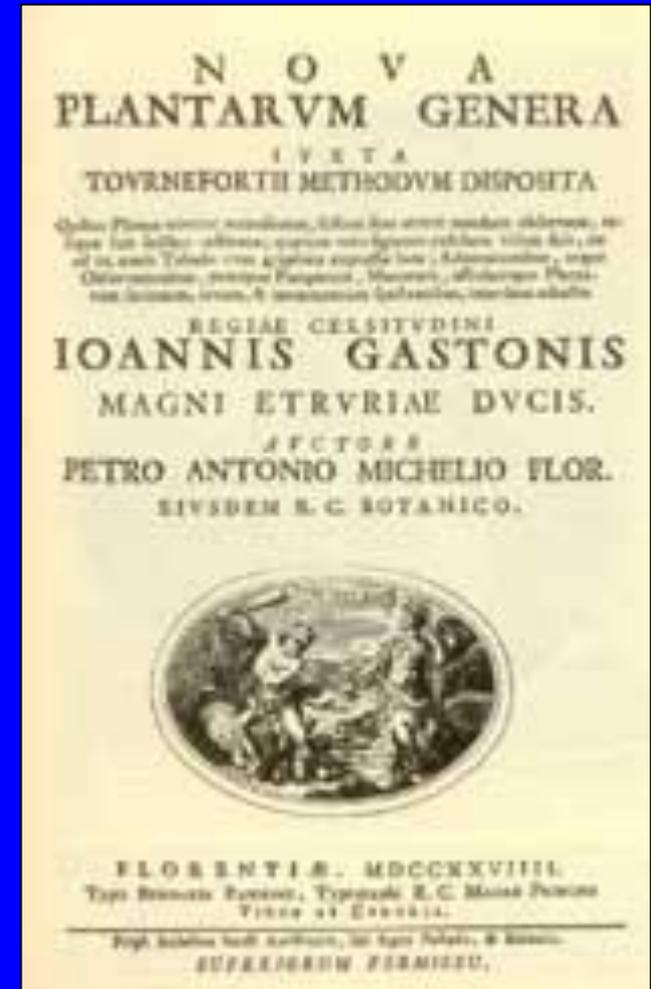


Pier Antonio Micheli (1679-1737)

- Botânico italiano
- Pai da ciência micológica

- *Nova Plantarum Genera* (1729)

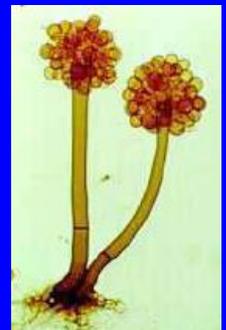
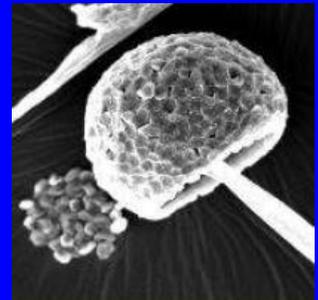
(Incluiu os fungos entre as plantas)



FUNGOS

Organismos que apresentam as características abaixo e são encaixados no reino Fungi

- Eucarióticos
- Microrganismos aclorofilados (quimioheterotróficos)
- Reprodução por esporos
- Estrutura somática – hifa
- Geralmente multicelulares
- Parede celular constituída de B-glucanas e quitina
- Ergosterol é o esteroide mais comum na membrana plasmática
- Glicogênio é o principal composto de reserva

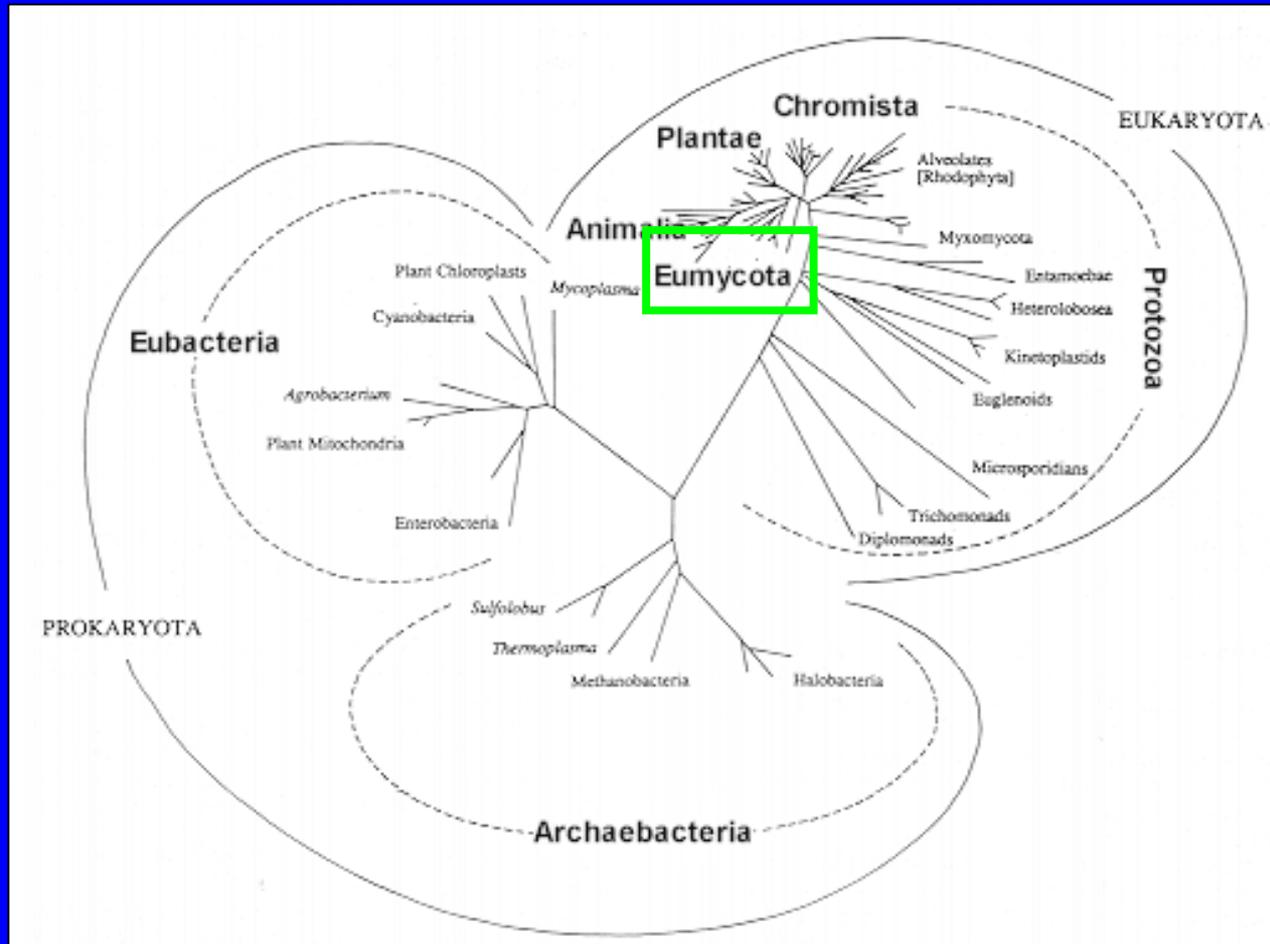


Principais esquemas de classificação dos organismos vivos

Tabela 2.2 Principais esquemas de classificação dos organismos vivos.

Esquema de Classificação	Reinos	Organismos Incluídos
Linnaeus (1753)	Plantae Animalia	Bactérias, fungos, algas, plantas Protozoários e animais superiores
Haeckel (1865)	Plantae Animalia Protista	Algas multicelulares e plantas Animais Microrganismos, incluindo bactérias, protozoários, algas, bolores e leveduras
Whittaker (1969)	Plantae Animalia Protista Fungi Monera	Algas multicelulares e plantas Animais Protozoários e algas unicelulares Bolores e leveduras Todas as bactérias (procariontes)
Woese (1977)	Archaeobacteria Eubacteria Eucaryotes	Bactérias que produzem gás metano, requerem altas concentrações de sal ou requerem altas temperaturas Todas as outras bactérias, incluindo aquelas mais familiares aos microbiologistas, tais como causadoras de doenças, bactérias do solo e da água e bactérias fotossintéticas Protozoários, algas, fungos, plantas e animais

Classificação dos seres vivos (Woese)



OCORRÊNCIA

> 100.000 espécies conhecidas

- Maior parte saprófitas

- Cerca de 50 spp causam doenças em seres humanos

- Cerca de 50 spp. causam doenças em animais

- Cerca de 8.000 spp causam doenças em plantas



IMPORTÂNCIA DOS FUNGOS



FUNGOS – O LADO RUIM

- MICOSES NO HOMEM E EM ANIMAIS



FUNGOS – O LADO RUIM

- FUNGOS VENENOSOS E ALUCINÓGENOS



Amanita muscaria



Psilocybe sp.

FUNGOS – O LADO RUIM

- MICOTOXINAS EM ALIMENTOS (*Fusarium*, *Aspergillus*)
- DETERIORAÇÃO DE ALIMENTOS ARMAZENADOS



FUNGOS – O LADO RUIM

• DOENÇAS EM PLANTAS CULTIVADAS

PREJUÍZOS DIRETOS
(MILHÕES DE DÓLARES
ANUALMENTE)

RESPONSÁVEIS
INDIRETOS PELAS
CONTAMINAÇÕES
DO MEIO AMBIENTE

Redução da produção



FUNGOS – O LADO BOM

- Decomposição de matéria orgânica (ciclos C, N, S)



FUNGOS – O LADO BOM

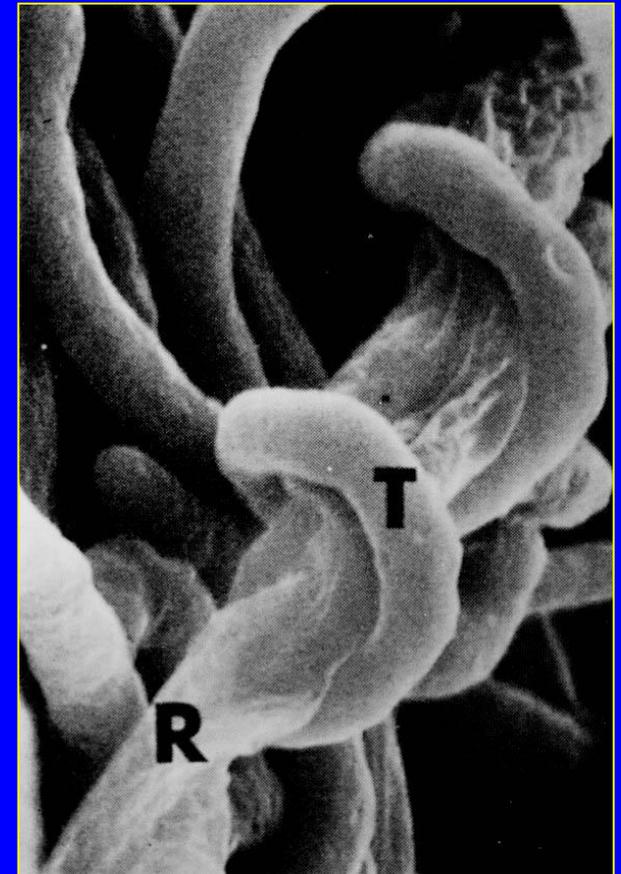
- Associações micorrízicas (mais de 90% das plantas)



Melhora absorção
de nutrientes
(principalmente P)

FUNGOS – O LADO BOM

- Controle biológico de pragas, ervas daninhas e patógenos de plantas



FUNGOS – O LADO BOM

- Fungos comestíveis e medicinais

Agaricus bisporus (champignon)



Lentinula edodes (shiitake)



Agaricus blazei (cogumelo do sol)



Boletus edulis



FUNGOS – O LADO BOM

- Biorremediação (descontaminação dos solos e das águas)



Penicillium sp
Trametes sp
Psilocybes sp

FUNGOS – O LADO BOM

- Fermentação alcoólica (álcool, bebidas, panificação)



FUNGOS – O LADO BOM

- **Produção de antibióticos (ex: penicilina, cefalosporina)**



FUNGOS – O LADO BOM

- Produção de ácidos orgânicos (ex: ác. cítrico da Coca-Cola é produzido por uma espécie de *Aspergillus*)



FUNGOS – O LADO BOM

• Medicamentos

Fungo propriamente dito:

Ex: Floratil (*Saccharomyces boulardii* – levedura)

Enzimas:

Celulases

Lipases

Ex: Digestivos



Metabólitos:

Ex: morfina

The screenshot shows a web browser window with the URL www2.uol.com.br/sciam/noticias/levedura_produz_morfina.html. The page header includes the 'SCIENTIFIC AMERICAN Brasil' logo and social media sharing options. A navigation bar contains links for 'Multimídia', 'Artigos', 'Reportagens', 'Notícias', 'Branded Content', and 'Agenda'. The main content area features a red header for the article 'Levedura produz morfina' with a sub-headline: 'Geneticamente modificado, o fungo pode produzir o opioide e contornar problemas com cultivo de papoula'. The author is listed as 'Por Karen Hopkin'. The article text begins: 'As leveduras já participam da produção de algumas das substâncias analgésicas mais populares do mundo: cetorolol e xileno. Agora, cientistas criaram geneticamente uma variedade...'

FUNGOS – O LADO BOM

- **Maturação de queijos:**
- **Roquefort** - *Penicillium roqueforti*
- **Gorgonzola** - *Penicillium glaucum*
- **Camembert** - *Penicillium candida*

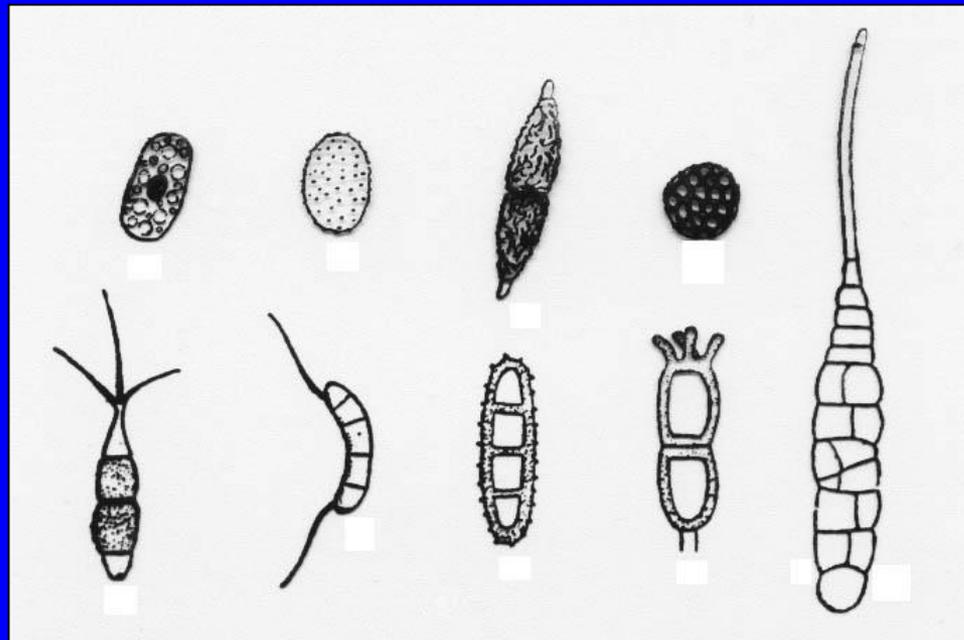


Formigas zumbis

O maior ser vivo do planeta

Morfologia

Espero = unidade reprodutiva

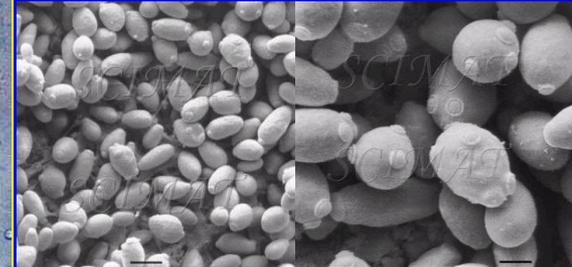
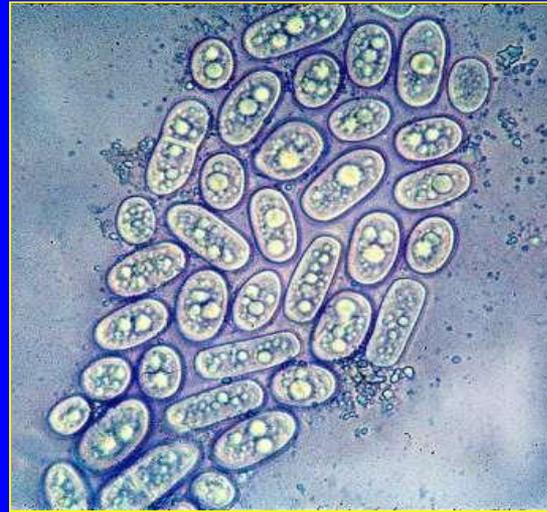


Morfologia

TALO SOMÁTICO:

Leveduriforme (unicelular)

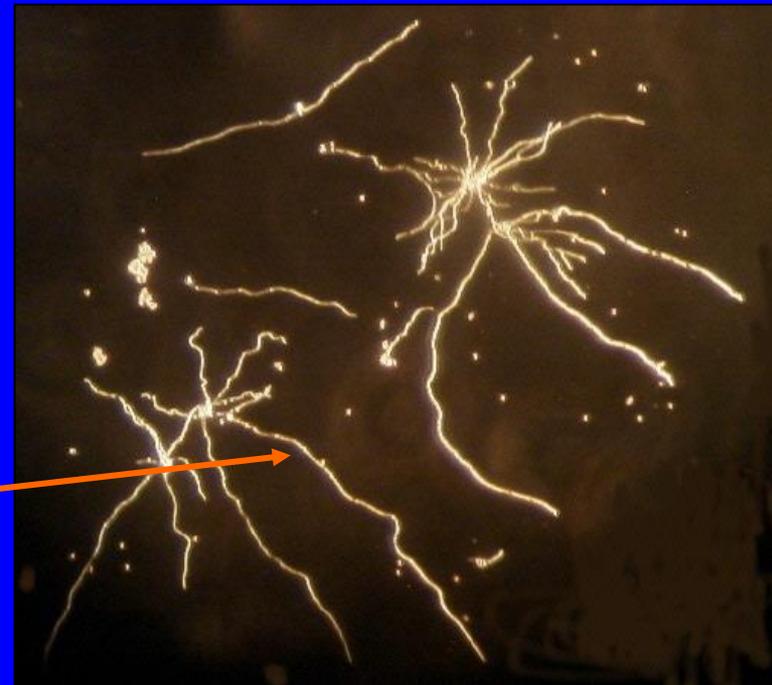
Ex: Leveduras



Filamentoso (multicelular)



HIFAS



HIFAS = filamento tubular microscópico

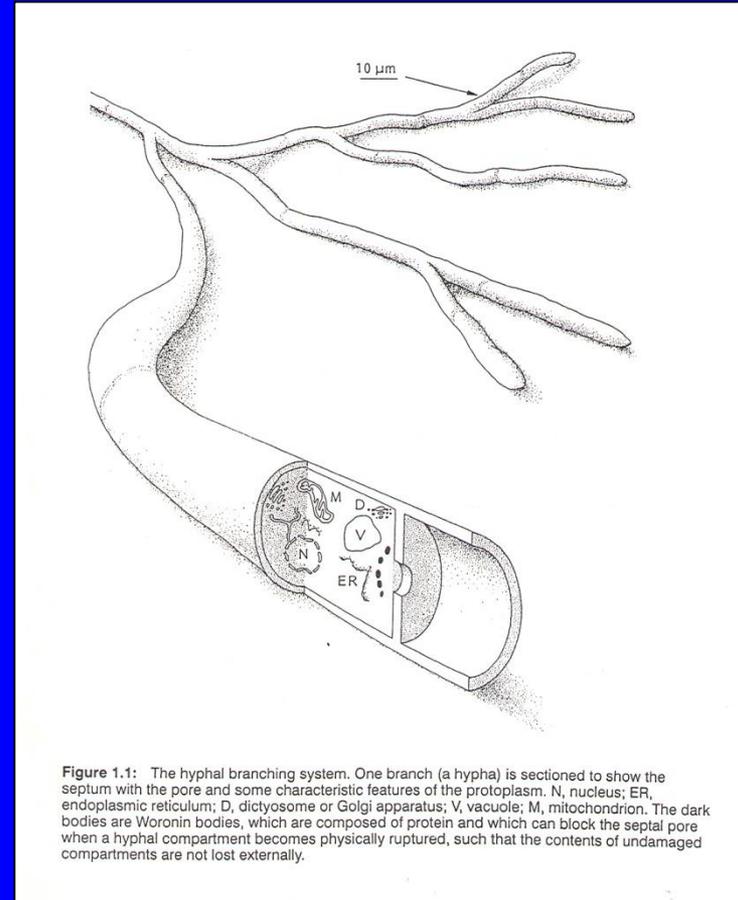
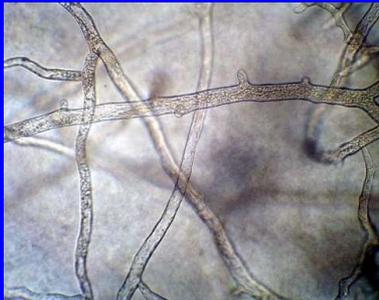
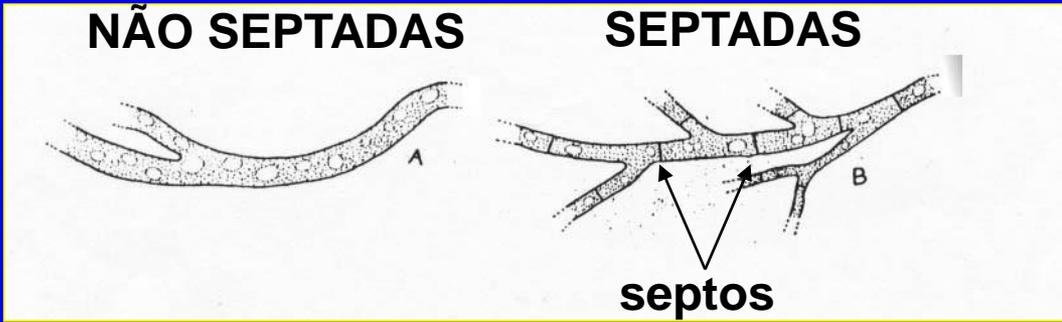
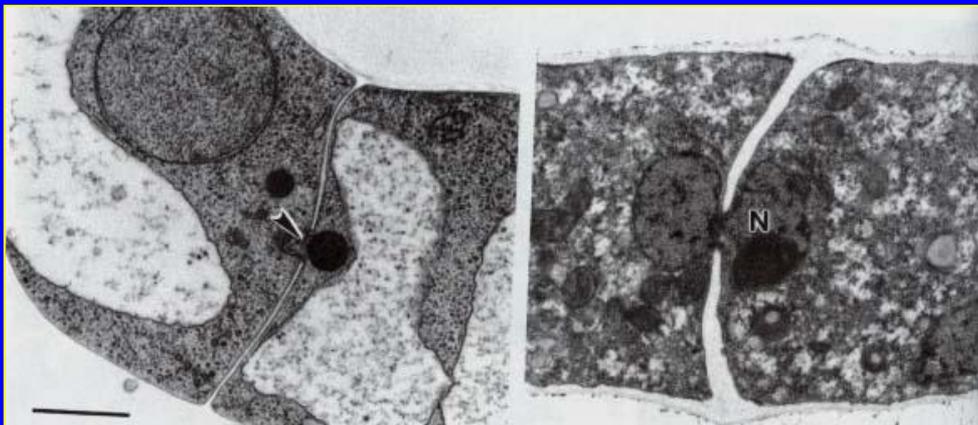
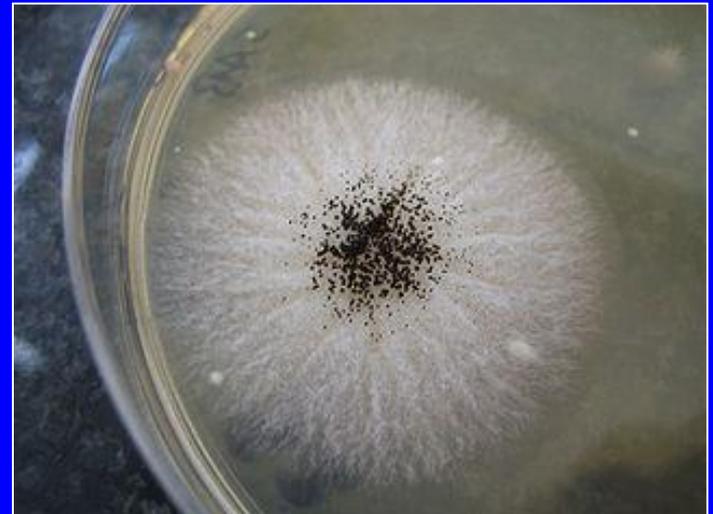
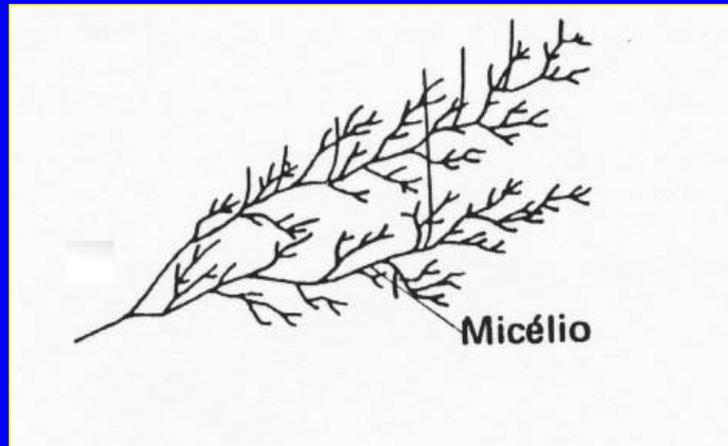


Figure 1.1: The hyphal branching system. One branch (a hypha) is sectioned to show the septum with the pore and some characteristic features of the protoplasm. N, nucleus; ER, endoplasmic reticulum; D, dictyosome or Golgi apparatus; V, vacuole; M, mitochondrion. The dark bodies are Woronin bodies, which are composed of protein and which can block the septal pore when a hyphal compartment becomes physically ruptured, such that the contents of undamaged compartments are not lost externally.

Septo e poro



MICÉLIO = conjunto (emaranhado) de hifas



Hifa

- Parede celular
- Membrana Plasmática
- Citoplasma



Parede celular

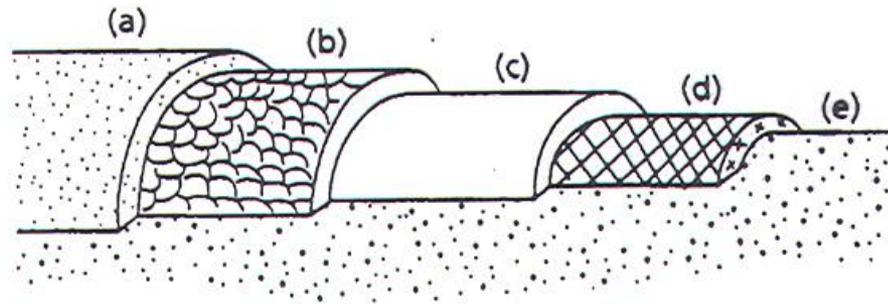


Fig. 2.8 Diagram to illustrate wall architecture in a 'mature' region of a hypha of *Neurospora crassa* (ascomycota) as evidenced by sequential enzymic digestion. (a) Outermost layer of amorphous β -1,3- and β -1,6-glucans; (b) glycoprotein reticulum embedded in protein; (c) more or less discrete protein layer; (d) chitin microfibrils embedded in protein; (e) plasmalemma. (Based on Hunsley & Burnett, 1970.)

IMPORTÂNCIA DA PAREDE CELULAR

- Determina forma – hifa ou levedura
- Protege contra lise osmótica
- Atua como “peneira molecular”
- Melanina presente – protege contra UV /
enzimas líticas
- Sítio de ligação para enzimas
- Propriedades antigênicas

CITOPLASMA

- LABORATÓRIO BIOQUÍMICO

- ENVOLTO PELA MEMBRANA PLASMÁTICA

- ENCONTRAMOS:

- ⇒ RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO
- ⇒ RIBOSSOMOS
- ⇒ MITOCÔNDRIOS
- ⇒ SISTEMA DE GOLGI
- ⇒ VACÚOLOS
- ⇒ GRÂNULOS DE GLICOGÊNIO

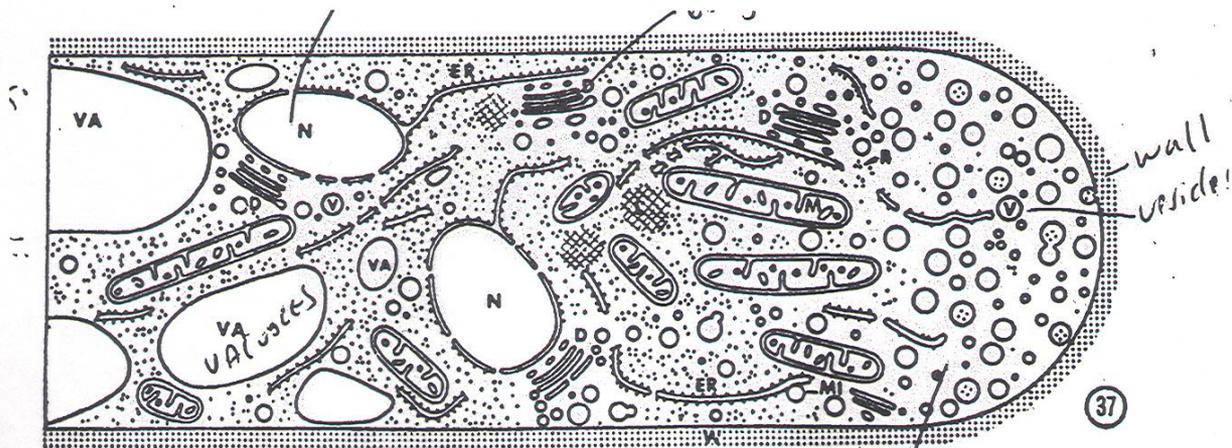


Fig. 37. Condensed diagrammatic representation of hyphal organization and the relationships of cell components in a growing hyphal tip of *P. ultimum*. (Key to Labeling p. 246.)

Levedura (unicelular)

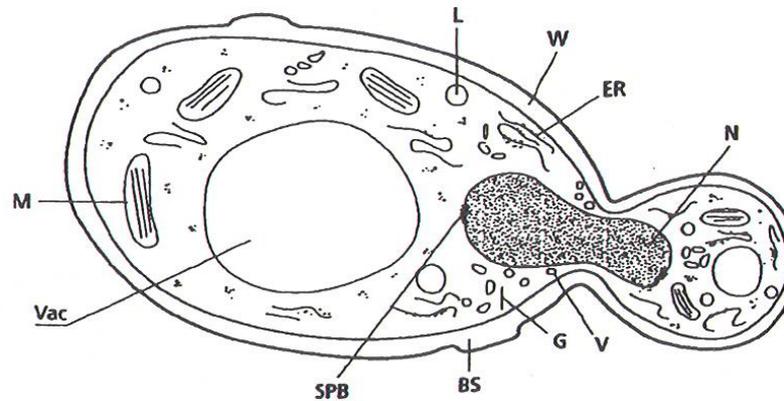


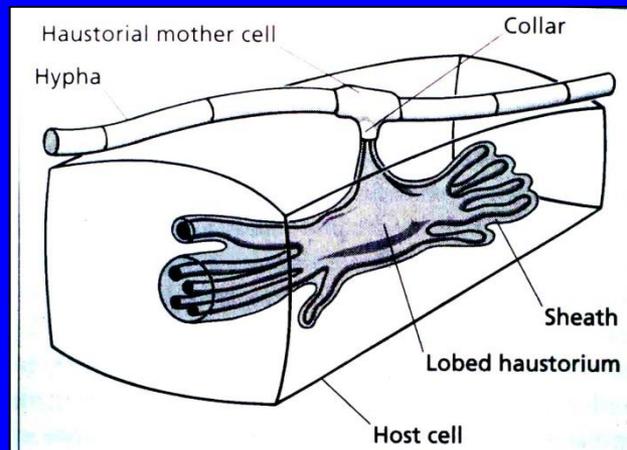
Figura 4 – Representação diagramática da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (cerca de $5\mu\text{m}$). W – parede celular; Vac – vacúolo central; BS – cicatriz de brotamento; M- mitocôndrio; L- corpúsculo de lipídeo; G – aparelho de Golgi; ER – retículo endoplasmático; V – vesícula; SPB – “spindle-pole body” equivalente ao centríolo em outros eucariotos; N – núcleo. Adaptado de Deacon (1997).

Estruturas especializadas das hifas

Rizóides: fixação e absorção

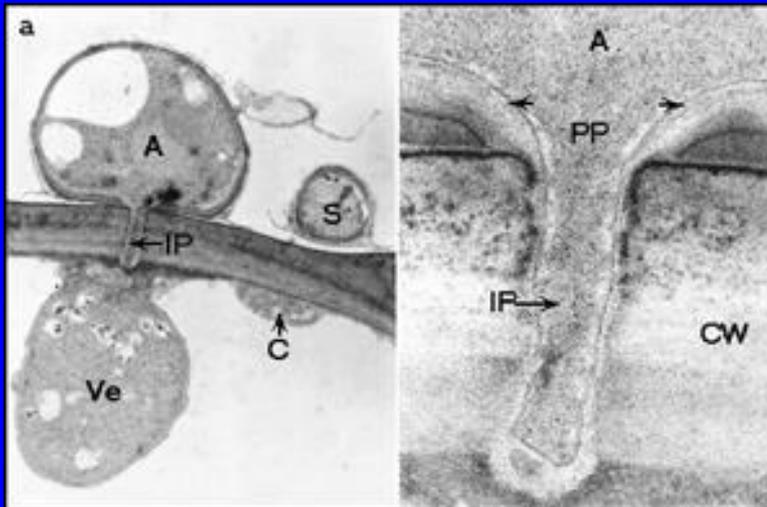
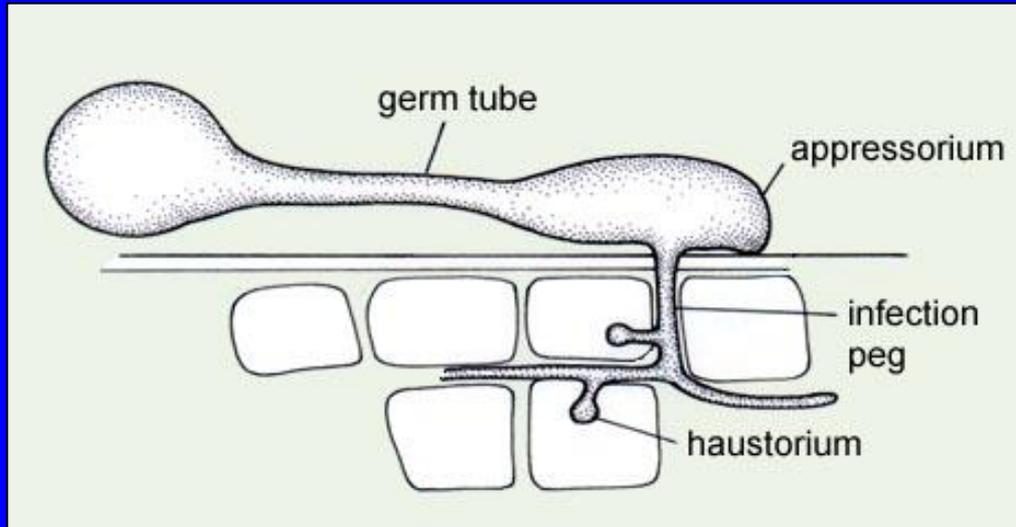


Haustório: absorção intracelular



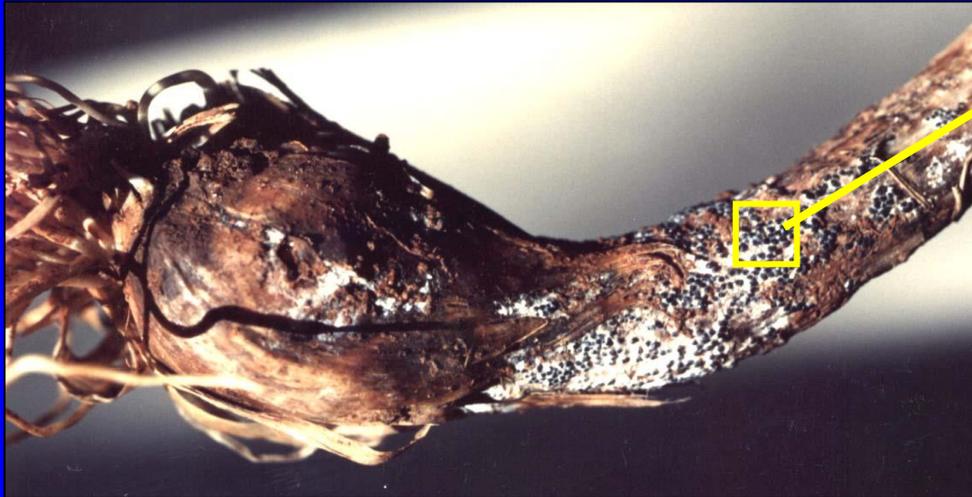
Estruturas especializadas das hifas

Apressório: adesão e penetração

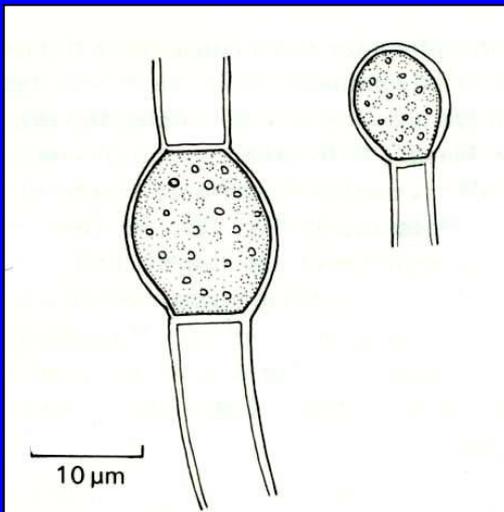


Estruturas especializadas das hifas

Escleródios: sobrevivência

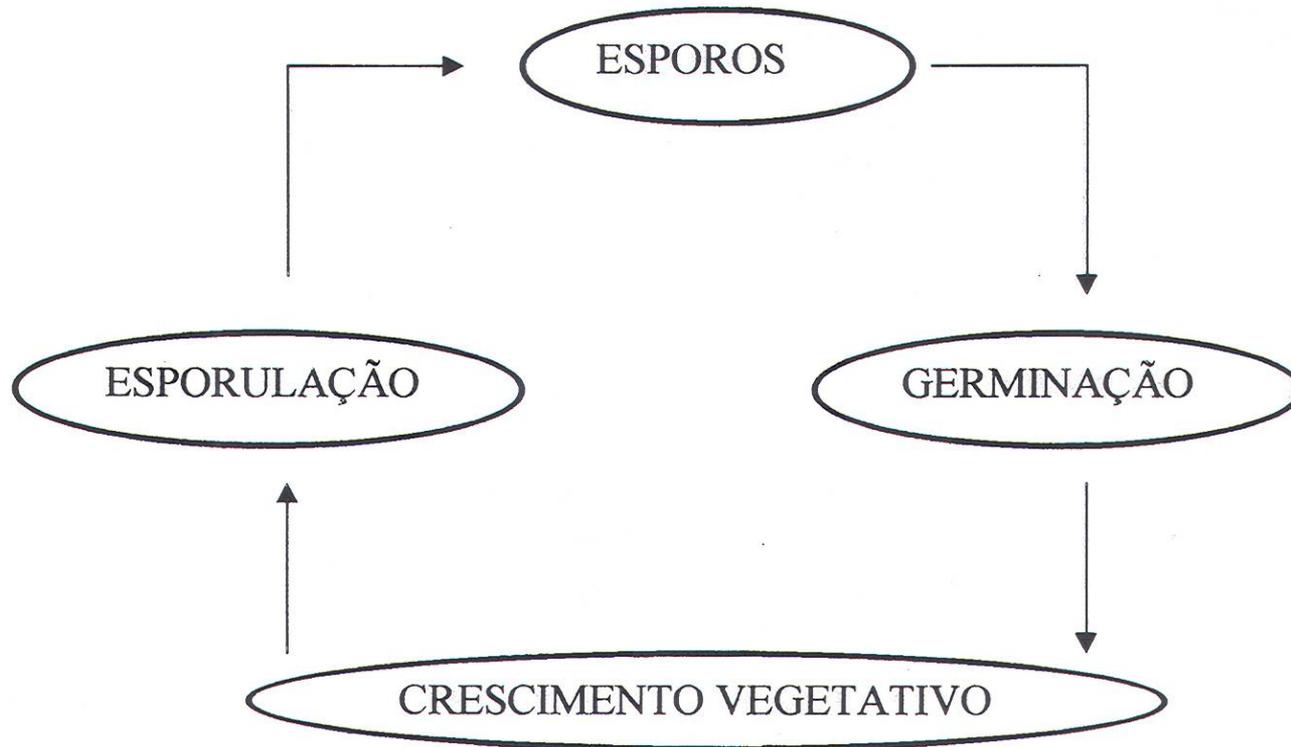


Clamidósporos: sobrevivência



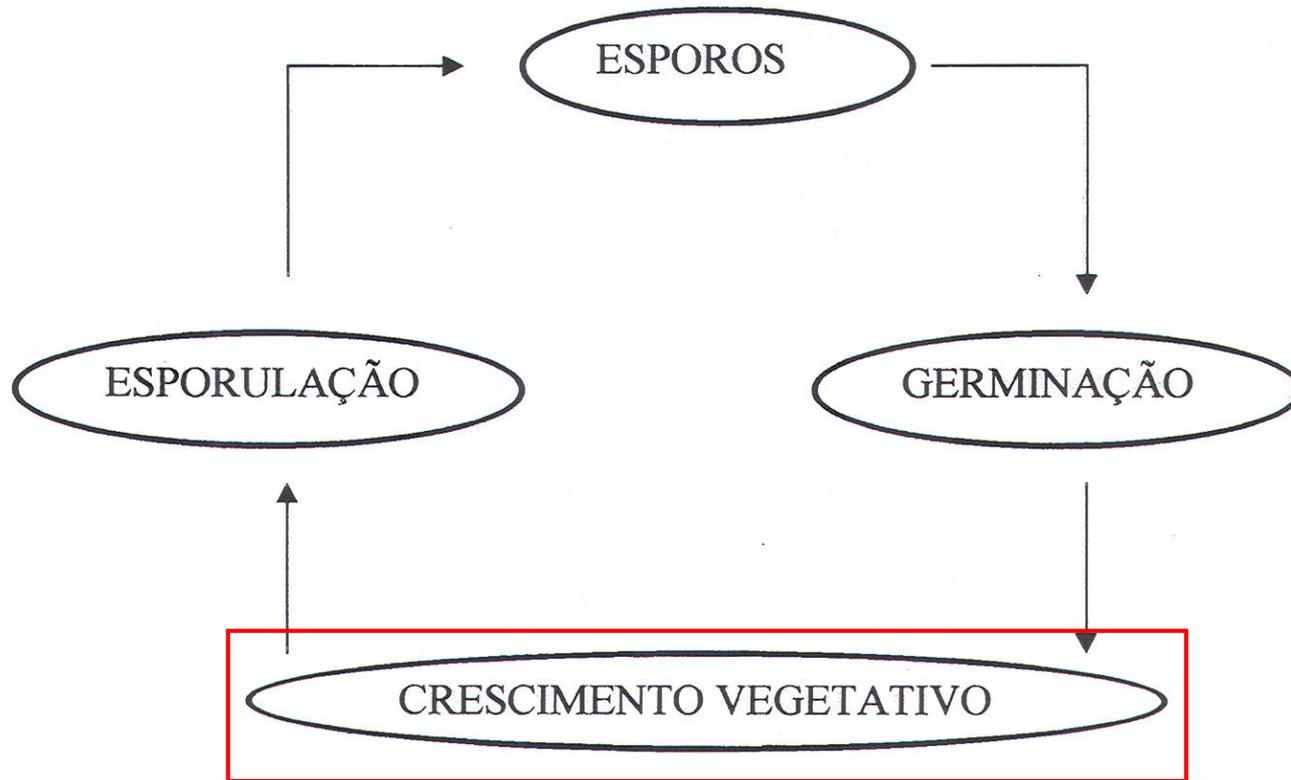
UC Statewide IPM Project
© 1996 Regents, University of California

Estágios no crescimento



Esporos - asseguram a sobrevivência do fungo

Estágios no crescimento



Esporos - asseguram a sobrevivência do fungo

Crescimento vegetativo / diferenciação

Crescimento envolve alongação do tubo germinativo na extremidade

Tubo germinativo começa a ramificar



Hifas



Colônia fúngica

- Esférica \Rightarrow meio líquido
- Circular \Rightarrow meio sólido



Elongação das hifas

- Extremidade da hifa → 50-100 μm
- Crescimento fungos micelianos:
 - Extensão das extremidades hifálicas
 - Partes velhas incapazes de crescerem (formação de novo protoplasma)

Neurospora sp → 3,6 - 3,8 mm / hora

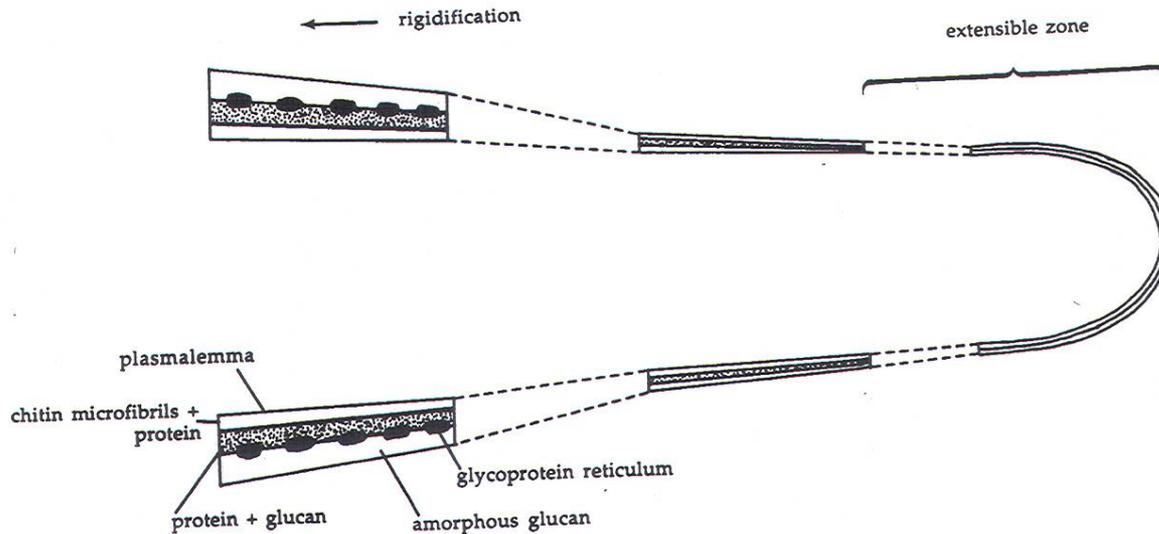
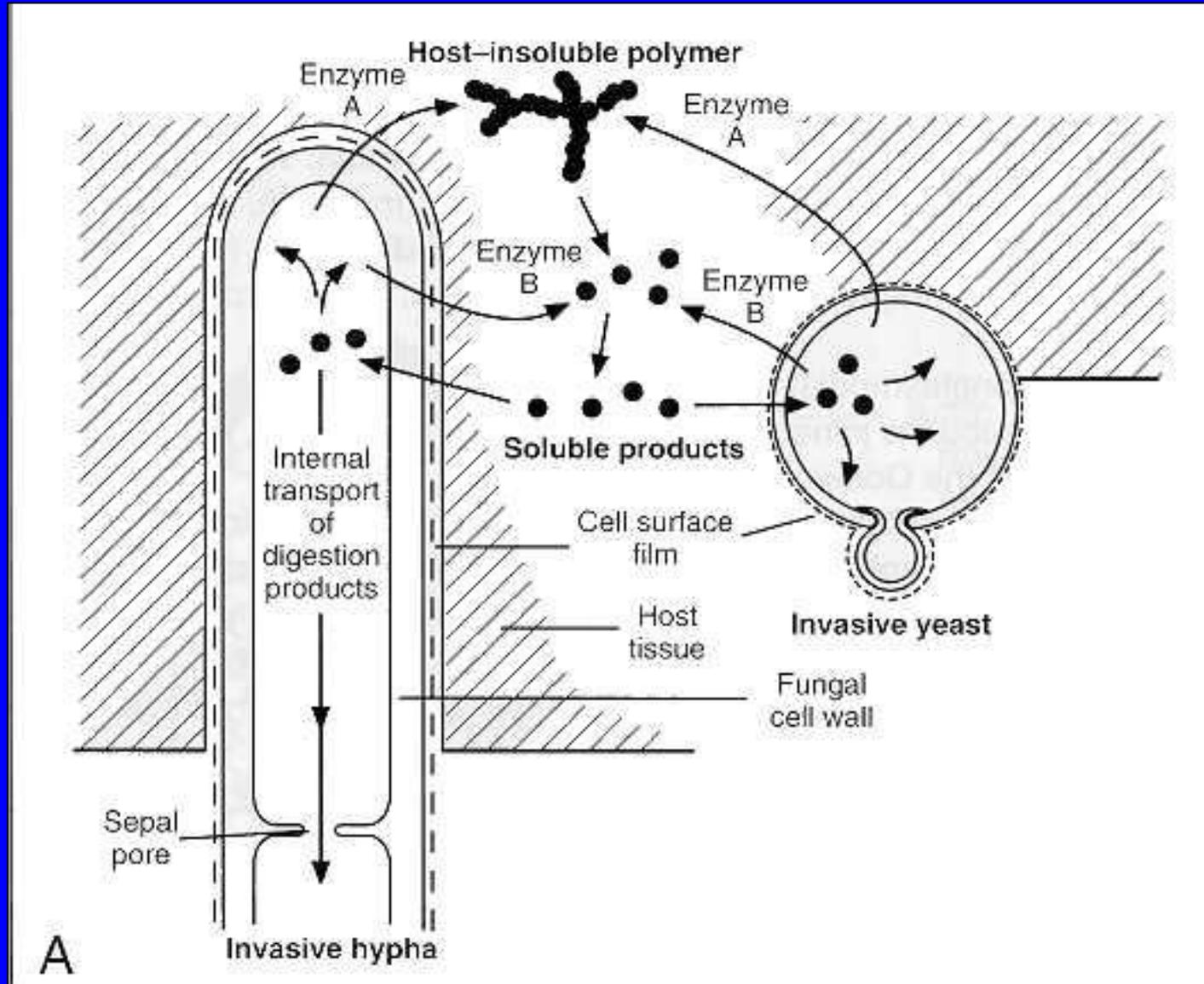


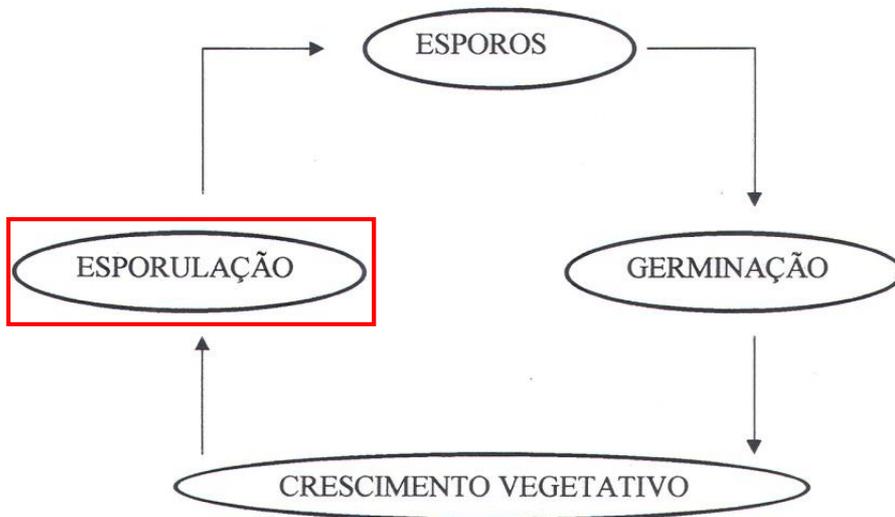
Fig. 1.5 Arrangement of the principle wall layers in *Neurospora crassa*, and the influence on wall rigidity and extensibility (after Hunsley and Kay, 1976).

Crescimento - digestão e absorção



Reprodução (Esporulação)

Estágios no crescimento



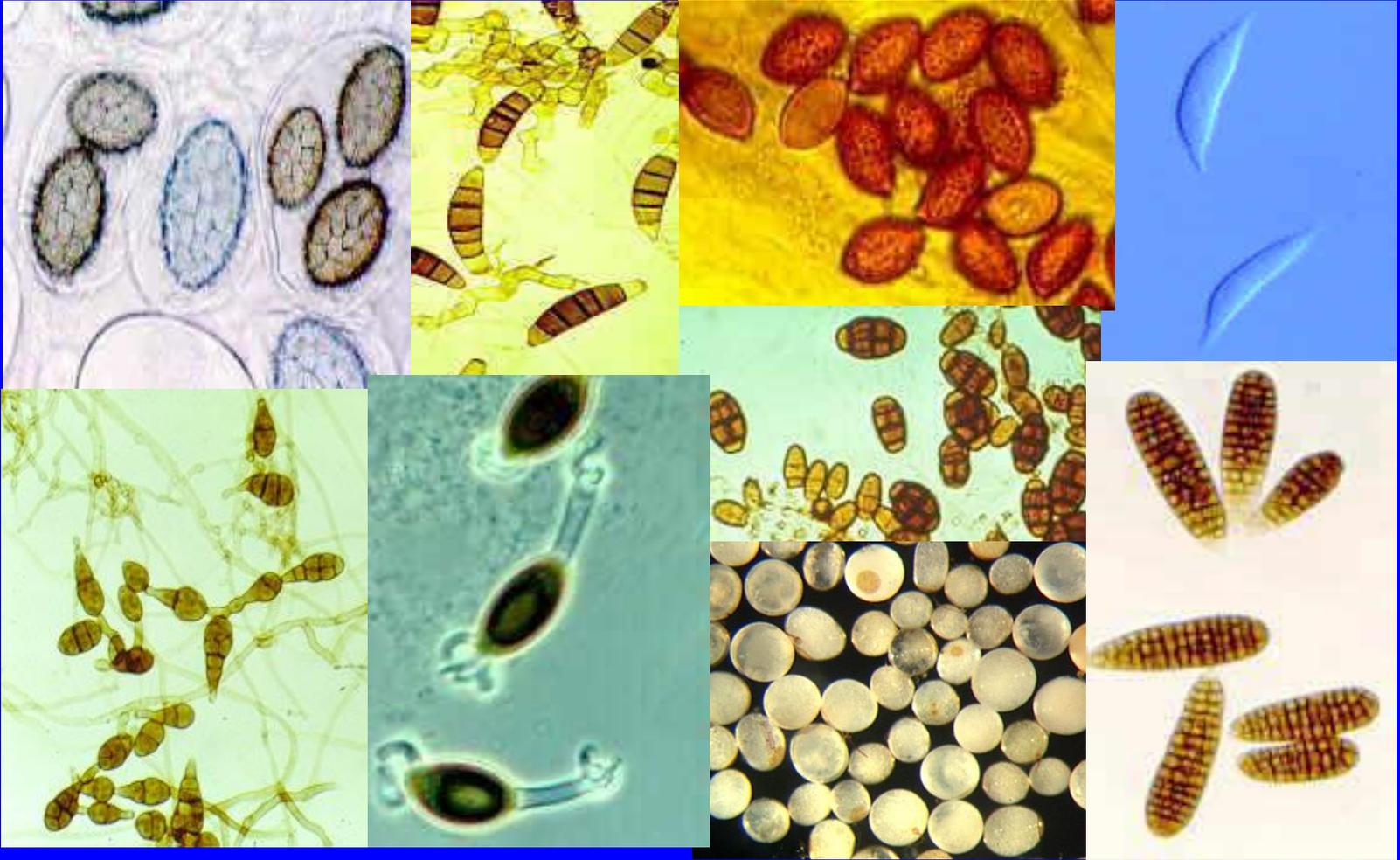
Esporos - asseguram a sobrevivência do fungo

- Nutriente disponível \Rightarrow **hifas assimilativas**
- Nutriente não disponível / fatores adversos \Rightarrow **modo reprodutivo** \rightarrow **esporos**

Hifas podem exibir um período de dormência antes de esporular

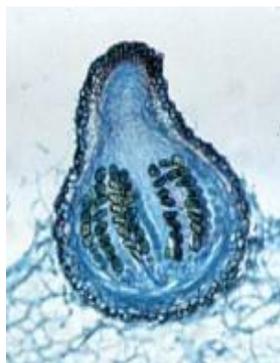


Esporos



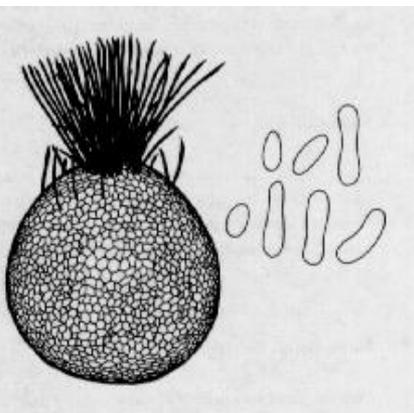
Estruturas reprodutivas

Estruturas reprodutivas produzem os esporos e podem ser formadas diretamente no micélio ou dentro de corpos de frutificação...

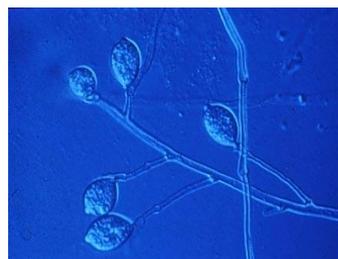


peritécio

picnídios



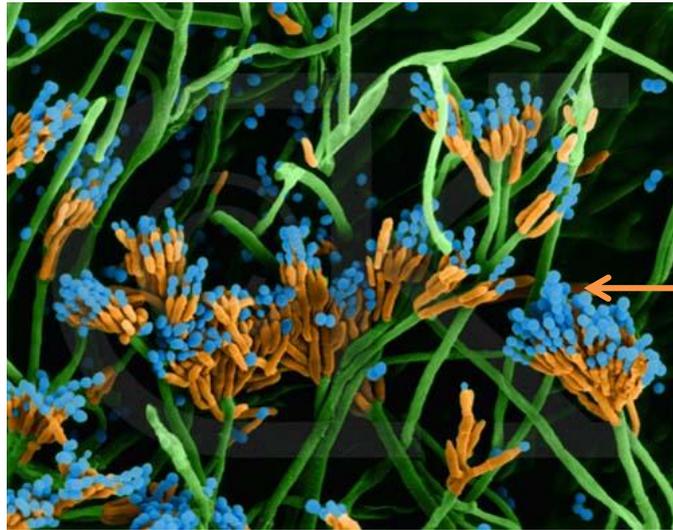
Basidiocarpos
(cogumelos)



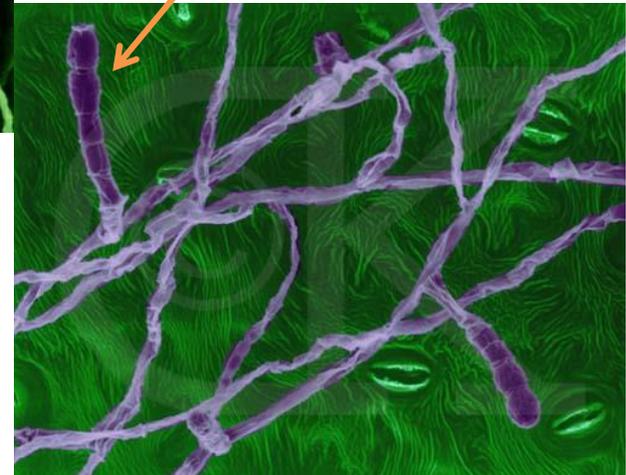
esporângios

Esporos também
podem ser produzidos diretamente no micélio ao
invés de dentro de corpos de frutificação (depende da espécie)

Penicillium

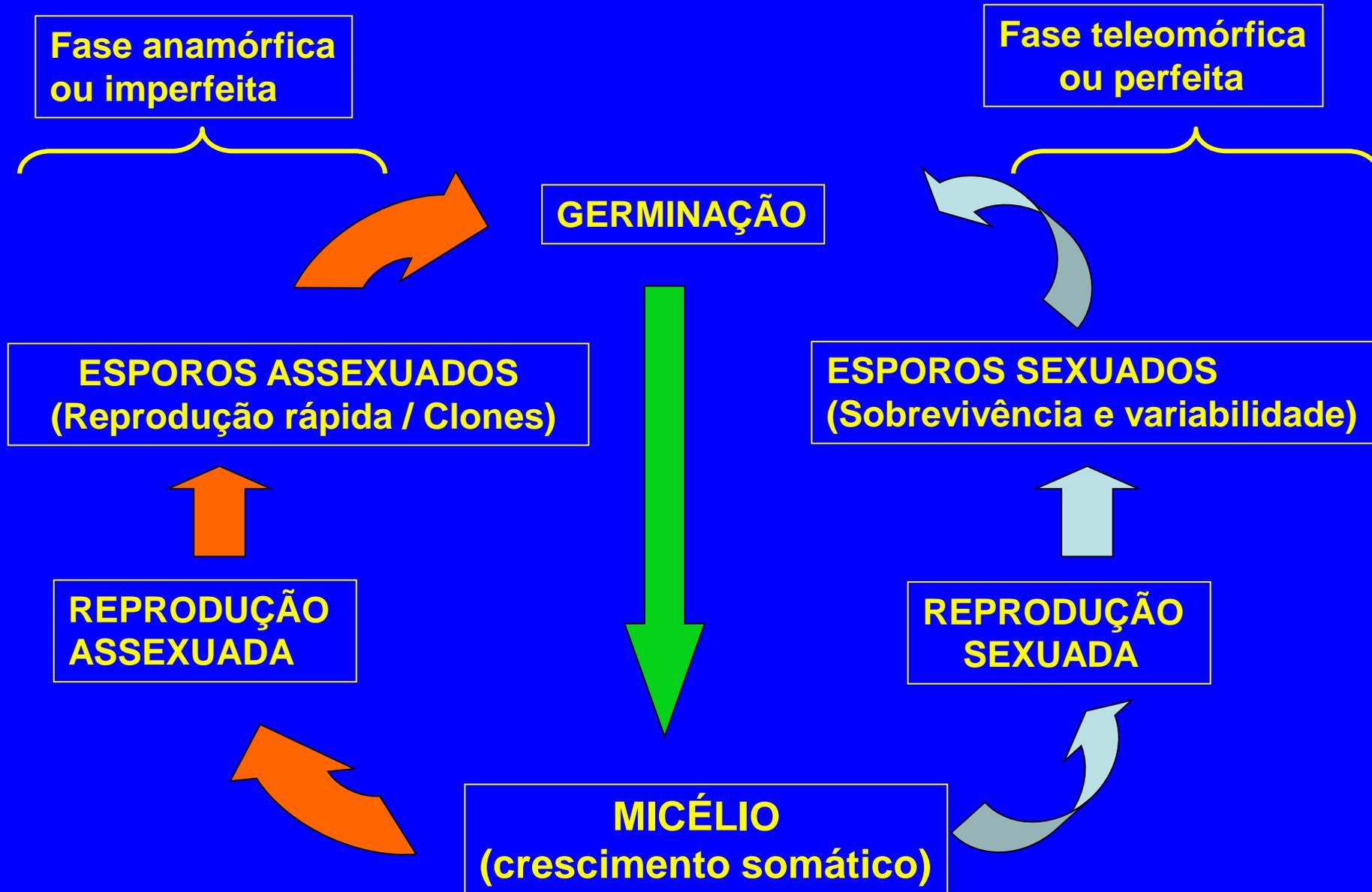


esporos

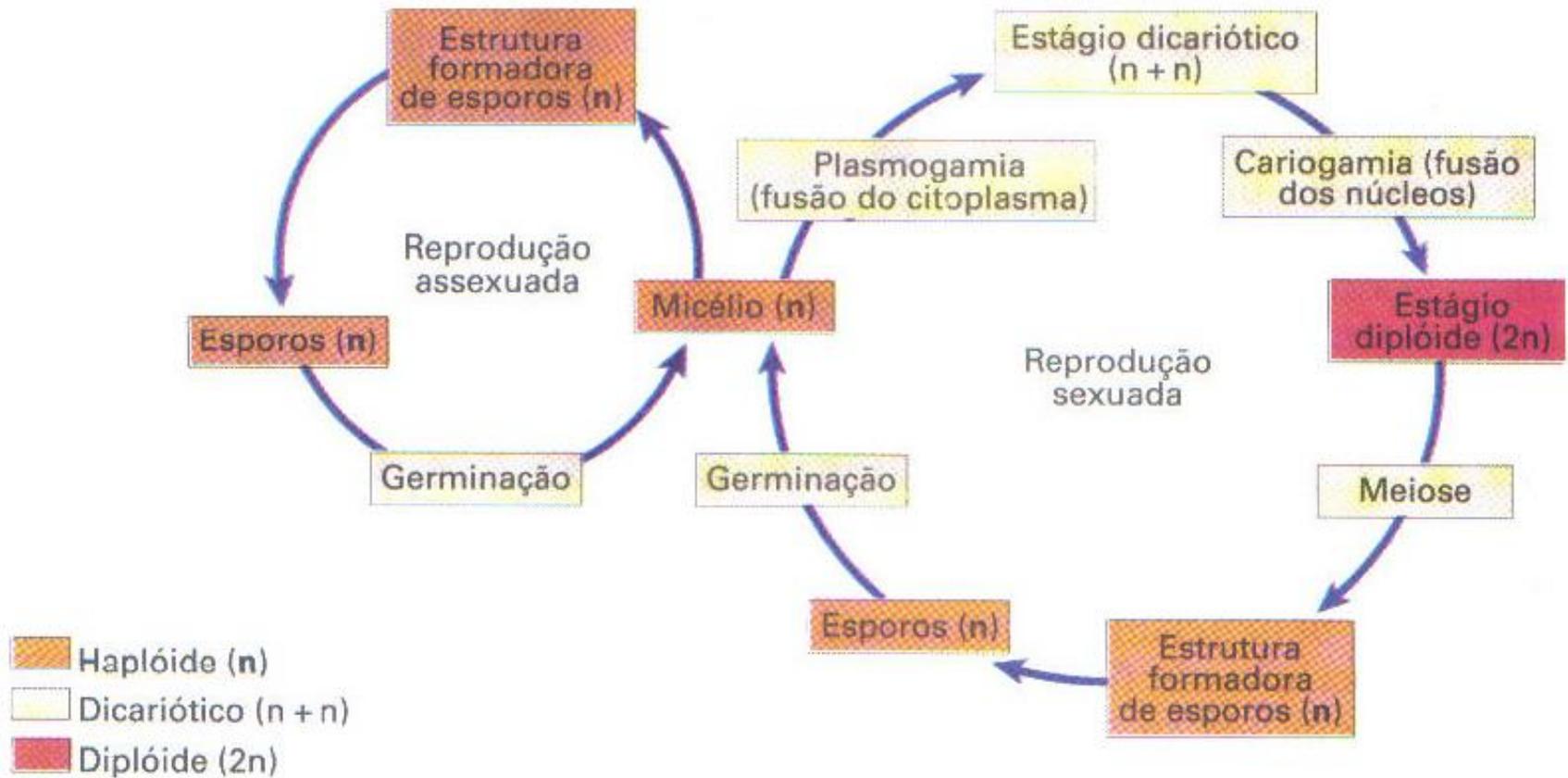


Oidium

CICLO DE VIDA



CICLO DE VIDA



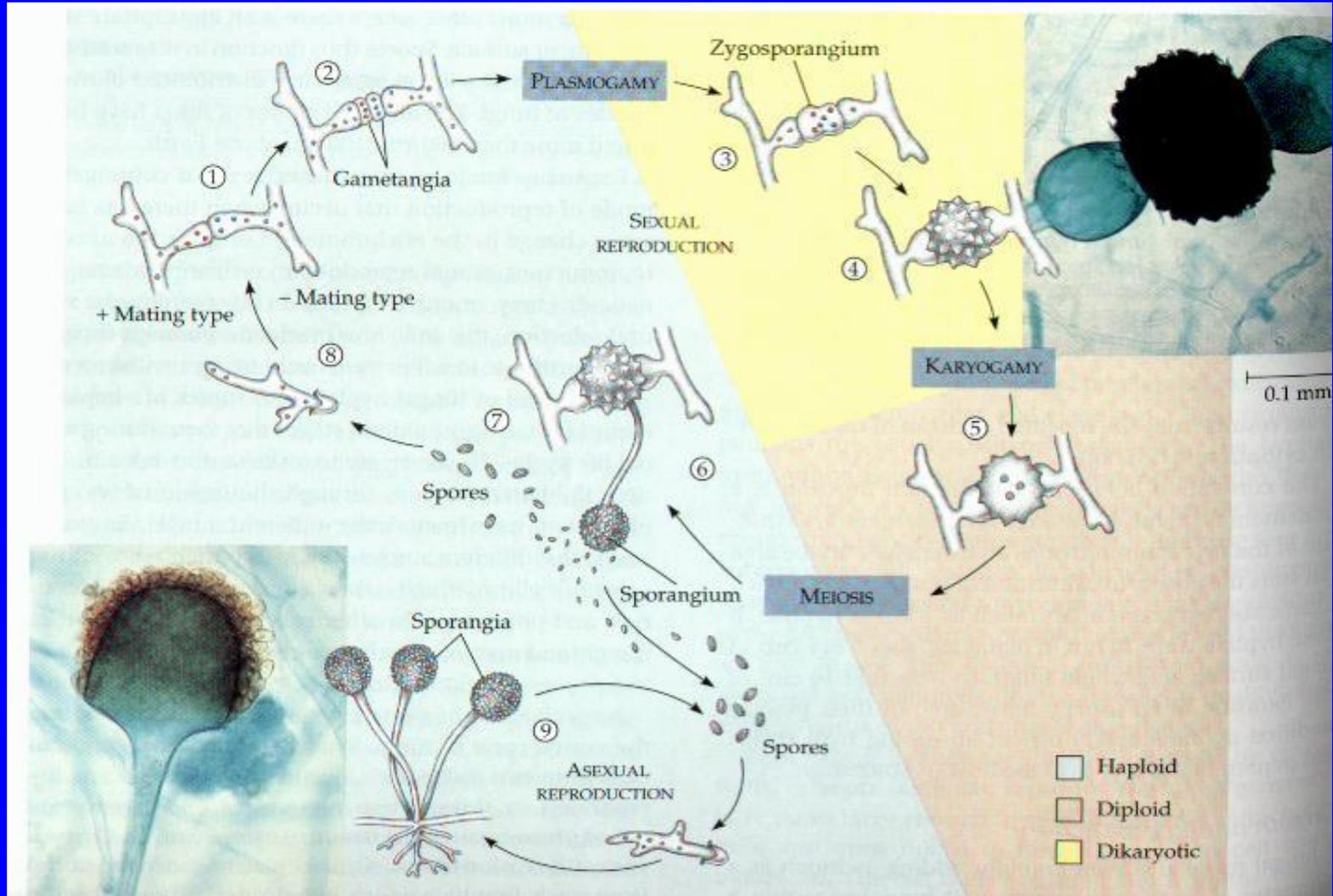
Esquema de um ciclo de vida generalizado de um fungo.

Anamórfico x teleomórfico

Table 1.7 The generic names for some of the sexual stages (known as teleomorphs) and asexual stages (anamorphs) of fungi that are frequently seen only in the asexual form.

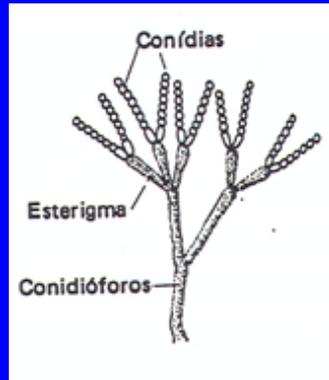
Anamorph	Teleomorph
<i>Aspergillus</i>	<i>Eurotium</i> <i>Emericella</i>
<i>Penicillium</i>	<i>Eupenicillium</i> <i>Talaromyces</i>
<i>Trichoderma</i>	<i>Hypocrea</i>
<i>Fusarium</i>	<i>Gibberella</i> <i>Nectria</i>
<i>Microsporum</i> <i>Trichophyton</i>	<i>Arthroderma</i>
<i>Blastomyces</i> <i>Histoplasma</i>	<i>Ajellomyces</i>
<i>Rhizoctonia</i>	<i>Ceratobasidium</i> <i>Thanatephorus</i> <i>Waitea</i>

Ciclo *Rhizopus stolonifer*

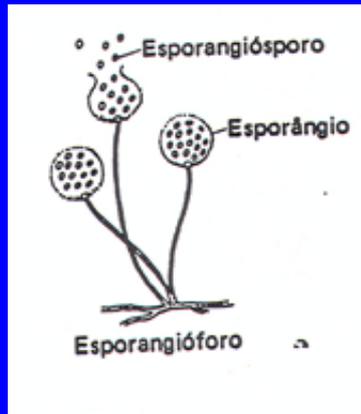


Estruturas características do ciclo assexual

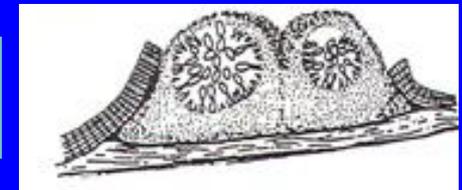
Conidióforo



Esporangióforo

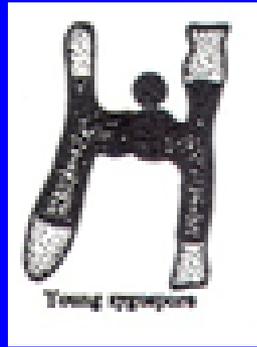


Picnídio

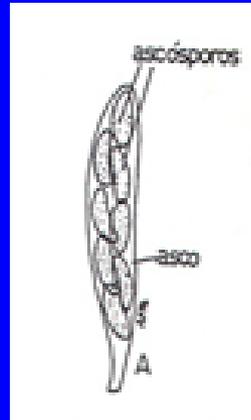


Estruturas características do ciclo sexual

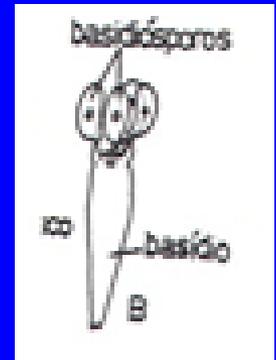
Gametângios
(zigomicetos)



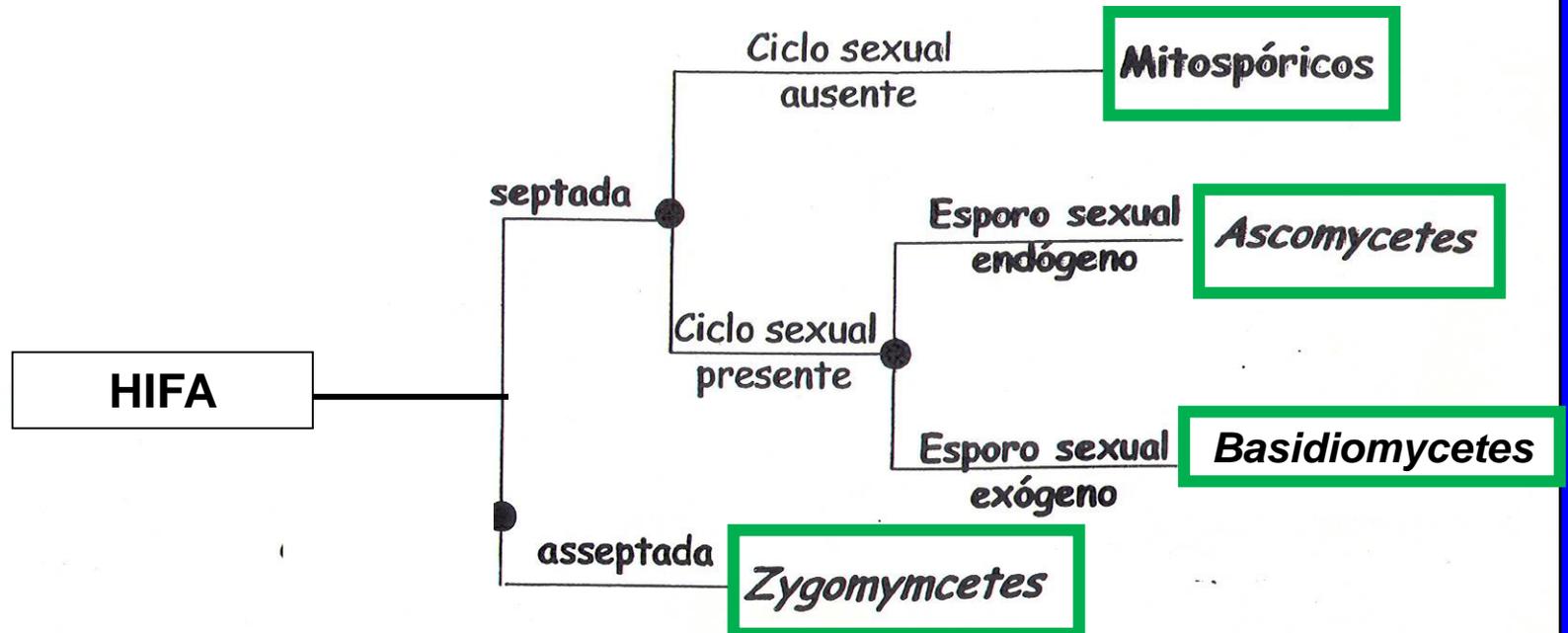
Ascus
(Ascomycetos)



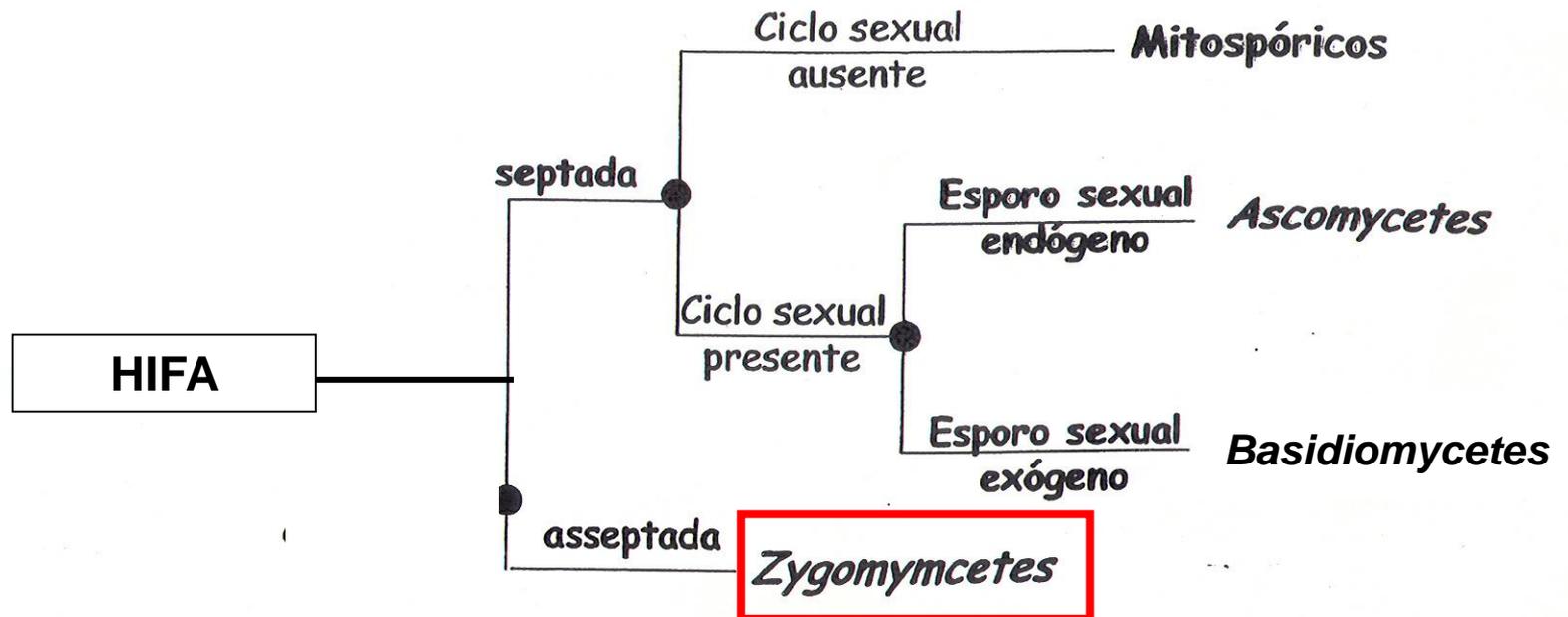
Basídia
(Basidiomicetos)



Classificação dos “Fungos”



Classificação dos “Fungos”



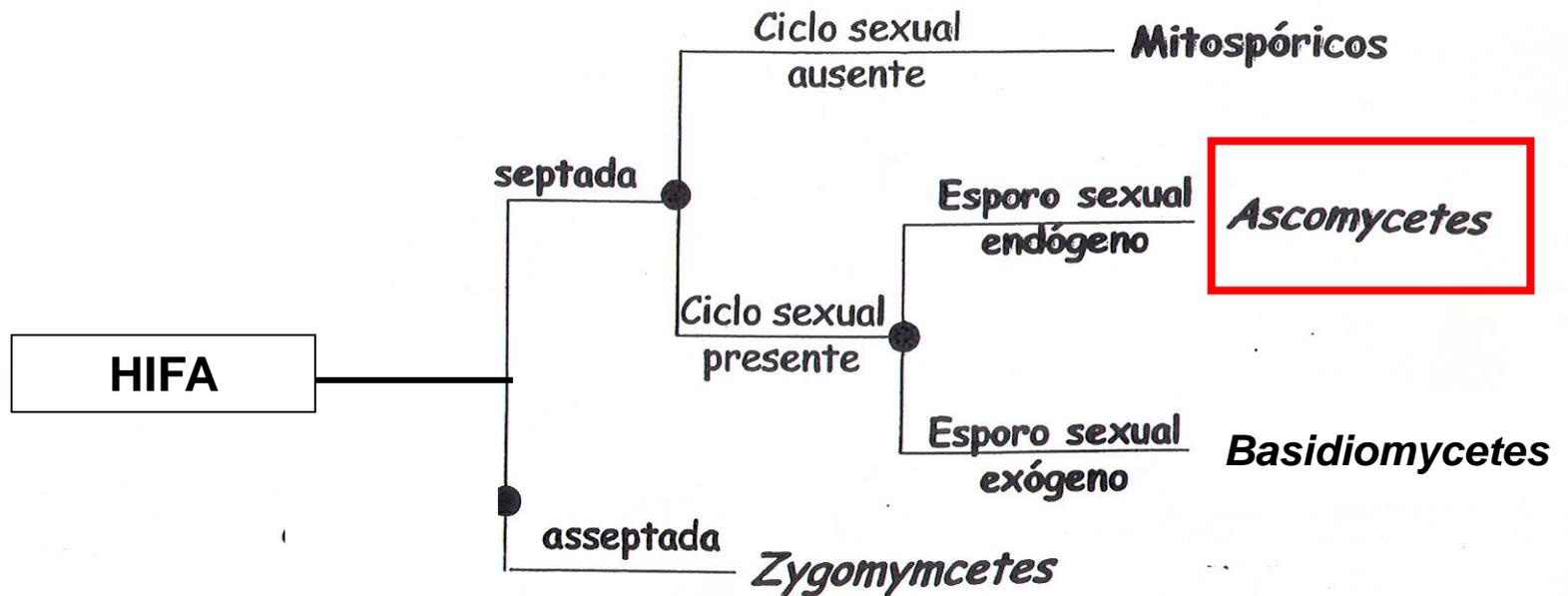
ZIGOMICETOS - Quitina e β -glucana na parede / hifas sem septos



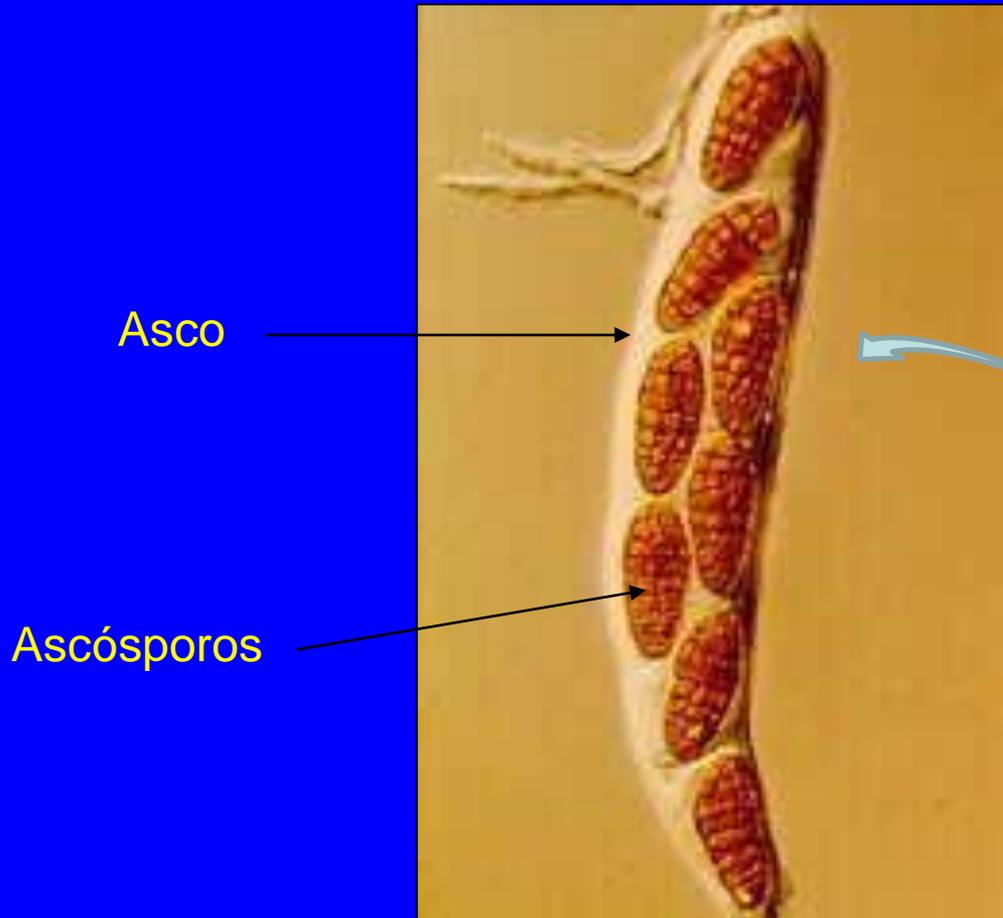
Esporângios
Esporos imóveis



Classificação dos “Fungos”

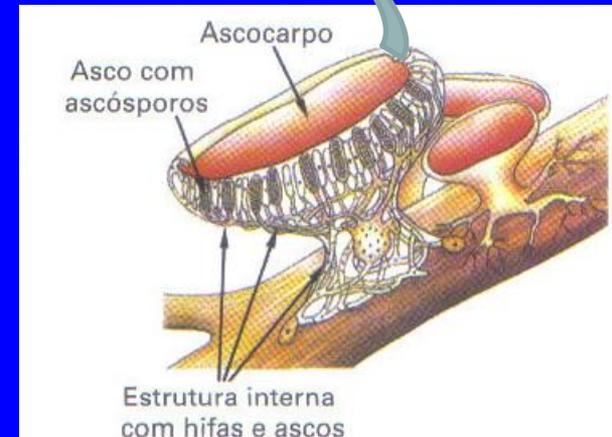


ASCOMICETOS - Quitina e β -glucana na parede / hifa com septos

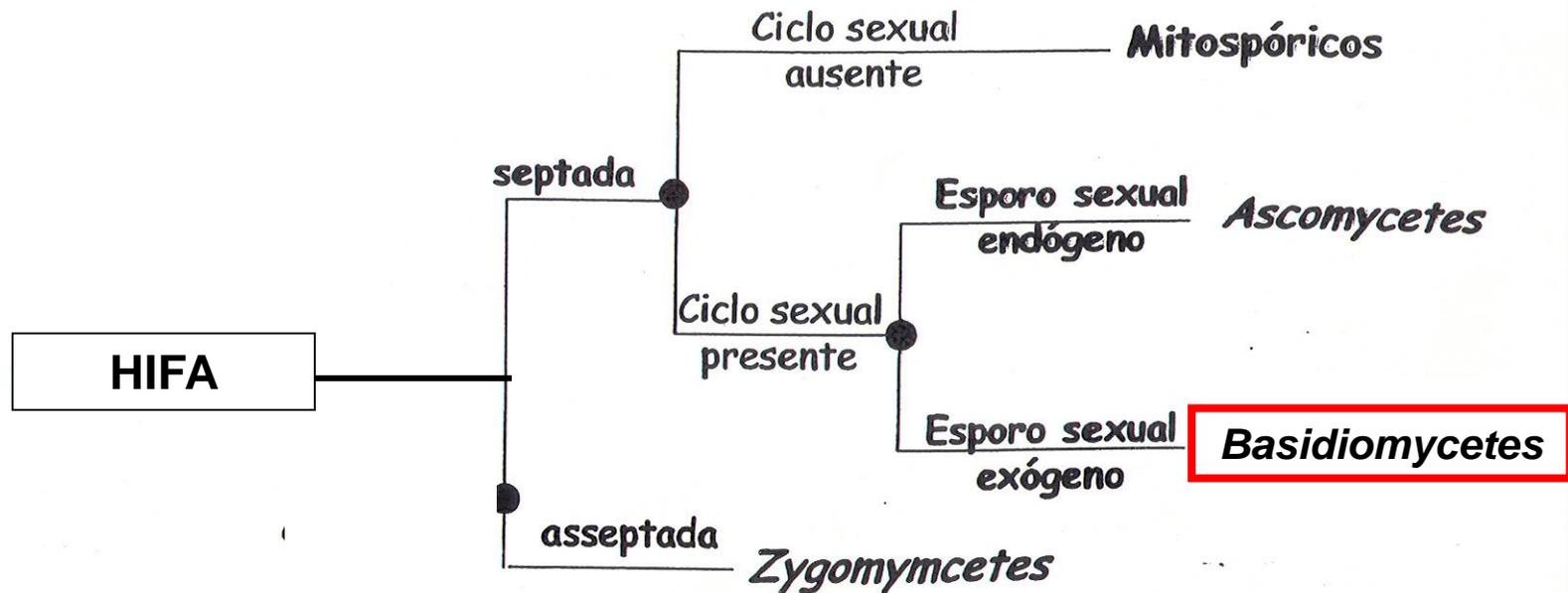


Esporos sexuais
no interior de um asco
(saco)

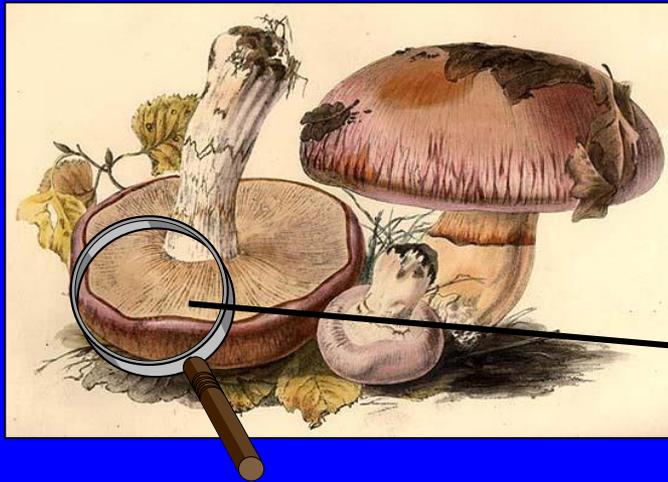
(esporos endógenos)



Classificação dos “Fungos”

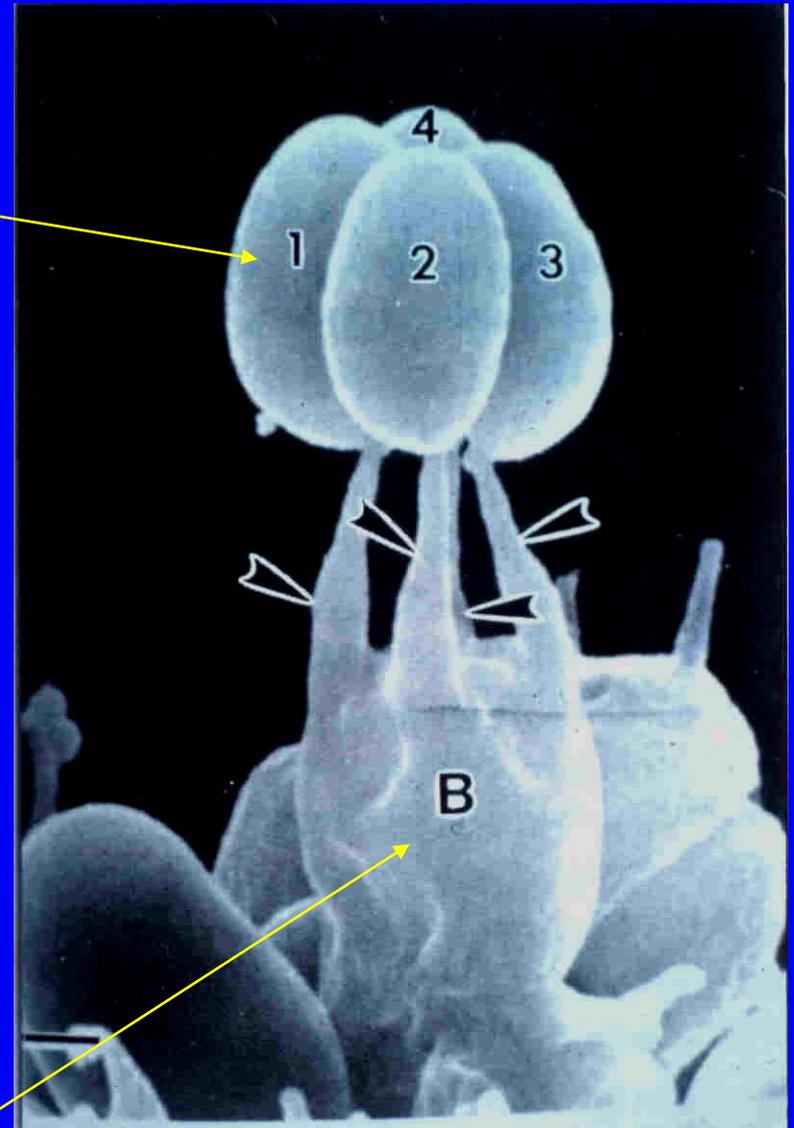


BASIDIOMICETOS - Quitina e β -glucana na parede / hifa com septos



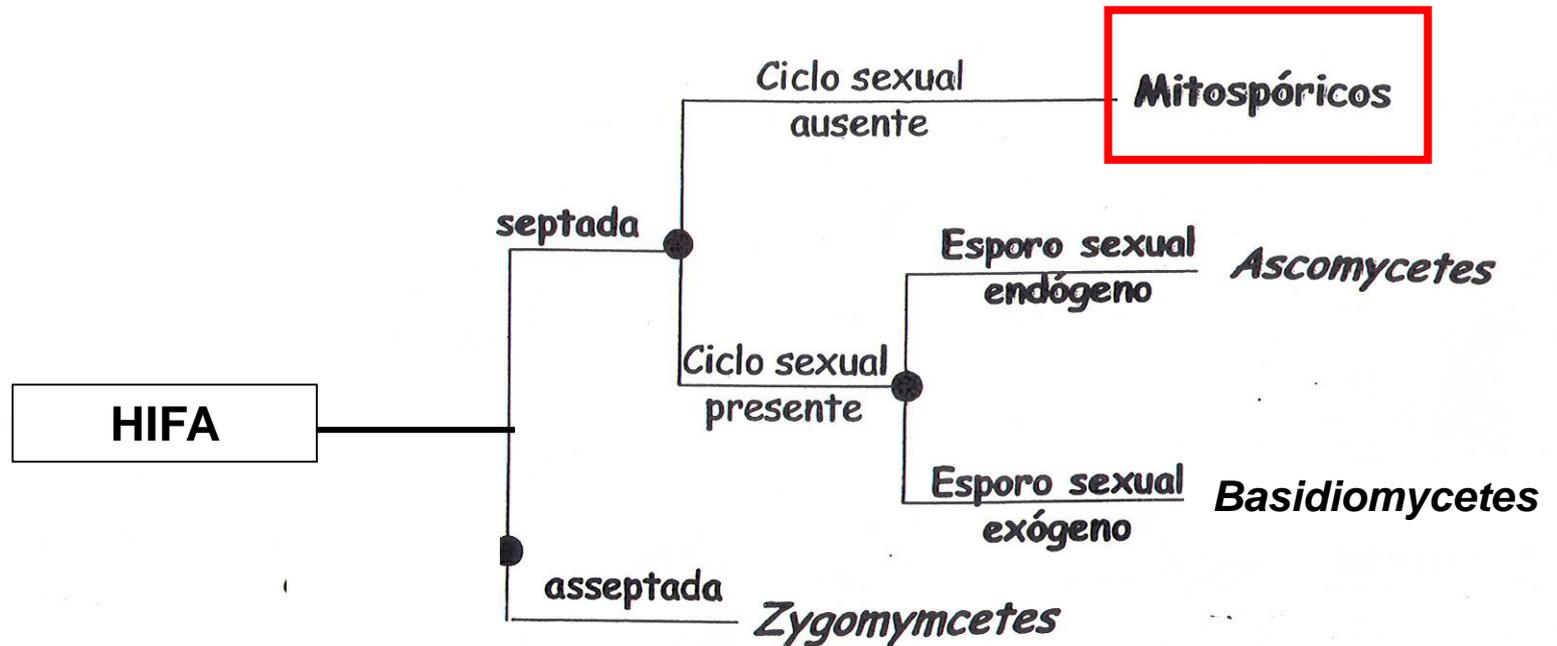
**Esporos sexuais
externamente em uma basídia
(esporos exógenos)**

Basidiósporos



Basídia

Classificação dos “Fungos”

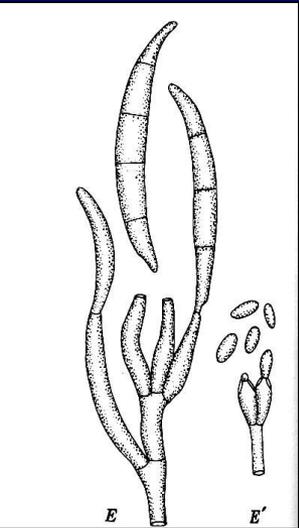


FUNGOS MITOSPÓRICOS OU ANAMÓRFICOS - Quitina e β -glucana na parede / hifa com septos

Fungos mitospóricos

→ Fase sexuada desconhecida ou ausente

→ Esporos clonais (mitose)

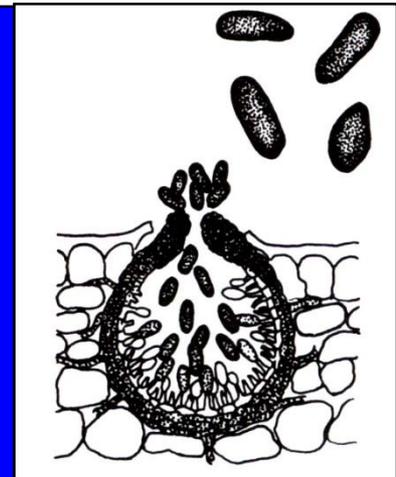
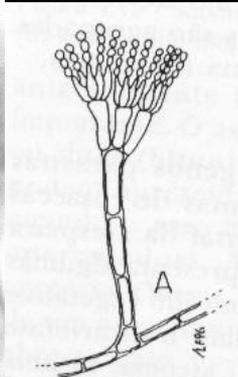
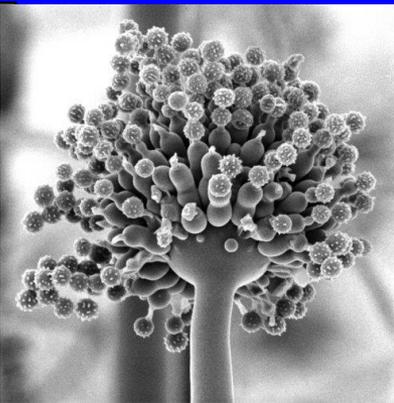
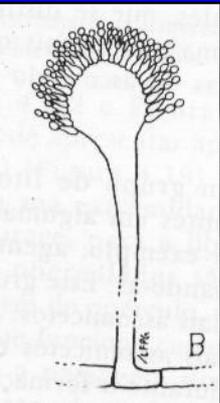
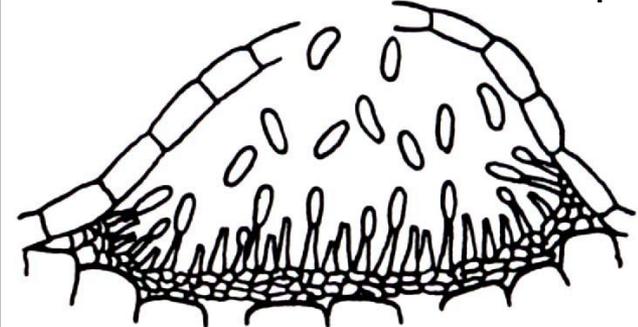


Esporos em:

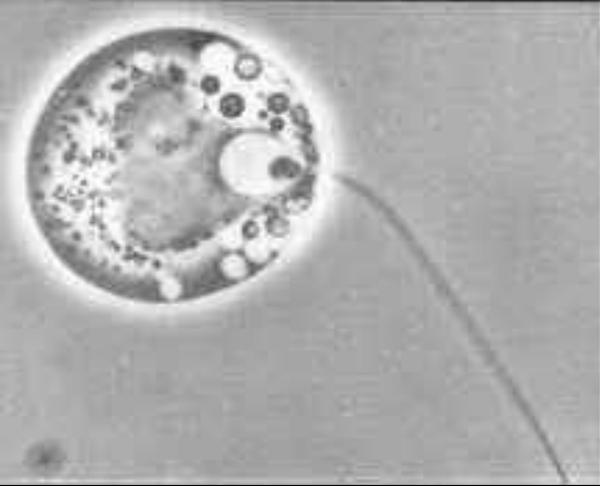
Esporóforos (hifas modificadas)

Corpos de frutificação

Acérvulo = *Colletotrichum* sp



Picnídio = *Septoria* sp.



OOMICETOS



OOMICETOS

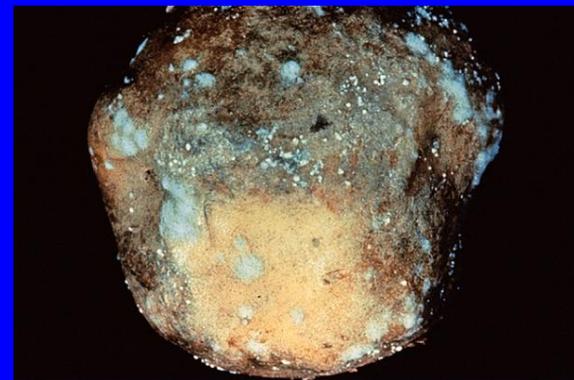
Organismos que apresentam as características abaixo e são encaixados no reino Chromista

- Eucarióticos
- Microrganismos aclorofilados (quimioheterotróficos)
- Reprodução por esporos móveis
- Estrutura somática – hifa asseptada
- Geralmente multicelulares
- Parede celular constituída principalmente de B-glucanas e também celulose e hidroxiprolina (Quitina é ausente)
- Ergosterol não é um esteroide importante na membrana plasmática
- Laminarinas constituem o principal composto de reserva

Oomicetos (Reino Chromista)



Phytophthora sp



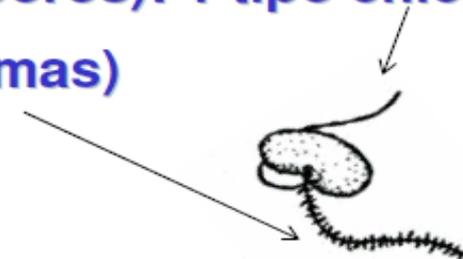
Requeima da batata (*Phytophthora infestans*)

OOMICETOS são fungos verdadeiros?

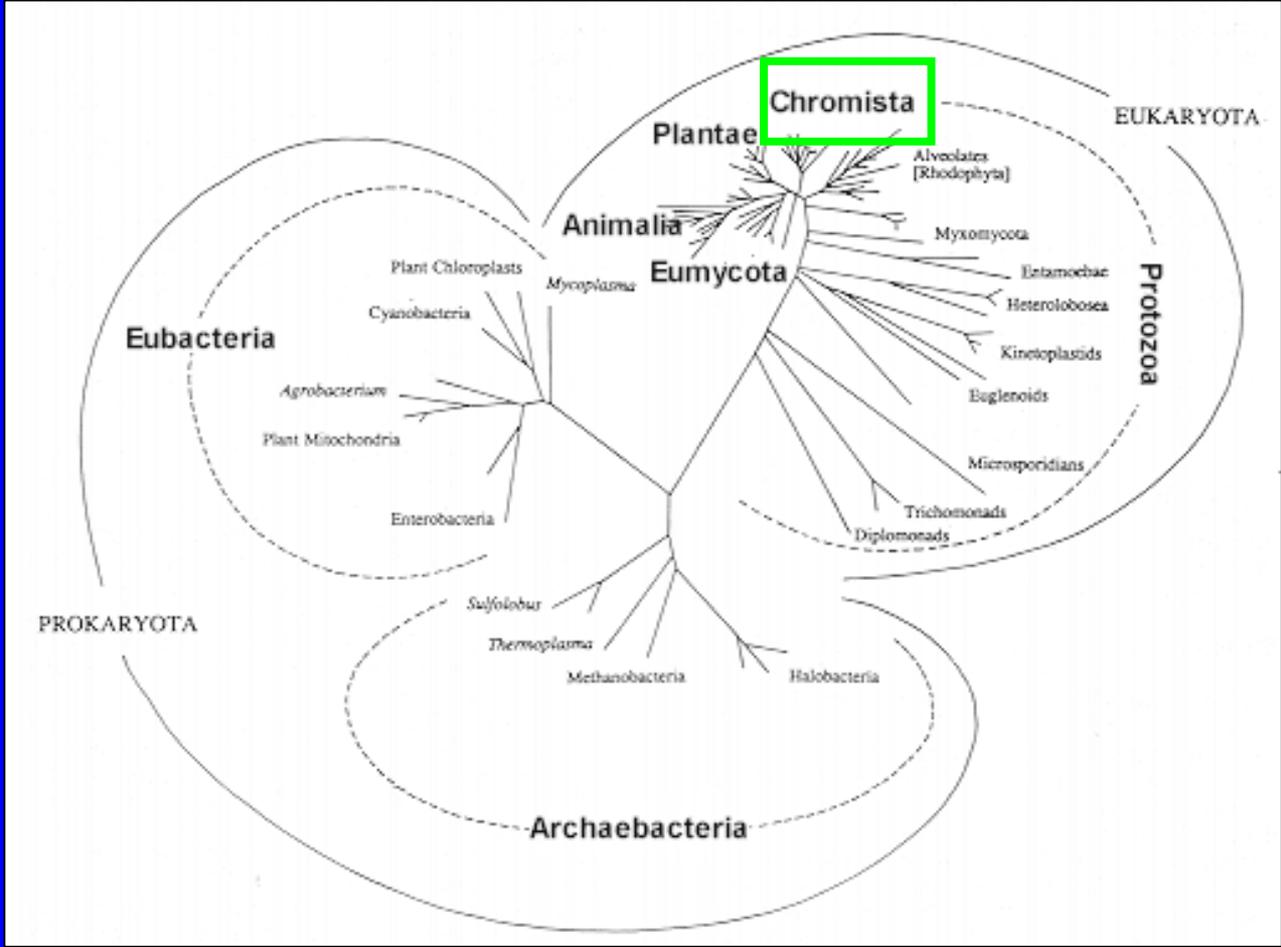


	Oomicetos	Fungos
Parede celular	Celulose e glucanos	Quitina
Mitocôndria	Cristas tubulares	Achatada ou laminar
Esporos c/ flagelos	Sim	Não
Septos	Ausentes	Presentes
Síntese de esteróis	Não	Sim
Ploidia	Diplóides	Haplóides

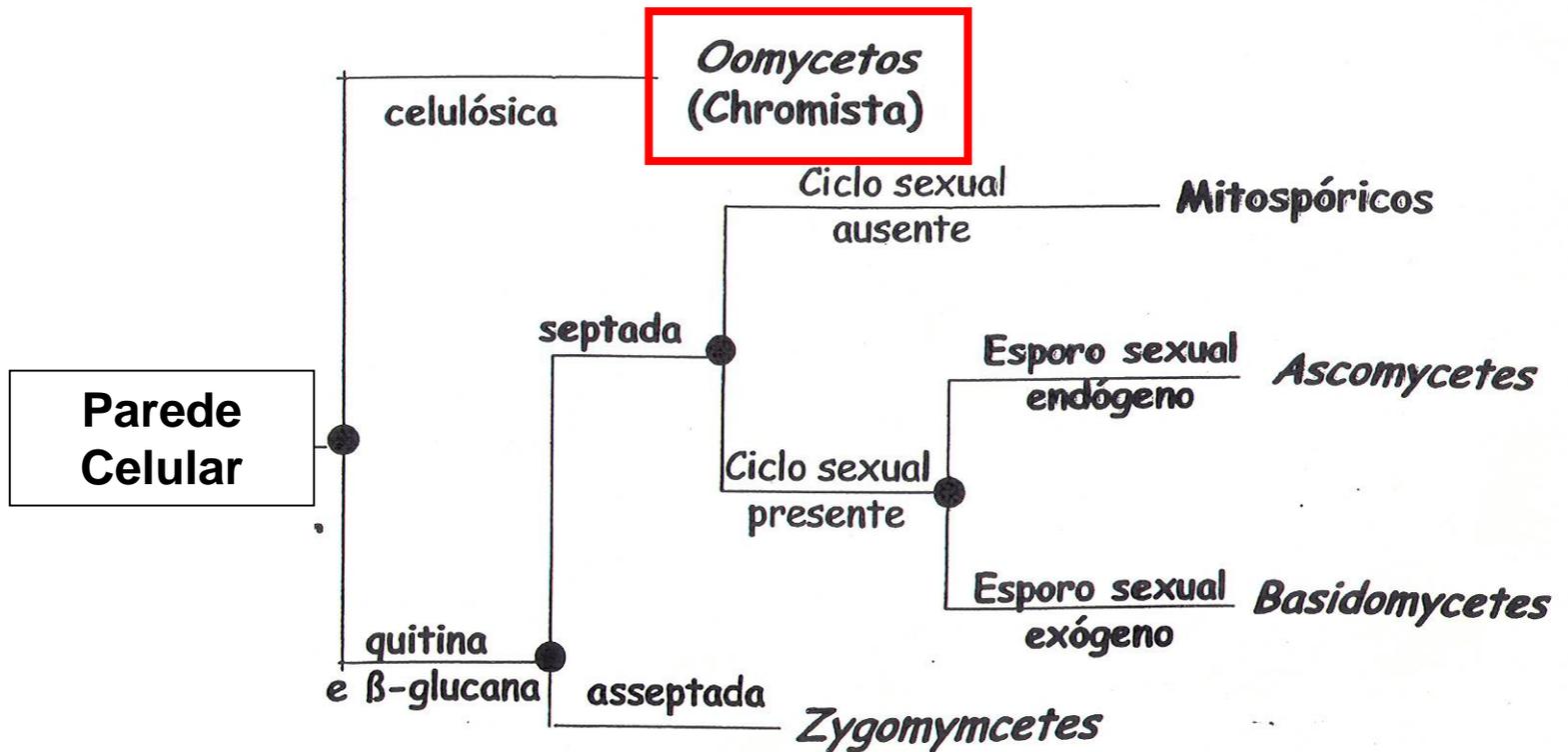
- Hifas não septadas
- Parede celular: celulose e β -glucana; ausência de quitina
- Presença de dois flagelos (zoósporos): 1 tipo chicote, outro tipo tinsel (com mastigonemas)



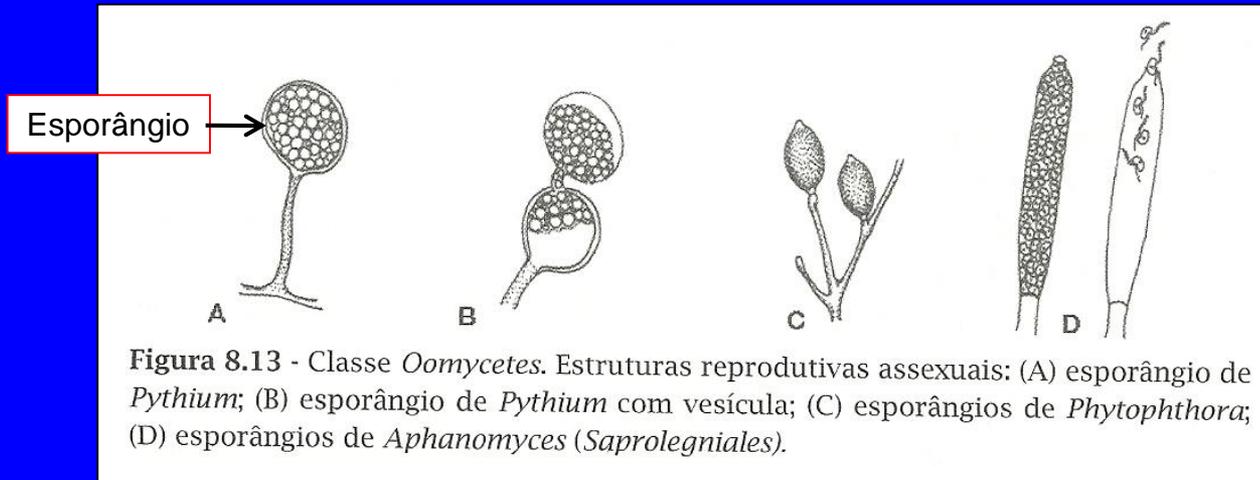
Classificação do seres vivos (Woese)



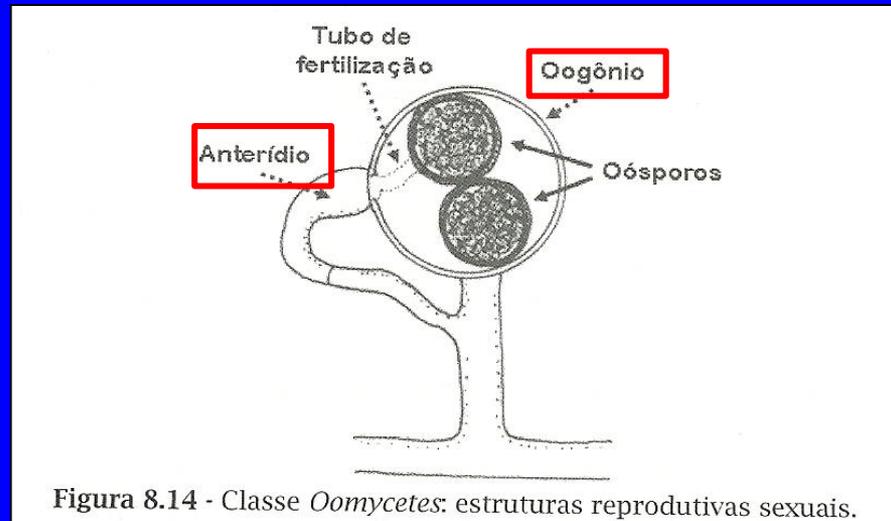
Classificação dos Oomicetos em relação aos “Fungos”



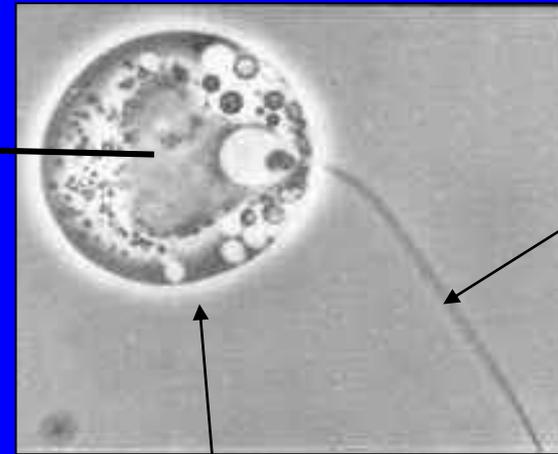
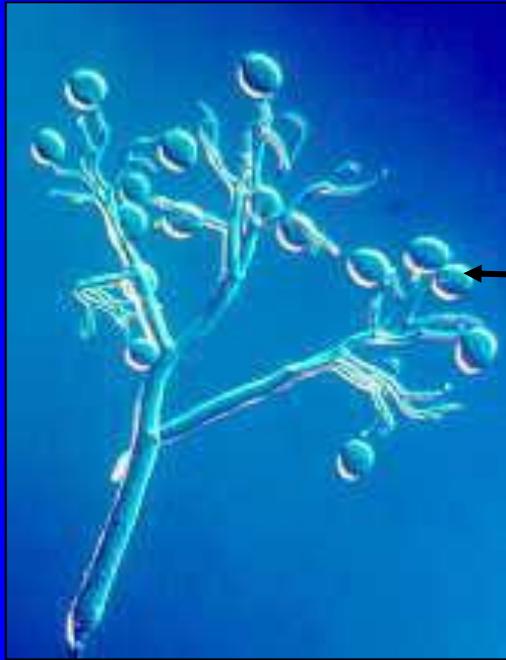
Estruturas características do ciclo assexual



Estruturas características do ciclo sexual



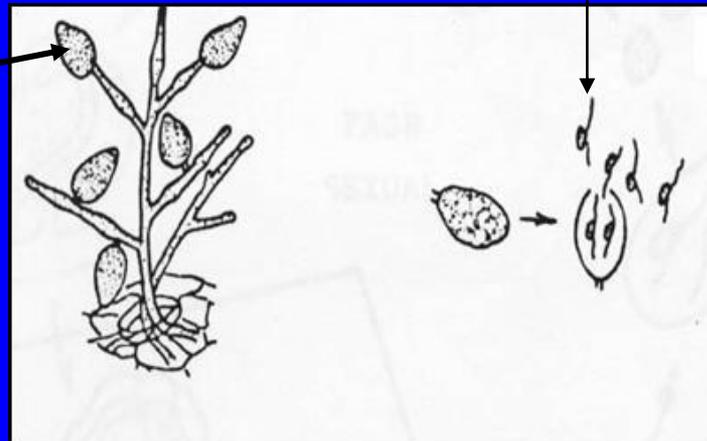
OOMICETOS – Celulose e β -glucana na parede celular / hifas sem septo



Flagelo

Zoósporo (esporos móveis)

Esporângios



Liberação dos zoósporos

<https://www.youtube.com/watch?v=D15qt7mPaqw>

Atração dos zoósporos

<https://www.youtube.com/watch?v=F4sITLkhwuY>

**Fungos no contexto
histórico da Microbiologia**

FUNGOS – no contexto histórico da Microbiologia*

No contexto da Microbiologia, termo genérico que incluía organismos que eram encaixados em 3 reinos
Protozoa (Mixomicetos), Chromista (Oomicetos) e
Fungi (Ascomicetos, Basidiomicetos, Zigomicetos,
Deuteromicetos = Eumycota)

* Até pouco tempo atrás alguns livros relacionados a Microbiologia e áreas afins ainda adotavam essa classificação!

CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS (Contexto histórico da Microbiologia)*

“FUNGOS”

• REINO PROTOZOA

• REINO CHROMISTA

• REINO FUNGI

MIXOMICETOS /
PLASMIDIOPHOROMICETOS
 (“Fungos viscosos”)
 Pouco desenvolvidos
 Sem parede celular

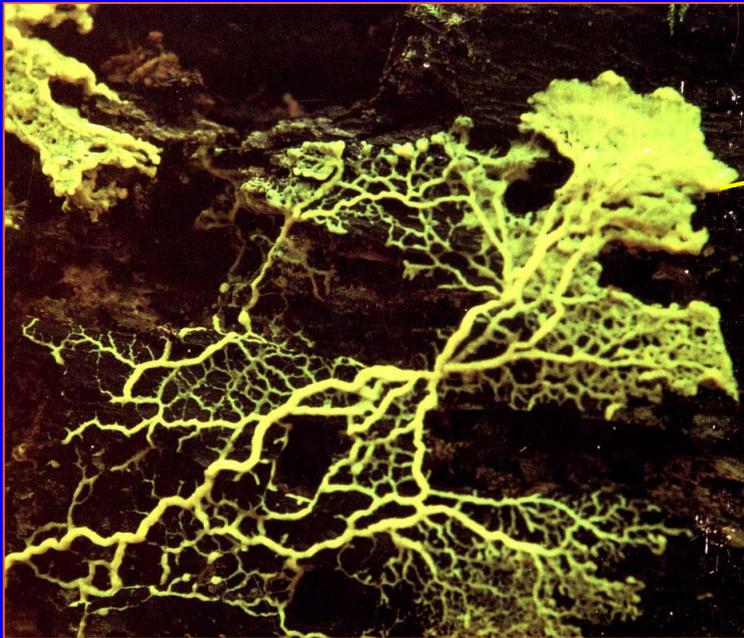
OOMICETOS: fungos com celulose
 hifas não septadas,
 esporos móveis

FUNGOS VERDADEIROS
 Bem desenvolvidos
 Muitos são macroscópicos

REINO PROTOZOA

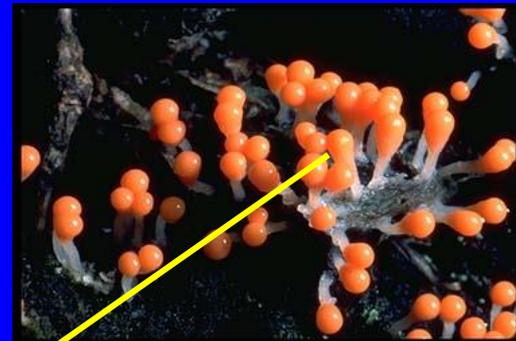
MIXOMICETOS (Myxogastrea) / **PLASMIDIOPHOROMICETOS** (Phytophycea)

“Fungos limosos”, “Fungos viscosos”



Plasmódio (talo somático sem parede celular)

Nutrição por ingestão (engolfamento)



Esporângios (reprodutivo)



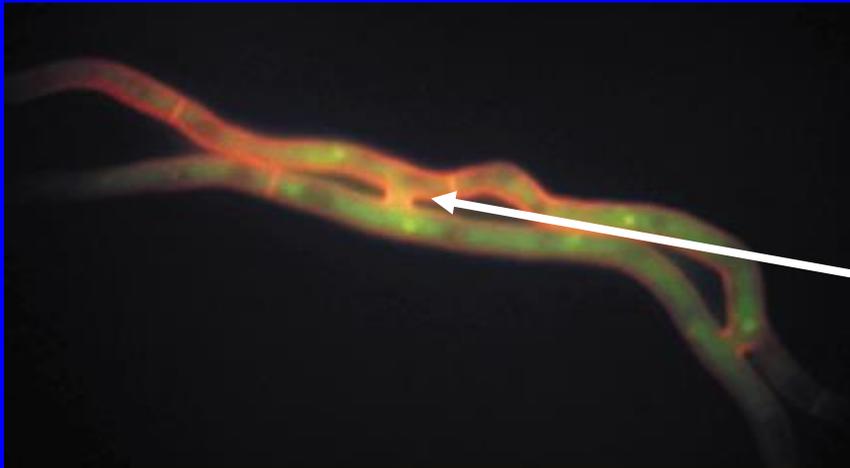
Plasmodiophora brassica
(hérnia das crucíferas)



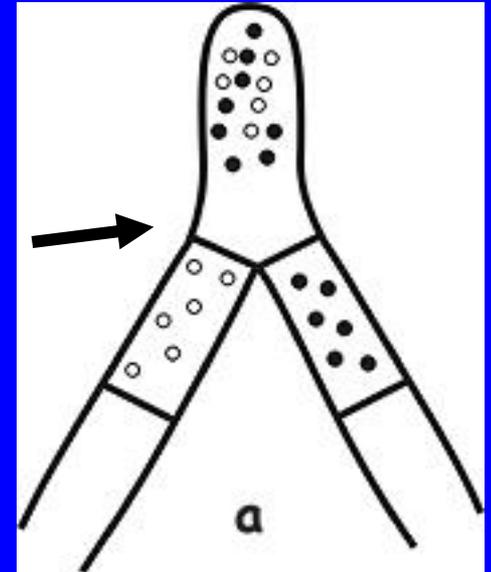
Fungos: mecanismos de variabilidade genética

- Mutação (alteração na sequência de nucleotídeos de um gene)
- Meiose (processo de divisão celular utilizado pelos organismos de reprodução sexuada)
- Heterocariose (é a presença de dois ou mais núcleos geneticamente diferentes numa mesma hifa ou célula)

Heterocariose

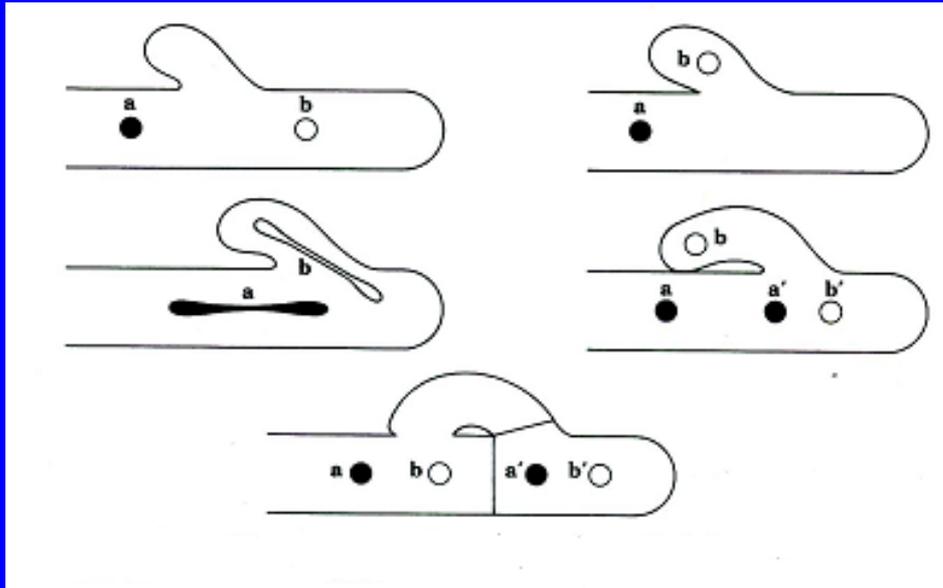
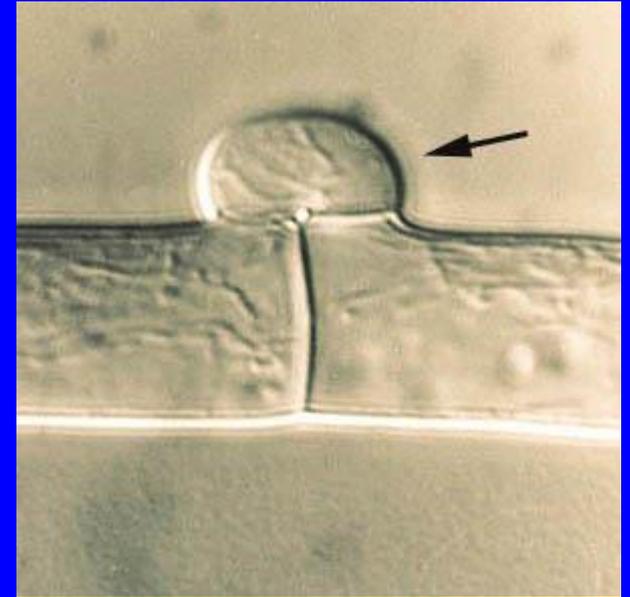
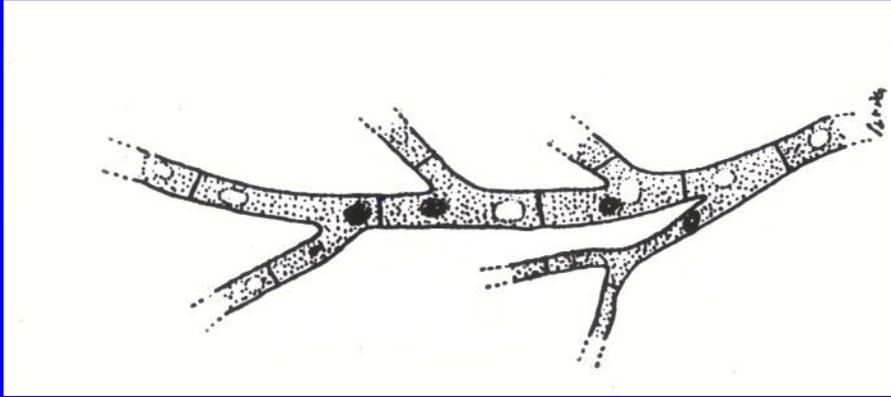


anastomose



Processo que permite núcleos geneticamente distintos compartilharem o mesmo citoplasma

Grampo de conexão



Estruturas de hifas
formadas para
garantir o estado
dicariótico do micélio



Qual a vantagem da heterocariose?

Fungos imperfeitos (anamórficos) podem ter trocado a reprodução sexuada pela heterocariose (garantir variabilidade)

Fungos: mecanismos de variabilidade genética

- Mutação (alteração na sequência de nucleotídeos de um gene)
- Meiose (processo de divisão celular utilizado pelos organismos de reprodução sexuada)
- Heterocariose (é a presença de dois ou mais núcleos geneticamente diferentes numa mesma hifa ou célula)
- Parassexualidade (mecanismo não sexual de transferência de material genético sem meiose ou desenvolvimento de estruturas sexuais. Ocorre a plasmogamia, heterocariose e cariogamia fortuita. O núcleo resultante é instável e diplóide, produzindo segregantes por crossing-over mitótico e haploidização).

Literatura

Pelczar et al. Microbiologia – Conceitos e Aplicações. 1996. Vol. 1.
Cap. 10 – p. 258 - 271

Madigan et al. Microbiologia de Brock. 2004.
Cap. 14 – p. 463-467.

Adl et al. . 2005

The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. Journal of Eukaryotic Microbiology 52(5): 399-451.

Baldauf, S.L. 2008.

An overview of the phylogeny and diversity of eukaryotes. Journal of Systematics and Evolution 46(3): 263-273.

Amorim et al. Manual de Fitopatologia. 2018. Vol. I.
Cap. 8 – p. 107 - 141

