

## **ATIVIDADE 6**

### **O QUE SÃO OS NÓDULOS DAS LEGUMINOSAS?**

Relacionar informações

Nathália Helena Azevedo, Adriana Maria Zanforlin Martini  
e Daniela Lopes Scarpa

## **COMO CITAR:**

AZEVEDO, N.H.; MARTINI, A.M.Z.; OLIVEIRA, A.A.; SCARPA, D.L.; PETROBRAS:USP, IB, LabTrop/Bioln (org.). Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa. 1ed. São Paulo: Edição dos autores, Janeiro de 2014. 140p.

## 6.1. RELACIONAR INFORMAÇÕES

O objetivo desta atividade é utilizar textos que trazem descobertas científicas históricas como ferramenta para relacionar informações, permitindo que os alunos formulem hipóteses para explicar a origem dos nódulos radiculares presentes nas leguminosas. Os alunos precisarão: (i) interpretar textos, (ii) expor suas ideias durante discussões, (iii) extrair informações dos textos fornecidos, (iv) relacionar as informações para construir hipóteses e (v) avaliar evidências.

São fornecidos textos de apoio para que os alunos extraiam as informações mais relevantes de cada um deles. Ao final de cada texto são propostas perguntas para instigar a curiosidade dos alunos, exercitar a localização de informações importantes (evidências), trabalhar a argumentação científica e promover a discussão entre a turma. Os principais conceitos trabalhados são: nutrição vegetal, ciclo do nitrogênio e interações bióticas.

É recomendado que o professor medie a discussão de cada questão ao final das leituras dos textos e que estimule a formulação de explicações ao longo da atividade. O professor pode também convidar alguns alunos para expor suas explicações e escrever na lousa as hipóteses formuladas por eles nas questões indicadas, obtendo ao final da aula um quadro com três colunas (hipóteses iniciais, intermediárias e finais), com o objetivo de compará-las com a conclusão final da atividade.



## 6.2. O QUE SÃO OS NÓDULOS DAS LEGUMINOSAS ?

Durante as férias no litoral, dois irmãos repararam que existiam muitos exemplares de uma planta com flores bonitas na vegetação próxima à praia. Ao observarem de perto a beleza daquelas flores, decidiram levar uma pequena muda da planta para casa. Quando desenterraram um exemplar da planta, observaram que suas raízes possuíam pequenos nódulos (Figura 6.1). *O que seriam aqueles nódulos?* Decidiram então desenterrar uma planta de outra espécie que estava próxima e observaram que suas raízes não possuíam nódulos. Perguntaram-se então: *por que uma espécie tinha nódulos na raiz e a outra não?*

O dia seguinte amanheceu chovendo, e como eles estavam intrigados com a descoberta do dia anterior, pediram que seus pais os levassem até a biblioteca local, para que pudessem encontrar informações sobre esses nódulos. Com a ajuda da bibliotecária, descobriram que a espécie de planta que possuía os nódulos se chamava *Dalbergia ecastophyllum* e pertencia à família das leguminosas. Eles reuniram então outras informações que poderiam



118



© Camila de Toledo Castanho



© Camila de Toledo Castanho

**Figura 6.1.** Nódulos nas raízes da leguminosa *Dalbergia ecastophyllum*, comum nas Restingas

ajudá-los a resolver o problema que estava deixando-os cada vez mais curiosos. A seguir serão apresentadas algumas informações que eles reuniram e que os ajudaram a entender o que significam esses nódulos radiculares. Antes de ler as informações obtidas, responda:

1. O que você acha que são os nódulos? São bons ou ruins para a planta?

Veja abaixo o primeiro texto que eles encontraram:

**TEXTO A:** *As leguminosas (família de plantas que inclui o feijão, a soja e algumas espécies características da Restinga (Figura 10.2)), são utilizadas há milênios como importantes aliadas em plantações que contém espécies de outras famílias. Chineses, gregos e romanos observaram há mais de dois milênios que, após cultivarem espécies de leguminosas, as plantas de outras famílias cultivadas no mesmo solo cresciam mais e melhor. Existem relatos na Inglaterra, de meados de 1600, recomendando alternância de culturas ou plantações simultâneas com leguminosas. A prática é usada mundialmente até hoje, e inclui cultivos em diversas plantações no Brasil.*

*Sophora tomentosa*



*Canavalia rosea*



*Crotalaria vitellina*



**Figura 6.2.** Espécies de leguminosas comuns em Restingas.

2. De que modo você acha que a presença das leguminosas poderia alterar o solo e beneficiar as plantas de outras famílias?

**TEXTO B:** *Na natureza o elemento químico nitrogênio está presente em diferentes formas, como por exemplo, na forma de amônia, nitrogênio gasoso, nitritos e nitratos. Ele foi identificado pela primeira vez em 1770 e sua descoberta foi importante para o conhecimento das propriedades do ar, que possui aproximadamente 78% do seu volume em nitrogênio gasoso. Na forma de gás, entretanto, o nitrogênio não participa de reações químicas (em condições normais) e por isso é denominado de gás inerte. A descoberta do nitrogênio também foi importante porque, ao aprenderem a identificá-lo, os cientistas puderam descobrir que o nitrogênio é abundante na constituição dos corpos dos organismos e é um dos quatro componentes essenciais para a vida no nosso planeta (junto com o carbono, o hidrogênio e o oxigênio). Em 1838, um pesquisador chamado Jean-Baptiste Boussingault observou que, sob as mesmas condições de cultivo, as leguminosas possuíam mais nitrogênio nas suas folhas e raízes do que as não leguminosas. Ele concluiu que as leguminosas pegavam nitrogênio do ar.*

120

3. Que informações disponíveis anteriormente você acha que levou Boussingault a chegar a essa conclusão?

**TEXTO C:** *Em um importante experimento feito posteriormente, Boussingault tomou uma amostra de solo que não possuía nitrogênio e a esterilizou. Utilizando essa amostra de solo esterilizado, ele cultivou leguminosas em um ambiente bastante arejado. Após algum tempo, ele constatou que o solo passou a ter nitrogênio.*

4. O que você acha que Boussingault concluiu com esse experimento?

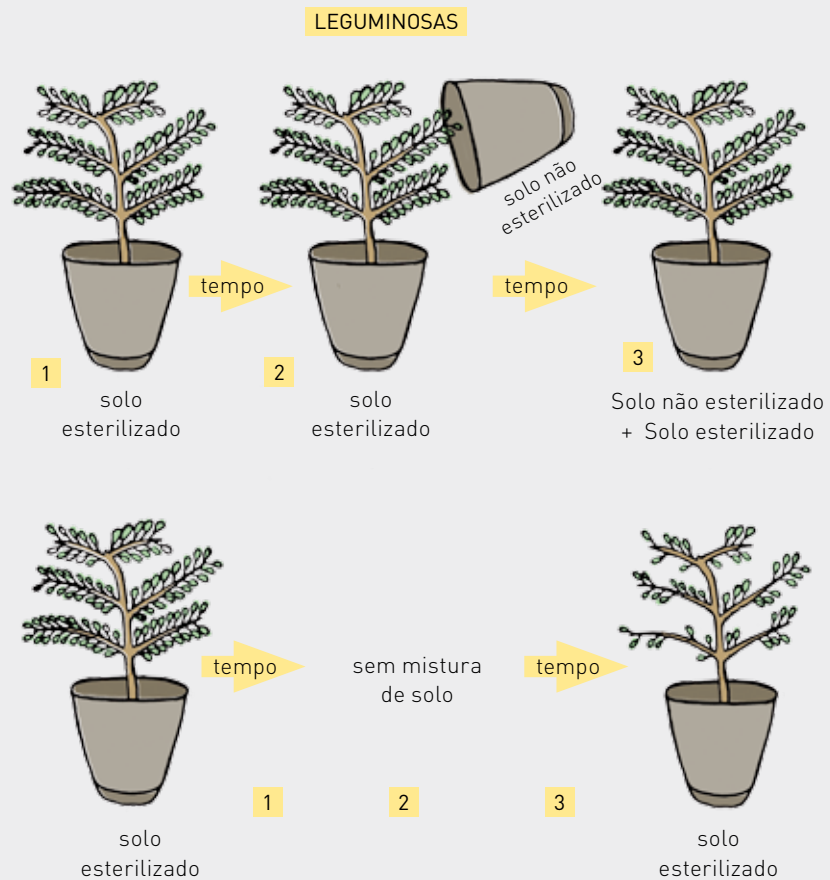
5. Como você relacionaria a conclusão desse experimento com as práticas agrícolas citadas no texto A?

**TEXTO D:** *Diversos cientistas realizaram diferentes experimentos após a divulgação dos resultados das pesquisas de Boussingault. Em 1885, outro químico francês, Marcellin Berthelot demonstrou que mesmo em uma amostra de solo em que nenhuma planta leguminosa era cultivada havia um aumento da quantidade total do nitrogênio do solo com o passar do tempo, entretanto, ao esterilizar esse solo, aquecendo-o a altas temperaturas, a quantidade de nitrogênio do solo não aumentava mais.*

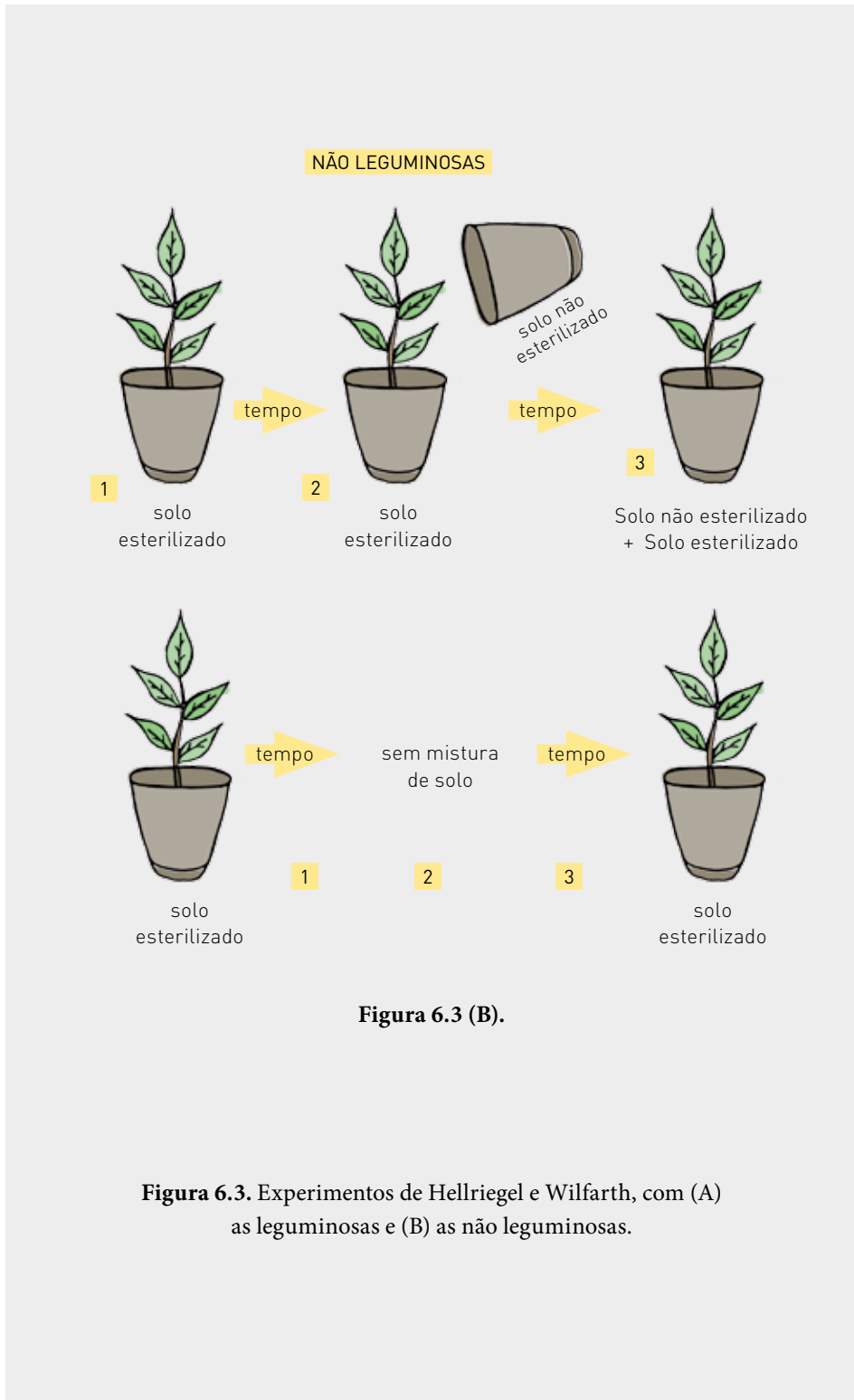
6. O que Berthelot pôde concluir com esse experimento?

7. Com base nos textos anteriores, como você relaciona: a quantidade de nitrogênio no solo, a presença de leguminosas e a ação da esterilização do solo?

**TEXTO E:** Em 1886, outros dois pesquisadores, Hellriegel e Wilfarth, pensaram que a transformação do nitrogênio ocorria devido a alguma característica ou substância do solo. Fizeram então o seguinte experimento: colocaram leguminosas em dois vasos com solo esterilizado e depois acrescentaram solo não esterilizado em um dos vasos. As leguminosas que estavam no vaso apenas com solo esterilizado murcharam, mas as outras floresceram (figura 6.3 A). Eles repetiram o experimento utilizando não leguminosas e observaram que essas não respondiam da mesma forma, pois não apresentaram diferenças entre os tratamentos (figura 6.3 B).



**Figura 6.3 (A).**



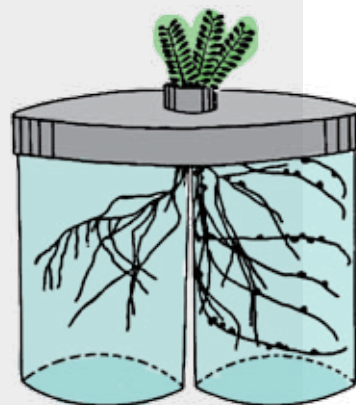
**Figura 6.3 (B).**

**Figura 6.3.** Experimentos de Hellriegel e Wilfarth, com (A) as leguminosas e (B) as não leguminosas.



8. O que os cientistas puderam concluir com esse experimento?

**TEXTO F:** *Hellriegel e Wilfarth posteriormente realizaram um experimento que entrou para a história da ciência. Eles dividiram o sistema de raízes de uma planta leguminosa em duas partes e colocaram apenas metade da raiz em um solo normal. A outra metade da raiz foi colocada em solo esterilizado. Após algum tempo, eles observaram que a parte da raiz que estava no solo normal apresentou nódulos em suas raízes e apresentou crescimento mais vigoroso que a parte que estava no solo esterilizado (figura 6.4).*



**Figura 6.4.** Representação esquemática do experimento de Hellriegel e Wilfarth, 1886.

9. O que os dois pesquisadores, Hellriegel e Wilfarth, puderam concluir com esse novo experimento?

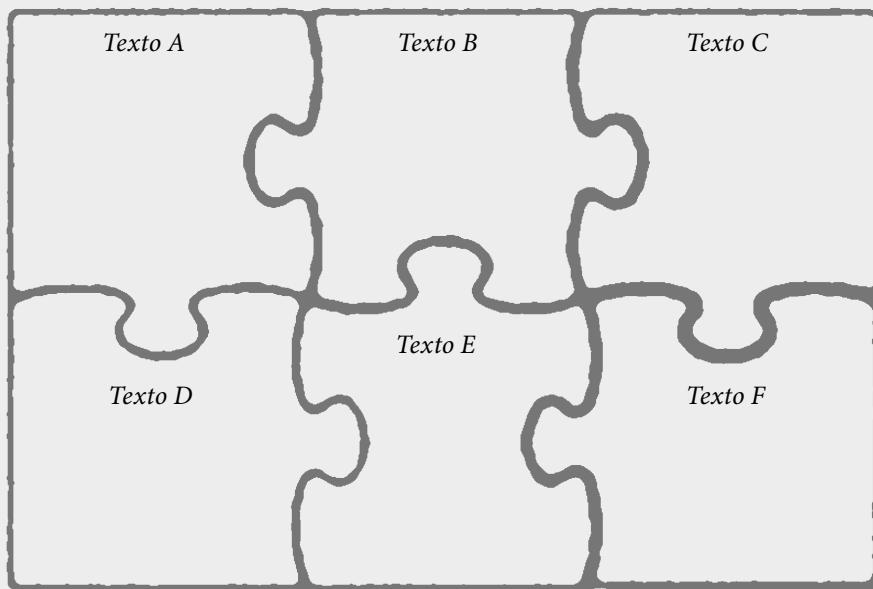
10. De acordo com os seus novos conhecimentos, como você explicaria as práticas agrícolas citadas no texto A?

11. Analise a afirmação apresentada a seguir:

*“As plantas precisam de nitrogênio e alguns microrganismos são capazes de captar esse nitrogênio da atmosfera e deixá-lo disponível para as plantas em um formato que elas conseguem assimilar. Alguns microrganismos, como bactérias do gênero *Rhizobium*, associam-se com espécies vegetais pertencentes à família das leguminosas, conferindo a elas a capacidade de sobreviver em solos pobres em nitrogênio. Essas bactérias localizam-se em nódulos que se formam nas raízes dessas plantas.”*

Apresente no quadro abaixo quais foram as evidências (apresente uma relacionada a cada um dos textos) que permitiram chegar à afirmação apresentada acima:

125



12. Baseando-se em todas as informações obtidas acima, como você explica o fato de *Dalbergia ecastophyllum* ser uma espécie abundante na região de solo arenoso em Restingas?



### 6.3. O QUE É ESPERADO COM A IMPLEMENTAÇÃO DA ATIVIDADE

O primeiro texto (A) traz algumas informações de contextualização sobre as leguminosas, incluindo as espécies mais conhecidas e as espécies que são características das Restingas. Com esse texto deseja-se informar os alunos sobre a importância do tema, que além de ser instigante cientificamente tem aplicações práticas. O costume de plantar leguminosas para fortalecer e enriquecer o solo é comum há milênios. Diferentes relatos datados do período a.C. mostram as recomendações de cultivo das leguminosas com a finalidade de usá-las para uma adubação verde que elevasse o rendimento das plantações seguintes (as sugestões de referências possuem um aprofundamento histórico sobre o assunto). Entretanto, havia um desconhecimento dos reais motivos da melhoria do solo, sendo as observações desse período apenas empíricas. Esse é um ponto que pode ser discutido com os alunos, pois constitui importante etapa do processo científico: observar fatos na natureza e propor explicações factíveis para as perguntas resultantes das observações. Com a pergunta referente a esse texto, deseja-se explorar as ideias que podem ser levantadas pelos alunos e discutir a importância dessa etapa inicial do processo científico. Recomenda-se que as hipóteses apresentadas aqui sejam escritas em uma primeira coluna na lousa.

O texto B também tem um caráter informativo e traz informações sobre o nitrogênio e a problemática abordada na atividade. O objetivo é que os alunos tenham em mente que o nitrogênio é importante para a vida, mas que existe um problema associado a ele: o fato de que sua forma na atmosfera é inerte, e por isso não reage com outros elementos sob condições normais. Entretanto, como os alunos desse nível ainda não possuem um aprofundamento sobre conteúdos de química, não são trabalhados nessa atividade os detalhes sobre as diferentes formas desse elemento. A pergunta proposta sobre esse texto é de caráter exploratório, mas espera-se que o aluno atento seja capaz de retomar a informação contida no texto introdutório da atividade e relate que o nitrogênio pode estar presente, por exemplo, em partes dos vegetais.

No texto C é apresentado o primeiro experimento relacionado à disponibilidade do nitrogênio. Os alunos possivelmente irão relatar que o

resultado do experimento sugere que as leguminosas podem de alguma forma capturar, ou fixar, o nitrogênio diretamente da atmosfera. Na segunda questão desse texto, é esperado que eles relacionem a prática milenar de plantar leguminosas (via rotação de culturas ou cultivo simultâneo com espécies de outras famílias) com o papel dessa família no enriquecimento do solo com nitrogênio.

No texto D é descrito o experimento que buscou analisar apenas o solo. Com os dados fornecidos, espera-se que os alunos relatem que o resultado do experimento sugeriu que a fixação de nitrogênio era uma propriedade de algo presente no solo e também que esse “algo” poderia ser destruído por calor ou dessecação. Com a sétima questão propõe-se que os alunos tentem formular uma explicação com as informações que ele obteve até o momento (que as leguminosas enriquecem o solo, possivelmente captaram nitrogênio do ar e em solos esterilizados não ocorre fixação de nitrogênio) e que as relacione de forma lógica. O professor pode registrar algumas hipóteses no quadro, ao lado das hipóteses referentes à primeira questão, para discussão ao término da atividade, a fim de compará-las com as hipóteses apresentadas mais adiante e que terão como base um maior número de evidências.

128

No texto E, é apresentado um experimento que basicamente uniu as práticas apresentadas no texto C e D. Com ele, foi possível concluir que a fixação de nitrogênio estava sendo feita por microrganismos presentes no solo (os pesquisadores sabiam que o “algo” presente no solo podia ser destruído por calor ou dessecação, sugerindo que se tratava de um ser vivo) e que as leguminosas interagem de alguma forma com esses microrganismos, o que possivelmente conferia a elas vantagens para o seu desenvolvimento.

O texto F apresenta um experimento criativo que uniu os conhecimentos existentes até aquele momento. Com a nona questão é esperado que os alunos extraiam do texto a informação de que os nódulos estavam presentes na metade que apresentou crescimento mais vigoroso e, por isso, devem ser benéficos para a planta. O experimento demonstrou que os nódulos radiculares eram produzidos por algo (presumidamente uma bactéria de algum tipo) no solo. Os nódulos encontrados nas raízes das leguminosas eram onde possivelmente os microrganismos se alojavam.

No final de 1887, estava claro que os nódulos nas raízes eram a base de uma das formas de fixação do nitrogênio pelas plantas. A fixação

biológica do nitrogênio era uma realidade e isso explicava o que agricultores já sabiam por no mínimo 2000 anos: leguminosas podiam ajudar a recuperar a fertilidade do solo. O que eles não imaginavam era que as leguminosas fazem isso fixando o nitrogênio com o auxílio de microrganismos. Para detalhes históricos adicionais o professor pode consultar as referências recomendadas.

Na décima questão os alunos deverão propor hipóteses mais completas para explicar as observações empíricas dos agricultores antigos. O professor poderá redigir algumas hipóteses na lousa, complementando o quadro que foi sugerido anteriormente. As novas explicações dos alunos podem ser comparadas com as explicações anteriores e com a explicação fornecida na última questão. Espera-se que eles relatem de forma lógica em suas hipóteses a idéia de que as leguminosas enriquecem o solo; possuem nódulos radiculares; sobrevivem em solos com pouco nitrogênio (ainda que esse seja um elemento importante para os vegetais); que microrganismos do solo transformam o nitrogênio atmosférico para uma forma que pode ser assimilada pelas plantas e que algumas bactérias vivem associadas às plantas.

Na questão 11 é apresentada uma conclusão com base nas evidências discutidas ao longo da atividade. Após as leituras e discussões com a turma, espera-se que os alunos estejam aptos a extrair e redigir as evidências de cada experimento (texto) apresentado, destacando o papel delas para a conclusão do tema.

A última questão tem como objetivo trazer o conhecimento adquirido ao longo dessa atividade para o contexto da pergunta originalmente feita pelas crianças fictícias do início da atividade, envolvendo o ambiente de Restinga. Se o professor desenvolveu com os alunos todas as atividades propostas anteriormente neste livro, ele poderá propor aos alunos que relembrem as questões referentes às dificuldades que uma planta enfrenta por viver em solo arenoso tanto em relação à disponibilidade de água quanto de nutrientes (trabalhadas nas *Atividades 3 e 4*). Também poderá retomar o resultado final do experimento da *Atividade 4*, que mostra que as plantas cresceram menos em solo arenoso com poucos nutrientes e discutir com os alunos que algumas plantas possuem estratégias que permitem que elas cresçam mais e sobrevivam nesse tipo de ambiente. Essas plantas seriam, portanto, mais eficientes em obter os poucos nutrientes disponíveis, como é o caso de *Dalbergia ecastohyllum*

em função de sua associação com as bactérias do gênero *Rhizobium*.

Durante a discussão de toda essa atividade, o professor deve esclarecer como funciona a construção do conhecimento científico e de que forma ele está atrelado à dedicação e empenho de diferentes pesquisadores. Após os esclarecimentos finais, como fechamento da aula, o professor pode apresentar o ciclo do nitrogênio. Caso o professor opte por trabalhar o ciclo do nitrogênio com mais detalhes, a associação entre as leguminosas e as bactérias do gênero *Rhizobium* pode ser melhor explorada e são sugeridas algumas questões adicionais no material complementar para isso.

## MATERIAL DE APOIO PARA O PROFESSOR



### LIVROS E ARTIGOS CIENTÍFICOS

130

Para relembrar as etapas da fixação e do metabolismo do nitrogênio:

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. [Capítulos 3 e 4].

Fatos históricos sobre a descoberta do nitrogênio e sua relação com as leguminosas:

CHAGAS, A. P. 2007. **A síntese da amônia: alguns aspectos históricos**. Química nova, volume 30, numero 1, 240 – 247.

STANDAGE, Tom. 2010. **Uma história comestível da humanidade**. Editora Zahar. [Capítulo 11]

Material em inglês

Fatos históricos detalhados sobre a descoberta do nitrogênio e sua relação com as leguminosas:

WISNIAK, J. 2000. **Jean Baptiste Boussingault**. Revista CENIC Ciências Químicas, vol. 38, no 1.

FREY, K. J. **Historical perspective in plant science**. Iowa State University, 1994.

G. J. Leigh. **The World's Greatest Fix: A History of Nitrogen and Agriculture**. Oxford University Press, 2004.



#### MATERIAL DISPONÍVEL ON-LINE:

Apostila elaborada pela EMBRAPA: Ricardo S. Araújo e Mariângela Hungria, 1994. **Microrganismos de Importância Agrícola**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26171/1/doc-44.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2013.

Apostila sobre Metabolismo e Ciclo do Nitrogênio, elaborada por professor do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ - USP: <<http://docentes.esalq.usp.br/luagallo/nitrogenio.htm>> Acesso em: 20 dez. 2013.

Material sobre a fertilidade do solo e a produtividade agrícola, produzido por professores do Departamento de Solos da UFPR. <<http://people.ufpr.br/~nutricao/plantas/fertisolo.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2013.

Aula da EASALQ – USP transformada em artigo, contendo informações detalhadas sobre o nódulo das raízes das leguminosas e sua descoberta. Carvalho, Ruben de Souza. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz [online]. 1946, vol.3, pp. 9-26. ISSN 0071-1276 <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S007112761946000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S007112761946000100002&script=sci_arttext)> Acesso em: 20 dez. 2013.

131



#### VÍDEO

Canal “Videoteca Embrapa” no Youtube, contem vídeos sobre o uso de Inoculantes para aumentar as quantidades de nitrogênio em lavouras, possibilitando uma maior produção por um custo menor: <<http://www.youtube.com/watch?v=7si1wXLZZCM>> Acesso em: 20 dez. 2013.