

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENSINO  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**GUILHERME FATARELLI RODRIGUES DA SILVA**

**CICLOS BIOGEOQUÍMICOS E SUAS ASSOCIAÇÕES COM AS  
MICORRIZAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2021**

**GUILHERME FATARELLI RODRIGUES DA SILVA**

**CICLOS BIOGEOQUÍMICOS E SUAS ASSOCIAÇÕES COM AS  
MICORRIZAS**

**BIOGEOCHEMICAL CYCLES AND THEIR ASSOCIATIONS WITH  
MYCORRHIZAS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada  
como requisito para obtenção do título de Licenciado em  
Ciências Biológicas da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jézili Dias.

**PONTA GROSSA**

**2021**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GUILHERME FATARELLI RODRIGUES DA SILVA**

**CICLOS BIOGEOQUÍMICOS E SUAS ASSOCIAÇÕES COM AS  
MICORRIZAS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10/Dezembro/2021

---

Jézili Dias  
Professora Doutora Orientadora  
Universidade Tecnológica Federal Do Paraná - UTFPR

---

Natália Bueno Birk  
Professora Doutora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas  
Universidade Tecnológica Federal Do Paraná - UTFPR

---

Lya Carolina da Silva Mariano Pereira  
Professora Doutora Externa  
Secretaria da Educação e do Esporte - SEED/PR

**PONTA GROSSA**

**2021**

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha família, pois sem eles não teria forças para continuar sobrevivendo a todas as etapas da minha vida, pois em períodos mais sombrios eles estavam lá para trazer luz a tanta escuridão. Aos meus amigos tanto os presentes quanto aqueles que já não estão mais aqui (in memoriam) por me ouvirem sempre que precisei aliviar as minhas angústias.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço as forças maiores por ter me dado energias necessárias para continuar seguindo e não ter desistido, foram momentos essenciais onde pude recuperar meu fôlego e lutar contra a depressão e a ansiedade que me persegue, sem essa força eu não estaria aqui.

Agradeço aos meus pais por terem me dado esta oportunidade de continuar seguindo meus sonhos, por terem me auxiliado financeiramente e emocionalmente, sempre me dando forças e acreditando no meu potencial para ser um bom profissional e aluno.

Durante esse percurso da faculdade aprendi lições que não foram fáceis na pele, aprendi que são para fortalecimento e amadurecimento próprio, mesmo que alguns foram doloridos, houveram momentos inesquecíveis que carregarei para o resto da vida, aprendi também muito sobre a sociedade e a educação, inserindo sonhos de ser um bom profissional que possa ser um agente transformador por onde passa.

Agradeço a todos os meus professores e minhas professoras da graduação e as professoras de estágio, pois com todos compreendi o que é ser professor, como agir e amar o ensino, sendo um núcleo de professores incríveis em vários sentidos, os melhores que já tive e que carregarei na memória eternamente.

Muitas coisas aconteceram neste período, nunca esquecerei as viagens que a faculdade me proporcionou e todas as relações criadas com os meus colegas de sala, criando amigos que serão eternizados em mim, momentos que nunca irão cair no esquecimento, pois eu aproveitei cada segundo, participei de eventos acadêmicos, na organização, em projetos de extensão, em atléticas, em times esportivos, em centro acadêmicos e colegiado, cada momento foi eternizado em meu coração.

Agradeço as minhas amigas e meus amigos, em especial as que dividiram apartamento comigo, pois foram momentos que nunca esquecerei e levarei todo o aprendizado que me foi proporcionado.

Por fim, agradeço a minha orientadora por toda paciência e ensino que me passou durante este trabalho, sem ela este trabalho não seria possível, pois em todos os momentos ela estava presente para me auxiliar, auxiliando no meu crescimento profissional.

## “O Monstro Que Fez Parte De Mim”

Um monstro entrou pela minha porta, lentamente e suavemente se esgueirando até a mim, disse em meu ouvido, agora você faz parte de mim.

Acordei sem entender o que acabará de acontecer, um peso nas costas que surgiu de repente, uma melancolia que eu precisava espairecer.

Na manhã seguinte as cores do dia se tornaram cinzas, o tempo começou a passar lentamente e dentro da minha mente o silêncio gritava internamente.

E assim se repetiu dias, semanas, meses, até que se tornaram incontáveis e sem saber o que fazer criou uma nova amiga chamada solidão, que abraçou profundamente até o seu coração.

No meio dessa solidão o monstro começou a crescer tomando tudo da minha vida, fazendo assim o início da minha despedida.

Família, amigos, conhecidos, já não sabiam quem eu era, eu estava tão distante e tão perto de mim, porque o monstro finalmente tinha se tornado a fera.

Todo dia era uma luta constante sobre quem eu era e quem o monstro fazia eu ser, a minha essência estava sendo sugada e ninguém fazia nada.

Mediante a essa situação só haviam duas escolhas a serem tomadas: procurar ajuda e lutar por mim ou todas as dores deveriam ser cortadas.

A luta foi iniciada e o monstro se tornou mais inconstante, forte, querendo me dominar, mas já era a hora de acordar dessa ilusão, para finalmente sozinho conseguir respirar.

Com ajuda consegui lutar e gritar contra essas incertezas que me tentavam levar ao fim, agora eu virei ao monstro e disse, não, você não faz mais parte de mim.

Percebi que era um intruso na minha morada, que veio sem eu convidar e qualquer hora poderia voltar, um monstro adormecido que quando sair pela porta do mesmo quarto que entrou, acabará a temporada.

Autoria própria.

## RESUMO

Os Fungos Micorrizicos Arbusculares (FMAs) pertencentes ao Filo Glomeromycota, da Classe Glomeromycetes, podem fazer associações mutualísticas com as raízes das plantas. Onde a área de absorção de nutrientes das plantas é expandida, podendo assim, absorver nutrientes como o Fósforo, Zinco e Nitrogênio, que são nutrientes necessários para o desenvolvimento inicial da planta. Sabe-se que estes elementos são essenciais e macro nutrientes para que a planta se desenvolva e cresça. Tendo como objetivo do trabalho de verificar o conhecimento das pessoas sobre a associação de FMAs e os crescimento das plantas. Como metodologia foi realizado uma pesquisa referêcia exploratória de artigos com estes temas, após isso foi realizado um questionário para observar a percepção das pessoas sobre os Ciclos Biogeoquímicos e sua associação com as micorrizas. Após os dados observados juntamente com a revisão bibliográfica, surgiu a ideia de desenvolver um material em formato de apostila pedagógica sobre esse eixo temático, reunindo os principais conceitos, como ocorre e a sua importância para o meio ambiente.

**Palavras-chave:** Ecologia. Endomicorrizas. Didática.

## ABSTRACT

Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) belonging to the Phylum Glomeromycota, of the Class Glomeromycetes, can do mutualistic associations with plant roots. Where the plant's nutrient absorption area is expanded, thus being able to absorb nutrients such as Phosphorus, Zinc and Nitrogen, which are nutrients necessary for the initial development of the plant. It is known that these elements are essential and macronutrients for the plant to develop and grow. The objective of the project is to verify people's knowledge about the association of AMFs and plant growth. As a methodology, an exploratory reference research of articles on these topics was carried out, after which a questionnaire was carried out to observe people's perception of Biogeochemical Cycles and their association with mycorrhizae. After the data were observed together with the literature review, the idea of developing a material in the form of a pedagogical booklet on this thematic axis arose, bringing together the main concepts, how it occurs and its importance for the environment.

**Keywords:** Ecology. Endomycorrhizae. Didactics.



## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 5  |
| 1.1 OBJETIVOS.....  | 6  |
| 1.1.1 Objetivo Geral.....   | 6  |
| 1.1.2 Objetivos Específicos .....   | 6  |
| 1.2 JUSTIFICATIVA .....   | 6  |
| <br>  |    |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 7  |
| 2.1 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA).....   | 7  |
| 2.2 DESENVOLVIMENTO E O CRESCIMENTO DE PLANTAS.....   | 9  |
| 2.3 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM ESPAÇOS INFORMAIS.....   | 11 |
| <br>  |    |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 13 |
| 3.1 TIPO DE PESQUISA.....   | 13 |
| 3.2 COLETA DE DADOS .....   | 13 |
| 3.3 ANÁLISES DOS DADOS .....  | 14 |
| <br>  |    |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 15 |
| 4.1 INFORMAÇÕES SOBRE: FMAS E O CRESCIMENTO DE PLANTAS.....                                       | 15 |
| 4.2 PERCEPÇÕES DA POPULAÇÃO SOBRE OS FUNGOS ARBUSCULARES<br>MICORRÍZICOS E NUTRIÇÃO VEGETAL ..... | 16 |
| 4.3 DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL: FUNGOS ARBUSCULARES<br>MICORRÍZICOS E A NUTRIÇÃO VEGETAL .....   | 21 |
| <br>  |    |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 27 |
| <br>  |    |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....   | 28 |
| <br>  |    |
| <b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PRODUZIDO PARA A PERCEPÇÃO DOS<br/>CICLOS BIOGEOQUÍMICOS</b> .....   | 32 |
| <br>  |    |
| <b>APÊNDICE B - APOSTILA PRODUZIDA SOBRE OS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS</b><br>.....                    | 34 |

## 1. INTRODUÇÃO

Os fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) foram descrito por Albert Frank em 1885, que evidenciou a simbiose mutualística entre estes fungos e as plantas, onde a relação auxilia no aumento da área das raízes e conseqüentemente a absorção de nutrientes da planta que são fundamentais para o seu desenvolvimento e crescimento, como Fósforo e Zinco. Desta forma, os FMAs são capazes de desempenhar uma função importante em relação à produção de mudas tanto quanto êxito de plantar no campo (BUSATO et al., 2012).

As micorrizas são divididas em dois grupos, ectomicorrizas e endomicorrizas, onde são classificadas com seus aspectos fisiológicos e morfológicos, sendo que as endomicorrizas ocorrem à penetração do micélio interno no córtex da raiz inter e intracelularmente e as ectomicorrizas o desenvolvimento intercelular, gerando um manto de hifas em volta das raízes (BERTOLAZI et al., 2010). Desta maneira as micorrizas arbusculares se enquadram nas endomicorrizas, os FMAs pertencem ao Filo Glomeromycota, e como continuidade a Classe Glomeromycetes, desempenham uma ação de simbionte mutualístico com a maioria das famílias de plantas e apresentam baixa especificidade (FELISBERTO, 2013).

Assim, as espécies vegetais que possuem a presença de micorrizas podem adquirir vários benefícios devidos essa simbiose, tais como resistência a ataques patogênicos (SIKES et al., 2009), maior tolerância a temperaturas extremas e a redução de stress hídrico (GUPTA et al., 2000). Podendo-se dessa forma utilizar as micorrizas em vários campos de estudo, desde os aspectos ecológicos ligados à recuperação de solos degradados (MATIAS et al. 2009), uso do inoculante na agricultura entre outras áreas de pesquisa.

Neste contexto, a educação informal é relacionada ao meio de sociabilização dos sujeitos, ou seja, os intermediários na educação são a família, os amigos, os colegas, e todo meio de comunicação em massa, desta forma a educação informal pode ocorrer em lugares involuntários, onde os indivíduos terão algum interesse em comum. Ela não possui uma organização e sistematização dos conteúdos e podem ser transmitidos das experiências anteriores, geralmente usando o presente como orientação (GOHN, 2006).

Visto isso, para trazer o conhecimento científico que por vez não é divulgado para toda população, é necessário entrar em outros tipos de educação além da formal, como exemplo, sites, blogs, vídeos, materiais. A sociedade tem que buscar a relação com a Ciência e Tecnologia, para ter um maior senso crítico e conhecimento, buscando sempre trazer benefícios para a população, onde pode-se discutir sobre assuntos científicos e construir o seu próprio olhar crítico, gerando reflexões sobre a forma como as micorrizas podem ajudar no

crescimento de plantas arbóreas nativas, sendo que este grupo de fungos por muitas vezes é pouco abordado até mesmo em ambientes formais de ensino.

Por fim nota-se a importância de compreender as associações das micorrizas com os processos biogeoquímicos, visto que são elementos necessários para a manutenção da vida na terra, pois ao se entender esta importância é possível sensibilizar a população a cerca deste tema e conseguindo atingir objetivos dentro da educação ambiental, para além disso fazer uma reflexão crítica sobre como o ser humano impacta o meio ambiente com suas ações e como agir de maneira mais sustentável.

Desta maneira, diante de todo o exposto, se questiona: A população em geral conhece ou tem contato com informações acessíveis, principalmente no que se refere a linguagem, sobre as relações entre os fungos micorrízicos arbusculares e o crescimento das plantas?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o conhecimento da população sobre as relações entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e o crescimento de plantas, buscando ampliar o conhecimento da população por meio de desenvolvimento e divulgação de material de apoio sobre o tema em espaços informais.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar levantamento teórico a respeito dos FMAs e o crescimento de plantas.
- Verificar se há conhecimento da população sobre FMAs e o crescimento de plantas.
- Desenvolver material de apoio sobre as relações dos FMAs e o crescimento de plantas.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As micorrizas têm uma potencial forma de auxiliar no crescimento de plantas, considerando-se que existem inúmeras lacunas tanto entre as pesquisas básicas, quanto as aplicadas na discussão dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e o crescimento inicial de plantas arbóreas nativas para diversas finalidades, evidenciam-se a importância de estudos referentes a essa temática sendo extremamente importantes na atualidade. Neste cenário, a ideia desse trabalho surgiu durante uma reflexão durante as aulas de Tópicos em Biologia Vegetal, onde se questionou sobre como as micorrizas poderiam ajudar no desenvolvimento das plantas ao invés de utilizar produtos químicos. Nesse aspecto, foi para a orientação foi

definida a Professora Jézili Dias, devido à estrutura do Laboratório de Botânica e Conservação da Natureza, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e participação no grupo de pesquisa do CNPQ “Restauração Ecológica” especificamente na linha “Processos do ecossistema na restauração ecológica”.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA)

Albert Bernhard Frank foi o primeiro a utilizar a nomenclatura micorriza, onde em grego, *mico* significa fungo e *riza* significa raiz, sendo assim, foi o pioneiro a distinguir micorrizas ectotróficas e endotróficas, além de provar de forma experimental a simbiose mutualística desses fungos, podendo desta forma, ser reconhecido como o pai da micorrizologia (FELISBERTO, 2013).

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) pertencem ao Filo Glomeromycota, por sequência da Classe Glomeromycetes. Atualmente, sabe-se que o fungo desempenha uma ação de simbiote mutualístico com a maioria das famílias de plantas e apresenta baixa especificidade. Como base dessa simbiose mutualística, a planta contribui para o desenvolvimento e a proliferação do fungo por meio do fornecimento de fotoassimilados (produtos orgânicos da fotossíntese), e desta forma, o fungo como compensação desse procedimento desempenha uma propriedade fundamental de prolongamento da expansão da área de captação de água e de nutrientes no solo, especialmente daqueles de baixa mobilidade, como Fósforo e Zinco, mobilidade intermediária como o Nitrogênio. Com isso, a planta fica mais bem nutrida e sofre menos com eventuais períodos de seca (SMITH; READ, 1997; PARNISKE, 2008; JAMARILLO, 2011; SMITH et al., 2011; CAMARGO-RICALDE et al., 2012). Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios, pois só finalizam o seu período de vida em simbiose com a planta hospedeira (SIQUEIRA et al., 1985).

Segundo Souza, Silva e Berbara (2006) acontece o progresso de resistência das espécies vegetais, impedindo assim fatores de possíveis problemas patogênicos nas raízes, a essa cooperação entre raízes e fungo, encontra-se também a concentração de carbono e biomassa que acontece durante essa associação, desta forma, auxilia o sequestro de carbono presente na atmosfera, devido a utilização de carbono na simbiose. Além disso, a

possibilidade a fixação dos agregados no solo que ocorrem devido à produção de uma glicoproteína nomeada glomalina que é produzida pelas micorrizas.

Os FMA apresentam três constituintes, que seriam as hifas na parte interna da planta, estruturas produzidas no córtex radicular, os esporos e os micélios extras radiculares. As hifas externas possibilitam a exploração de microssítios do solo não alcançados pelo sistema radicular das plantas. Ainda, na maioria das espécies de FMA, são nelas que os esporos se originam. Os esporos produzidos pelos FMA são assexuados e auxiliam na dispersão do fungo (SIQUEIRA; LAMBAIS; STURMER, 2002). A formação de micorrizas arbusculares é muito frequente entre os *taxa* de plantas, onde 83% são dicotiledôneas, 79% são monocotiledôneas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O grau de colonização das raízes e a função das micorrizas apresenta uma variação com a fase de desenvolvimento das espécies vegetais e com o grupo funcional da sucessão ecológica ao qual a planta pertence. Na fase jovem, em condições artificiais, foi compreendido que as plantas de maior potencial de desenvolvimento, como as pioneiras, são mais predispostas aos FMAs. (GONÇALVES; NOGUEIRA; DUCATTI, 2003). Neste sentido, os Fungos Micorrizicos Arbusculares são capazes de desempenhar uma função importante em relação à produção de mudas no viveiro tanto quanto êxito de plantar no campo (BUSATO et al., 2012).

De acordo Martins (2013), a utilização dos inoculantes com foco em projetos de Restauração Florestal é uma área vasta e produtiva, que requer mais estudos para poder ser utilizado em projetos com plantas nativas de interesse ecológico. Matias et al. (2009) aborda sobre o uso FMAs para a recuperação de zonas de mineração em Minas Gerais, desta forma, demonstrando a importância ecológica e ambiental para a conservação da natureza, compreendendo por consequência que a simbiose dos FMAs com as espécies vegetais, pode ser uma potencial ferramenta biológica para a restauração de áreas degradadas (KÖNIG et al, 2014; TRESEDER; CROSS, 2006).

A essência do conceito que tem mais influência na restauração florestal dispõe da sucessão ecológica, onde é a etapa natural por quais os ecossistemas podem se restaurar. As organizações das espécies da comunidade se alteram durante o processo de sucessão, tal como a disposição de nutrientes, luz e umidade, onde as espécies pioneiras são as primeiras a entrar no modelo, pois apresentam crescimento rápido, propiciando a entrada de espécies não pioneiras, que necessitam de sombreamento para o seu desenvolvimento. (ENGEL;

PARROTTA, 2003). Entre estes grupos ecológicos, as espécies pioneiras apresentam maior facilidade de inoculação por FMA do que as não pioneiras (SIQUEIRA et al., 1998).

No entanto, ao realizar revisão de literatura sobre a interação entre Fungos Arbusculares Micorrízicos (FMA) e plantas nativas no Brasil, utilizando os termos: “micorrhizal and native plants in Brazil”, “micorrizas e plantas nativas no Brasil” e “Micorrizas, Plantas nativas, Brasil, FMA”, na plataforma dos periódicos da CAPES, foram encontrados 118 trabalhos. Ainda, ao considerar a interação entre fungos micorrizicos arbusculares (FMA) e plantas nativas no Brasil, chegou-se a somente nove artigos, sendo que durante a busca e que se encaixaram dentro dos quesitos houve mais 11 trabalhos que abordaram as interações com espécies para fins comerciais, restauração florestal, bem como características gerais.

Nota-se também a ausência de trabalhos que abordem a importância das micorrizas para Conservação da Natureza e a interação com as espécies nativas, bem como relacionados à Educação e a divulgação destas relações para a população em geral.

## 2.2 DESENVOLVIMENTO E O CRESCIMENTO DE PLANTAS

O crescimento das plantas decorre através do aumento de matéria seca, sendo um processo irreversível, para que isto ocorra necessita-se que o processo fotossintetizante seja maior do que a respiração deste vegetal, já o seu desenvolvimento ocorre por meio de diversas fases fenológicas durante a sua vida (FLOSS, 2006).

De acordo com Câmara (2006), a fenologia se decorre a partir do estudo do crescimento e desenvolvimento das plantas, onde estas fases são respectivamente a de germinação, emergência e crescimento de suas raízes e a parte de sua superfície além do estudo da fase reprodutiva da planta.

Sabe-se que organismos vivos necessitam de elementos essenciais para se desenvolver e atingir a sua potencial funcionalidade, nas plantas desta forma, ocorre o mesmo processo onde existem elementos essenciais para o seu crescimento e desenvolvimento. Estes elementos essenciais, são elementos químicos presentes no solo e na atmosfera.

Para a definição do que é um elemento essencial químico, de acordo com Epstein e Bloom (2006), refere-se que o elemento pertencente da molécula faça parte de uma estrutura essencial a vegetação.

Desta forma os elementos químicos para as plantas são separados em Macronutrientes e Micronutrientes, onde macronutrientes seriam mais presentes e necessários

para o desenvolvimento e crescimento, já os micronutrientes os elementos químicos são menos presentes. Os elementos químicos mais utilizados pelas vegetações são dispostos por meio desta tabela, sendo separados em macro e micro nutrientes, onde os autores Pes e Arenhardt (2015) disponibilizaram em suas produções.

| Nutriente  | Símbolo | Tipo           |
|------------|---------|----------------|
| Carbono    | C       | Macronutriente |
| Hidrogênio | H       | Macronutriente |
| Oxigênio   | O       | Macronutriente |
| Nitrogênio | N       | Macronutriente |
| Fósforo    | P       | Macronutriente |
| Potássio   | K       | Macronutriente |
| Cálcio     | Ca      | Macronutriente |
| Magnésio   | Mg      | Macronutriente |
| Enxofre    | S       | Macronutriente |
| Ferro      | Fe      | Micronutriente |
| Manganês   | Mn      | Micronutriente |
| Boro       | B       | Micronutriente |
| Zinco      | Zn      | Micronutriente |
| Cobre      | Cu      | Micronutriente |
| Molibdênio | Mo      | Micronutriente |
| Cloro      | Cl      | Micronutriente |
| Níquel     | Ni      | Micronutriente |

**Tabela 1.** Elementos químicos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Fonte: Extraído de Pes; Arenhardt (2015).

De acordo com Malavolta (2006) o nitrogênio está ligado na formação estrutural das plantas, visto que se encontram em um ou mais compostos orgânicos, o nitrogênio possui a função de sintetização de aminoácidos e proteínas.

Este elemento é encontrado na atmosfera, porém não é possível ser utilizado na forma gasosa para assimilação das plantas, de acordo com Pes e Arenhardt (2015), este elemento se encontra na atmosfera cerca de 78%, porém ocorre diversas transformações para ser assimilado, sendo feita por adubação e fixação biológica de nitrogênio, com associações de bactérias. Estes mesmos autores evidenciam que por mais que a quantidade de fósforo presente na planta pode ser considerada menor, em relação aos outros, o solo brasileiro possui uma deficiência de fósforo, apontando que deve ocorrer certo cuidado ao fazer manejo deste elemento químico em cultivos agrícolas.

### 2.3 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM ESPAÇOS INFORMAIS

A educação num contexto generalizado possibilita o ser humano o seu progresso em suas atividades ao longo da vida, nessa linha de pensamento é preciso uma educação no ciclo de vida, com intuito de auxiliar vários campos da vida, como exemplo, econômicos, sociais, científicos e tecnológicos. A educação, de modo geral, prepara o ser humano para o desenvolvimento de suas atividades no percurso de sua vida. Nesse sentido, faz-se necessário uma educação, ao longo da vida, a fim de dar suporte aos vários aspectos sejam eles, econômicos, sociais, científicos e tecnológicos, impostos por um mundo globalizado (CASCAIS; TÉRAN, 2014).

Os termos, formal, não formal e informal são de origem anglo-saxônica, surgidos a partir de 1960 (FÁVERO, 2007). As respostas desejadas para as três educações (educação formal, educação informal e educação não formal), respectivamente, são aprendizagem, conteúdo determinado, já a informal os produtos de aprendizagem se verifica com base de um conceito do senso comum e na educação não formal existe um desenvolvimento em várias etapas (GOHN, 2006).

Nota-se ainda, que a educação informal na ciência, procede-se pela a divulgação científica, assim os três tipos de educação se totalizam, devido a possível utilização da educação informal e não formal para suporte dos conteúdos que ocorrem na educação formal, desta forma as pessoas que não estão presentes nos espaços formais, podem ter o acesso às essas informações sobre as ciências em geral e tecnologias (CASCAIS; TÉRAN, 2014).

Uma das opções para a divulgação científica em espaços informais é a criação de material pedagógico como apostilas com resumos para facilitar que este conteúdo seja levado a qualquer espaço de ensino, pois de acordo com Moreira (2004, p.1) a educação de ciências é onde o aluno, no contexto do trabalho, o leitor, possa buscar e compreender os signos da ciência, podendo assimilar os conceitos, leis e teorias científicas para raciocinar e refletir aspectos do seu dia-a-dia e da ciência.

A divulgação científica é significativa, devido a sua capacidade de ser um meio de reflexão entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade, tendo como responsabilidade a democratização do conhecimento das ciências e tecnologias, proporcionar a alfabetização científica, possibilitando desenvolver o olhar crítico e a preparar a incorporação da sociedade no meio político como tomada de decisões. O conhecimento não pode ficar aprisionado em grupos específicos, ocorrendo a transição entre comunidade científica e a população em geral,



a ciência já demonstrou no contexto histórico da sociedade, que é um agente de transformação social, como exemplo, a própria Revolução Industrial.

Assim, a Ciência que se produz é de grande relevância para as possíveis tecnologias que podem desenvolver-se a partir dessa área de estudo, além de auxiliar na sociedade para os interesses ecológicos, visto isso, a divulgação científica do que são micorrizas, a sua importância, propriedades, áreas de aplicação, podem ocorrer na educação informal que, como descrito por Gohn (2006) pode ocorrer em qualquer lugar e normalmente realiza-se por interesses ou características em comum.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

O tipo de pesquisa desta pesquisa de acordo com Lakatos e Marconi (2003) envolveu uma pesquisa exploratória histórica, assim o tema proposto foi sobre a presença de estudos de micorrizas em volta do eixo educativo no ano de 2019, após isso foi feito um formulário em formato quantitativo e qualitativo para obter percepções de fragmentos sobre ciclo de nitrogênio, bem como relações sobre os elementos químicos essenciais para o desenvolvimento de plantas.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Dentro das técnicas utilizadas para as coletas de dados, foram usadas a de documentação indireta e a observação direta extensiva, pois de acordo com Lakatos e Marconi (2003) a utilização de um conjunto de dados, possibilita que seja utilizado para a ciência, desta forma estes dados auxiliam na obtenção de resultados esperados para o tema abordado em questão.

Sendo assim, a documentação indireta representa a pesquisa bibliográfica histórica sobre o tema de micorrizas, que foi feita utilizando 118 trabalhos encontrados no Capes Periódicos, as palavras-chaves para a obtenção destes artigos foram em inglês e em português, respectivamente foram “*mycorrhizal and native plants in Brazil*”, “micorrizas e plantas nativas no Brasil”, “micorrizas e plantas nativas no Brasil” e “Micorrizas, Plantas nativas, Brasil, FMA”, desta forma encontra-se a discussão dos mesmos no resultados e discussão.

Para a obter dados sobre a percepção das pessoas sobre os ciclos biogeoquímicos, com foco no de nitrogênio e o conhecimento sobre micorrizas foi através da técnica de observação direta extensiva em forma de formulário, onde foram divulgados em grupos de WhatsApp, Gmail e Facebook, o tempo de duração deste questionário foi de 7 dias e sendo encerrado ao atingir 100 participantes.

As perguntas foram feitas com interesse para discutir a percepção e como possibilitar facilitar o entendimento dos ciclos biogeoquímicos e micorrizas, as perguntas são:

- 1) Qual a sua idade?;
- 2) Qual é o município que você mora?;
- 3) Você sabe quais são os nutrientes principais para o desenvolvimento das plantas?;
- 4) Você sabe o que é ciclagem de nutrientes?;

- 5) Você sabe como funciona o ciclo de nitrogênio?;
- 6) Você sabe o que são fungos micorrízicos arbusculares;
- 7) Você acha que é muito difícil entender os ciclos biogeoquímicos?;
- 8) Você usaria cartilhas e pequenas videoaulas para buscar este conteúdo como forma de complementar o conteúdo que você viu/está vendo nas escolas de ensino básico?;
- 9) Você sabe quais são todos os ciclos biogeoquímicos e seus benefícios?;
- 10) Você já associou a ideia do nitrogênio e fósforo auxiliar no desenvolvimento da planta?;
- 11) Você sabia que o ciclo de nitrogênio faz parte da atmosfera?;
- 12) Você acha que a conservação da natureza está atrelada a esses ciclos biogeoquímicos?;
- 13) Se pudesse ter um material didático para o entendimento facilitado dos ciclos biogeoquímicos, qual você usaria?. Nesta última pergunta foi dado o espaço aberto para obter a opinião dos participantes de forma qualitativa para agregar nos resultados obtidos.

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Ao se analisar os dados de forma quantitativa e qualitativa juntamente com o referencial teórico, permite-se qual é o público alvo que este trabalho pretende atingir e como proposta de intervenção para auxiliar neste conhecimento e permitir que a divulgação científica ocorra para que a troca de saberes e a extensão da universidade chegue para a comunidade, assim, ao se analisar foi sugerido durante as respostas do questionário criação de um material didático para a utilização em qualquer espaço de educação, tanto formal quanto informal ou não formal.

O material didático escolhido para auxiliar a comunidade foi à criação de uma material didática, como forma de material de apoio, onde passa as principais informações necessárias sobre o ciclo de nitrogênio e as micorrizas, neste material encontra-se os conceitos, resumos das etapas, reflexão crítica sobre a importância no meio-ambiente, também provém atividades para o leitor desenvolver durante a leitura, tais como resoluções de cruzadinhas, produção de sínteses e desenho de estruturas.

Este material de apoio foi criado através do site Canva, onde todas as imagens e funcionalidades são gratuitas através do e-mail institucional, sendo assim não possuindo nenhum direito autoral a respeito.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 INFORMAÇÕES SOBRE: FMAs E O CRESCIMENTO DE PLANTAS

Ao realizar revisão de literatura sobre a interação entre Fungos Arbusculares Micorrízicos (FMA) e plantas nativas no Brasil, notou-se que há poucos trabalhos que consideram a estas interações e quando ocorrem, geralmente abordaram as interações com espécies para fins comerciais e caracterização geral. Dessas relações que são escassos os trabalhos que abordem a importância das micorrizas para Conservação da Natureza e a interação com as espécies nativas, bem como relacionados à Educação e a divulgação destas relações para a população em geral, especialmente em ambientes informais.

As classificações dos Fungos Micorrízicos Arbusculares se enquadram ao Filo Glomeromycota, pertencentes à classe Glomeromycota, a interação destes fungos com as raízes das plantas se encontra dentro das relações harmônicas da natureza, ocorrendo dentro do mutualismo, devido aos últimos estudos a cerca deste tema, sabe-se que esta ação não possui um grau complexo de especificidade a diversas famílias de plantas, o funcionamento desta simbiose ocorre quando as plantas fornecem matéria orgânica para os FMAs, onde possibilita que se reproduzam e se desenvolvam, em troca os FMAs fornecem o prolongamento destas raízes, assim, favorecendo uma maior área de absorção de nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, como o Nitrogênio e Fósforo, além de também possibilitar resistências a fatores patogênicos.

Desta maneira, Souza et al. (2006) cita em seu trabalho esse acréscimo das resistências a problemas patogênicos nas raízes das plantas, assim, dificultando ataques as raízes, evidencia também que nesta ação simbiote ocorre um sequestro de Carbono na atmosfera, pois há um acúmulo de massa microbiana e carbono nestas raízes, além destes benefícios apresenta uma glicoproteína sintetizada pelos FMAs denominada como glomalina, que proporciona uma consolidação do solo com anexos presentes nele.

Durante essa pesquisa foi alcançado 118 trabalhos no ano de 2019, com as palavras chaves de “mycorrhizal and native plants in Brazil” e “micorrizas e plantas nativas no Brasil” e “Micorrizas, Plantas nativas, Brasil, FMA”, onde respectivamente foram 74 artigos, 26 artigos e 18 artigos, porém ao se considerar o objetivo da pesquisa apenas 9 artigos foram encontrados, dentre todos esses artigos encontrados houveram mais 11 trabalhos que o foco da pesquisa era relacionado a conservação da natureza, restauração florestal e para utilização comercial, para padronização estes artigos foram procurados somente no Periódicos Capes.

Sabe-se que as micorrizas têm um potencial para utilização de restauração florestal, visto que Matias et al. (2009) evidencia o uso desses FMAs em áreas que foram comprometidas devido a mineração em Minas Gerais, assim, estudos sobre Micorrizas são fundamentais para a população compreender quais são a importância deste no ciclo biogeoquímico e desenvolvimento de plantas nestes ecossistemas.

Foi observado que durante essa revisão literatura há uma carência de trabalhos que explicitam a relevância dos FMAs para a restauração florestal e Conservação da Natureza com espécies nativas do Brasil, além de também ser notado uma ausência de trabalhos que estejam vinculados a Educação sobre este tema, desta forma, vê a necessidade de produções de artigos Educacionais sobre esse eixo temático e a suas relações com os ciclos biogeoquímicos, desta forma possibilitando passar este conhecimento para a população fora da academia científica.

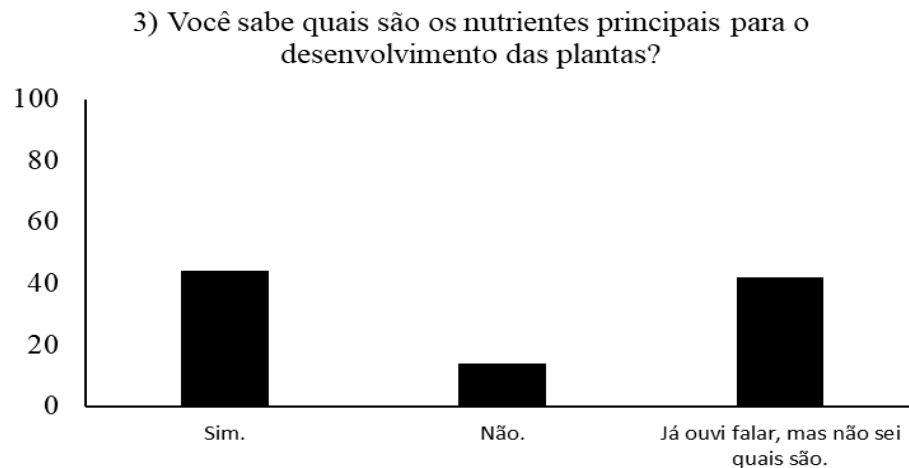
De acordo com SANTOS et al. (2003) trabalhar com micorrizas na educação há uma importante funcionalidade como ferramenta para apresentar as interações que as plantas possuem com outros seres vivos, assim podendo conscientizar sobre essas relações entre os organismos. Portanto, ao se ensinar micorrizas pode-se entender que abrangem muitas relações com o meio ambiente, tais como os ciclos biogeoquímicos, simbioses mutualísticas e relações harmônicas.

#### 4.2 PERCEPÇÕES DA POPULAÇÃO SOBRE OS FUNGOS ARBUSCULARES MICORRÍZICOS E NUTRIÇÃO VEGETAL

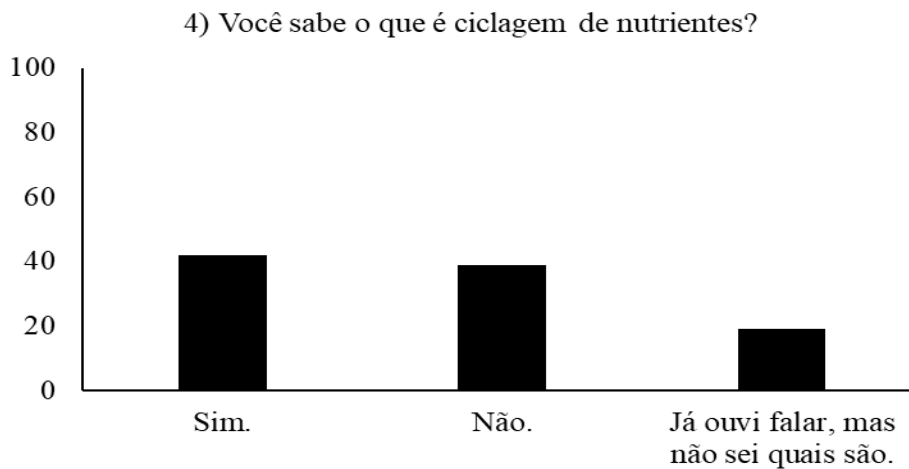
Ao realizar o questionário para observar as percepções das pessoas sobre a percepção dos ciclos biogeoquímicos e o conhecimento sobre micorrizas, se obteve uma faixa etária abrangente de entre a 17 a 63 anos de idade, com um número elevado entre a idade de 20 a 25 anos, referente às regiões desta população foi distribuída entre todo o Brasil de forma aleatória, porém as respostas foram com predominância no estado do Paraná, município de Ponta Grossa.

Relacionado às perguntas 3 e 4 (Figura 1), foi questionado se os participantes possuíam conhecimento de quais são os principais nutrientes para o crescimento das plantas, no qual 42% destas pessoas ouviram falar sobre, porém não lembram qual são, verificando que este conhecimento existe uma perda no aprendizado, uma das possíveis justificativas a isto é devido muitas vezes este conteúdo ser muito abstrato, sem entender qual é a aplicação destes elementos na vida real, na questão número 4 (Figura 2), questiona-se o conhecimento

precedente sobre os ciclos de nutrientes, obtendo-se resultados de 39% das respostas não possuíam conhecimento do que seja estes ciclos e 19% das respostas ouviram falar, porém não sabe o que é, fazendo uma análise destas duas questões novamente evidencia que é um conteúdo abstrato visto no período escolar e acaba caindo no esquecimento.

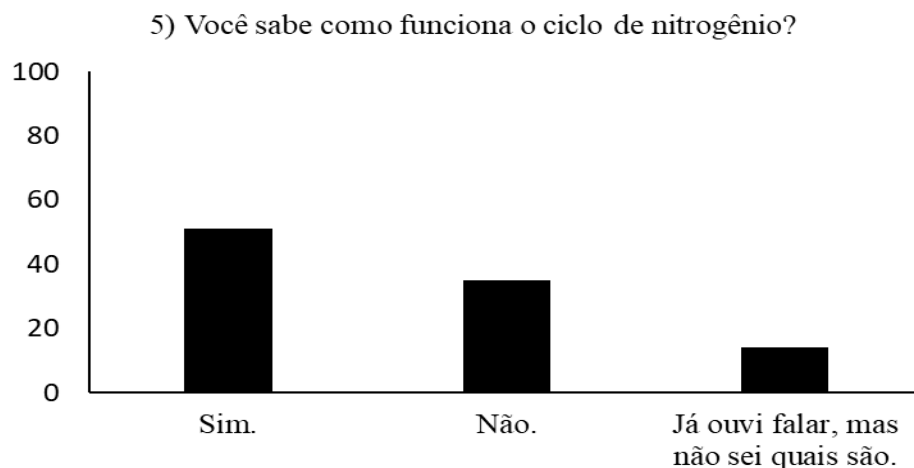


**Figura 1.** Pergunta 3 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre o conhecimento dos principais nutrientes para o desenvolvimento das plantas.

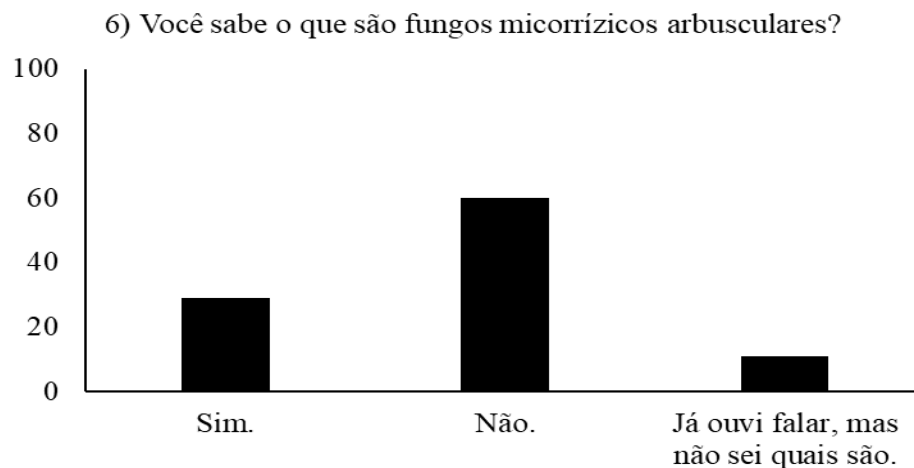


**Figura 2.** Pergunta 4 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre o conhecimento do que é a ciclagem de nutrientes.

Nas questões 5 e 6 (Figura 3 e Figura 4), pergunta-se sobre o conhecimento sobre o ciclo de nitrogênio, tendo como resultado de 49% dos participantes não conhece ou já ouviram falar sobre, porém não sabe o que é, isto é um problema pois este ciclo é extremamente importante para o funcionamento dos seres vivos, assim, entender este ciclo é entender como o ambiente se relaciona e funciona, sobre as micorrizas 60% das pessoas não tinham nenhum conhecimento prévio e 11% já ouviram falar, porém não sabem o que é, assim evidenciando outro problema, pois as micorrizas participam também do ciclo de nitrogênio e captação de outros nutrientes.



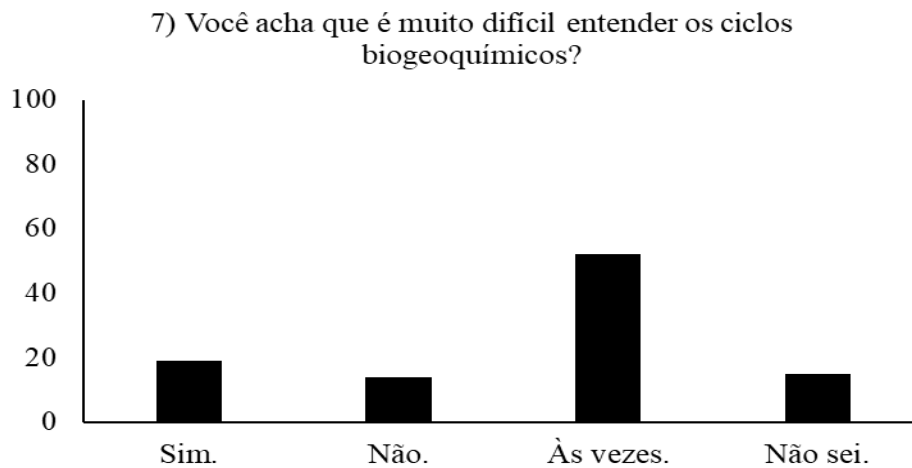
**Figura 3.** Pergunta 5 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre o funcionamento do ciclo de nitrogênio.



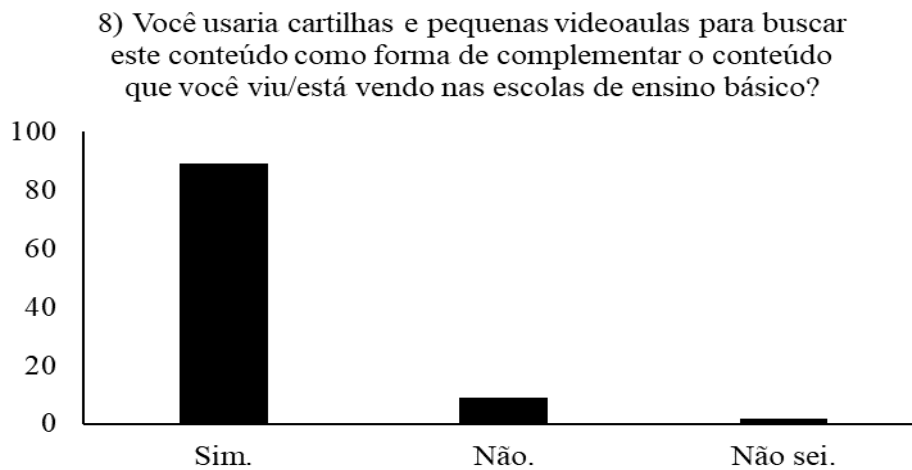
**Figura 4.** Pergunta 6 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre o conhecimento o que são fungos micorrízicos arbusculares.

Na pergunta 7 (Figura 5), questiona-se sobre as dificuldades de entendimento dos ciclos biogeoquímicos obtendo resultados que 19% sentem uma dificuldade e 52% apresentam dificuldade às vezes e 15% não sabe dizer se apresentam dificuldade ou não, assim entende-se que esta dificuldade existe e está presente a respeito deste tema, relacionado à questão 8 (Figura 6), pergunta-se se utilizariam cartilhas ou vídeos para aperfeiçoar este conteúdo que foi visto no ensino básico, onde 89% responderam que sim.

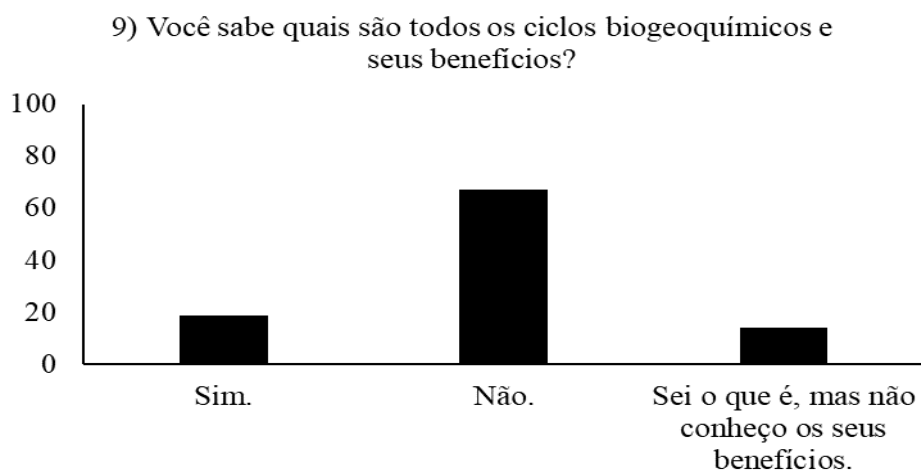
Na pergunta 9 (Figura 7), questiona-se se sabem todos os ciclos biogeoquímicos e seus benefícios, tendo como resultado de 67% não sabem quais são e seus benefícios e 14% sabem quais são, porém não sabe seus benefícios, desta forma relacionando a pergunta 8 com a pergunta 7 e 9, compreende-se que um material de fácil entendimento como cartilhas poderá auxiliar no entendimento deste conteúdo, visto que se for apresentado de forma mais lúdica, com os principais conceitos e etapas, facilitando a compreensão deste conteúdo.



**Figura 5.** Pergunta 7 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre a percepção da dificuldade de entendimento dos ciclos biogeoquímicos



**Figura 6.** Pergunta 8 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre o uso de cartilhas e pequenas videos aulas para a complementação do conteúdo visto durante o ensino básico.



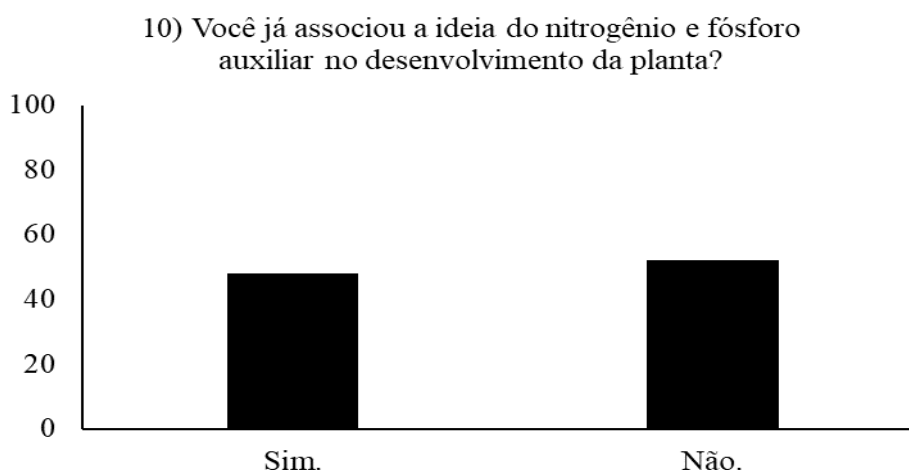
**Figura 7.** Pergunta 9 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre o conhecimento de todos os ciclos biogeoquímicos e quais são seus benefícios.



Ao fazer uma análise destes dados é possível relacionar esta dificuldade nestes temas, de acordo com autores Duré, Andrade e Abílio (2018) existe uma dificuldade do aluno visualizar o abstrato, pois exige uma alta concentração e imaginação para que possa compreender a linha do pensamento do professor, como solução sugere a utilização de recursos pedagógicos didáticos, pois afirma que devido à distância da realidade o aluno possa não compreender a verdadeira reflexão crítica do assunto.

Para uma maior problematização, Gondin e Machado (2015) produz um trabalho, que cita que professores formados possuem certa dificuldade em ensinar ciclos biogeoquímicos, pois repassam de forma memorizada e sistematizada, muitas vezes não fazendo uma reflexão crítica deste assunto, desta forma possibilitando que o conteúdo fique mais abstrato e não trazendo a realidade do aluno. Desta maneira, é possível que estas informações corroboram com um fragmento da sociedade, assim, o professor deve buscar métodos pluralistas e ter uma formação continuada, para que possa auxiliar os alunos e a sociedade.

Na questão 10 (Figura 8), pergunta-se se já associaram a ideia do nitrogênio e fósforo auxiliar no desenvolvimento da planta, mostrando novamente que há um déficit nesse conteúdo, sendo que esses elementos são fundamentais para o desenvolvimento da planta, onde o nitrogênio é responsável pela formação do caule e folhas e o fósforo os frutos. Na última pergunta, foi uma questão qualitativa, sobre quais materiais eles possivelmente utilizariam para buscar facilitar este entendimento, obtendo respostas como: “Para alunos da educação básica e público leigo, materiais ricamente ilustrados (como cartilhas, um capítulo no livro, painéis, etc) facilitaria o entendimento dos alunos. Para a formação superior, acredito que um material mais técnico, ilustrações mais simples são suficientes, e pode-se trabalhar níveis mais técnico, termos mais científicos, e mostrando mais detalhes dos ciclos biogeoquímicos”.



**Figura 8.** Pergunta 10 do questionário aplicado e suas respectivas respostas sobre se os participantes já associaram a ideia do nitrogênio e fósforo como elementos que auxiliam no desenvolvimento da planta.

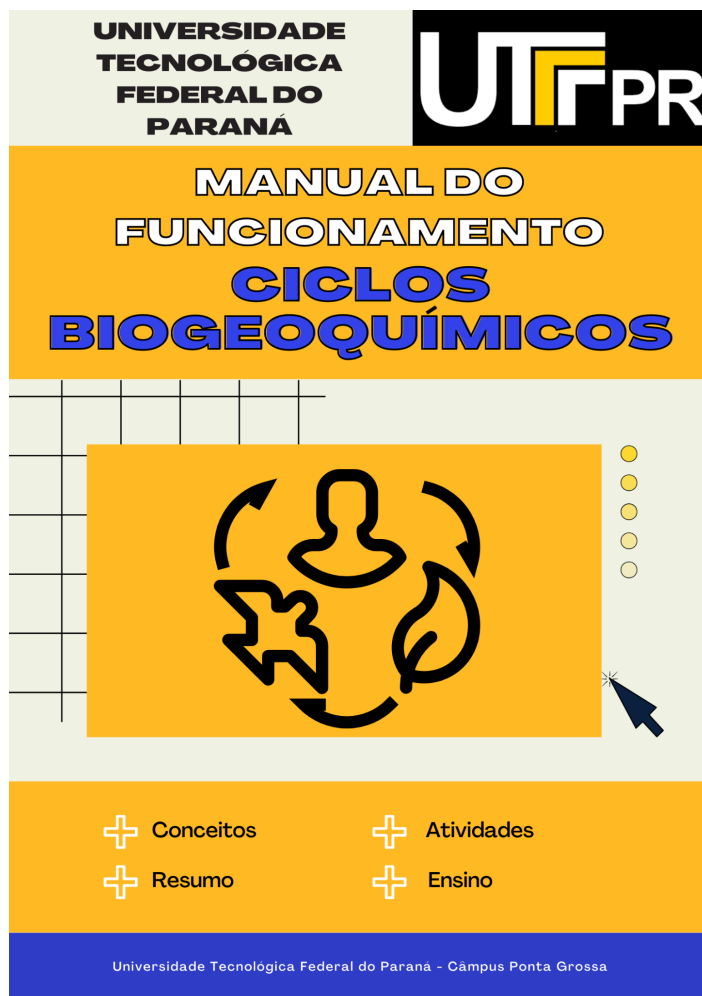
Desta forma, ao analisar todas as respostas percebe-se que os participantes possuem um conhecimento prévio sobre os ciclos biogeoquímicos, porém acabam ainda por muitas vezes serem superficiais ou abstratos, indicando que são necessárias produções de materiais mais lúdicos destes temas, que possa absorver e compreender o conteúdo para o cotidiano, como a sua importância para a sobrevivência dos seres vivos.

#### 4.3 DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL: FUNGOS ARBUSCULARES MICORRÍZICOS E A NUTRIÇÃO VEGETAL

Para a construção do material foi selecionado por meio da percepção da população sobre os fungos arbusculares micorrízicos e a nutrição vegetal, onde muitas respostas foram a utilização de apostilas, cartilhas e um conteúdo mais visual, desta forma, ao se analisar foi criado uma apostila sobre o ciclo biogeoquímico de nitrogênio e sua relação com as micorrizas, a intenção é de trazer um material mais lúdico com um conteúdo mais compactado e de fácil entendimento, com bastante cores e imagens para chamar atenção do leitor, além também de ter atividades simples para fixação do conteúdo abordado (Apêndice II).

Assim, a intenção foi criar uma capa chamativa sobre o assunto juntamente com o que o leitor observará, entende-se que irá ver o ciclo biogeoquímico de forma resumida, com os seus conceitos e terá atividades que possibilitaram o seu ensino, mostra também que foi criado dentro de uma instituição trazendo a seriedade dessas informações (Figura 9). Como sequência, foi criado o índice com o título de cada página e seus respectivos conteúdos, desta forma estruturando e sistematizando uma linha para o leitor seguir, onde caso ele precise voltar ou ir a determinado assunto, fica de forma mais visível onde localizar e facilitando ainda mais onde encontrar a devida informação.

Para introduzir o assunto é interessante que apresente o conteúdo básico de o que é um ciclo biogeoquímico e o porquê eles são importantes para a sobrevivência dos seres vivos em sua manutenção, neste momento foi citado que existem outros ciclos biogeoquímicos, porém nesta apostila será apresentado somente o do nitrogênio, pois futuramente é um projeto para a pós graduação em ensino explicando os demais ciclos, assim, com o objetivo dessas duas páginas iniciais são para a forma introdutória do que são, buscando trazer elementos chamativos que prenda a atenção do leitor.



**Figura 9.** Capa da apostila produzida.

Por seqüência, a próxima página busca trazer os conceitos do que é o nitrogênio, o porquê este elemento é importante para a vida e mostrar que é um elemento abundante na atmosfera, porém não é utilizável na forma que se encontra, onde passa por fases até ser utilizado na cadeia alimentar, neste momento a intenção é resumir o conceito e trazer as informações mais importantes sobre este assunto, com o nome das etapas para que o leitor já entenda qual é o caminho deste ciclo.

Na página anterior foi dito que o nitrogênio é essencial para a formação de ácidos nucleicos e aminoácidos, como este assunto não foi abordado anteriormente, foi necessária uma busca desses saberes, para que todos que leiam esta apostila possam entender e compreender de fato o que está sendo dito. Assim, ocorreu uma criação de uma página explicando o que são aminoácidos e ácidos nucleicos, o título foi feita em formato de pergunta para que quando o leitor estivesse lendo, os saberes prévios possam surgir e relembrar o que é este tema, foi utilizado figuras também representativas para associar a imagem com o texto que está escrito e sua função no organismo.


Por conseguinte as próximas páginas foram referentes às etapas do ciclo de nitrogênio, a primeira etapa foi a de fixação, buscando de forma clara e objetiva o que acontece nessa etapa, com suas maneiras de ocorrer esta fixação, como atmosférica, industrial e biótica, na parte de biótica foi apresentado o gênero de bactéria que geralmente é responsável por essa fixação, denominando como bactérias fixadoras de nitrogênio, onde na página seguinte há uma explicação o que são essas bactérias, como elas fazem isso e uma imagem para evidenciar os nódulos que criam nas raízes das plantas. Após a etapa de amonificação (Figura 10) que ocorre dentro da fixação onde seria a utilização de tecidos mortos ou excrementos da matéria orgânica nitrogenada em estado de decomposição e evidenciando que os responsáveis são as bactérias saprófitas e os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs), assim, fazendo uma ligação entre o ciclo de nitrogênio e os FMAs.

**CICLO DO  
NITROGÊNIO**

**AMONIFICAÇÃO**

O processo de amonificação ocorre devido a decomposição da matéria orgânica nitrogenada, ou seja, compostos mortos ou excremento dos mesmos.

São feitos através de \*bactérias saprófitas e diversos fungos, um dos fungos que também estão presentes nesta etapa são os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA).



\*Bactérias saprófitas são aquelas que irão se desenvolver em tecidos mortos e excrementos, conhecidas geralmente como decompositoras.

PÁGINA 08

**Figura 10.** Página sobre a etapa de Amonificação do Ciclo de Nitrogênio.

Referente à próxima etapa, sendo uma das mais importantes, foi explicado de forma geral a nitrificação, como ocorre, as bactérias envolvidas e a importância dessa etapa, além de

evidenciar que nesta fase, acontece duas sub-fases, a nitrosação e a nitratação (Figura 11), com a intenção de explicar os produtos formados por elas, como o nitrito e nitrato, utilizando texto como apoio e fórmulas químicas evidenciando com destaques o que está acontecendo em cada fórmula.

**NITROSAÇÃO E NITRATAÇÃO**

COMO CITADO ANTERIORMENTE, SÃO RESPONSÁVEIS EM POSSIBILITAR A ENTRADA DO NITROGÊNIO NA CADEIA ALIMENTAR, PARA QUE ISSO OCORRA ESSAS BACTÉRIAS FAZEM O PROCESSO DE QUIMIOSSÍNTESE, DURANTE ESSA AÇÃO É NECESSÁRIA A OXIDAÇÃO DE AMÔNIA (NH<sub>3</sub>) PARA NITRITO (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), PARA QUE DEPOIS O NITRITO SEJA OXIDADO E SE TRANSFORME EM NITRATO (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

FORMA FINAL QUE AS PLANTAS CONSEGUEM ABSORVER PARA A FORMAÇÃO DE SUAS PROTEÍNAS, QUE POR SUA VEZ FORMAM CAULES E FOLHAS.

EQUAÇÃO DA REAÇÃO DE NITROSAÇÃO:  
OXIDAÇÃO DA AMÔNIA EM NITRITO.

$$2 \text{NH}_3^+ + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2^- + 2 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$$

ÍON AMÔNIA                      ÍON NITRITO

EQUAÇÃO DA REAÇÃO DE NITRATAÇÃO:  
OXIDAÇÃO DO NITRITO EM NITRATO.

$$2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$$

ÍON NITRITO                      ÍON NITRATO

PÁGINA 10

**Figura 11.** Página sobre a etapa de nitrificação do Ciclo de Nitrogênio, a respeito da nitrosação e nitratação.

Como última etapa a de Desnitrificação foi levantado a questão como é um ciclo ele não possui fim, desta forma esta etapa voltaria para a primeira e voltaria a fazer o ciclo de nitrogênio com todas as outras etapas, assim, mostrando que neste momento o nitrogênio do solo voltaria para atmosfera e assim permitindo o equilíbrio dele no solo e na atmosfera. Por fim sobre este tema, foi abordado a questão da importância deste ciclo no meio ambiente, além da criação de uma imagem mostrando cada etapa do ciclo, o que foi gerado em cada etapa e o nome de cada fase, possibilitando que o leitor pegue os conhecimentos obtidos no decorrer da leitura e visualize numa forma geral o que foi aprendido.

Após as etapas do ciclo de nitrogênio, foi elaborado duas páginas contendo as informações básicas das micorrizas, a palavra de origem, o filo e classe das micorrizas, a função simbiote destes fungos, de maneira onde explica o que é oferecido ao vegetal e o que a planta oferece em troca, além desse conceito geral, imagens reais de como são vistas na natureza, foi mostrado algumas curiosidades dos benefícios destas plantas com as micorrizas, como resistências a fatores patogênicos, assim, mostrando que é uma potencial ferramenta ecológica, por exemplo em utilização de hortas mais sustentáveis, sem uso de agrotóxico ou fertilizante químico.

Como proposta de fixação desse conteúdo abordado, para uma maneira mais descontraída foi utilizada algumas atividades para o aluno relembrar e refletir sobre o que foi apresentado na apostila, assim foram criadas quatro atividades, sendo uma palavra cruzada com alguns termos utilizado nas etapas do ciclo de nitrogênio, como oxidação, nitrato, nitrito entre outras, outras duas atividades de elaboração de síntese e resumo, uma sobre as etapas do ciclo e a sua importância e outra sobre as micorrizas e como se relacionam ao ciclo de nitrogênio, como última atividade, o leitor pesquisaria sobre as estruturas das micorrizas e desenharia na última folha para aprofundar seu conhecimento.

De acordo com Silva e Silva (2017), os ciclos biogeoquímicos no período de 2001 a 2014 houve uma lacuna de 10 anos de produções sobre este conteúdo, porém acontece um aumento de produções a partir deste ano, porém isto evidencia que ciclos biogeoquímicos junto com os dados levantados da revisão bibliográfica sobre as micorrizas neste trabalho ocorre uma carência de produções educacionais a cerca deste eixo. Os mesmos autores citam que as produções geralmente são feitas devida a um desconforto dos professores a métodos tradicionais de ensino, pois buscam maneiras diferenciadas de ensino e aprendizagem, permitindo que materiais de baixo custo e fácil acesso sejam produzidos. Assim, ao analisar com a produção de material didático em formato de material de apoio possibilita que seja distribuído, cumprindo o objetivo de uma produção com metodologias mais pluralistas.

Segundo Silva e Frenedo (2009) estudantes possuem um grau de dificuldade a assuntos gerais e específicos a respeito do tema de ciclo de Nitrogênio, pois até mesmo apresenta que a dificuldade de um docente é transpor este conhecimento científico de maneira didática, assim, aponta que é necessário que ocorra essa transposição didática para que os docentes compreendam este assunto.

Desta forma, percebe-se que são necessárias cada vez mais produções de materiais didáticos, tais como jogos, apostilas, exposições, palestras, para que os conteúdos científicos

cheguem à comunidade, isto é, ir além da comunidade escolar, atingir a população que queira buscar este conteúdo com informações confiáveis e verdadeiras. Ainda, este material pode ser utilizado no ensino formal, no ensino médio, onde ainda há certa defasagem sobre determinados temas em biologia, e até mesmo rejeição a estes, como apontado Duré, Andrade e Abílio (2018) cerca de 43,4% dos 437 participantes da entrevista apresentam este comportamento de rejeição a bioquímica e 9,1% em ecologia, desta forma compreende-se que é um assunto que os discentes não têm preferência, assim causando uma certa dificuldade. Assim, esta dificuldade permanece durante essa fase e acarretas em uma complicação para um após a escola acerca deste assunto, até que novamente necessite a busca para algo relacionado ao seu cotidiano.

Cabe destacar ainda, que o material desenvolvido pode ser utilizado para a educação ambiental, onde Conforme Marcatto (2002) a educação ambiental é um instrumento que possibilita sensibilizar a sociedade a respeito do meio ambiente, pois desta forma capacita a reflexão dos problemas ambientais e conscientiza sobre a seriedade deles e suas gravidades. Desta forma, atingindo um dos objetivos de desenvolver um material que possa auxiliar neste quesito e que possa ser divulgado em espaços informais de ensino, pois de acordo com Gohn (2006) pode ser divulgado em qualquer lugar e a ciência que foi produzida tem uma importância para sociedade e interesses ecológicos, podendo até mesmo ser utilizado como suporte em espaços formais e não formais de ensino (CASCAIS; TÉRAN, 2014).

Então, devido às essas evidências citadas anteriormente, compreende-se que produções didáticas junto com processos lúdicos de cruzadinha e produções de síntese a cerca das micorrizas e ciclos biogeoquímicos, estruturados com o conteúdo de forma mais objetiva e clara, juntamente com imagens, possibilita que essas reflexões aconteçam de forma mais objetiva, pois busca trazer o leitor a realidade, visto que este material é para além da comunidade escolar, pois se sabe que este é um assunto que há uma certa dificuldade de entendimento a alguns anos, assim, para aqueles que já passaram no sistema escolar, possam encontrar materiais gratuitos e de fácil acesso, além de possibilitar uma reflexão crítica sobre o meio ambiente, possibilitando uma ação de educação ambiental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ciclos biogeoquímicos e a sua relação com micorrizas são fundamentais para que a manutenção dos seres vivos aconteça, assim, compreender estes ciclos permite uma reflexão crítica da ação humano sobre eles, tais como entender materiais nocivos que podem causar um desequilíbrio. Entende-se que os conteúdos muitas vezes por serem abstratos trazem dificuldade tanto para o docente quanto para o discente e devido pode ocorrer defasagem no processo de ensino e aprendizagem neste, podendo ter consequências da ausência do entendimento deste para ao longo da vida. Devido as micorrizas fazerem essa simbiose mutualísticas, tendo como foco principal o fósforo e nitrogênio, compreende-se que estudar os ciclos biogeoquímicos possa auxiliar na importância que os FMAs possuem em relação a estes em suas etapas, desta forma conseguindo obter uma transversalidade destes temas, desde micorrizas à ciclos biogeoquímicos, então para que ocorra uma reflexão crítica de manutenção destes ciclos com a micorriza, assim sendo o objeto de estudo escolhido neste momento.

Desta forma, diante das informações que são técnicas e que por vezes apresentam ausência de materiais que tenham uma linguagem acessível é o local de proposição deste material, que visou colaborar com a divulgação científica a respeito das associações de micorrizas e plantas, enfatizando, como acontece, o porquê acontece e qual é a sua importância, o material determinado para produção foi um material de apoio atendendo estes critérios que possibilitam a divulgação em espaços informais de forma gratuita e acessível, que possa democratizar esses saberes para a sociedade.



## REFERÊNCIAS

BERTOLAZI, A. A.; CANTON, G.C.; AZEVEDO, I.G.; CRUZ, Z. M. A.; SOARES, J. M.; SANTOS, W. O.; RAMOS, A. C. O papel das ectomicorrizas na biorremediação de metais pesados no solo. **Natureza on line**. v. 8, p. 24-31, 2010.

BRUSSAARD, L.; **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**. UFLA, 2006.

BUSATO, L. C.; JUNIOR, C. R; VIEIRA, J; ESPERANÇA, A. A. F; MARTINS, S. V. Aspectos ecológicos na produção de sementes e mudas para a restauração. In: S.V. MARTINS. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. 2012. 293p.

CAMARGO-RICALDE, S. L.; MONTAÑO, N. M.; ROSAMERA, C. J. D. L.; ARIAS, S. A. M. **Micorrizas: una gran unión debajo del suelo**. v.13, n.7, p. 1-19. 2012.

CÂMARA, G. M. S.; Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. **Visão Agrícola Nº5**, São Paulo, 2006.

CASCAIS, M. G. A; TERÁN, A. F. Educação formal, informal e não formal na educação em ciências. **Ciências em Tela**, v. 7. n. 2. p. 1-10. 2014.

DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P.; Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: Quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? **Experiências em Ensino de Ciências** V.13, No.1 2018

ENGEL, V. L.; PARROTTA J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.;

EPSTEIN, E; BLOOM A. J. Nutrição Mineral das Plantas: Princípios e Perspectivas. **Planta**. 2006.

FÁVERO, O. Educação não-formal: contextos, percursos e sujeitos. **Educ. Soc.**, Campinas, vol. 28, n. 99, p. 614-617, 2007.

FELISBERTO, E. H. Eficiência simbiótica de inoculantes a base de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de cebola (*Allium cepa* L.). 2013, 56 f. **Dissertação** (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 3. 751 p. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006.

GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003, 340p.

- GONDIN, C. M. M.; MACHADO, V. M.; Uma organização praxeológica: construção coletiva de um jogo sobre os ciclos biogeoquímicos. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC** Águas de Lindóia, São Paulo, 2015.
- GOHN, M.G. Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. **Ensaio:aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v.14, n.50, p. 27-38, 2006.
- GONÇALVES, J. L. M.; NOGUEIRA, J. L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.;
- GUPTA, V.; SATYANARAYANA, T.; GARG, S. General aspects of mycorrhiza. In: Mukerji, K.G., B.P.; Singh, Chamola & J. (eds). **Mycorrhizal Biology**, p. 27-44, 2000.
- JAMARILLO, I. R. L. A micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiologica dinamica del suelo. **Contactos**, v.81, p.17-23, 2011.
- KÖNIG, F.; GONÇALVES, G. E. P.; AGUIAR, A. R.; SILVA, A. C. F.; Bioma Pampa: Interações entre micro-organismos e espécies vegetais nativas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 1, p. 3-9. 2014.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003, 310p.
- MARCATTO, C.; Educação ambiental: conceitos e princípios. Belo Horizonte: FEAM, 2002.
- MARTINS, S. V. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 293p.
- MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo, Editora **Agronômica Ceres**, 2006.
- MATIAS, S. R.; PAGANO, M. C; MUZZI, F. C.; OLIVEIRA, C. A; CARNEIRO, A. A.; HORTA, S. N.; SCOTTI, M. R.; Effect of rhizobia, mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing microorganisms in the rhizosphere of native plants used to recover an iron ore area in Brazil. **European Journal of Soil Biology** v. 45, p. 259–266, 2009.
- MOREIRA, Marco Antonio. Investigación Básica em educação em Ciências: uma visão pessoal. **Revista Chilena de Educación Científica**, Chile, v.3, n.1, p. 10-17, 2004.
- OLIVEIRA, J. R. G.; RESENDE, G. M.; MELO, N. F; YANO-MELO, A. M. Symbiotic compatibility between arbuscular mycorrhizal fungi (autoctone or exotic) and three native species of the Caatinga in different phosphorus levels. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 59-69, 2017.
- PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**. v.6, n.10, p.763-765. 2008.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H.; Fisiologia vegetal Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, **Rede e-Tec Brasil**, 2015.

SANTOS, V. R.; VIANA, T. V.; BARRETO, M. B. B; SOUZA, F. A; Endomicorrizas conhecer para preservar: uma proposta de trabalho na educação ambiental. **64º Congresso Nacional de Botânica Belo Horizonte**, 2013;

SALGADO, F. H. M.; MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. Q.; BARBOSA, R. H.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Arbuscular mycorrhizal fungi and colonization stimulant in cotton and maize. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, n.6, p. 1-7, 2017.

SIKES, B. A., KOTTENIE, K. KLIRONOMOS, J. N. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 1274-1280, 2009.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS R. M. R.; STURMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biocencologia Ciência e Desenvolvimento**. n. 25, 2002.

SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C.; CURI, N.; ROSADO, S.C.S. & DAVIDE, A.C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in South. Brazil. **For. Ecol. Manag.**, v.107, p. 241-252, 1998.

SIQUEIRA, J.O.; SYLVIA, D.M.; GIBSON, J.; HUBBELL, D.H. Spores, germination and germ tubes of vesiculararbuscular mycorrhizal fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, v.31, n.11, p.965-72, 1985.

SMITH, S.E.; JAKOBSEN, I.; GRONLUND, M.; ANDREW SMITH, F. Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition 1. **Plant Physiology**, v. 156, p. 1050 – 1057, 2011.

SILVA, R.; FRENEDOZO, R. C. Mudanças e simplificações do saber científico ao saber a ensinar: uma análise da transposição didática do ciclo do nitrogênio em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009. Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2009.

SILVA, T. R.; SILVA, R. B.; Reflexões sobre a abordagem de ciclos biogeoquímicos no Ensino em Ciências: Considerações para um enfoque em CTS. **Revista do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica**. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v. 5, n. 2, p.5-18, jul./dez. 2017.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, p.453-69. 1997.

SOUZA, F.A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L.; Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito mais diversos do que se imaginava. *In*: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.;

TRESEDER, K. K.; CROSS, A. Global Distributions of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. **Ecosystems**. v.9, p. 31-305. 2006.

**APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PRODUZIDO PARA A PERCEPÇÃO DOS  
CICLOS BIOGEOQUÍMICOS**

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENSINO - LICENCIATURA EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS  
DISCENTE: GUILHERME F. R. DA SILVA DOCENTE: JÉZILI DIAS

- 1) Qual a sua idade?
- 2) Qual é o município que você mora?:
- 3) Você sabe quais são os nutrientes principais para o desenvolvimento das plantas?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Já ouvi falar, mas não sei quais são.
- 4) Você sabe o que é ciclagem de nutrientes?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Já ouvi falar, mas não sei o que é.
- 5) Você sabe como funciona o ciclo de nitrogênio?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Já ouvi falar, mas não sei o que é.
- 6) Você sabe o que são fungos micorrízicos arbusculares?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Já ouvi falar, mas não sei o que é.
- 7) Você acha que é muito difícil entender os ciclos biogeoquímicos?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Às vezes; ( ) Não sei.
- 8) Você usaria cartilhas e pequenas videoaulas para buscar este conteúdo como forma de complementar o conteúdo que você viu/está vendo nas escolas de ensino básico?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Não sei;
- 9) Você sabe quais são todos os ciclos biogeoquímicos e seus benefícios?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Sei o que é, mas não conheço os seus benefícios.
- 10) Você já associou a ideia do nitrogênio e fósforo auxiliar no desenvolvimento da planta?  
( ) Sim; ( ) Não.
- 11) Você sabia que o ciclo de nitrogênio faz parte da atmosfera?  
( ) Sim; ( ) Não;
- 12) Se pudesse ter um material didático para o entendimento facilitado, qual você usaria?  
Pergunta aberta
- 13) Você acha que a conservação da natureza está atrelada a esses ciclos biogeoquímicos?  
( ) Sim; ( ) Não; ( ) Indiferente;

**APÊNDICE B – MATERIAL DE APOIO PRODUZIDO SOBRE OS CICLOS  
BIOGEOQUÍMICOS**

**UNIVERSIDADE  
TECNOLOGICA  
FEDERAL DO  
PARANÁ**

**UTPR**

**MANUAL DO  
FUNCIONAMENTO  
CICLOS  
BIOGEOQUÍMICOS**



+ Conceitos

+ Atividades

+ Resumo

+ Ensino



**I. INTRODUÇÃO***O que são ciclos biogeoquímicos?* **1****II. CICLO DE NITROGÊNIO***Conceito do Ciclo de Nitrogênio* **3***O que são aminoácidos e ácidos nucleicos?* **4***Fixação* **5***Amonificação* **8***Nitrificação* **9***Desnitrificação* **11***Qual é a importância do ciclo de nitrogênio?* **12***Atividades* **13****III. FUNGOS MICORRÍZICOS****ARBUSCULARES(FMA)***O que são os FMAs?* **15***Curiosidade sobre os FMAs* **16***Atividades* **17****IV. CICLO DE FÓSFORO***Conceito do Ciclo de Fósforo* **19***Ciclos de tempos Ecológicos e Geológicos* **20****REFERÊNCIAS***Referências bibliográficas* **21**

# O que são ciclos biogeoquímicos?

---

Entender os ciclos biogeoquímicos é entender a importância de conservá-los.



Os ciclos biogeoquímicos são eventos que realiza-se de forma natural, que ocorre em todo o planeta durante o tempo inteiro, no qual os elementos químicos transitam entre seres vivos e posteriormente ao meio ambiente, isso acontece de forma contínua buscando manter o equilíbrio destes elementos na biosfera, para entender um pouco mais da importância, estes ciclos estão alinhados com a condição do planeta e assim, fatores como desmatamento e mudanças climáticas afetam diretamente estes ciclos, impossibilitando que naquela região ocorra um equilíbrio ecológico, entre os processos físicos, biológicos e químicos.

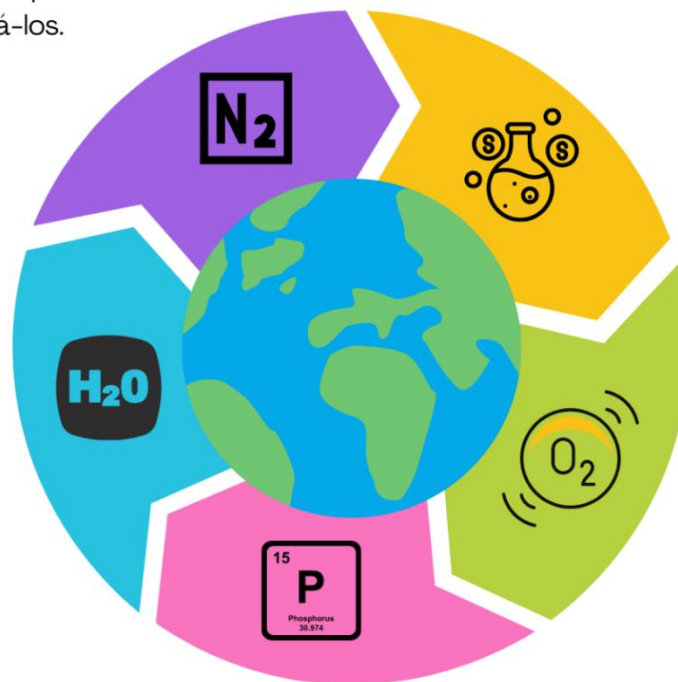
Alguns exemplos de ciclos biogeoquímicos são o nitrogênio, água, oxigênio etc. Nesta apostila iremos nos aprofundar no ciclo de nitrogênio, além de explicar o que são Fungos Micorrizicos Arbusculares (FMA) que se encontram presentes neste ciclo.

---

# O que são ciclos biogeoquímicos?

---

Entender os ciclos biogeoquímicos é entender a importância de conservá-los.



---

Os ciclos biogeoquímicos são fechados, sendo assim, possuem finitudes de elementos a disposição, desta forma para que o planeta faça sua função, ocorre esta reciclagem de nutrientes, permitindo que a vida se mantenha de forma harmônica (RAVEN et al., 2014). Sendo assim, compreender os ciclos biogeoquímicos é assimilar sua importância e possibilitar reflexões críticas de materiais que possam prejudicar este funcionamento, como por exemplo a radiação não controlada, onde pode afetar todos os seres vivos, a sobrevivência e a conservação da natureza (ROSA, MESSIAS, AMBROZINI; 2003).

Embora estes ciclos estejam presentes no nosso cotidiano, um fragmento da população não consegue enxergar estes eventos, além de uma parcela deste grupo não assimilar esses ciclos ao crescimento de plantas (FATARELLI, DIAS; 2021), assim, fique ligado para entender o ciclo de nitrogênio e como ele ocorre no dia-a-dia.

---

# CICLO DE NITROGÊNIO

Ciclo biogeoquímico que permite a circulação de nitrogênio da atmosfera para o solo.

## CONCEITO



O ciclo de nitrogênio possui como papel essencial a circulação de nitrogênio no planeta, onde este elemento é principal para a formação de ácidos nucleicos e aminoácidos.

O nitrogênio é o elemento químico mais abundante na atmosfera, compondo em 78,08% na sua totalidade.

Porém este nitrogênio não pode ser utilizado na forma que ele se encontra, desta forma, ocorre o ciclo de nitrogênio, onde este elemento passa por etapas até ser assimilado pela planta e por fim voltando a atmosfera.

Essas etapas são separadas entre: Fixação, Amonificação, Nitrificação e Desnitrificação.

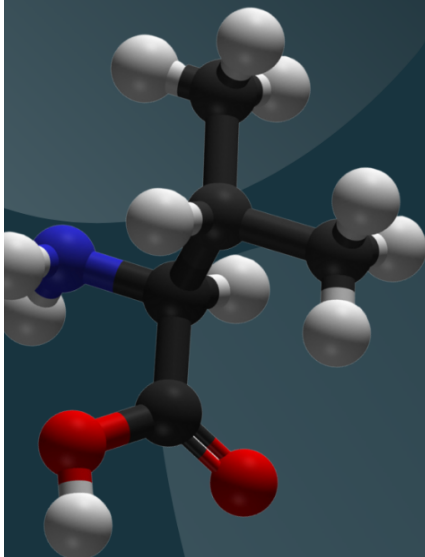


# MAS O QUE SÃO - ÁCIDOS NUCLEICOS E AMINOÁCIDOS?

OS ÁCIDOS NUCLEICOS SÃO MACROMOLÉCULAS QUE SÃO COMPOSTAS POR NUCLEOTÍDEOS. SÃO DOIS ÁCIDOS CONHECIDOS: O ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (DNA) E O ÁCIDO RIBONUCLEICO (RNA).

QUAL É A SUA FUNÇÃO NO SER VIVO?

SÃO RESPONSÁVEIS POR ARMAZENAR E REPASSAR INFORMAÇÕES GENÉTICAS, COMO TAMBÉM TRADUZI-LAS PARA A PRODUÇÃO DE AMINOÁCIDOS.



AMINOÁCIDOS SÃO AS UNIDADES BASE PARA QUALQUER PROTEÍNA NO SER VIVO, SENDO FORMADAS ATRÁVES DE CARBONO (C), HIDROGÊNIO (H), OXIGÊNIO (O) E NITROGÊNIO (N).

QUAL É A SUA FUNÇÃO NO SER VIVO?

FUNCIONAMENTO DO ORGANISMO, DESDE O NÍVEL MOLECULAR A NÍVEIS MAIS COMPLEXOS.



# CICLO DO NITROGÊNIO

## FIXAÇÃO

O processo de fixação do nitrogênio pode ocorrer de forma atmosférica, biótica e industrial, onde será explicada cada uma das três:

No processo de fixação por meio atmosférico é através de relâmpagos ou fagulhas elétricas que interagem com nitrogênio atmosférico e oxigênio, gerando amônia.

O processo industrial para a fixação de nitrogênio são a combinação em nitrogênio e hidrogênio em altas pressões de calor, fornecidos através de combustíveis fósseis (Processo Haber-Bosch).

# CICLO DO NITROGÊNIO

## FIXAÇÃO

Por último o processo de fixação de nitrogênio de maneira biótica, onde bactérias fixadoras são presentes nas raízes das plantas, geralmente sendo do gênero Rhizobium, onde formam nódulos nestas raízes que possuem a propriedade de transformar o nitrogênio atmosférico em amônia ( $\text{NH}_3$ ) para que a planta possa assimilar, essa relação tem a denominação de mutualista(pág x), onde a planta utiliza esses sais minerais e em troca fornece matéria orgânica que foi gerada através dos processos fotossintéticos.

# BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO

EXISTEM 8 GÊNEROS DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO NODULIFÉRAS, DA QUAL SÃO: ALLORHIZOBIUM, RHIZOBIUM, SINORHIZOBIUM, MESORHIZOBIUM, BRADHYRIZOBIUM, AZORHIZOBIUM, CUPRIAVIDUS E BURKHOLDERIA (MOREIRA, HUISING, BIGNELL, 2010). SENDO A MAIS CONHECIDA A DO GÊNERO RHIZOBIUM, ONDE NA MAIORIA DA VEZES ESTÃO ASSOCIADAS A GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS, PARA OCORRER ESSA AÇÃO MUTUALÍSTICA, INVADEM ATRAVÉS DOS PELOS DAS RAÍZES DAS PLANTAS, SE MULTIPLICANDO E GERANDO OS NÓDULOS.

Nódulos nas raízes das plantas formado através das bactérias fixadoras de nitrogênio.





# CICLO DO NITROGÊNIO

## AMONIFICAÇÃO

O processo de amonificação ocorre devido a decomposição da matéria orgânica nitrogenada, ou seja, compostos mortos ou excremento dos mesmos.

São feitos através de \*bactérias saprófitas e diversos fungos, um dos fungos que também estão presentes nesta etapa são os Fungos Micorrizicos Arbusculares (FMA).



\*Bactérias saprófitas são aquelas que irão se desenvolver em tecidos mortos e excrementos, conhecidas geralmente como decompositoras.

# CICLO DO NITROGÊNIO

## NITRIFICAÇÃO

A nitrificação é o processo essencial para que transforme o amônio e amônia, em nitrito e nitrato para que o nitrogênio possa entrar na alimentação e assim, na cadeia alimentar.

Sendo assim, acaba sendo dividido em duas sub-etapas: A nitrosação e nitratação. Ambas etapas necessitam da participação de três gêneros de bactérias, sendo elas Nitrosomonas e Nitrosococcus onde transformam a amônia em nitrito, sendo denominadas bactérias nitrificantes. Em relação a etapa de nitratação, as bactérias são conhecidas como bactérias nitrosas e são do gênero Nitrobacter, transformam nitrito em nitrato.

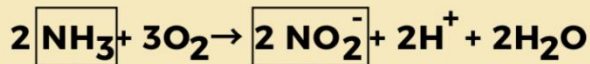
# NITROSAÇÃO E NITRATAÇÃO

COMO CITADO ANTERIORMENTE, SÃO RESPONSÁVEIS EM POSSIBILITAR A ENTRADA DO NITROGÊNIO NA CADEIA ALIMENTAR, PARA QUE ISSO OCORRA ESSAS BACTÉRIAS FAZEM O PROCESSO DE QUIMIOSSÍNTESE, DURANTE ESSA AÇÃO É NECESSÁRIA A OXIDAÇÃO DE AMÔNIA (NH<sub>3</sub>) PARA NITRITO (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), PARA QUE DEPOIS O NITRITO SEJA OXIDADO E SE TRANSFORME EM NITRATO (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

FORMA FINAL QUE AS PLANTAS CONSEGUEM ABSORVER PARA A FORMAÇÃO DE SUAS PROTEÍNAS, QUE POR SUA VEZ FORMAM CAULES E FOLHAS.



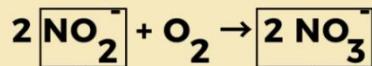
EQUAÇÃO DA REAÇÃO DE NITROSAÇÃO:  
OXIDAÇÃO DA AMÔNIA EM NITRITO.



↓  
ÍON  
AMÔNIA

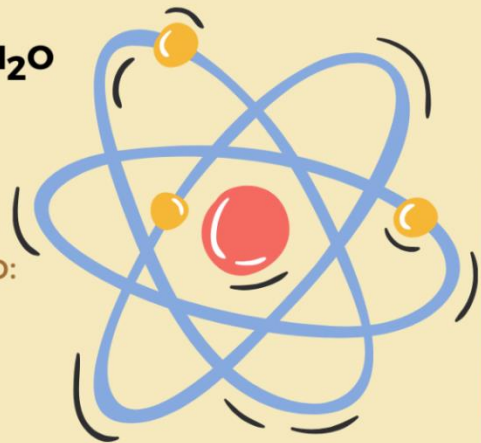
↓  
ÍON  
NITRITO

EQUAÇÃO DA REAÇÃO DE NITRATAÇÃO:  
OXIDAÇÃO DO NITRITO EM NITRATO.



↓  
ÍON  
NITRITO

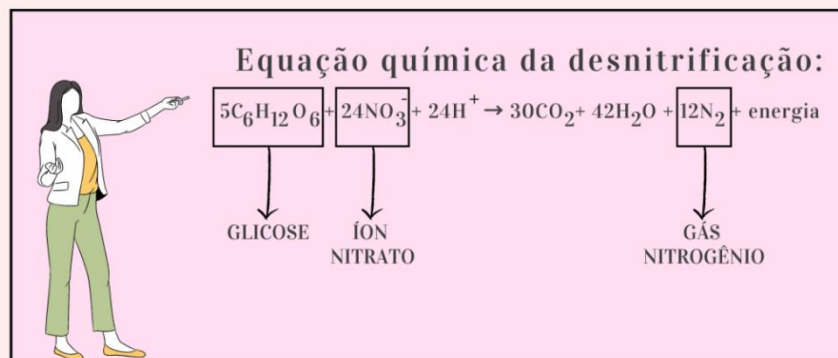
↓  
ÍON  
NITRATO



# CICLO DO NITROGÊNIO

## DESNITRIFICAÇÃO

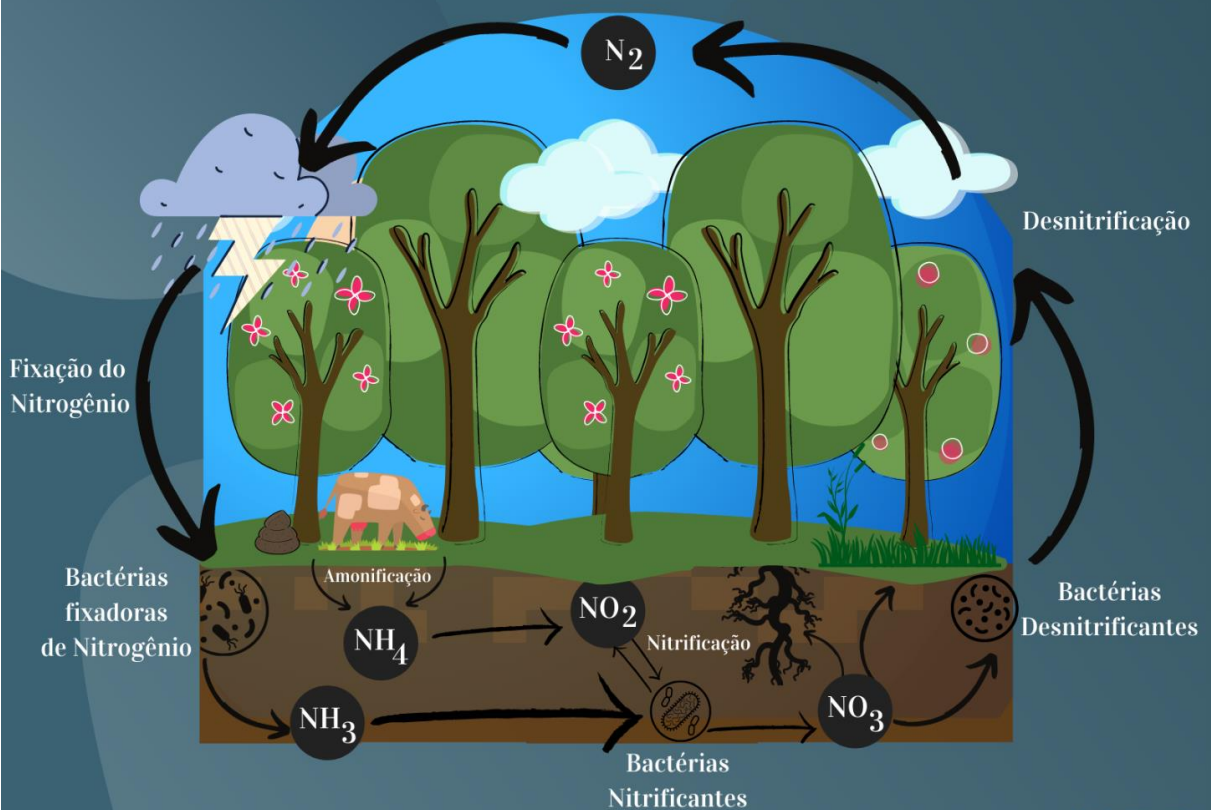
Devido a ser um ciclo, não possui um fim, porém para completar o ciclo de nitrogênio é necessário que o elemento químico volte para atmosfera para seguir todo o caminho novamente e manter o equilíbrio de nitrato no solo, para que isso ocorra, existe a presença de bactérias denominadas como desnitrificantes, onde estas utilizam o nitrato para gerar o nitrogênio gasoso, assim voltando a atmosfera.





# QUAL É A IMPORTÂNCIA DO CICLO DE NITROGÊNIO?

AO OBSERVAR AS ETAPAS DO CICLO DE NITROGÊNIO PERCEBE-SE A QUANTIDADE DE FATORES ENVOLVIDOS E A SUA IMPORTÂNCIA AO MEIO-AMBIENTE, COMO DISPONIBILIZAR O NITROGÊNIO ATMOSFÉRICO PARA OS ORGANISMOS, ONDE O NITROGÊNIO É FUNDAMENTAL PARA ÁCIDOS NUCLEICOS E AMINOÁCIDOS, ASSIM ENTENDER ESSES CICLOS É ENTENDER QUE A SUA MANUTENÇÃO E SEU EQUILÍBRIO PERMITE QUE A VIDA PROSPERE E SOBREVIVA, ALÉM DE ENTENDER O QUE PODE PREJUDICÁ-LO.



HORA DA ATIVIDADE

## FAÇA UM RESUMO SOBRE AS ETAPAS DO CICLO DE NITROGÊNIO E A SUA IMPORTÂNCIA

NOME \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

|   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T | N | M | R | A | X | T |
| N | I | I | O | I | R | T |
| A | T | C | Ã | R | C | R |
| D | R | O | Ç | É | O | H |
| I | A | R | A | T | S | I |
| X | P | R | D | C | P | Z |
| O | L | I | I | A | R | O |
| R | T | Z | X | B | T | B |
| E | I | A | O | I | S | I |
| X | U | S | R | K | S | U |
| T | A | T | É | T | O | M |
| E | I | H | B | R | I | C |
| N | S | D | A | R | F | N |

## CRUZADINHA DO CICLO DE NITROGÊNIO

NITRATATO

MICORRIZAS

RHIZOBIUM

NITRITO

BACTÉRIA

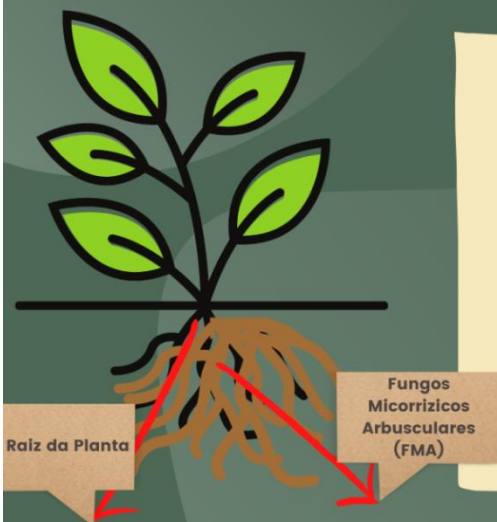
OXIDAÇÃO



# FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA)

O SIGNIFICADO DA PALAVRA MICORRIZAS, VEM DO GREGO, ONDE RESPECTIVAMENTE MICO SIGNIFICA FUNGO E RIZA SIGNIFICA RAIZ, ASSIM ENTENDE-SE QUE É UM FUNGO PRESENTE NA RAIZ DA PLANTA.

OS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA) SÃO PERTENCENTES AO FILO GLOMEROMYCOTA, DENTRO DA CLASSE DE GLOMEROMYCETES, ATUALMENTE SABE-SE QUE O FUNGO EXECUTA UMA AÇÃO MUTUALÍSTA COM A MAIORIA DAS FAMÍLIAS DE PLANTAS E APRESENTA UMA BAIXA ESPECÍFICIDADE PARA ISSO.



A SIMBIOSE MUTUALÍSTICA ENTRE OS FMAS E AS RAÍZES DA PLANTA FUNCIONAM DA SEGUINTE FORMA: A PLANTA POSSIBILITA QUE O FUNGO SE REPRODUZA E SE DESENVOLVE PERMITINDO QUE ELE USE SEUS PRODUTOS FOTOASSIMILADOS (PRODUTOS ORGÂNICOS DA FOTOSSÍNTESE) E EM TROCA FAVORECE QUE PARA PLANTA UM PROLONGAMENTO DE SUAS RAÍZES ATRÁVES DELE, ASSIM TENDO UMA MAIOR ÁREA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E NUTRIENTES ESSENCIAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA PLANTA, COMO O FÓSFORO E NITROGÊNIO.





# CURIOSIDADES SOBRE OS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

EXISTEM PESQUISAS QUE MOSTRAM QUE AS PLANTAS TEM UM AUMENTO E RESISTÊNCIA A FATORES PATOGÊNICOS, ALÉM DESSES BENEFÍCIOS, DEVIDO A UMA MAIOR ÁREA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES TAMBÉM POSSIBILITA QUE TENHA MAIS FRUTOS. DESTA FORMA, ESSAS PROPRIEDADES DOS FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES, PERCEBE-SE QUE A UTILIZAÇÃO DESTE FUNGO PERMITE UMA POSSIBILIDADE DE FERRAMENTA ECOLÓGICA, COMO REDUÇÃO DE USO DE AGROTÓXICOS E FERTILIZANTES QUÍMICOS, ASSIM PROCURANDO MEIOS MAIS SUSTENTÁVEIS PARA UMA AGRICULTURA MENOS PREJUDICIAL AOS ECOSISTEMAS.



**COM MICORRÍZAS**

**SEM MICORRÍZAS**

*HORA DA ATIVIDADE*

## **FAÇA UMA SÍNTESE SOBRE OS BENEFÍCIOS DAS MICORRIZAS E COMO AUXILIA NOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS**

**NOME** \_\_\_\_\_

**DATA** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*HORA DA ATIVIDADE*

## **FAÇA UMA PESQUISA E DESENHE AS MICORRÍZAS E SUAS ESTRUTURAS**

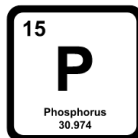
**NOME** \_\_\_\_\_

**DATA** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

# CICLO DO FÓSFORO

Ciclo biogeoquímico que permite a circulação de fósforo para os seres vivos.

## CONCEITO



O ciclo de fósforo ocorre de forma diferente do nitrogênio, pois é um elemento que não está presente na atmosfera e desta forma, possui só as etapas ecológicas entre rios, mares e solo. Este elemento é muito encontrado em rochas, classificando desta forma este ciclo como sedimentar.

Possui duas grandes etapas neste, uma etapa de fator abiótico e a outra etapa de fator biótico com interações ecológicas, também podendo ser denominadas como ciclo de tempo geológico e ciclo de tempo ecológico.

O fósforo tem um papel fundamental nos organismos integrando em partes celulares necessárias, como os fosfolipídios ou ATP (adenosina trifosfato), molécula responsável pela energia celular.

# CICLO DE TEMPO ECOLÓGICO

PARA OCORRER DENTRO DO CICLO DE TEMPO ECOLÓGICO, PROVÊM DE TECIDOS EM ESTADO DE DECOPOSIÇÃO OU EXCREMENTOS, QUE LIBERAM ÍONS DE FOSFATO, ONDE ESSE ESTADO DE DECOMPOSIÇÃO SÃO AUXILIADO COM BACTÉRIAS E FUNGOS PARA TRANSFORMAR ESTE ELEMENTO E POSSIBILITAR ASSIMILAÇÃO PARA AS RAÍZES DAS PLANTAS, DESTA FORMA ESTANDO NO PRODUTOR PRIMÁRIO, ESTE ELEMENTO É INTEGRADO A CADEIA ALIMENTAR. O NOME PARA ESTES FUNGOS E BACTÉRIAS SÃO DENOMINADOS COMO FOSSILISANTES, DENTRO DESTES DECOMPOSITORES SE ENCONTRA OS FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES.



# CICLO DE TEMPO GEOLÓGICO

NO CICLO DE TEMPO GEOLÓGICO UMA PARTE DO FÓSFORO QUE FOI DISPONIBILIZADO PARA O SOLO É LEVADO AOS MARES E RIOS ATRAVÉS DA ÁGUA DAS CHUVAS, VENTOS OU SOL, ONDE NESTE MOMENTO SERÁ INCORPORADA A ROCHAS, ESTE PROCESSO OCORRE APENAS COM FATORES ABIÓTICOS, OU SEJA, SEM INTERAÇÃO COM ORGANISMOS VIVOS, QUANDO SÃO INCORPORADAS AS ROCHAS ESTES SEDIMENTOS SERÃO DISPONIBILIZADO AO LONGO DO TEMPO E ISSO OCORRE PELO PROCESSO DE INTEMPERISMO, POIS ESTAS ROCHAS ACABAM SE TORNANDO UM GRANDE RESERVATÓRIO DE FOSFÓRO.



# REFERÊNCIAS

FATARELLI, G. R. S.; DIAS, J.; *Percepções gerais da comunidade sobre os Ciclos Biogeoquímicos e Ciclagem de Nutrientes. SEI/SICITE, 2021.*

RAVEN, P. H.; EICHHORN, S. E.; EVERT, R. F. *Biologia Vegetal - 8ª Edição. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 2014.*

ROSA; MESSIAS; AMBROZINI 2003. *Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável. São Carlos, 2003.*