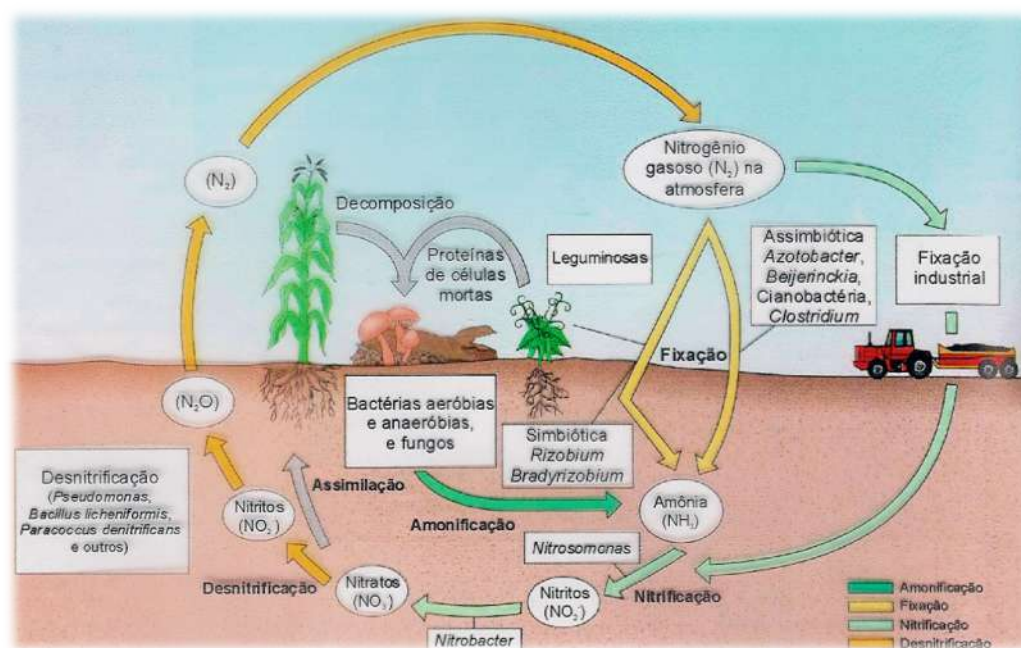
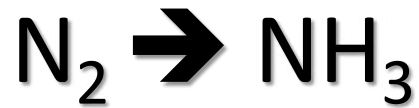
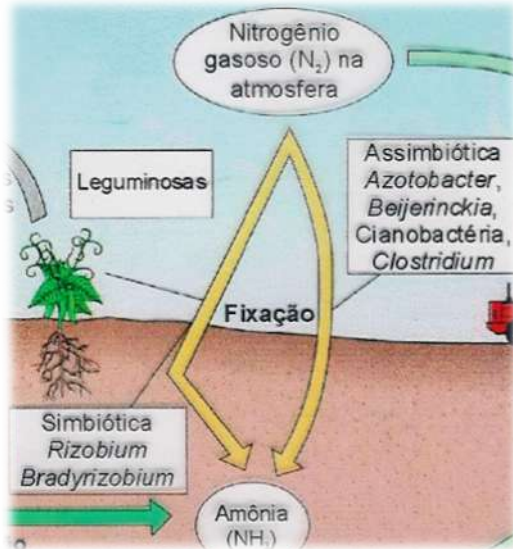


A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

FERNANDO DINI ANDREOTE

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo
Departamento de Ciência do Solo





- ✓ Primordialmente realizado por bactérias
 - ✓ Fixação simbiótica
 - ✓ Fixação não simbiótica
- ✓ Recentemente descrito em Archaea
 - ✓ Principalmente metanogênicas

A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

Archaea

- *Methanococcus maripaludis*
- *M. thermolithotrophicus*
- *Methanosarcina barkeri*
- *Methanospirillum hungatei*
- *Methanobacterium bryantii*

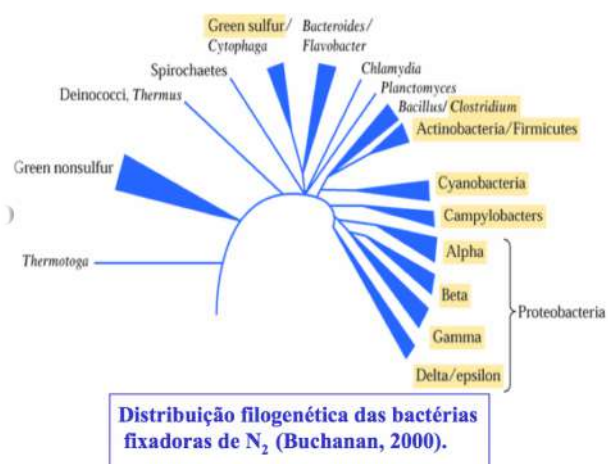
Bactérias de vida livre

- *Azotobacter*
- *Klebsiella*
- *Cyanobacteria*
- *Paenibacillus*
- *Methylobacterium*
- *Clostridium*
- *Desulfovibrio*
- *Azospirillum*

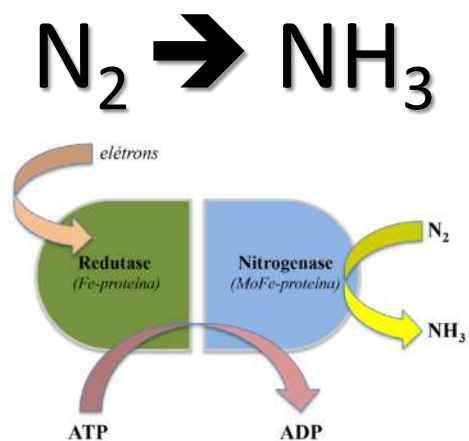
Bactérias simbióticas

- *Rhizobium*
- *Azorhizobium*
- *Bradyrhizobium*
- *Mesorhizobium*
- *Frankia*

A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

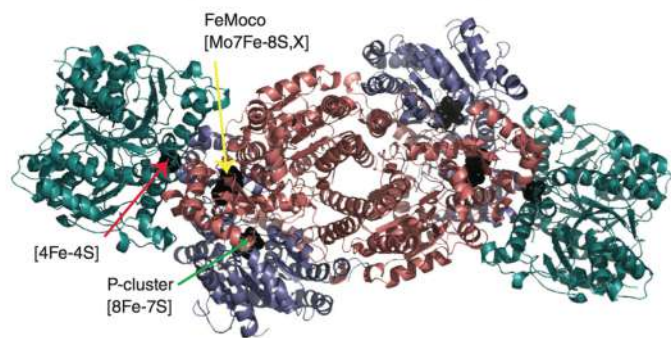
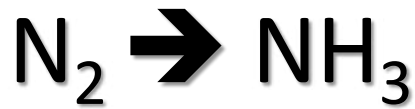


A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO



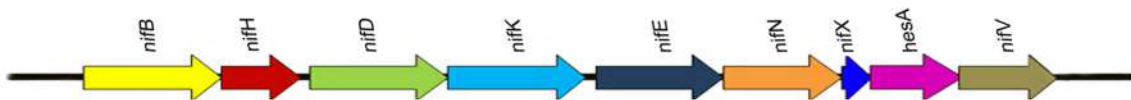
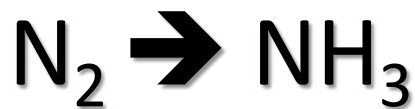
O complexo nitrogenase

A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO



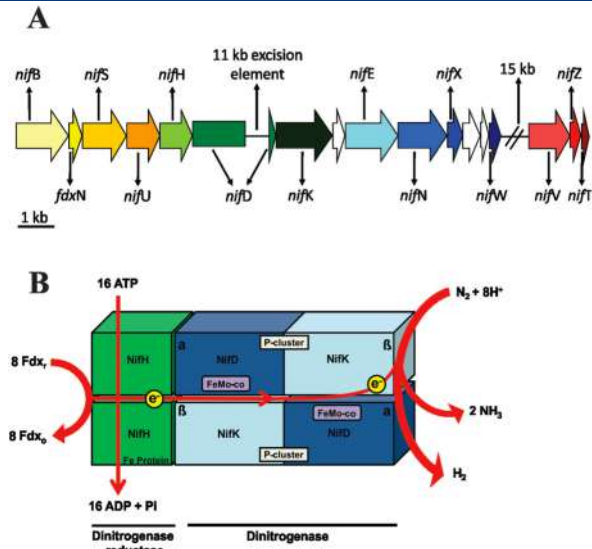
O complexo nitrogenase - heterohexâmero

A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

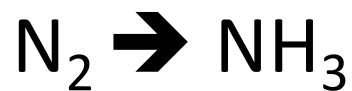


O operon *nif*

A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO



A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO EM BACTÉRIAS



✓ *Fixação simbiótica*
(rizóbios-leguminosas)

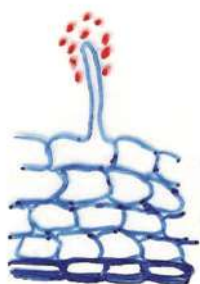
✓ *Fixação não-simbiótica (associativa)*
(bactérias de vida livre)
(*Azospirillum*-gramíneas)

ETAPAS DA FORMAÇÃO DE NÓDULOS EM LEGUMINOSAS

1. PROCESSO PRÉ-INFECÇÃO (nodulinas precoces)

Planta produz flavonoides, reconhecidos pelas bactérias.

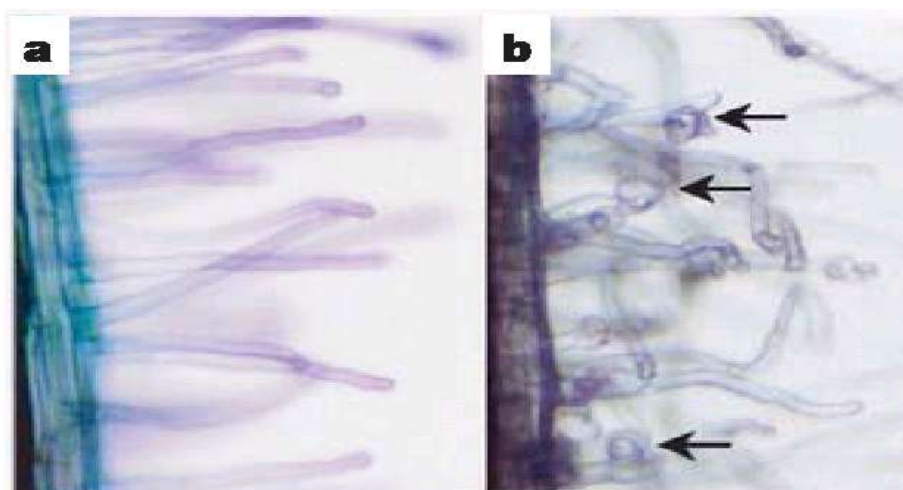
Bactérias produzem os fatores NOD.



Aderência

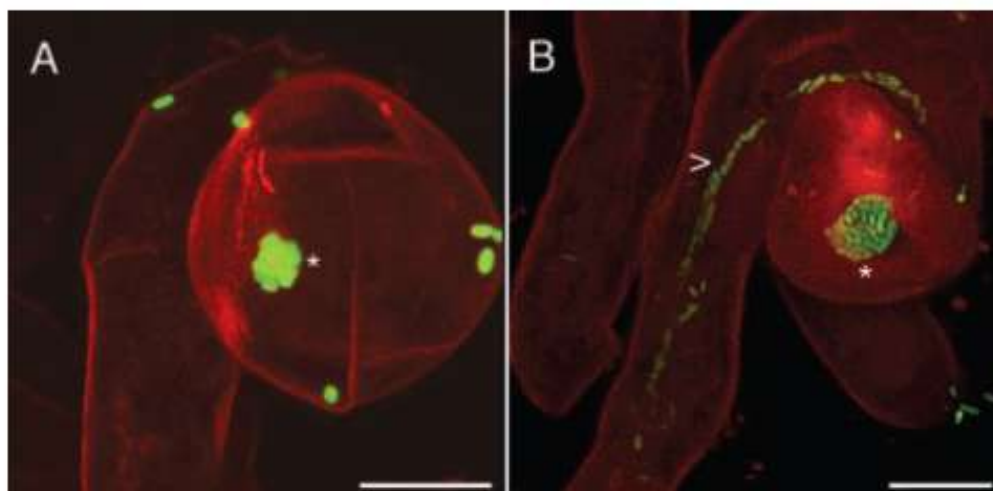


encurvamento ao pelo radicular



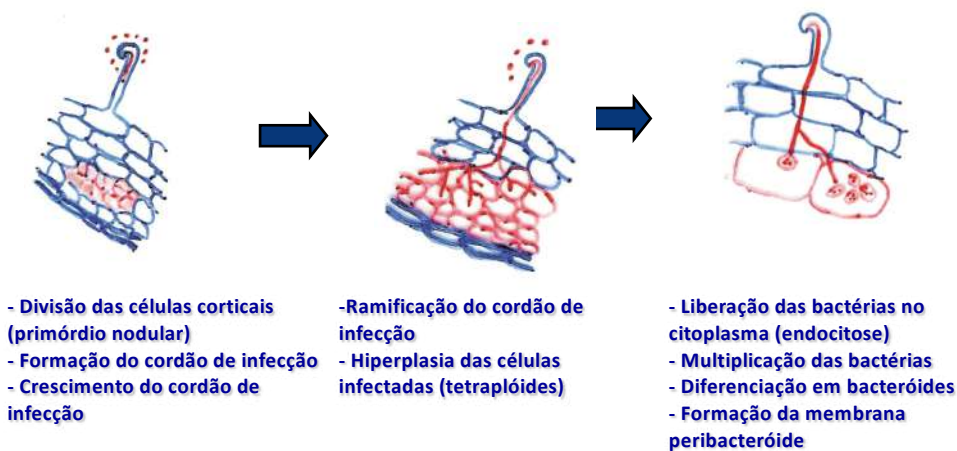
Sem inoculação

Inoculada

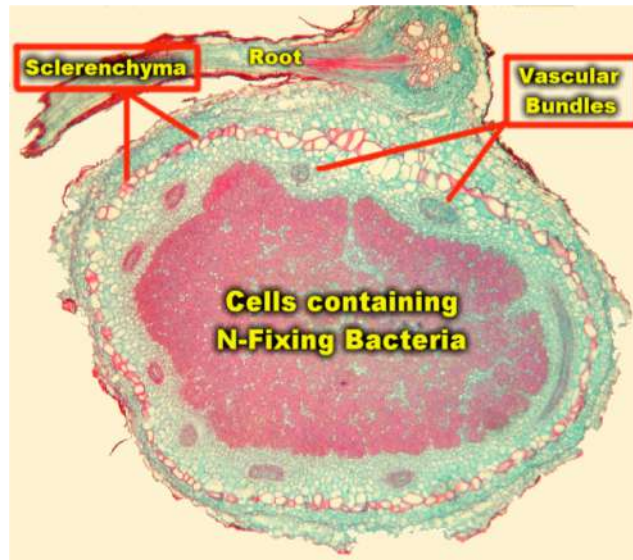


ETAPAS DA FORMAÇÃO DE NÓDULOS EM LEGUMINOSAS

2. PROCESSO DE INFECÇÃO E FORMAÇÃO DO NÓDULO (nodulinas precoces)



3. ESTABELECIMENTO DA ESTRUTURA NODULAR



A FBN– GENES ENVOLVIDOS

Na planta:

- Fator NOD – induz curvature
- Nodulinas – auxiliam na invasão

Nodulinas precoces: *enod11*,
enod12, *enod40*, genes *dim* e *sym*

Nodulinas tardias: leghemoglobina
(Lb), transporte

Na bactéria:

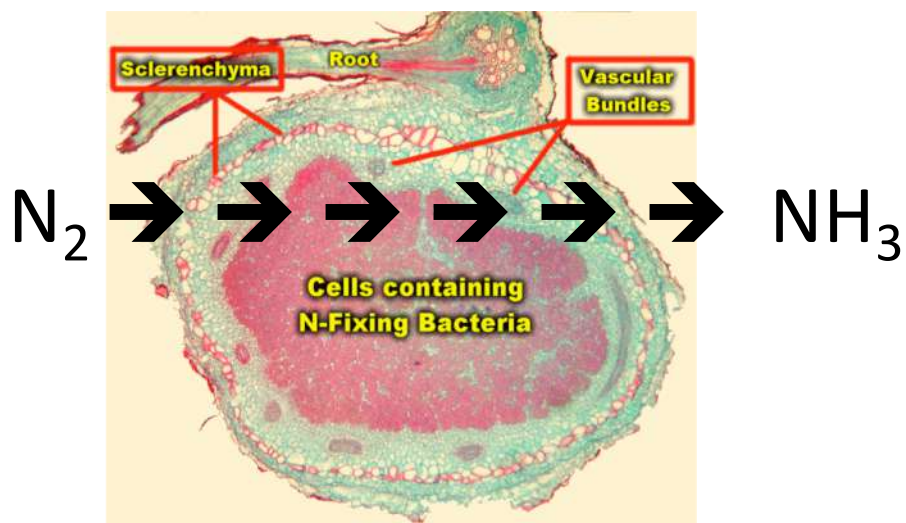
Expressão precoce:

- Genes *nod*, *nol* e *noe* (síntese e liberação dos fatores NOD)
- Especificidade por hospedeiro

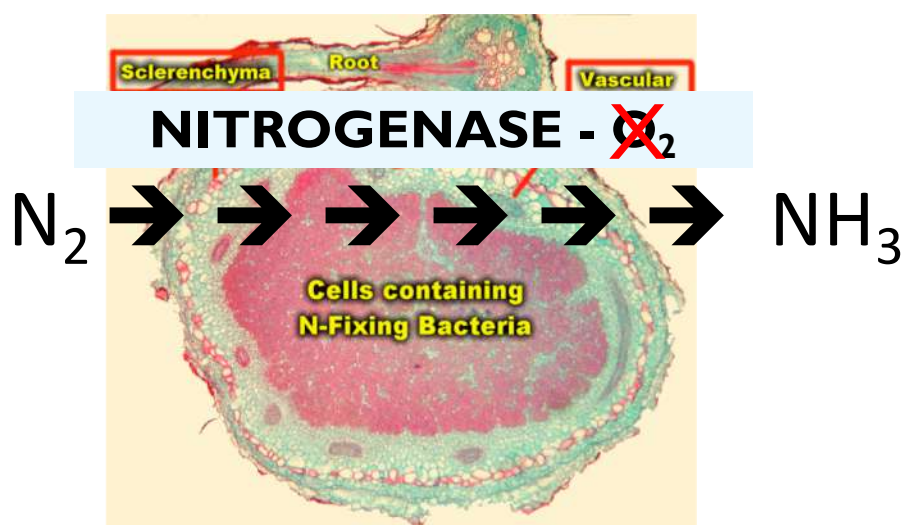
Expressão tardias:

- Genes *nif* (nitrogenase)
- Genes *fix* (regulatórios)

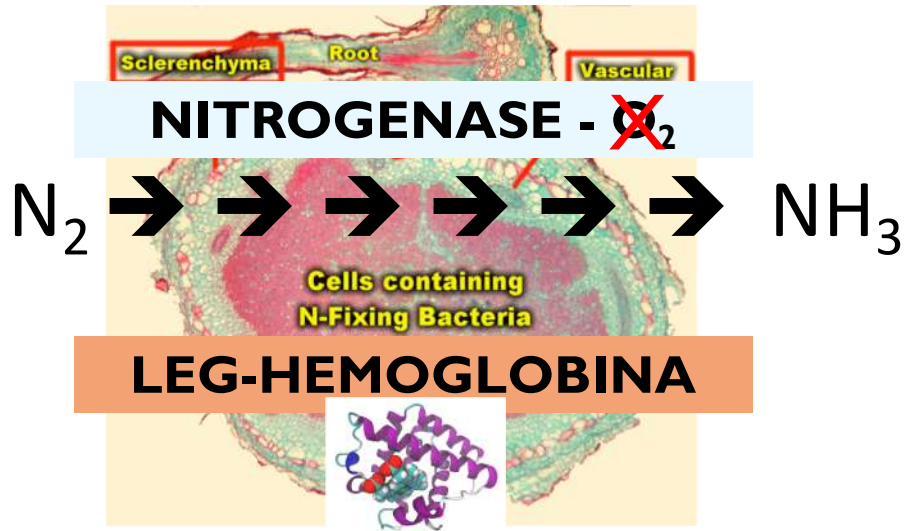
A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO



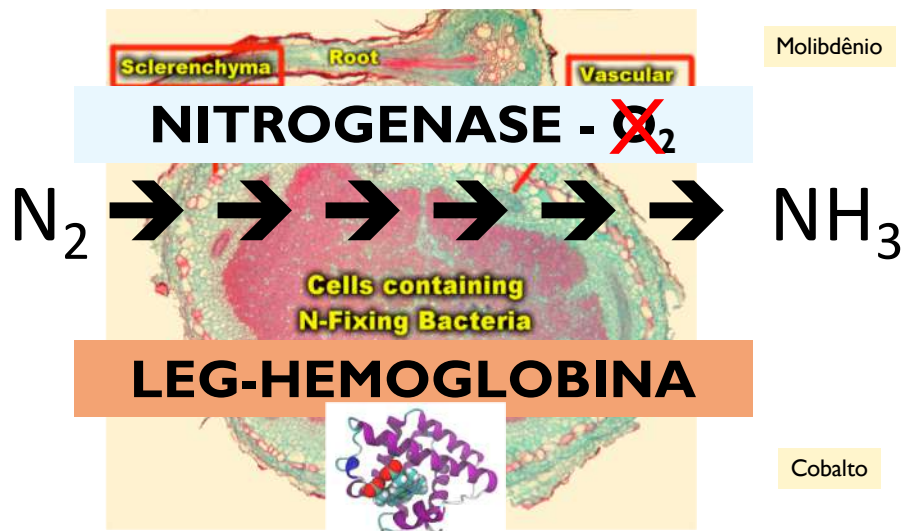
A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

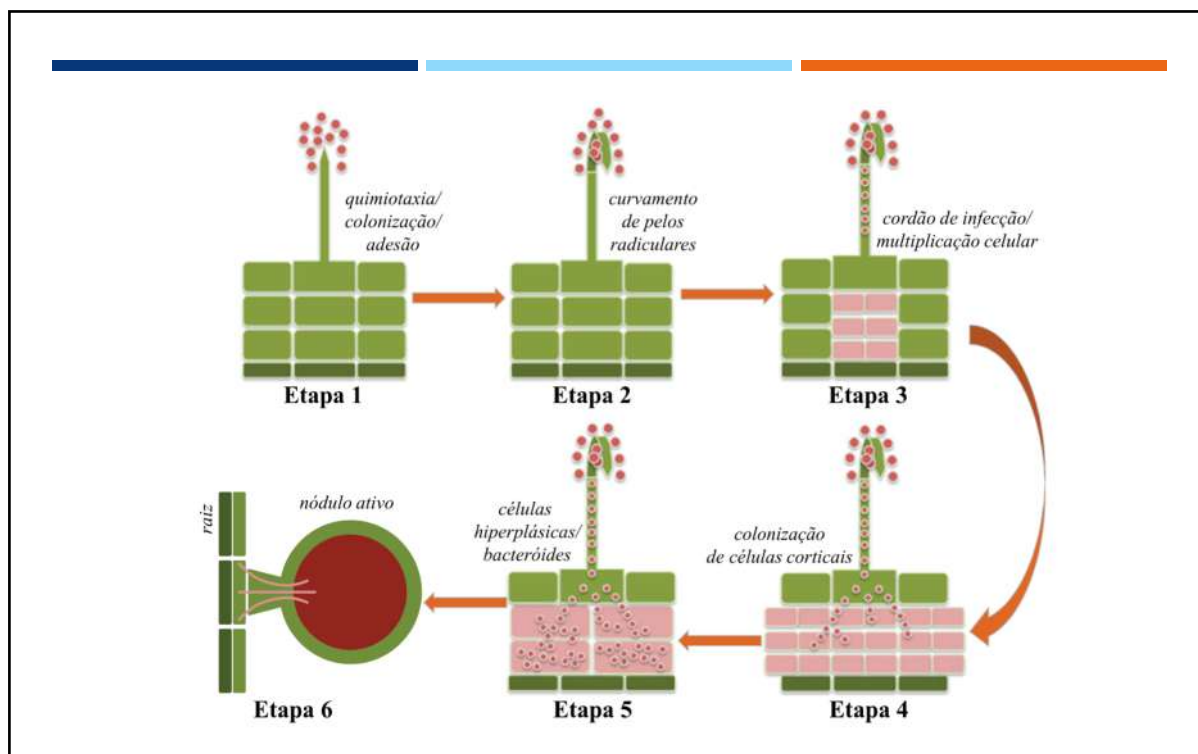


A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO



A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO





Raízes de soja noduladas por *Bradyrhizobium japonicum*



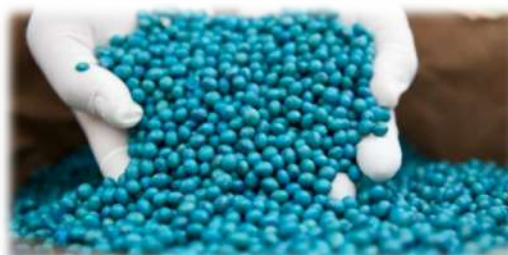
Raízes de trevo noduladas por *Rhizobium* sp.

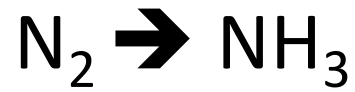




OTIMIZAÇÃO DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

- ✓ Inoculação de sementes
 - ✓ Tipos de inoculantes
 - ✓ Cuidados com inoculantes
 - ✓ Compatibilidade com defensivos
- ✓ Semente tratada industrialmente
 - ✓ Tecnologia TSI





✓ *Fixação simbiótica*

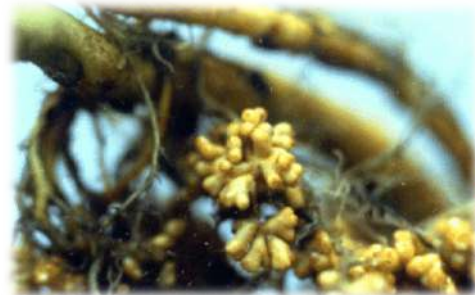
✓ *Fixação não-simbiótica (associativa)*

ACTINORRIZAS



✓ **Associação entre Actinobactérias e raízes de plantas**

✓ **Importantes em árvores (*Casuarina* e *Alnus*)**

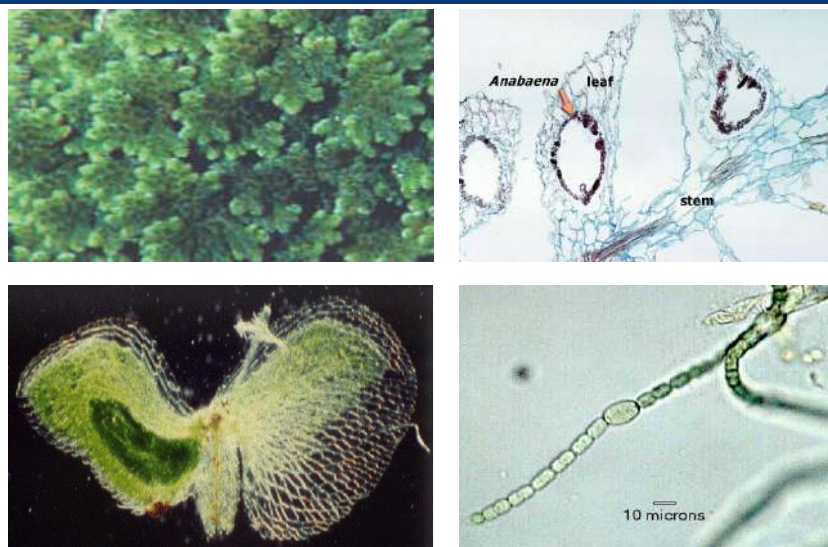


CIANOBACTÉRIAS



- ✓ Filo do domínio *Bacteria*
- ✓ Organismos fixadores de N e C
- ✓ Presença ou não de heterócito
- ✓ Baixo O_2 devido a respiração acelerada, espessamento da parede celular e bloqueio do PSII
- ✓ Fixação temporal em espécies não-heterocitadas

SIMBIOSE ANABAENA-AZOLLA



SIMBIOSE ANABAENA-AZOLLA

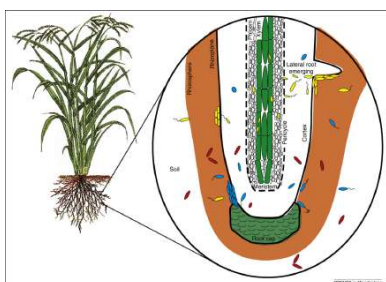
Azolla

- ✓ planta aquática de tamanho reduzido
- ✓ estabelece simbiose com *Anabaena*
- ✓ sistema fixador de nitrogênio atmosférico

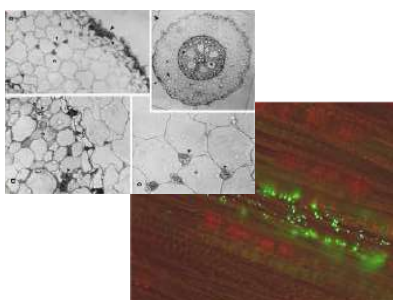


A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NÃO SIMBIÓTICA E A NUTRIÇÃO DAS PLANTAS

RIZOSFERA



ENDOFÍTICOS



EPIFÍTICOS



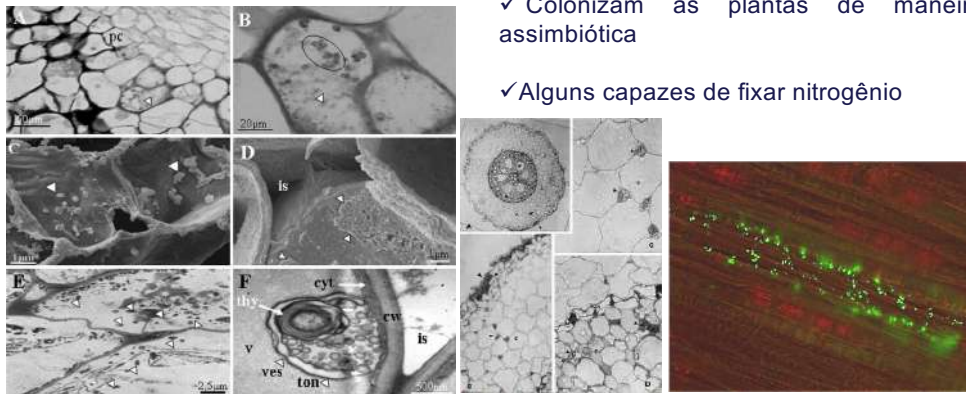
FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NÃO SIMBIÓTICA

✓ **Bactérias endofíticas** – colonizam tecidos internos das plantas

✓ Organismos inter e intra-celulares

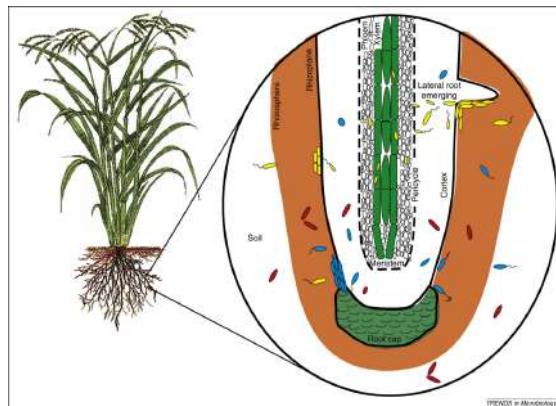
✓ Colonizam as plantas de maneira assimbiótica

✓ Alguns capazes de fixar nitrogênio



FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NÃO SIMBIÓTICA

✓ **Rizosféricas** – colonizam as regiões próximas as raízes



FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO N EM CANA-DE-AÇÚCAR

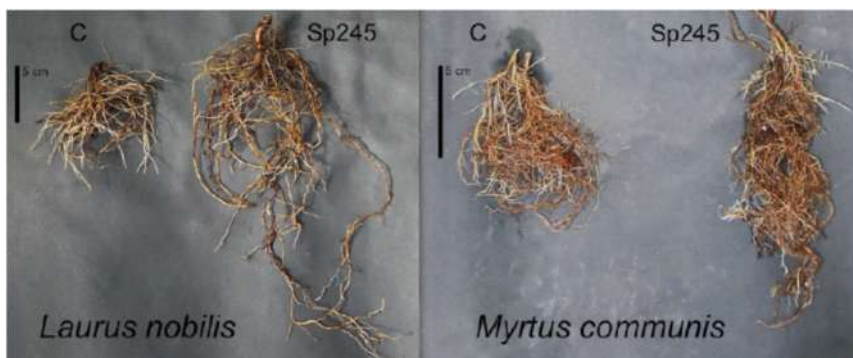
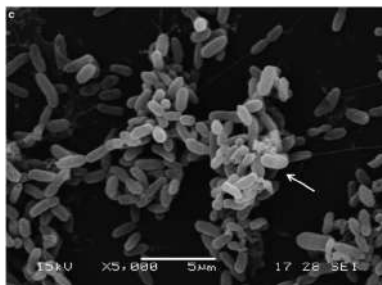
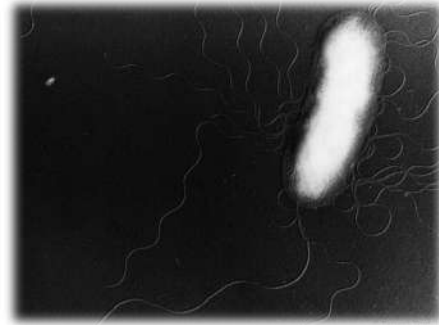
- ✓ ***G. diazotrophicus***
 - ✓ é uma bactéria endofítica isolada do colmo de cana-de-açúcar
 - ✓ é uma bactéria acidófila (cresce em meio com pH 3) e tolerante a altas concentrações de açúcar
- ✓ ***Herbaspirillum seropedicae***
 - ✓ Ocorre juntamente com *G. diazotrophicus*
- ✓ **Apresentam transferência via toletes**

FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO N EM CANA-DE-AÇÚCAR

- ✓ **Desenvolvido pela EMBRAPA**
- ✓ **Mistura de** *Gluconacetobacter diazotrophicus*
 - Herbaspirillum seropedicae*
 - Herbaspirillum rubrisubalbicans*
 - Azospirillum amazonense*
 - Burkholderia tropica*
- ✓ **Recomendado para cana de primeiro ano (inoculante + 30 kg N por ha)**

A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO NÃO SIMBIÓTICA AZOSPIRILLUM

- ✓ *Azospirillum brasiliense*
- ✓ Bactéria Gram negativa
- ✓ Proteobacteria
- ✓ Alphaproteobacteria
- ✓ Mótil – flagelos
- ✓ Fixadora de nitrogênio de vida livre
- ✓ Associada a diferentes plantas
- ✓ Grande afinidade por gramíneas
- ✓ Induz formação de raízes por produzir ácido indol-acético



CO-INOUCLAÇÃO – *BRADYRHIZOBIUM* E *AZOSPIRILLUM*

- ✓ **Complementariedade entre as bactérias *Azospirillum brasiliense* e *Bradyrhizobium* spp.**
 - ✓ **localização diferenciada**
 - ✓ **indução de enraizamento pelo *A. brasiliense***
 - ✓ **melhor nodulação das plantas**
- ✓ **Resultado aditivos**



Microbiologia do solo

Elke Jurandy Bran Nogueira Cardoso
Author

Fernando Dini Andreote
Author



[Baixar PDF](#)

Sinopse

Este livro traz estudos sobre microrganismos que habitam o solo, microrganismos que vivem em associação com animais e com plantas.

Categorias:
[Microbiologia do solo](#)

ISBN-13 (15)
978-85-86481-56-7

doi
10.11606/9788586481567

PORTAL DE LIVROS ABERTOS DA USP

OBRIGADO!!!

|fdandreo@gmail.com |fdandreo@usp.br|

38