

Fungos micorrízicos arbusculares: abordagem no ensino de Biologia

Arbuscular mycorrhizal fungi: approach in the teaching of Biology

Hongos micorrízicos arbusculares: enfoque en la enseñanza de la Biología

Paulo Sérgio dos Santos Junior¹; Franciane Diniz Cogo²; Flávia Aparecida Diniz Cogo³;
Lucíola Lucena de Sousa⁴

Resumo: A inquietude deste estudo é refletir sobre a abordagem do tema Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) no ensino de biologia. Este artigo tem como objetivo apresentar uma abordagem sobre FMAs no ensino de biologia e ao mesmo tempo elaborar um material didático que auxilie os professores de biologia. Para atingir os objetivos propostos, utilizou-se como metodologia, a pesquisa bibliográfica, realizada a partir da análise de materiais publicados. Foram consultadas as bases de dados eletrônicas, revistas e livros impressos, dissertações e teses. Apresentou-se, uma proposta de como os professores podem abordar o tema FMAs nas aulas de biologia. Em síntese foram trabalhados o histórico, definição, tipos, ocorrência, e a importância dos FMAs.

Palavras-chave: Ensino de Biologia. FMAs. Material Didático.

Abstract: The concern of this study is to reflect on the approach of the theme Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) in the teaching of biology. This article aims to present an approach to AMFs in biology teaching and at the same time to develop a didactic material that assists biology teachers. In order to achieve the proposed objectives, the bibliographic research, based on the analysis of published materials, was used as methodology. Electronic databases, magazines and printed books, dissertations and theses were consulted. It was presented a proposal of how teachers can approach the theme AMFs in biology classes. In summary we worked on the history, definition, types, occurrence, and importance of the AMFs.

Keywords: Biology Teaching. FMAs. Courseware.

Resumen: La preocupación de este estudio es reflexionar sobre el enfoque del tema Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) en la enseñanza de la biología. Este artículo tiene como objetivo presentar un enfoque de HMA en la enseñanza de biología y al mismo tiempo desarrollar un material didático que ayude a los profesores de biología. Para lograr los objetivos propuestos, se utilizó como metodología la investigación bibliográfica, basada en el análisis de materiales publicados. Se consultaron bases de datos electrónicas, revistas y libros impresos, disertaciones y tesis. Se presentó una propuesta de cómo los maestros pueden abordar el tema de las HMA en las clases de biología. En resumen, trabajamos en la historia, definición, tipos, ocurrencia e importancia de los HMA.

Palabras clave: Enseñanza de biología. HMAs. Material didáctico.

INTRODUÇÃO

Neste artigo discutem-se algumas questões referentes à abordagem do tema Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) no ensino de Biologia. Nas aulas de Biologia é abordado o assunto Reino Fungi, desde a Educação Básica até o Ensino Superior, mas nenhuma ou pouca ênfase é dada aos FMAs (SILVA; MENOLLI JUNIOR, 2016). Esta lacuna abre a possibilidade da discussão sobre este tema, tendo vista importância dos FMAs, especialmente para o setor agrícola, haja vista que agricultura é uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (CEPEA, 2017).

Trata-se de questões com as quais tenho deparado no acompanhamento de materiais didáticos durante o meu curso de Licenciatura em Biologia, nas próprias apostilas do curso e no material didático, do Ensino Fundamental II (do 6º ao 9º ano) e nos três anos do Ensino Médio na rede pública, que tive oportunidade de acessar

durante o estágio obrigatório. Tal fato também foi verificado nos estudos realizados por Vilas Boas e Moreira (2012), que realizou um levantamento do material didático de Biologia adotado por 14 escolas de Ensino Médio de Lavras (MG), que são também os mais adotados em todo o País, situação similar foi verificada também por Silva e Menolli Junior (2016). Assim, este estudo foi elaborado, a partir da reflexão sobre estas questões, considerando também o diálogo com professores e supervisores escolares, tendo em vista sempre a importância de introduzir os FMAs no ensino de biologia.

No decorrer do seu desenvolvimento foi elaborado material didático que pode ser utilizado como texto base pelos professores biologia. A abordagem dos FMAs no ensino de biologia pode contribuir para o melhor entendimento da relação solo-planta-microrganismo, dada a importância da ciência e tecnologia na vida moderna, e principalmente na agricultura. Estes conhecimentos estão diretamente relacionados com assertividade nas to-

¹Discente do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado de Minas Gerais (Unidade de Passos).

²Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais (Unidade de Passos). E-mail: franciane.cogo@uemg.br

³Pedagoga, Especialista em Psicopedagogia.

⁴Química, Professora, Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais.

madras de decisões, tendo em vista a ampliação da visão iniciada em sala de aula, tomando assim uma dimensão socioambiental e econômica (KRASILCHIK, 2008).

E assim, torna-se relevante destacar que o entendimento dos FMAs apresenta uma dimensão multidisciplinar. Pois quando se estuda os FMAs simultaneamente discute-se, por exemplo, sobre os minerais do solo, como fósforo, zinco, cobre (COLOZZI-FILHO et al., 1994), estado nutricional das plantas, aumento na produção das culturas agrícolas (ANDRADE; SILVEIRA, 2006), tolerância das plantas às pragas e doenças, déficit hídrico e agregação do solo. Assim, este tema é compatível com valores e atitudes que se pretende desenvolver e podem ser agrupados por competências e habilidades, tendo em vista as interfaces com outras áreas do conhecimento (LDB, 1996).

O temas FMAs trás também um viés de ciência para a escola, retomando o papel de instrumentalizar os alunos quanto aos conhecimentos científicos. Chassot (2000, p. 47-48), relata que:

Quando se fazem propostas para uma alfabetização científica se pensa imediatamente nos currículos de ciências. Estes, cada vez mais, em diferentes países têm buscado uma abordagem interdisciplinar na qual a ciência é estudada de maneira inter-relacionada com a tecnologia e a sociedade. Tais currículos têm sido denominados de C-T-S – Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Considerando as vantagens asseguradas pelos FMAs aos vegetais, especialmente no contexto agrícola do Brasil e a relevância de introduzir este tema nas aulas de biologia, esse estudo objetiva apresentar uma abordagem sobre Fungos Micorrízicos Arbusculares no ensino de biologia e ao mesmo tempo elaborar um material que auxiliem os professores de biologia.

Para atingir os objetivos propostos, utilizou-se como metodologia, a pesquisa bibliográfica, realizada a partir da análise de materiais publicados. Foram consultadas as bases de dados eletrônicas, revistas e livros impressos, dissertações e teses.

MÉTODOS

Utilizou-se como metodologia, a pesquisa bibliográfica, realizada a partir da análise de materiais publicados.

Foram consultadas as seguintes bases de dados eletrônicas: Springerlink, Science Direct (Elsevier), Scielo, Scopus (Elsevier), ISI, Lilascs e Woldcat, utilizando termos chaves referentes aos conceitos de FMAs (conceito 1): [Ensino*(biologia ou educação)] e biologia (conceito 2): [biologia*FMAs ou ensino de biologia ou microbiologia]. O processo de busca foi realizada repetidas vezes até nenhuma nova publicação ser encontrada.

A partir dos estudos coletados foi realizada uma proposta de como abordar este tema, e a seguinte sequência é proposta: histórico, definição, tipos, ocorrência, e importância dos FMAs.

HISTÓRICO

Os FMAs provavelmente surgiram a 400 milhões de anos, coincidindo com colonização do hábitat terrestre pelas plantas, período compreendido entre 462 e 352 milhões de anos. Embora sua origem seja remota, as associações entre plantas vasculares e fungos específicos do solo foram observadas pela primeira vez por Nágeli no início do século XIX, em 1942, este mesmo pesquisador fez a primeira descrição da associação fungo-raiz, e tudo indica que seria uma micorriza arbuscular (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006).

Albert Bernard Frank, em 1885, botânico alemão usou pela primeira vez, o termo “mycorrhiza”, a palavra foi originada do grego, onde “myco” significa fungo e “rhiza” raízes. Mais o termo foi modificado e passou a ser escrito com apenas um r – mycorrhiza e em português micorriza. No decorrer dos anos Frank aprofundou os seus estudos, descrevendo e lançando as bases funcionais desta simbiose fungo-raízes, por este motivo é considerado o pai da micorrizologia (SIQUEIRA et al., 2010).

A micorriza é um fenômeno de ocorrência generalizada, oriundo da união orgânica entre as raízes e o micélio dos fungos a um órgão morfológicamente independente, com dependência fisiológica íntima e recíproca, seguido pelo crescimento de ambas as partes e com funções fisiológicas muito estreitas (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006).

Inicialmente estes fungos eram saprofitos, mas com a evolução do organismo, e na luta pela sobrevivência, estes fungos e plantas buscaram alternativas e assim a habilidade de comunicar molecularmente, por meio de mecanismo de reconhecimento que consentiram a influência mútua célula-célula e a interação morfológica e fisiológica e funcional, permitindo a formação de uma relação estável para ambas as partes envolvidas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

• Definição de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

A conceituação inicial faz referência à definição dos FMAs, sendo assim, o termo micorriza refere-se a uma associação simbiótica, endofíticas, biotrófica e mutualística entre plantas vasculares nativas ou cultivadas e fungos específicos do solo.

Esses fungos são capazes de colonizar o córtex das raízes, com penetração inter e intracelular sem modificações morfológicas visuais, as alterações por meio de modificações causadas por hifas ou micélios que se transformam em arbúsculos, vesículas e esporos. As hifas ou micélios extrarradiculares penetram no solo, em ambientes em que as raízes não alcançam e beneficiam o fornecimento de água e nutrientes para a planta hospedeira (LAMBASIS, 1996).

Para a melhor visualização deste conceito, pode utilizar a Figura 1 que permite verificar os componentes essenciais dos FMAs, as hifas, micélios externos, esporos e arbúsculos. O micélio externo coloniza o solo e

micélio interno se localiza dentro do córtex das raízes micorrizadas (LAMBAIS, 1996). O micélio externo funciona como uma prolongação do sistema radicular da planta, e com sua extensa longitude e escasso diâmetro, permite a planta, explorar maior volume de solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os esporos são estruturas de resistência que podem sobreviver no solo muitos anos e são encontrados com diferentes tamanhos (SIQUEIRA et al., 2010). E os arbúsculos são ramificações de hifas intercelulares e que transcendem as paredes das células corticais o que não prejudica a integridade destas células (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Na zona de contato hospedeiro-arbúsculo forma-se uma região apoplástica característica, de onde ocorre a maior transferência de nutrientes entre ambos simbioses (SIQUEIRA et al., 2010). Demonstrando assim, a relação simbiótica entre a planta e o fungo.

TIPOS DE MICORRIZAS

As micorrizas são agrupadas de acordo com a anatomia e morfologia das raízes colonizadas. As micorrizas são classificadas em endomicorriza e ectomicorrizas. As endomicorrizas dividem-se em Arbusculares, Ericóide e Orquidóide; e as ectomicorrizas dividem-se em Ectomicorriza, Ectendomicorriza, Arbutóide e Monotropóide (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As ectomicorrizas são formadas, geralmente, por fungos septados que penetram intercelularmente o córtex das raízes, formando estrutura anatômica denominada rede de Harting, a qual substitui a lamela média e à formação do manto fúngico ao redor das raízes, que gera modificações morfológicas nas raízes colonizadas, é comum em árvores de clima temperado, como as coníferas (SIQUEIRA et al., 2010).

As ectendomicorrizas apresentam rede de Harting grossa e alto grau de penetração intracelular, notadamente nas partes mais velhas da raiz. É comumente encontrada em coníferas do gênero *Pinus* e o fungo denominando "E-strain". As micorrizas do tipo Arbutóide e Monotropóide apresentam penetração intracelular, sendo que a Arbu-

tóide é comum nos gêneros das espécies vegetais *Arbutos*, *Arctostaphylos* e *Pyrola* e a Monotropóide em *Sarcodes*, *Pterospora* e *Monotropa* (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As micorrizas Ericóides ocorrem nas plantas da família Ericacea. O fungo é septado, produz hifas enroladas no interior das células e são específicos quanto ao hospedeiro. Nas raízes desta família as células da epiderme não produzem pelos radiculares, mas são colonizadas intracelularmente pelos fungos, onde estabelecem uma rede complexa de hifas. A penetração ocorre por invaginação da membrana plasmática, podendo o fungo tomar todo o conteúdo celular (SIQUEIRA et al., 2010).

As micorrizas orquidóides também conhecida como micorriza das orquídeas são formadas por fungos septados que colonizam intracelularmente as raízes formando enrolados de hifas típicas no interior das células (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Os fungos micorrízicos arbusculares colonizam 80% das espécies vegetais, coloniza as células do córtex inter e intracelularmente, de modo muito característico, formando estruturas específicas como os arbúsculos e vesículas (SIQUEIRA et al., 2010).

PROCESSO DE SIMBIOSE FUNGO-PLANTA

As micorrizas surgem de uma sequência de eventos cinéticos e moleculares que se inicia com a germinação dos propágulos do fungo no solo e culmina com o estabelecimento de uma geração simbiótica mutualista, a qual se caracteriza pelo contato íntimo e a perfeita integração morfológica entre fungo e planta (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Neste processo simbiótico planta transporte de fotossintatos para o fungo e o fungo capta nutrientes do solo, por meio das suas hifas intra e extra-radiculares, e os transfere para a planta, havendo assim uma regulação funcional e troca de metabólitos, com benefícios mútuos. Esse evento é denominado de transporte bidirecional de nutrientes na interface arbuscular entre células da planta e do fungo, ocorre no córtex radicular (SIQUEIRA et al., 2010).

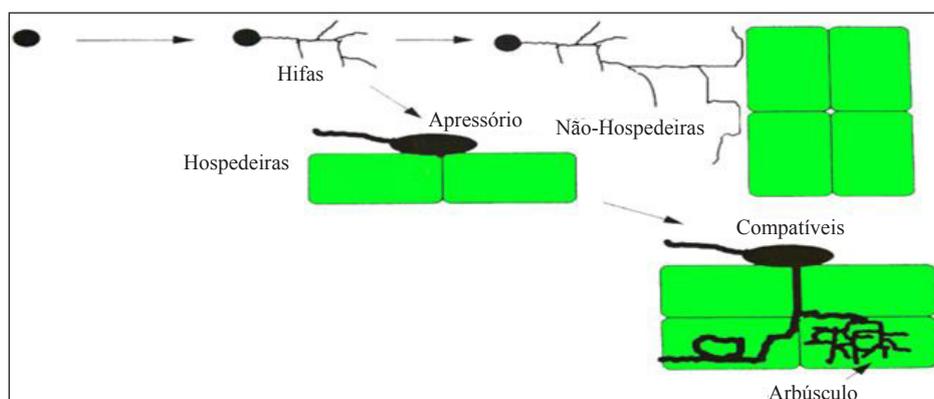


Figura 1: Fungos micorrízicos Arbusculares desenvolvendo nas células de uma planta.
Fonte: Gianinnazzi-Pearson et al., 1995; Bonfante; Perotto, 1995 com modificações).

O processo de pré-infecção inicia-se com o crescimento de uma hifa infectiva, a partir de um esporo germinado no solo, neste ambiente entra em contato com a superfície das raízes, formando o apressório, uma estrutura necessária para a penetração (LAMBAIS, 1996). São formadas estruturas chamadas de arbúsculos, as quais surgem da interação de hifas de FMAs e a plasmalema de algumas células do córtex, a sua formação são extremamente necessárias para o desenvolvimento da simbiose micorrízica e sua gênese está sujeita a completa interação genética e funcional entre fungo-planta. Uma vez que a hifa penetrou dentro da parede celular, a hifa afina-se apresentando, diâmetro menor que 1 µm e em seguida ramifica-se profusamente, formando assim a matriz de troca com a plasmalema da célula vegetal sem, todavia, ultrapassá-la (SIQUEIRA et al., 2010).

IMPORTÂNCIA E FUNÇÕES DOS FMAS

Dentre os micro-organismos do solo, benéficos ao solo, estão os FMAs, os quais se destacam na contribuição com a nutrição vegetal na maioria dos ecossistemas terrestres. Os FMAs apresentam ação primária bio-fertilizadora, e são denominadas secundária as ações mediadas pela melhoria nutricional denominada bioreguladora e biocontroladora (SIQUEIRA et al., 2010).

A ação bio-fertilizadora refere-se a absorção de nutrientes do solo. As hifas extraradiculares dos FMAs penetram no solo, em microambientes, locais em que as raízes não alcançam, e assim favorecem o fornecimento de água e nutrientes para a planta hospedeira, vários elementos essenciais são transportados para as plantas, em especial os poucos móveis no solo tendo proeminência o fósforo (ALBÁN et al., 2013). Pode ocorrer um aumento de até 40 vezes o aproveitamento de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu e água do solo adjacente (SIQUEIRA et al., 2010).

O fósforo chama a atenção entre os elementos essenciais por se tratar de íons de difusão lenta no solo e devido à forte interação com os óxidos de ferro e alumínio, encurtando desta forma a eficácia das adubações fosfatadas, e ainda as fontes de fósforo são escassas e necessárias em grande quantidade em solos tropicais. Outros nutrientes absorvidos pelos FMAs são o zinco (ANDRADE et al., 2009), cobre, e nitrogênio. Também é proporciona a proteção direta da planta à toxidez de manganês, cobre e zinco. Além disso, os FMAs armazenam temporariamente nutrientes na biomassa fúngica ou nas raízes, evita sua imobilização química ou lixiviação (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As ações biocontroladora referem-se à redução de danos, estresses abióticos e agregação do solo. A melhoria na nutrição das plantas proporcionada pelos FMAs promovem incremento da biomassa vegetal e consequente elevação da produção. Os FMAs ajustando diversos efeitos favoráveis como o aumento na tolerância à pragas e doenças, déficit hídrico e maior agregação

e estabilidade de agregados do solo. Dentro e em volta dos agregados as hifas e as raízes finas formam uma rede biológica que entrelaça e mantém juntas as partículas do solo, podem ser encontrados 50 m de hifa por grama de agregados (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As ações biorreguladora são relação água – planta, substâncias de crescimento, alterações bioquímicas e fisiológicas. A relação água-planta, refere-se a capacidade de maior exploração do solo, pelas hifas e consequentemente maior absorção de água, alcançado assim, uma maior resistência do cultivo a seca, ao ataque de patógenos. E o efeito fisiológico trata do aumento da capacidade de absorção da raiz (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os FMAs são considerados multifuncionais nos agroecossistemas, por aliviar as condições de deficiência seja nutricional ou hídrica e assim potencializar as qualidades física, química e biológica do solo (SIQUEIRA et al., 2010).

Em linhas gerais, este artigo visa orientar os professores, especialmente da educação básica como desenvolver o tema FMAs nas aulas. Para isso, foi preciso construir um roteiro para auxiliar os professores, e, mais que isso, tentar problematizar a importância dos FMAs, bem como demonstrar que a partir deste tema várias outras interações com outras disciplinas e até mesmo a pesquisa pode ser realizada. Em síntese este artigo focou na produção de um material didático, onde foi abordado o histórico, definição, tipos, ocorrência, e a importância dos FMAs.

Embora sua apresentação tenha caráter simplificado, ela pode ser orientadora no sentido de concretizar os conceitos em torno dos múltiplos benefícios dos FMAs para a natureza e agricultura, assim como formar cidadãos com um pensamento direcionado para a sustentabilidade desde o ensino básico.

É certo que esta abordagem é bem simplificada, tendo em vista os materiais utilizados pelos pesquisadores que abordam este tema abordagem, como Siqueira et al., (2010), mas considera o essencial para a introdução deste tema especialmente para o ensino básico.

REFERÊNCIAS

- ALBÁN, R.; GUERRERO, R.; TORP, M. Interactions between a root knot nematode (*Meloidoyne exigua*) and arbuscular mycorrhizae in coffee plant development (*Coffea arabica*). *American Journal of Plant Sciences*, p.419-423. 2013.
- BONFANTE, P.; PEROTTO, S. strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. *New Phytol.* 130:3-21, 1995.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9394, 20 de dezembro de 1996.** Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>>. Acesso em 12/09/2017.

- CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 2ª ed., Unijuí. 2000.
- GIANINAZZI-PEARSON, V.; GOLLOTTE, A.; LHERMINIER, L.; TISSERANT, B.; FRANKEN, P.; DUMAS-GAUDOT, E.; LEMOINE, M. C.; TUNENEM, D. VAN GIANINAZZI, S. Cellular and molecular approaches in the characterization of symbiotic events in functional arbuscular mycorrhizal associations. **Can. J. Bot.** 73: 526-532, 1995.
- KAHILUOTO, H.; KETOJA, E.; VESTBERG, M. Plant-available P supply is not the main factor determining the benefit from arbuscular mycorrhiza to crop P nutrition and growth in contrasting cropping systems. **Plant Soil.** 350, 85–98, 2012.
- KRASILCHIK, M. **Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências**. São Paulo Perspectiva, São Paulo. 14: 1. 2000.
- LAMBAIS, M. Aspectos bioquímicos e moleculares da relação fungo-planta em micorrizas arbusculares. In: Siqueira José Oswaldo, editor. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Editora UFLA. 1996.
- MOREIRA, F.M. de Souza.;SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras;p.729.2006.
- PIB do Agronegócio, 2017**. Disponível em <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em 12/09/2017.
- SILVA, C.S.; MENOLLI JUNIOR, N. **Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio**. 7:3. 2016.
- SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F. A.; ELKE, J. B. N.; TSAI, S. M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. . 1.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2010. 716p.
- VILAS BOAS, R.C.; MOREIRA,F.M.S. Microbiologia do Solo no Ensino Médio de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 36. 295 – 306. 2012.

Página em branco.