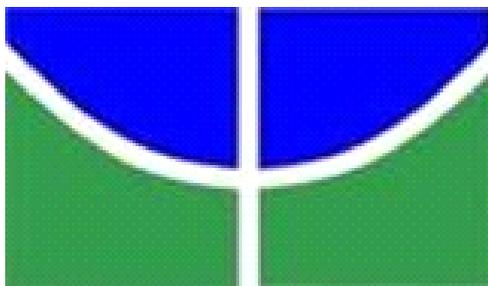


**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**INFLUÊNCIA DO USO DE PÓ DE ROCHAS FOSFÁTICAS E
BASÁLTICAS NA OCORRÊNCIA DE MICORRIZAS
ARBUSCULARES EM SOLO DE CERRADO**

Winnie Oku Oliveira Edward

**BRASÍLIA - DF
Julho/2016**



Acadêmica: Winnie Oku Oliveira Edward

Matrícula: 09/0015207

Orientadora: Profa. Dr^a Alessandra Monteiro de Paula - FAV

Co-orientador: Prof. Dr. Alcides Gatto - EFL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade de
Brasília, como parte das exigências para
obtenção do título de Engenheira Florestal.

BRASÍLIA - DF

Julho/2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

INFLUÊNCIA DO USO DE PÓ DE ROCHAS FOSFÁTICAS E
BASÁLTICAS NA OCORRÊNCIA DE MICORRIZAS
ARBUSCULARES EM SOLO DE CERRADO

Winnie Oku Oliveira Edward

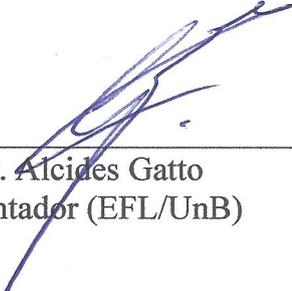
Matrícula: 09/0015207

Menção: *MS*

Aprovado por:



Profa. Dr^a Alessandra Monteiro de Paula
Orientadora (FAV/UnB)



Prof. Dr. Alcides Gatto
Co-orientador (EFL/UnB)



Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão
Membro da banca externa (EFL/UnB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à maturidade dos meus bem vividos 24 anos, os quais me tornaram atenta ao poder e retorno da gratidão.

Aos meu grande núcleo familiar, a começar por meus amados pais, Edward e Ana, os quais antes de todos, me concederam a experiência de vida neste planeta chamado Terra, mostrando-me sabiamente a importância dos livros e do conhecimento. Obrigada irmão, por estar sempre comigo, e em especial nas experiências de infância, que me permitiram observar em momentos de reflexão, que a simplicidade devia me acompanhar.

Às minhas experiências na natureza e com todos os animais que por mim passaram e comigo permanecem, em especial os da família: Apolo, Rufi, Belo, Leide, Frida, Loreta e Galileu. Sem sombra de dúvidas, foram e são a minha razão para seguir nos rumos da Engenharia Florestal.

Às minhas amadas companheiras de longa data, Victória e Kelen sempre fazendo parte da minha história e compartilhando histórias motivadoras, calmas e cheias da aventura que tanto amo. Às amadas Pri e Mari, por partilharem de uma afinidade mágica.

Agradeço à minha primeira emoção na Engenharia Florestal, trabalhando com o querido Daniel Carneiro no meio de uma floresta linda sob a luz do sol, da lua e ao som das águas. Jamais esquecerei.

À ABEEF e aos floresteiros, por trabalharem na liderança de um congresso que mudou os rumos da minha vida e os rumos da minha personalidade. Obrigada Cuiabá.

Ao Comitê Universitário em Defesa das Florestas, meu primeiro ativismo. Ideias loucas com pessoas loucas, e que ajudaram a fazer de mim um tanto louca com planos revolucionários. Um grupo cheio de amor à natureza, às pessoas e ao mundo. Gratidão por me mostrarem que quando queremos fazemos.

À minha antiga escola, Centro Educacional Católica de Brasília, a qual, dentre tantas oportunidades e conhecimentos, me ensinou a duvidar.

Ao governo brasileiro, por me proporcionar uma grande experiência europeia. Uma vivência intensa em um país intenso. Um brinde à Noruega e aos noruegueses. Gratidão por tantos ensinamentos, autoconhecimento, pessoas e percepções.

Ao querido professor José Eloi Guimarães Campos, por acreditar em uma ideia inovadora dentro de um tópico que descobri amar, solos.

Ao professor Reuber Albuquerque Brandão, por mostrar na multidisciplinaridade o acolhimento.

Aos professores Alcides Gatto e Alessandra Monteiro pelo auxílio técnico.

Ao mestrando Daniel Fernando, sem ele meu trabalho não teria prosseguido em muitas etapas.

Aos novos ciclos, sempre trazendo surpresas e pessoas. Em especial 2015 e 2016, o início de um novo ciclo, com novas pessoas.

À Universidade de Brasília, por fazer valer o nome, de fato um universo.
Àqueles que insistem em nunca sair de mim.
À todos.
À vida.

“Eu acredito que o ordinário conhece o extraordinário todos os dias”
(Autor desconhecido).

RESUMO

Atualmente, a rochagem pode ser concebida como uma alternativa ao mercado de fertilizantes focado em formulados granulados e com alta solubilidade. A atividade é de grande valia no Brasil, uma vez que o país possui grande dependência do mercado externo para suprir seus principais nutrientes limitantes na agricultura. A vantagem da aplicação de pó de rocha provém justamente da solubilidade mais lenta, o que naturalmente reduziria o risco da contaminação de aquíferos, além da diminuição de desperdícios. Adicionalmente, uma vez incorporado no mercado, por meio de incentivos governamentais, por exemplo, contribuiria também para a destinação racional de passivos ambientais. Considerando que a liberação de nutrientes na rochagem é relativamente lenta, a atividade também pode ser encarada visando a recuperação de áreas degradadas e instalação de florestas. O presente trabalho foca na avaliação da influência do pó de rochas fosfáticas e basálticas em um Latossolo de Cerrado, sob diferentes tratamentos, em culturas de uma leguminosa, *Phaseolus vulgaris* (L.). Os parâmetros avaliados foram: esporulação de fungos micorrízicos e taxa de colonização micorrízica. As diferentes composições químicas de cada material rochoso se mostraram influentes tanto produção de esporos no solo quanto nas taxas de colonização registradas no feijoeiro.

Palavras - chave: rochagem, micorrizas, *Phaseolus vulgaris*, esporulação, colonização.

ABSTRACT

Mining remains might be managed as an alternative to the fertilizer market focused into formulated granules with high solubility. The activity is very important in Brazil, since the country has a large dependence on foreign markets to supply its main limiting nutrient in agriculture. The advantage of applying rock dust comes precisely from the slower solubility, which naturally reduce the risk of contamination of aquifers, besides decreasing waste. Additionally, once incorporated into the market by governmental incentives, for example, also contribute to the rational allocation of environmental liabilities. Whereas the release of nutrients in stonemeal is relatively slow, the activity can be aimed at the recovery of degraded areas and installation of forests. This paper focuses on the evaluation of the influence of phosphatic and basaltic powder in a Cerrado Oxisol under different treatments, in cultures of a legume, *Phaseolus vulgaris* (L.). The parameters evaluated were sporulation of mycorrhizal fungi and mycorrhizal colonization rate. The different chemical compositions of each rock material proved influential both production of spores in the soil and in the colonization rates recorded in the bean.

Keywords: Mining remains, mycorrhizae, *Phaseolus vulgaris*, sporulation, colonization.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2. OBJETIVO..... | 11 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 11 |
| 3.1 Rochagem no Brasil..... | 11 |
| 3.2 Micorrizas arbusculares..... | 16 |
| 3.2.1 Micorrizas e a recuperação de áreas degradadas..... | 18 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 19 |
| 4.1 Instalação do experimento..... | 21 |
| 4.2 Caracterização das rochas utilizadas nos experimentos..... | 24 |
| 4.2.1 Rochas fosfatadas..... | 24 |
| 4.2.2 Rochas basálticas..... | 25 |
| 4.2.3 Caracterização física e química das rochas utilizadas..... | 25 |
| 4.3 Variáveis analisadas..... | 27 |
| 4.3.1 Extração de esporos de fungos micorrízicos arbusculares..... | 27 |
| 4.3.2 Avaliação da colonização por micorrizas..... | 29 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 31 |
| 5.1 Densidade de esporos..... | 31 |
| 5.2 Colonização micorrízica..... | 36 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 39 |
| 7. REFERÊNCIAS..... | 40 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa um lugar de destaque quando se pensa no consumo e importação de fertilizantes. O país é o quarto maior consumidor mundial de formulados NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio, respectivamente), (EMBRAPA, 2014). Desta maneira, outros métodos de fertilização merecem ser testados e utilizados.

A fertilização mineral a partir da mistura de diferentes concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio é comum no Brasil. Este tipo de adubação tem como principal vantagem a rápida disponibilização de nutrientes para as plantas. Como são muito solúveis, sua aplicação é necessária em praticamente cada safra de ciclo anual. A elevada solubilidade faz com que os nutrientes não assimilados pelas culturas migrem rapidamente com risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

A rochagem é um método que se baseia no uso de pó de rocha, visando minimizar os problemas da aplicação dos fertilizantes químicos e contribuindo também para a redução dos custos da produção agropecuária. Além disso, o aproveitamento de resíduos da mineração se constitui em uma grande vantagem.

A prática da rochagem permeia no uso de minerais constituintes das rochas como fornecedores dos nutrientes exigidos pelas plantas (Leonardos; Fyfe; Kromberg, 1976). Para isso, a rocha a ser moída deve apresentar os principais nutrientes necessários para as culturas de interesse, como fósforo e potássio, que são liberados no solo de forma gradual.

Na região do Cerrado, a rochagem se apresenta como uma estratégia com grande potencial para a fertilização dos solos, uma vez que os Latossolos, dominantes nas áreas agrícolas da região, apresentam baixa fertilidade natural (Martins, 2013; Sousa; Lobato, 2004).

O aproveitamento dos nutrientes presentes no solo ou adicionados pela prática da rochagem pode ser influenciado pela presença dos microrganismos do solo, em especial pelos fungos micorrízicos arbusculares, que formam uma

associação mutualística com as raízes das plantas (Siqueira, 1994). As micorrizas arbusculares são reconhecidas por sua habilidade em estimular o crescimento das plantas, principalmente através do aumento na absorção de nutrientes em geral, sendo o fósforo em especial (Berbara; Souza; Fonseca, 2006).

Dessa forma, a utilização de materiais alternativos aos fertilizantes minerais, como pó de rocha moída, pode influenciar a dinâmica dos fungos micorrízicos arbusculares no solo e, conseqüentemente, alterar os potenciais benefícios que esta simbiose pode promover no crescimento das plantas.

2. OBJETIVO

O presente estudo visa avaliar a influência da aplicação de rochas moídas fosfáticas e basálticas nas taxas de colonização por fungos micorrízicos arbusculares em raízes e no desenvolvimento de esporos sob a influência de diferentes tratamentos em cultivos de feijão-vagem, *Phaseolus vulgaris* (L.) Walp.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Rochagem no Brasil

A prática da rochagem oferece vantagens frente à tradicional utilização de fertilizantes minerais de alta solubilidade. Há três grandes razões para a valorização da rochagem, considerando o contexto econômico brasileiro: 1) busca por alternativas à importação de fertilizantes; 2) necessidade do aproveitamento de rejeitos de atividades de exploração mineral; e 3) expansão de correntes de cultivo com base em conceitos agroecológicos e com restrições ao uso de fertilizantes solúveis (Carvalho, 2013 b).

Uma vez que o pó de rocha se apresenta como um resíduo, o acúmulo do material constitui a formação de um passivo ambiental. Capaz de gerar lucros e vantagens, o reaproveitamento de resíduos pode beneficiar o setor da mineração. As partículas finas das rochas são os principais resíduos oriundos de processos de britagem e corte de rochas na exploração mineral em pedreiras. Haja vista que o subproduto é escoado, o custo com depósitos se tornaria nulo ou mínimo (Nunes 2014; Marques; Marques, 2013).

Considerando que os aluminossilicatos são os minerais mais abundantes para a formação de rochas, Martins (2013) indicou a potencial redução no tempo natural de dissolução de minerais da variação de 10^3 a 10^6 anos para entre 10^0 a 10^1 anos mediante alterações causadas por atividades biológicas e condições edafoclimáticas. O autor justifica a redução do tempo às características da dissolução incongruente, inerente à estes tipos de minerais.

A velocidade dos processos de intemperismo nos aluminossilicatos é controlada pelo tamanho das partículas, composição mineralógica, condições edafoclimáticas e atividades biológicas. Indica-se que a combinação e intensidade destes processos são os principais fatores contribuintes para a formação de solos tropicais (Martins, 2013).

Tendo em vista que o efeito residual aponta o tempo de permanência de um material no solo, a determinação deste se mostra importante na determinação da natureza do pó de rocha a ser aplicado através da rochagem. A velocidade de disponibilização de nutrientes pode influenciar na eficiência da fertilização.

Produtos de baixa solubilidade possuem recomendação de aplicação realizada com determinada antecedência para que haja tempo para a solubilização (Alcarde *et al.*, 1998). Aqueles altamente solúveis, por sua vez, são indicados nas fases de maior exigência da planta para elementos essenciais, como o fósforo, nitrogênio e potássio, por exemplo, proporcionando economias e evitando contaminações.

Constituindo-se como macronutriente ao lado do potássio (K), nitrogênio

(N), enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), o fósforo (P) é o elemento com maior déficit em solos tropicais. Além disso, o elemento é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. O resultado da baixa concentração de fósforo nas plantas resulta na diminuição da altura da planta, atraso da emergência das folhas e redução da brotação e desenvolvimento de raízes secundárias (Grant; Flaten; Tomaszewicz, 2001).

Apesar da importância, a elevada capacidade de adsorção às partículas de argila do solo, em especial as do tipo óxidos de ferro e de alumínio (Meurer, 2004) tornam o P um dos elementos com menor taxa de aproveitamento imediato na natureza. Neste sentido, uma vez que disponibilizam o nutriente em menor velocidade, fontes fosfatadas com baixa solubilidade podem apresentar vantagens, especialmente (Quispe, 2004).

O fósforo de interesse agrônomico e ambiental é constituído, principalmente, por derivados do ácido ortofosfórico e pirofosfatos. Os principais minerais primários encontrados na natureza são as apatitas, responsáveis pela formação de minerais secundários mais estáveis (Santos *et al.*, 2008).

Além disso, ressalta-se que algumas espécies de leguminosas são capazes de formar associações mutualísticas e, a partir disso, metabolizar nutrientes, prontificando-os à absorção. Destacam-se a fixação de nitrogênio, realizada através da associação com bactérias, e o aumento na absorção de P inorgânico como fruto de associações micorrízicas, afetando a disponibilidade dos elementos (Souza, 2006). A disponibilidade de fósforo às plantas pode aumentar mediante a presença de microrganismos no solo e produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular (Marra, 2012).

Considerando a ocorrência e distribuição, os Latossolos são muito expressivos no Brasil. Esse tipo de solo se caracteriza por apresentar uma evolução muito avançada com atuação expressiva de processo de latolização (ferralitização ou laterização). Como resultante, tem-se uma intemperização intensa dos constituintes

minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes. Os Latossolos são normalmente ácidos com caráter distrófico ou alumínico (Resende *et al.* 1999).

A pedogênese gera processos de lixiviação de bases como silício (Si), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) e a precipitação de ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn) em forma de óxidos, hidróxidos e oxidróxidos de baixa solubilidade (Resende *et.al.*, 1999). Adicionalmente, a concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio apresentam inexpressiva mobilização ou migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização (EMBRAPA, 2007).

Essas características sugerem que esse material necessita da adição de elementos nutritivos, além da correção do pH, quando para culturas alóctones e produção em larga escala. O controle da acidez do solo é, em geral, realizado pela prática da calagem a partir do uso de calcários dolomíticos. Já a fertilização é feita pela agregação de macronutrientes como cálcio, magnésio, potássio e fósforo de micronutrientes representados por elementos como zinco, cobre, cobalto, molibdênio e outros.

A necessidade do conhecimento acerca do efeito residual das rochas moídas é apontada objetivando o conhecimento da liberação de nutrientes para o solo, Grecco *et al.* (2013). Uma comparação entre diferentes sistemas ("planta em associação micorrízica", "planta em associação micorrízica e na presença de outros microrganismos do solo" e "planta em solo estéril") mostrou que, embora a atividade biológica seja importante para a disponibilização de nutrientes de rochas, as associações micorrízicas em específico são de igual eficiência (Carvalho *et al.*, 2013a).

A rochagem é capaz de melhorar os atributos químicos do solo por meio do fornecimento de macro e micronutrientes. Adicionalmente, afirma-se que a atividade biológica seja capaz de melhorar a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo (Ribeiro *et al.*, 2013). Porém, a eficiência da adição do pó de rocha é potencialmente maior quando na realização de adubações complementares (Silva, 2013a).

Uma vez capaz de elevar a CTC do solo e reduzir desperdícios, estudos sugerem a economia de insumos e, por consequência, investimentos financeiros. Experimentos com rocha mica xisto em uma cultura de milho, mostraram que apesar da rochagem apresentar resultados mais tardios, os mesmos são também mais duradouros, (Ribeiro *et al.*, 2013). Por sua vez, Bamberg *et al.* (2013) demonstraram que as culturas tratadas com fontes de potássio são capazes de apresentar resultados imediatos, contrariando os tradicionais resultados.

Concomitantemente, as observações de Franco *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2013b) demonstraram que a adubação com pó de rocha é mais vantajosa frente à adubação tradicional, apresentando maior produtividade. A partir da avaliação de diferentes doses de granodiorito, Milech *et al.* (2013) sugeriram que a utilização de adubos convencionais em culturas perenes eleva os custos de produção em decorrência do desperdício, indicando a rochagem como uma alternativa.

A velocidade de disponibilização de nutrientes a partir do mineral moído pode ser elevada a partir da presença de determinados grupos de microrganismos no solo. A capacidade mineralizadora dos microrganismos do solo auxilia na liberação de determinados macro e micronutrientes, quando na presença de pó de basalto (Silva, 2013).

Obtendo resultados semelhantes, Batista *et al.* (2013) avaliaram o desempenho de uma espécie de soja mediante a presença e ausência de basalto. O autor verificou que, uma vez que o basalto possui o efeito de calagem, a presença deste possibilita a liberação de nutrientes na solução do solo e por consequência contribui para o crescimento em altura da planta, além de elevar os teores de clorofila.

Finalmente, a baixa adesão da rochagem dentro da atividade agrícola no Brasil é justificada pela baixa difusão de políticas de incentivo. Assis *et al.* (2013b) justificam a baixa difusão da rochagem devido, dentre outros fatores, à ausência de estímulos das políticas públicas à utilização de formas alternativas de adubação, desinformação por parte dos agricultores, pesquisas incipientes, inexistência de

regulamentação e falta de crédito para aquisição e transporte do pó da rocha.

Por outro lado, Assis *et al.* (2013 a) informam que existem tentativas na criação de regulamentações, citando como exemplo a proposta para a Lei 2727 de 2011, a qual propõe a criação de um Programa Nacional de Mineralização dos solos. Outro exemplo seria o Decreto 4.954/2004, incluindo a fiscalização e comércio de fertilizantes e corretivos do solo.

3.2 Micorrizas arbusculares

Micorrizas são associações simbióticas que ocorrem entre fungos e plantas. A etimologia da palavra micorriza provém do termo “mycorrhiza”, originado do grego myco = fungo e rhiza = raízes. Existem até sete tipos de micorrizas, sendo estas classificadas segundo suas características estruturais e de colonização. São conhecidas as micorrizas do tipo Arbuscular, Ectomicorrizas, Arbitóide, Monotropóide, Ericóide e Orquidóide. O presente estudo enfoca nas micorrizas arbusculares, características de regiões tropicais e presentes em cerca de 80% das espécies de plantas (Moreira; Siqueira, 2006).

Micorrizas arbusculares (MAs) são associações caracterizadas pela ação colonizadora de fungos do filo Glomeromycota sobre células do córtex de modo inter e intracelular formando estruturas ramificadas denominadas arbúsculos (Moreira; Siqueira, 2006). Os arbúsculos são as principais estruturas de trocas metabólicas, sendo assim consideradas as principais estruturas responsáveis pela simbiose (EMBRAPA, 2006).

A associação micorrízica depende da germinação dos esporos, sua estrutura primária, e sua penetração na superfície da raiz. Os esporos são unidades biológicas em estado de dormência, os quais quando postos em condições favoráveis desencadeiam a germinação e propagação dos fungos (Berbara; Souza; Fonseca, 2006). A densidade dos propágulos é influenciada por fatores como a incorporação de insumos e práticas mecânicas, temperatura, oxigenação e cobertura do solo (Cordeiro *et al.*, 2005).

Caracteristicamente à relação mutualística, tanto as plantas como os fungos são beneficiados. A principal vantagem adquirida pelas plantas seria a disponibilização de nutrientes às plantas, destacando-se aqueles de baixa mobilidade no solo. Além disso, outros benefícios como a expansão da área exploratória e de absorção da raiz, o armazenamento temporário de nutrientes, favorecimento de microrganismos benéficos e amenização dos fatores adversos do pH e excesso de metais no solo são apontados. Ainda são citados efeitos não nutricionais como a melhoria na agregação do solo e elevação na eficiência hídrica, produção e acúmulo de substâncias de crescimento (EMBRAPA, 2006; Moreira; Siqueira, 2006).

Por sua vez, os fungos são beneficiados pela disponibilização de açúcares fotossintetizados pelas plantas e translocado até as raízes da planta hospedeira, onde se localizam as estruturas de troca entre a planta e o fungo. A formação de MAs é influenciada por fatores que afetam seu crescimento de forma direta ou indireta. Sendo assim, os componentes do solo, planta, ambiente e manejo merecem análise e atenção quando na avaliação da simbiose (Berbara; Souza; Fonseca, 2006).

Referindo-se ao solo, os aspectos destacados são: disponibilidade de nutrientes no solo, pH, presença de elementos tóxicos, salinidade, textura, estrutura e agregação, densidade, umidade e presença e diversidade de organismos. As plantas influenciam a partir do seu estado de cobertura do solo, nutrição, espécie e variedade, idade, ciclo e taxas de crescimento, alelopatia e sistema radicular.

O histórico da área, taxas de erosão, irrigação, aplicação de fertilizantes e corretivos, controle de ervas daninhas, sazonalidade, pastejo e uso de biocidas dizem respeito aos atributos do manejo da área de cultivo. Por sua vez, a intensidade luminosa, temperatura, precipitação, poluição e outros tipos de estresse são condições climáticas capazes de afetar o desenvolvimento simbiótico.

Considerando aspectos nutricionais, os solos agrícolas brasileiros são caracterizados por ter sua produtividade limitada quanto aos elementos fósforo e nitrogênio. As micorrizas favorecem o aumento do teor de P às plantas. O aumento na disponibilização do P é atribuído às mudanças dos fatores físicos, químicos do

solo fisiológicos em planta (Moreira; Siqueira, 2006).

Paralelamente, alterações na rizosfera e nos padrões cinéticos de absorção das raízes juntamente com o favorecimento da diversidade de microrganismos no solo são apontados, como os microrganismos fixadores de nitrogênio. As leguminosas com dupla simbiose (MAs e fixadoras de nitrogênio) costumam apresentar maior capacidade de solubilização.

3.2.1 Micorrizas e a recuperação de áreas degradadas

Considerando que a existência, densidade e diversidade das associações micorrízicas são afetadas simultaneamente, direta e indiretamente por diversas variáveis ambientais e que a presença da simbiose melhora os aspectos químicos e físicos do solo, os microrganismos são apontados como benéficos e favoráveis à recuperação de áreas degradadas.

O estabelecimento e elevação da densidade de propágulos infectivos de fungos micorrízicos arbusculares são favorecidos mediante a aplicação de práticas conservacionistas do solo, como o controle da erosão. Sendo assim, uma vez capaz de absorver mais nutrientes limitantes no ambiente, como o fósforo, o cultivo de espécies que realizam a simbiose possuem maior chance de um estabelecimento saudável (Carneiro *et al.*, 2012).

O sucesso dos fungos MAs em áreas degradadas é, porém, mais relacionado com a vegetação escolhida do que com o tempo decorrido (Melloni; Siqueira; Moreira, 2003), condizendo com a ideia de que a colonização micorrízica é influenciada pela espécie da planta (Moreira; Siqueira, 2006).

A recuperação de determinada área está relacionada com o estabelecimento da cobertura vegetal no solo. Tendo em vista que as micorrizas estão presentes mesmo em áreas degradadas, a potencial colaboração dessa simbiose na recuperação destas áreas é reconhecida. Ressalta-se ainda que as micorrizas possuem seus efeitos potencializados quando se utilizam técnicas como a calagem e aplicação de insumos orgânicos, visando melhorar as condições químicas do solo (Martins; Miranda;

Miranda, 1999).

Ainda, segundo o mesmo estudo, a presença de fungos MAs nativos contribui para o estabelecimento de gramíneas nativas do Cerrado, no caso, a espécie verificada foi a gramínea *Aristida setifolia* Kunth. A espécie possui distribuição em grande parte do Brasil, com seu limite de distribuição sul máximo referente ao estado de São Paulo (Longhi-Wagner, 1990).

Diante da constatação previamente citada, e considerando que o Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, em termos de ocorrência (Souza; Moraes; Ribeiro, 2005). Infere-se assim que o estabelecimento e garantia da ocorrência de fungos micorrízicos pode contribuir para o reestabelecimento da vegetação do bioma e suas respectivas áreas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho utiliza a base conceitual do Projeto de Iniciação Científica (PIBIC) desenvolvido na Universidade de Brasília e iniciado em 2013, (Edward; 2014). Adicionalmente, o desenvolvimento desta pesquisa utilizou a estrutura do projeto de mestrado do estudante Rafael Toscani Gomes da Silveira, Silveira (2016).

O solo do presente estudo foi submetido a três ciclos da cultura da espécie *Phaseolus vulgaris* L., com 12 parcelas de plantio de aproximadamente 4 m² (2 x 2 m) cada. Houve um quarto plantio, realizado em fevereiro de 2016, no entanto, provavelmente em decorrência da precipitação elevada, não obteve sucesso. Excluindo-se a calagem, a escolha das dosagens apenas se baseou na intenção de aplicar maiores quantidades nas culturas frente os teores normalmente aplicados.

Visando a análise do efeito residual do pó de rocha em comparação com a aplicação de NPK (4:30:10), as culturas subsequentes não receberam adição de material e nenhum outro tipo de insumo. O primeiro ciclo do cultivo ocorreu entre

os dias 12/11/2014 e 12/01/2014, o segundo no período de 21/03/2015 e 30/05/2015 e o terceiro entre 28/11/2015 e 06/02/2016.

Quando realizada, a calagem foi conduzida a partir da aplicação de calcário dolomítico, na dosagem de 1,84 ton.ha⁻¹. Por sua vez, o formulado NPK (4:30:10) foi aplicado na dose de 250 kg/ha, seguindo as recomendações para a cultura (Cruz; Oliveira, 2014). Para os tratamentos com aplicação de pó de rocha, as doses foram definidas em t/ha. Os tratamentos apresentados no experimento estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos e doses aplicados no experimento

| Tratamento | Insumo | Dose (kg/4 m ²) | Dose (ton.ha ⁻¹) |
|------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| T1 | NPK (4:30:10) | 0,1 | 25 |
| T2 | | 0,1 + C* | 25 + C** |
| T3 | Fosforito (F) | 120 | 300 |
| T4 | | 120 + C* | 300+ c** |
| T5 | Fosforito(F) + Basalto (B) | 60 (F) + 80 (B) | 150 (F) +200 (B) |
| T6 | | 60 (F) + 80 (B)+ C* | 150 (F) +200 (B) + C** |
| T7 | | 20 (F) + 80 (B) | 50 (F) + 200 (B) |
| T8 | | 20 (F) + 80 (B) + C* | 50 (F) + 200 (B) + C** |
| T9 | Basalto (B) | 120 | 300 |
| T10 | | 120 + C* | 300 + C** |
| T11 | Dolomito fosfatado | 120 | 300 |
| T12 | Latossolo (controle) | - | - |

*Calagem 0,736 kg/4 m².

**Calagem 1,84 ton.ha⁻¹.

As análises realizadas foram as seguintes: avaliação da colonização micorrízica em plantas de feijão em um ciclo e a densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em dois ciclos, que serão detalhados sequencialmente. Salienta-se que imprevisibilidades climáticas e complexidades logísticas não permitiram a ampliação do número de coletas e dos tratamentos instalados.

A observação das micorrizas ocorre através da coleta das raízes da planta selecionada. A coleta para tratamento, identificação e contagem de micorrizas ocorreu no terceiro ciclo do plantio do experimento, em fevereiro de 2016.

Quanto aos esporos, a observação ocorreu mediante a coleta de solo nos meses de fevereiro e maio de 2016. A Figura 1 mostra a precipitação acumulada nos meses referentes às coletas de material. Observa-se que os meses de janeiro e março obtiveram a maior precipitação, o que possivelmente resultou em um maior teor de umidade no solo.

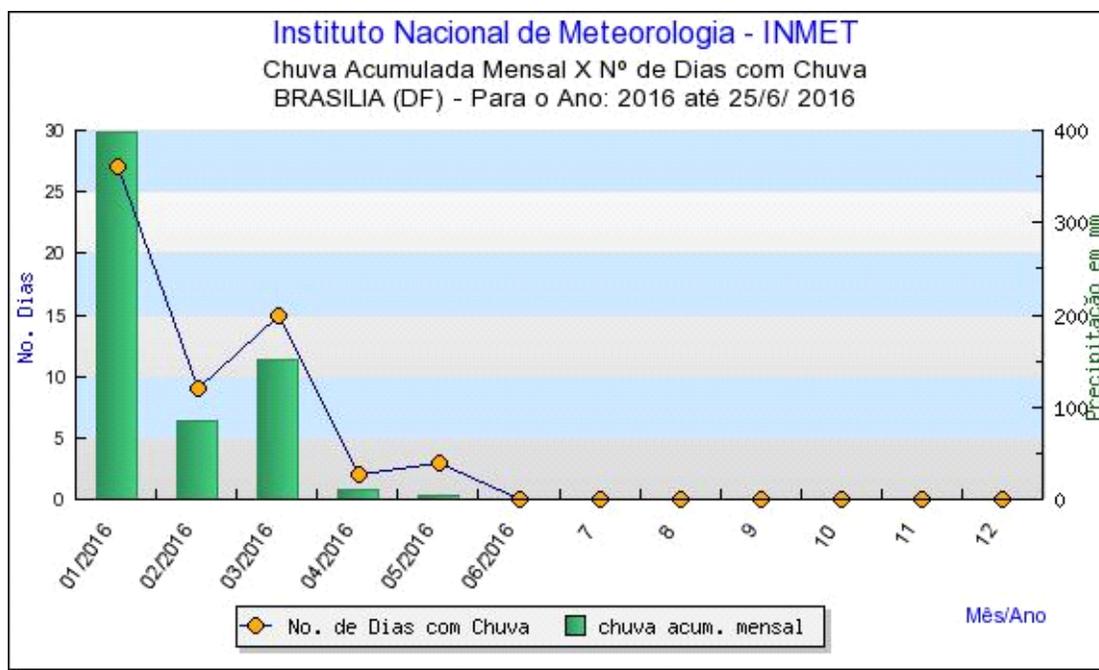


Figura 1. Precipitação média mensal em Brasília, DF, no período de janeiro a junho de 2016. Fonte: INMET, 2016.

4.1 Instalação do experimento

A área experimental está localizada no Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, em um Cerrado *sensu stricto*. A área nunca foi alvo de manejo ou plantio antes da instalação do experimento. O local do experimento pertencente ao Centro Olímpico da Universidade, distando em aproximadamente 20 metros da borda do Lago Paranoá (Figura 2). O experimento está organizado na forma de 12 parcelas. A fileira correspondente ao T1 é mais próxima ao lago.

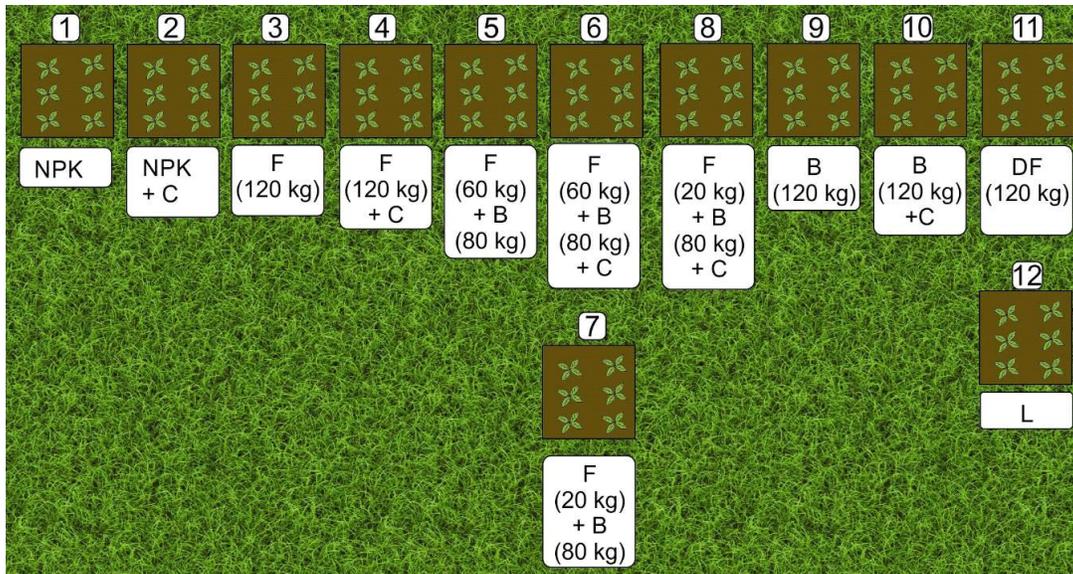


Figura 2. Parcelas experimentais localizadas às margens do Lago Paranoá, na proximidade do Centro Olímpico da UnB, Brasília, Distrito Federal. C = Calagem, F = Fosforito, B = Basalto, DF = Dolomito Fosfatado, L = Latossolo. Fonte: Silveira (2016).

A instalação do experimento passou primeiramente pela descrição pedológica do solo em estudo. A partir da abertura de uma trincheira e observação, a classificação do solo foi estabelecida como sendo um Latossolo Vermelho de textura muito argilosa (Figura 3).

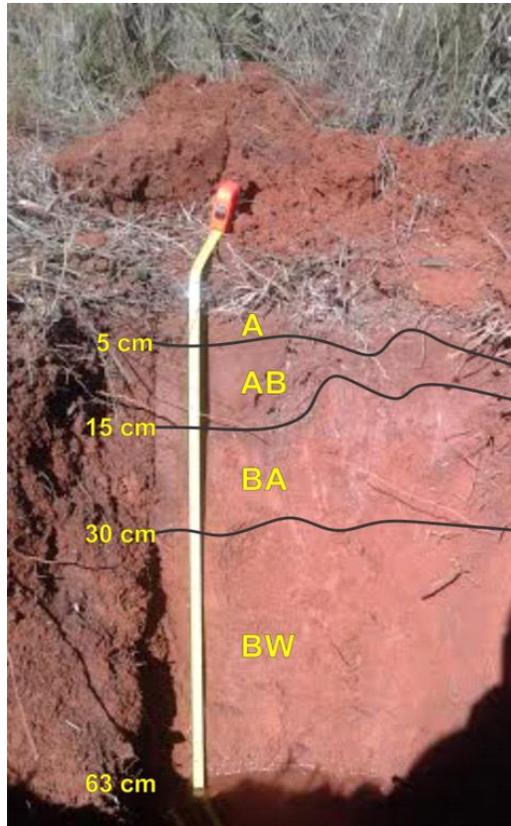


Figura 3. Perfil representativo do Latossolo Vermelho distrófico da área de instalação do experimento na UnB. Fonte: Silveira (2016).

Antes da instalação do experimento, foi feita uma análise química do solo e dos materiais rochosos, apresentados na Tabela 2. Durante o mês de abril de 2014, realizou-se o preparo do solo e aplicação dos tratamentos selecionados.

Tabela 2. Caracterização química do solo (Latossolo - L) e de pó de rochas (Basalto - B, Fosforito brechado - B e Dolomito fosfatado - DF) antes da instalação do experimento.

| Solo e Pó de Rocha | pH (H ₂ O) | P* | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | SB | CTC | V | m | MO |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|--|------------------|------------------|-----------------|------------------|-------|-----------|------|------|------|
| | -- | mg/dm ³ | ----- cmol _c /dm ³ ----- | | | | | | --- % --- | | g/kg | |
| L | 5,70 | 5,9 | 0,19 | 1,60 | 0,30 | 0,09 | 0,40 | 2,18 | 8,00 | 27,0 | 16,0 | 76,0 |
| B | 8,60 | 655 | 0,45 | 16,40 | 3,00 | 3,90 | 0,00 | 23,75 | 25,00 | 95,0 | 0,0 | 4,6 |
| F | 6,10 | 7317 | 0,06 | 4,30 | 1,10 | 0,12 | 0,00 | 5,58 | 8,00 | 67,0 | 0,0 | 19,4 |
| DF | 8,20 | 134 | 0,05 | 4,70 | 1,80 | 0,01 | 0,70 | 6,56 | 7,56 | 87,0 | 9,0 | 5,0 |

*Melich-1.

Fonte: Adaptado de Silveira (2016).

Foram abertos 12 canteiros de 4 m² cada, sendo um referente ao controle do experimento. Após a aplicação dos pós de rochas, as misturas permaneceram em repouso de 15 dias e, sequencialmente, houve o revolvimento manual da camada de 0-10 cm do solo, visando a aceleração das reações no solo. Devido à elevada solubilidade, o formulado NPK (4:30:10) foi aplicado no solo durante a semeadura do feijão.

A dosagem das rochas moídas utilizadas no experimento é considerada excessiva, cerca de 60 vezes acima do usual, para a maior dose testada no presente estudo (Martins; Theodoro, 2010; Silva *et al*, 2011;). No entanto, a superdose é justificada para que haja a maximização e melhor captação dos resultados a curto prazo, possibilitando a melhor visualização das transformações mineralógicas em análises de difração de raios X, utilizadas por Silveira (2016).

Após o preparo do solo, o feijão vagem foi semeado em um delineamento aleatório de forma similar ao que é realizado no plantio manual tradicional. As sementes não receberam nenhum tipo de tratamento.

4.2. Caracterização das rochas utilizadas nos experimentos

Os pós de rochas de basalto (B), fosforito brechado (B) e dolomito fosfatado (DF) utilizados no experimento foram obtidos no município de Arraias, TO.

4.2.1 Rochas fosfatadas

Os fosforitos foram coletados na proximidade do contato da Suíte Aurumina com a base do Grupo Bambuí (municípios de Arraias e Taipas, Tocantins). O fosforito brechado utilizado para os experimentos aflora na região de Arraias (TO) e foi obtido de uma trincheira com 30 cm de largura por 3 metros de profundidade utilizada na prospecção mineral.

Os fosfatos utilizados apresentam teores de P₂O₅ que variam de 7 % a 34 % (Silveira, 2016). O dolomito fosfatado, por sua vez, provém da região de Taipas,

Tocantins, contendo teores relevantes de Ca e Mg, em torno de 60 % e 20 %, respectivamente.

4.2.2 Rochas basálticas

As rochas basálticas utilizadas pertencem à Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, e foram coletadas na região de Araguari, Minas Gerais. O basalto utilizado nos experimentos foi obtido de resíduos de pedreiras da produção de agregados (brita), situada no município de Araguari.

O basalto coletado contém importantes teores de Ca e Mg, cerca de 10 % e 4,5%, respectivamente, podendo apresentar interação com o solo. A partir de ações intempéricas, pode ocorrer a neoformação de argilominerais com estrutura 2:1, apresentando vantagens para os aspectos físico, biológico e químico do solo (Silveira, 2016).

O emprego deste material como insumo na agricultura pode diminuir a perda de nutrientes por lixiviação e elevar a CTC do solo juntamente com a capacidade de retenção de água (Troxler, 1999)

4.2.3 Caracterização física e química das rochas utilizadas

A fração granulométrica dos pós de rochas predomina a fração silte e areia em maior quantidade e argila em menor proporção. Tanto o pós de rocha de origem basáltica como o dolomito fosfatado possuem maiores teores de silte e areia em sua composição. Por sua vez, o fosforito brechado é composto majoritariamente por silte e argila (Silveira, 2016).

A menor granulometria garante a liberação mais rápida de nutrientes, aumentando a superfície de contato do material. Grãos maiores garantem, no entanto, a liberação mais lenta dos nutrientes da rocha, caracterizando a grande vantagem do uso do pó de rocha.

À título de comparações, a Tabela 3 com a porcentagem dos óxidos e elementos por meio de fluorescência de raios X, Silveira (2016), é apresentada.

Nota-se que o Latossolo apresentou as maiores taxas de óxidos de alumínio e (49 %) de ferro (25,8 %) em sua composição, caracterizando a acidez natural dos solos típicos do Cerrado e o caráter distrófico.

Os Latossolos também apresentaram o menor valor em saturação por bases, Tabela 2, evidenciando a menor capacidade em disponibilizar nutrientes às plantas. Os baixos teores de Ca (0,08 %) e Mg (0,13 %) corroboram com a afirmação.

As amostras de pós de rocha basáltica contêm valores expressivos de sílica (42,7 %), ferro (23,1 %), alumínio (11,5 %), cálcio (9,9 %) e magnésio (4,4 %). Porém, a maior disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} , Tabela 2, dentre as amostras e o elevado valor da saturação por bases, 95 %, mostram uma maior capacidade em disponibilizar nutrientes às plantas.

As amostras de fosforito brechado contêm elevados teores de óxidos de silício (56 %), alumínio (13,8 %), cálcio (9,7 %), ferro (8,83 %), fósforo (7,3 %) e potássio (2 %). Apesar de conter um menor valor frente a amostra de basalto, o fosforito em questão apresenta uma saturação por bases superior àquela que classifica os solos como eutróficos, 50 %, (EMBRAPA, 2010). Adicionalmente, apresenta o maior valor para os óxidos de fósforo dentre as rochas, potencializando a disponibilização às plantas.

O dolomito fosfatado apresentou percentuais notórios para óxidos de cálcio (61 %), magnésio (20,8 %), sílica (9,1 %), ferro (3,5 %) e fósforo (2,4%), apresentando também o segundo maior valor em saturação por bases, 87 %, indicando um caráter eutrófico.

Finalmente, o fertilizante granulado NPK apresentou os maiores valores em macronutrientes, com suas respectivas taxas percentuais notórias para óxidos de fósforo (29,6 %), cálcio (24,5 %), enxofre (20,4 %), potássio (15,1 %), ferro (3,7 %) e sílica (1,7 %). No entanto, os nutrientes disponibilizados são mais suscetíveis à lixiviação devido à elevada solubilidade.

Tabela 3. Composição química do solo (Latosolo – L), de pó de rochas (Basalto – B, Fosforito brechado – B e Dolomito fosfatado – DF) e de fertilizante NPK (4:30:10) antes da instalação do experimento.

| Composição Química | L | B | F | DF | NPK |
|--------------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|
| | ----- % ----- | | | | |
| SiO ₂ | 19,90 | 42,77 | 56,02 | 9,11 | 1,70 |
| Al ₂ O ₃ | 49,06 | 11,59 | 13,87 | 2,03 | 0,72 |
| MgO | 0,13 | 4,49 | 0,96 | 20,84 | 0,82 |
| Fe ₂ O ₃ | 25,80 | 23,10 | 8,83 | 3,52 | 3,77 |
| CaO | 0,08 | 9,9 | 9,72 | 61,04 | 24,52 |
| Na ₂ O | 0,02 | 1,99 | 0,03 | 0,01 | 0,81 |
| K ₂ O | 0,81 | 1,16 | 2,05 | 0,60 | 15,15 |
| TiO ₂ | 3,65 | 3,98 | 0,74 | 0,15 | 0,74 |
| P ₂ O ₅ | 0,15 | 0,38 | 7,37 | 2,45 | 29,69 |
| MnO | 0,05 | 0,27 | 0,27 | 0,07 | 0,31 |
| SO ₃ | 0,10 | 0,04 | 0,02 | 0,12 | 20,40 |
| Sr | 0,00 | 0,09 | 0,02 | 0,04 | 0,47 |
| Rb | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Ni | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Cu | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Zn | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,67 |
| Zr | 0,16 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,12 |
| Cr | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| V | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| Co | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| Nb | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| Pb | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,02 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Fonte: Adaptado de Silveira (2016).

4.3 Variáveis analisadas

4.3.1 Extração de esporos de fungos micorrízicos arbusculares

A coleta do solo foi realizada com o uso de um sachô e armazenado em sacos plásticos. As coletas ocorreram nos dias 05/02/2016 e 16/05/2016,

ressaltando-se que o solo coletado em maio se encontrou visualmente saturado em umidade.

As coletas foram levadas sequencialmente para laboratório de Microbiologia do Solo da Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária, Universidade de Brasília, onde ficou seco ao ar por cerca de cinco dias até apresentar um aspecto ressecado. Após o ressecamento do solo, as amostras foram individualizadas em sacos plásticos e colocadas em geladeira sob temperatura aproximada de 4 °C.

À medida que o planejamento para a extração dos esporos se colocou em prática, os diferentes tratamentos e suas respectivas amostras foram retiradas da geladeira. A metodologia utilizada seguiu os critérios estabelecidos pelo instituto universitário *West Virginia University*, INVAM- *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*, com adaptações do método de Gerdermann e Nicolson (1963).

Primeiramente, buscou-se destorroar minimamente as amostras dentro do próprio plástico de armazenamento. Sequencialmente, foi preenchido um béquer de 50 ml com o solo e, logo após, o mesmo foi adicionado em um liquidificador e misturado com água de torneira três vezes por cinco segundos, visando a separação de fragmentos de raízes e liberação de esporos dos agregados radiculares e de torrões de solo.

A cada mistura, esperou-se a decantação do solo e, a seguir, realizou-se o descarte do material decantado. Logo após, ocorreu uma mistura subsequente. O material foi peneirado simultaneamente em duas peneiras encaixadas. A primeira, com abertura de 500 µm, prendeu fragmentos de matéria orgânica, como pedaços de raízes e folhas. A peneira do fundo utilizada continha uma malha de 45 µm, captando esporos e solo com granulometria mais fina (minoritariamente).

O material retido na cada peneira de 45 µm foi adicionado a 50 ml de água e colocado em um tubo de plástico, onde foi centrifugado à velocidade de 2000 rpm (960 x g). Sequencialmente, houve o descarte do sobrenadante e a posterior adição de solução de sacarose 70 %, centrifugando-se novamente à 2000 rpm (960 x g).

Ao final dos procedimentos, as partículas de solo permaneceram no fundo do tubo e foram descartadas. Os esporos mantiveram-se na superfície, sendo separados em amostras e conservadas em geladeira na temperatura de recomendada. A contagem de esporos ocorreu com o depósito do material sobre uma placa de Petri e observação em lupa (Figura 5). Todas as amostras foram submetidas à mesma metodologia.

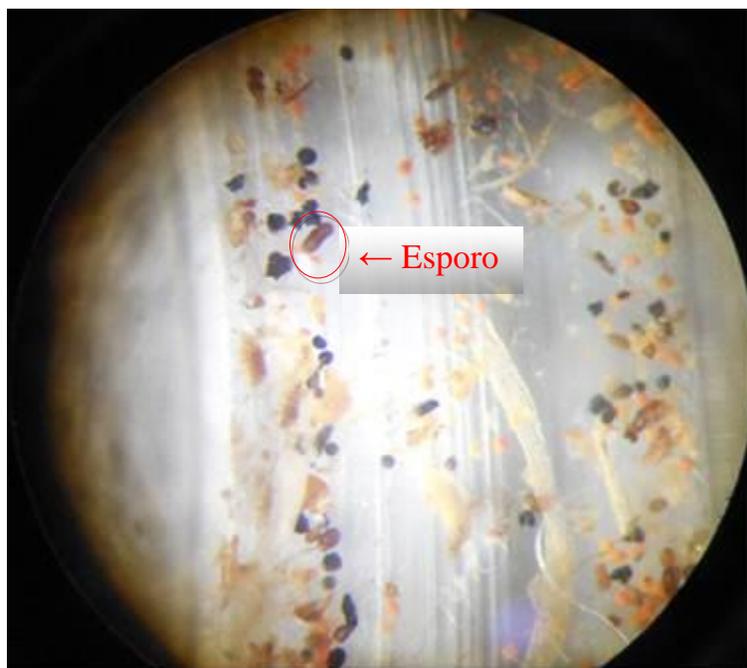


Figura 5. Observação de esporos em lupa microscópica. Fonte: o autor.

4.3.2 Avaliação da colonização por micorrizas

A metodologia utilizada seguiu os critérios descritos por Paula (2016). As amostras de raízes foram usadas para a avaliação da colonização por micorrizas, com coletas referentes à 05/02/2016. Por sua vez, dependem da saúde das raízes do feijão e, em razão disso, todas as amostras foram submetidas ao tratamento e armazenamento no mesmo dia da coleta, evitando apodrecimentos.

Questões climáticas impediram que a avaliação da colonização micorrízica acompanhasse a contagem de esporos (duas avaliações). O cultivo referente à fevereiro de 2016 não obteve sucesso, provavelmente em decorrência do excesso de

chuvas registradas.

As raízes mais finas do feijão-vagem foram cortadas, separadas e lavadas (retirando fragmentos de solo e outros resíduos vegetais). Sequencialmente, as raízes foram clareadas a partir do tratamento com KOH quente à 10 %, por cinco minutos em banho-maria.

Após o clareamento em KOH, adicionou-se o corante azul de tripano 0,05 % por cerca de três minutos. Em seguida, cada amostra foi individualizada e armazenada com glicerina em temperatura ambiente. O corante coloriu fortemente as hifas, deixando-as preparadas para a observação em lupa, (Figura 6).



Figura 6. Observação de micorrizas em lupa microscópica. Fonte: o autor.

Os dados gerados a partir das variáveis avaliadas são resultados de um estudo observacional, desta forma, os resultados são apresentados com valores absolutos de cada variável, por não haver repetições de cada tratamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Densidades de esporos

De modo geral, a quantidade de esporos se elevou de fevereiro a maio, sendo observada a maior variação entre os tratamentos, na coleta realizada no mês de fevereiro. Apesar de alguns estudos indicarem que o aumento da umidade pode favorecer a multiplicação de esporos (Grazziotti *et al.*, 1998; Santos; Barreto; Scoriza, 2014; Silva *et al.*, 2006), os dados do presente estudo se contrapõem, convergindo com conclusões apontadas por Caproni *et al.* (2007), Maia *et al.* (2009) e Santos *et al.* (2004), onde o estresse gerado pelo déficit hídrico e início da senescência do vegetal estimulariam a produção de esporos (Moreira; Siqueira, 2006).

Os registros do Instituto Nacional de Meteorologia, (Figura 1), evidenciaram que dentro das precipitações mensais registradas em Brasília (período de janeiro, fevereiro, março abril e maio), maio foi o mês mais seco, período da coleta com maiores resultados.

As menores densidades de esporos para o mês de fevereiro se apresentaram nos tratamentos referentes à aplicação de basalto (120 kg) e fosforito brechado (60 kg) + basalto (80 kg), T9 (864 esporos 50 ml⁻¹ de solo) e T5 (1223 esporos 50 ml⁻¹ de solo), respectivamente.

Para o mesmo mês, os maiores registros ocorreram em T6 (F 60 kg + B 80 kg + calagem) e T7 (F20 kg + B 80 kg), com 5271 esporos 50 ml⁻¹ de solo e 4055 esporos.50 ml⁻¹ de solo, nessa ordem e conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Número de esporos. 50 ml⁻¹ de solo de fungos micorrízicos arbusculares em área com diferentes doses de pó de rocha moída e NPK, cultivado com feijão vagem, em Brasília-DF, segundo seus respectivos tratamentos para os meses de fevereiro e maio de 2016.

| Tratamentos | N° de esporos. 50 ml ⁻¹ de solo | |
|-------------------------------|--|------|
| | Fevereiro | Maio |
| T1 NPK (4:30:10) | 2113 | 2206 |
| T2 NPK (4:30:10) + C* | 2632 | 2019 |
| T3 F (120 kg) | 2458 | 4710 |
| T4 F (120 kg) + C* | 2516 | 3826 |
| T5 F (60 kg) + B (80 kg) | 1223 | 4019 |
| T6 F (60 kg) + B (80 kg) + C* | 5271 | 2233 |
| T7 F (20 kg) + B (80 kg) | 4055 | 4768 |
| T8 F (20 kg) + B (80 kg) + C* | 1719 | 4468 |
| T9 B (120 kg) | 864 | 5526 |
| T10 B (120 kg) + C* | 3319 | 4116 |
| T11 DF (120 kg) | 1910 | 5403 |
| T12 Latossolo (controle) | 2668 | 3558 |

C* calagem: 1,84 ton/ha.

A variação entre o maior (T6, 5271 esporos 50 ml⁻¹ de solo) e o menor tratamento (T9, 864 esporos. 50 ml⁻¹ de solo) em fevereiro é de aproximadamente seis vezes, correspondente à diferença de 83,60 %, em relação ao tratamento T6. Já em maio, a variação entre o maior e o menor registro (T9, B 120 kg e T2, NPK + calagem), 5526 esporos. 50 ml⁻¹ de solo e 2019 esporos. 50 ml⁻¹ de solo, respectivamente, é de cerca de três vezes, com uma diferença de 61,69 %. Os resultados podem ser observados na Figura 7.

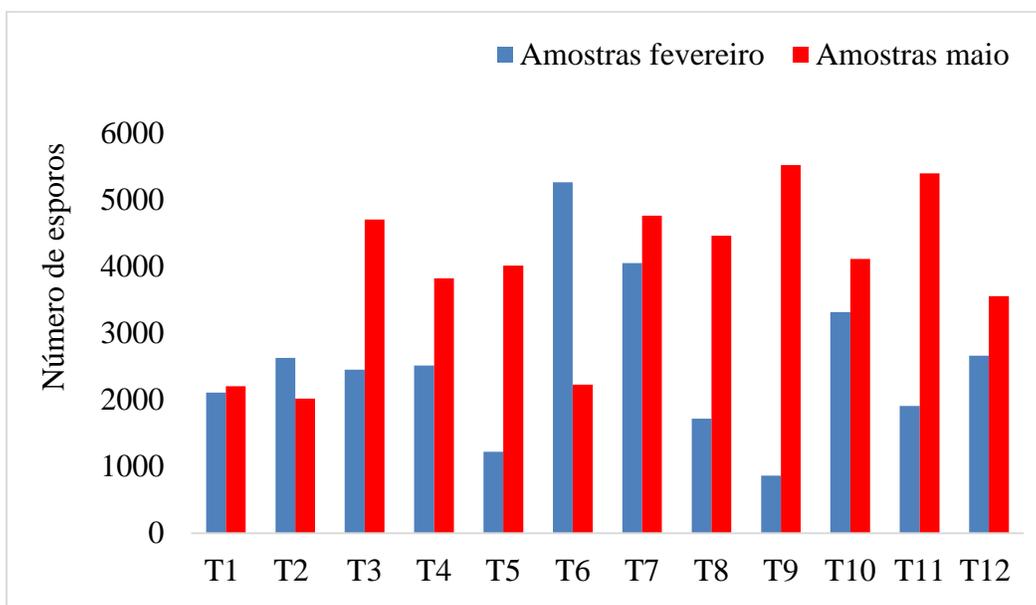


Figura 7. Quantidade de esporos. 50 ml⁻¹ de solo de fungos micorrízicos arbusculares referentes aos meses de fevereiro e maio.

A densidade de esporos em T9 foi a maior registrada para o mês de maio, contendo 5526 esporos. 50 ml⁻¹ de solo. Sob a mesma ótica, T11 (dolomito fosfatado) apresentou a segunda maior densidade, 5403 esporos. 50 ml⁻¹ de solo.

De modo geral, a esporulação de FMAs foi estimulada no período mais seco, maio de 2016. Nesse período, a diferença entre as densidades de esporos não é tão marcante como para fevereiro de 2016. Observa-se também que, para os tratamentos com apenas NPK e NPK + calagem os registros foram similares nos dois períodos avaliados.

Observando os dados de crescimento do feijão para o mesmo experimento (Silveira, 2016), observa-se que exceto T6, que manteve médias de crescimento similares à maioria dos tratamentos, tanto T9 como T11 apresentaram valores reduzidos para o desenvolvimento da área foliar, com 98,6 cm² e 65,6 cm², relativamente.

No caso de T11, a média foliar foi superior à apenas T1 (NPK), com 38,7 cm² e ao controle (T12), com 26,5 cm². Para T9, a média da área foliar é superior à T1, T11, T12 e T3 (F120 kg). A maior área foliar registrada é relativa à T4, com

158,2 cm². Os dados de T11 e T9 corroboram com a afirmação relativa ao estímulo à esporulação mediante um estresse sofrido pela planta, no entanto, percebe-se que tanto a umidade como perturbações sofridas pela espécie não são suficientes para explicar o comportamento dos esporos.

Finalmente, o número de esporos registrados no Latossolo (L) sugere que a presença de leguminosas é suficiente para estimular uma produção elevada de propágulos, especialmente quando na comparação com outros experimentos (Silva *et al.*, 2006; Santos; Barreto; Scoriza, 2013; Souza, 2006).

Comparando com os resultados de Costa *et al.* (2001), Souza *et al.* (2003) e Silva *et al.* (2001), para sistemas diferenciados, verifica-se que para as densidades mais expressivas, - com 497 esporos. 50 ml⁻¹ de solo em plantio em vasos de aceroleiras (sob umidade superior à 80 %) e 429 esporos. 50 ml⁻¹ de solo (em estação seca) novamente para um plantio em vasos em Costa *et al.* (2001) e Souza *et al.* (2003), respectivamente, - observa-se uma densidade de cerca de 12 vezes inferior àquela apresentada no presente trabalho, com 5526 esporos. 50 ml⁻¹ de solo relatado para o período seco, representado apenas 7,76 % do total.

A umidade do solo foi outra variável que influenciou no número de esporos observados no experimento. Assim, para o período de maior umidade do solo, os valores encontrados foram de 4055 esporos. 50 ml⁻¹ de solo, valor esse que corresponde a oito vezes aos valores encontrados por Souza *et al.* (2003), de apenas 497 esporos. 50 ml⁻¹ de solo.

Comparando a influência da calagem com as diferentes doses e combinações de pó de rocha, com ou sem a aplicação de fertilizante formulado NPK, verificou-se um comportamento diferenciado entre os períodos de avaliação do número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

Na coleta realizada em fevereiro, observou-se o estímulo da produção de esporos nos tratamentos que receberam calagem: NPK + calagem (T2), fosforito (120 kg) + calagem (T4), fosforito (60 kg) + basalto (80 kg) + calagem (T6) e o basalto (120 kg) + calagem (T10). A exceção foi o tratamento fosforito (20 kg) +

basalto (80 kg) + calagem (T8).

Os cultivos de solos de baixa fertilidade, como os Latossolos do Cerrado, com consequente aplicação de calcário e fertilizantes, favorecem a presença de micorrizas associadas às culturas, (Siqueira, 1994). Ainda segundo o autor, esse efeito é máximo quando as condições de crescimento para as plantas estão abaixo do ótimo, do ponto de vista da disponibilidade de nutrientes.

Estudos indicam que, desde que o pH não se eleve demasiadamente (Moreira; Siqueira, 2006), a calagem beneficia a colonização micorrízica (Schneider *et al.*, 2011; Duarte *et al.*, 1995), sugerindo que o número de esporos também possa ser beneficiado.

No entanto, na avaliação realizada no mês de maio, os tratamentos com calagem apresentaram número menor de esporos em comparação às respectivas doses de NPK e combinações de pó de rocha (Tabela 4; Figura 7). Esses resultados são conflitantes com o que foi observado na avaliação anterior.

Com as informações disponíveis do experimento não é possível concluir sobre o efeito dos tratamentos nessa variável avaliada (número de esporos). Para compreender o efeito da calagem sobre a disponibilidade dos nutrientes adicionados via NPK ou via combinações de doses de pó de rocha seria necessária a realização de coletas ao longo do tempo, ou seja, em anos consecutivos no mesmo período de coleta (fevereiro e maio), bem como a realização de análises químicas do teores de nutrientes no solo para correlacionar com os dados de número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.

Possivelmente a densidade de esporos foi influenciada pelo manejo dos insumos aplicados no solo. Seguindo a mesma observação, os tratamentos geram a interpretação de que doses relativamente elevadas ou reduzidas provocam maior amplitude quanto à produção de esporos. Valores medianos gerariam alterações medianas.

Deve-se ressaltar, no entanto, que o solo referente ao presente experimento corresponde à um solo de Cerrado *sensu stricto* conservado e aberto apenas para o

trabalho. Não há relatos de atividades agrícolas para a área, demonstrando que o histórico da área influencia no comportamento da microbiologia do solo edáfica (Schneider *et al.*, 2011; Santos; Tomm, 2003).

5.2 Colonização micorrízica

A colonização radicular variou de 52,33 % a 73,86 %, expondo diferenças quanto ao efeito dos tratamentos do solo. Tanto a fertilização com NPK como os tratamentos correspondentes à aplicação de fosforito (60 kg) + basalto (80 kg) e de dolomito fosfatado (120 kg) apresentaram as menores taxas de colonização, variando de 53,63 %, 53,65 % e 52,33 %, respectivamente.

As maiores taxas correspondem aos tratamentos T4, fosforito (120 kg) + calagem e T9, basalto (120 kg), que foram de 71,29 % e 73,86 %, respectivamente. A diferença entre a maior e a menor taxa de micorrização (T11, com 52,33 %) é de 21,53 %. O total de valores correspondentes à cada tratamento se encontra listado na Tabela 5.

A comparação entre os tratamentos T1, NPK, e T2, NPK com calagem, permite a inferência de que a calagem favoreceu a colonização micorrízica das plantas de feijão e, possivelmente propiciou um ambiente mais favorável aos microrganismos. Há relatos de que, tanto a elevação do pH como a maior disponibilidade de fósforo no solo favorecem e estimulam, dentro de limites, a simbiose (Berbara; Souza; Fonseca, 2006; Santos, *et al.*, 1996; Schneider, *et al.*, 2011).

Ainda analisando T1, provavelmente a elevada e inerente solubilidade dos formulados NPK justifica o teor relativamente reduzido nas taxas de colonização, onde, junto com T2, as quantidades de fósforo adicionadas foram as mais elevadas, 30 kg/ha. Tendo em vista que a fertilização ocorreu apenas uma vez, dezembro de 2014, e comparando T1 com T2 é possível que a aplicação de apenas NPK no solo tenha proporcionado um menor efeito residual em relação à T2 e todos os tratamentos, à exceção de T11, dolomito fosfatado.

A partir da comparação dos tratamentos com NPK, fosforito brechado e a combinação fosforito com basalto, em adição com a calagem, percebe-se um incremento na taxa de colonização micorrízica. Esse fato pode estar associado ao efeito da calagem nos solos, que proporciona a elevação do pH e disponibilização de Ca e Mg no solo (Tabelas 2 e 3). Estas mudanças gerariam um ambiente mais favorável ao crescimento das raízes e, por consequência, uma maior superfície de contato entre o fungo e as raízes das plantas, contribuindo com a colonização.

A observação dos tratamentos T3, fosforito (62,18 %) e T4, fosforito com calagem (71,29 %) indica novamente o efeito da correção do solo quanto ao favorecimento de fungos micorrízicos arbusculares perante à elevação do pH. A diferença de 9,11 % apresentada entre as taxas sugere que a calagem potencializa a capacidade do estabelecimento dessas relações biológicas. As evidências convergem com o exposto por Nóbrega *et al* (2001), Cabral *et al.* (2014) e Souza (2006), em que fungos micorrízicos são favorecidos pela existência de fósforo no ambiente.

Quanto à análise e comparação dos pares T5 e T6 (fosforito 60 kg + basalto 80 kg e fosforito 60 kg + basalto 80 kg + calagem) e T7 e T8 (fosforito 20 kg + basalto 80 kg e fosforito 20 kg + basalto 80 kg + calagem), dentro da combinação basalto e fosforito, as quantidades de fósforo são possivelmente reguladoras do estímulo à colonização.

A colonização das raízes é, possivelmente, influenciada pelos teores reduzidos de fósforo, onde as menores doses de fósforo/parcela comportar-se-iam como estimulantes à micorrização. Em T5 e T6 foram adicionados 4,72 kg de fósforo/parcela, enquanto em T7 e T8, a dose foi de 1,77 kg de fósforo/parcela

Finalmente, as maiores taxas de colonização foram verificadas para T4 e T9 (correspondentes ao fosforito (120 kg) com calagem e basalto, na ordem) com 72,29 % e 73,86 %. Em T4, a aplicação de 8,84 kg/ha de P_2O_5 possivelmente estimulou a micorrização. Por sua vez, T9 apresenta o maior valor em saturação por bases, evidenciando a possível influência da calagem na colonização de raízes por fungos micorrízicos arbusculares. Analisando T10, porém a dose de calagem provavelmente

subiu demasiadamente o pH e a saturação de bases do solo , desestimulando em certa quantidade a colonização.

Tabela 5. Taxas de colonização micorrízica correspondentes aos 11 tratamentos e o controle em Latossolo, aplicados no cultivo de *Phaseolus vulgaris* L.

| Tratamentos | Taxa de Colonização micorrízica (%) |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| T1 NPK (4:30:10) | 53,63 |
| T2 NPK (4:30:10) + C* | 60,54 |
| T3 F (120 kg) | 62,18 |
| T4 F (120 kg) + C* | 71,29 |
| T5 F (60 kg) + B (80 kg) | 53,65 |
| T6 F (60 kg) + B (80 kg) + C* | 65,07 |
| T7 F (20 kg) + B (80 kg) | 68,31 |
| T8 F (20 kg) + B (80 kg) + C* | 68,55 |
| T9 B (120 kg) | 73,86 |
| T10 B (120 kg) + C* | 64,31 |
| T11 DF (120 kg) | 52,33 |
| T12 Latossolo (controle) | 64,09 |

Paralelamente, e dentro de uma comparação relativa, a observação de uma taxa de colonização reduzida para T11, dolomito fosfatado, pode ser justificada pela limitação imposta pela elevação do pH esperada. Por sua vez, o valor apresentado no Latossolo controle sugere que na presença de leguminosas, as micorrizas arbusculares também são estimuladas ao estabelecimento da simbiose sem que haja a adição de insumos. A comparação visual de todos os valores se encontra na Figura 8.

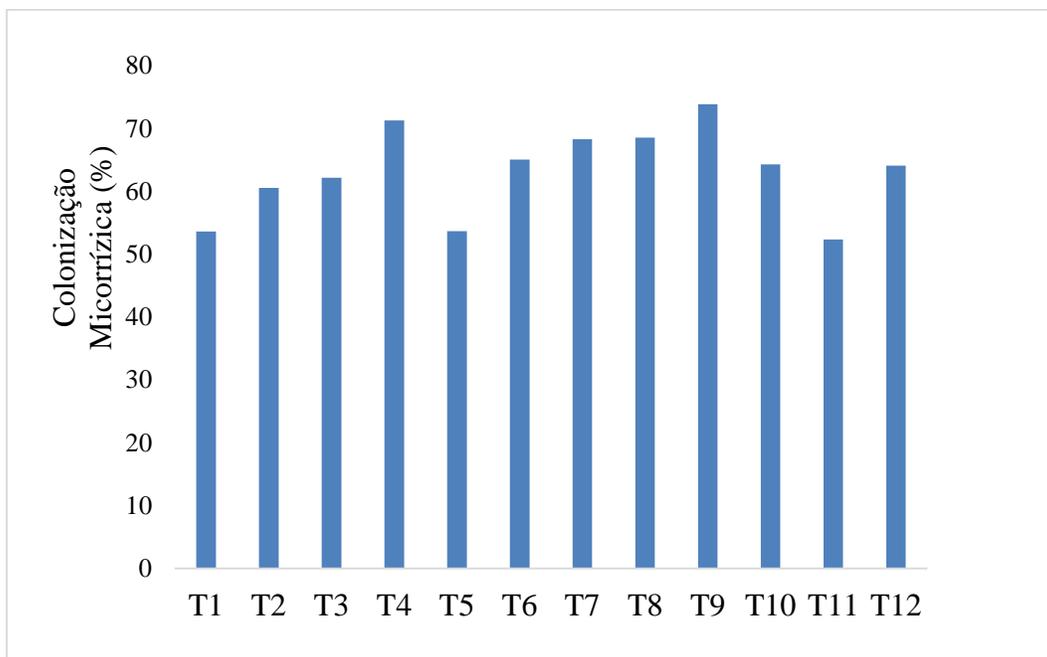


Figura 8. Variação nas taxas de colonização por fungos micorrízicos para o mês de fevereiro.

6. CONCLUSÕES

1. A aplicação de pós de rochas basálticas e fosfáticas provavelmente influenciou na densidade de esporos e na colonização de raízes por fungos micorrízicos arbusculares.
2. A calagem realizada em conjunto com a aplicação das doses de NPK, fosforito (120 kg/ha) e fosforito conjuntamente com basalto (60 kg/ha + 80 kg/ha) promoveu estímulo na colonização fungos micorrízicos em plantas de feijão, dentro das condições avaliadas.
3. A produção de esporos de fungos micorrízicos arbusculares possivelmente foi influenciada pela aplicação de rochas moídas e sua associação com a calagem.

7. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. *et al.* **Os adubos e a eficiência das adubações.** ANDA, Associação Nacional para Difusão de Adubos, 3ª edição, p. 12, dez 1998, São Paulo.

ASSIS, L.B. *et al.* **A falta de regulamentação da prática da rochagem no manejo da fertilidade de solos agrícolas.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 43.

ASSIS, L.B. *et al.* **Desafios em soberania e segurança alimentar: a utilização da rochagem como fonte alternativa e sustentável.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 45.

BAMBERG, A.L. *et al.* **Desempenho agrônômico de fontes minerais e orgânicas de nutrientes para as culturas de milho e trigo.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 13.

BATISTA, N.T.F. *et al.* **Desempenho da soja em diferentes doses de basalto na presença e ausência de calcário** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 36.

BERBARA, R.L.L.; SOUZA, F.A.; FONSECA, H.M.A.C. **Nutrição mineral de plantas.** SBCS, Viçosa, 2006. 432p.

CABRAL, B.V. *et al.* **Influência da Concentração de Rocha Fosfática e Inóculo na Biossolubilização de Fosfato.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20, 2014, Florianópolis.

CAPRONI, A.L. *et al.* **Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetado com espécies arbóreas.** Acta bot. bras. 21(1): 99-106. 2007.

CARVALHO, A.M.X. *et al.* **Plantas, micorrizas e microbiota do solo na disponibilização de nutrientes de pós de rocha.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 60.

CARVALHO, A.M.X. **Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo: Sustentabilidade e inovação no campo.** Minas Gerais, 2013. 234p.

CARNEIRO, *et al.* **Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil.** Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 4, p. 648-657, out-dez, 2012.

Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2010.

CORDEIRO, *et al.* **Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 35 (3): 147-153, 2005.

COSTA, C.M.C. *et al.* **Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.).** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 6, p. 893-901, jun. 2001.

CRUZ, J.F.; OLIVEIRA, T.K. **Desempenho agrônômico de variedades de feijoeiro no sistema plantio direto.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 83 – 89, jul./ set., 2014.

DUARTE, A.P. *et al.* **Efeito da sucessão com leguminosas sob diferentes níveis de calagem no desenvolvimento e micorrização do trigo.** Bragantia, Campinas, 54 (2): 325-334, 1995.

EDWARD, W.O.O. **Experimentos de rochagem com uso de rocha fosfatada da base do grupo Bambuí.** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNB, 20, 2014, Brasília. Anais eletrônicos, Brasília, 2014. p. 744.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2014. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2192735/alem-do-npk-estudos-revelam-eficiencia-de-nutrientes-esquecidos-em-fertilizantes>>. Acessado em 1 jan 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Uso e manejo de irrigação.** EMBRAPA Informação Tecnológica Brasília, DF, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Para entender micorrizas arbusculares, por Lúcia Vieira Hoffmann e Valeska Silva Lucena.** Campina Grande: EMBRAPA, 2006. 22p.

FRANCO, D. *et al.* **Avaliação do desempenho do fonolito via mineral em laranjeiras adultas.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p.52.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. **Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting.** Transactions of the British Mycological Society., Cambridge, Inglaterra, v.46, p. 234-244, 1963.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD S.C. 2001. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** POTAFOS. Informações agronômicas N° 95. p.1-5.

GRAZZIOTTI, P.H. **Variação sazonal da colonização de raízes de clones de híbridos de eucalipto por fungos micorrízicos no estado do Espírito Santo.** *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 1998, vol.22, n.4, p.613-619.

GRECCO, M.F. *et al.* **Efeito de rochas moídas sobre a acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (*Zea mays*) e de aveia-preta (*Avena strigosa*).** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p.10.

INVAM - International Culture Collection of (Vesicular) Carbuncular Mycorrhizal Fungi- <<http://invam.wvu.edu/>>. Acessado em junho de 2016.

LEONARDOS, O.H.; FYFE, W.S.; KROMBERG, B.I. **Rochagem: método de aumento de fertilidades em solos lixiviados e arenosos.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 19, 1976, Ouro Preto. Anais. SBG. p.137

LONGHI-WAGNER, H.M. **Diversidade e distribuição geográfica das espécies de *Aristida* L. (Gramineae) ocorrentes no Brasil.** *Acta bot. bras.* 4(1): 1990.

MAIA, R.S. *et al.* **Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores biológicos de alteração do solo na agricultura de derruba e queima e derruba sem queima na Amazônia.** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 32, 2009, Fortaleza.

MARQUES, V.J.; MARQUES, S.S. **Rochagem no sul dos estados do Maranhão e Piauí.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 33.

MARRA, L.M. **Solubilização de fosfatos por bactérias e sua contribuição no crescimento de leguminosas e gramíneas.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2012.

MARTINS, E.S.; THEODORO, S.H. **Congresso Brasileiro de Rochagem** In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 1, 2010: Brasília. Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem; editores Eder de Souza Martins, Suzi Huff Theodoro Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2010. 322p.

MARTINS, C.R.; MIRANDA, J.C.C; MIRANDA, L.N. **Contribuição de fungos micorrízicos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do Cerrado.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.34, n.4, p.665-674, 1999.

MARTINS, E.S. **Proposta de critérios de normatização de rochas silicáticas como fontes de nutrientes e condicionadores do solo.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 50.

MELLONI, R.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 38, n. 2, p. 267-276, fev. 2003.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo.** 2ª ed. Porto Alegre: Genesis editora, 2004. 290 p.

MILECH, *et al.* **Avaliação de diferentes doses de granodiorito como fonte de potássio na cultura de amora-preta.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 11.

MONTEIRO, C.F. **Fosforitos fazer Grupo Bambuí na Região de Campos Belos (GO) / Arraias (TO), na borda oeste do Cráton do São Francisco.** Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília (DF). 2009. 150p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

NÓBREGA, J.C.A. *et al.* **Fosfato e micorriza na estabilidade de agregados em amostras de latossolos cultivados e não-cultivados.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1425-1435, nov. 2001.

NUNES, J.M.G. *et al.* **Caracterização de resíduos e produtos de britagem de rochas basálticas e avaliação da aplicação na rochagem.** Dissertação de Mestrado, Centro Universitário LaSalle Unilasalle, Canoas (RS). 2014. 101p.

PAULA, A.M. **Micorrizas arbusculares.** In: DIONÍSIO, J.A. *et al.* **Guia prático de biologia do solo.** Curitiba: SBCS/ NEPAR, 2016. 152p.

QUISPE, J.F.S. **Eficiência agronômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos quanto a capacidade de fixação de fósforo.** Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2004. 53p.

RESENDE, M. *et al.* 1999. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** 3ª edição, Viçosa, Minas Gerais (MG): NEPUT, 338p.

RIBEIRO, G.S. *et al.* **Utilização da rocha mica xisto como fonte de nutrientes na cultura do milho.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos, p. 7.

SANTOS, D.R. *et al.* **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 2, p.576-586, mar/abr, 2008.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. **Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.3, p.477-486, mai/jun, 2003.

SANTOS, J. *et al.* **Micorrizas em *Ammophila arenaria*: Comparação entre dois sistemas dunares.** *Revista de Biologia*, Coimbra, 22:101-108, 2004.

SANTOS, J.C.P. **Rendimento de massa seca e absorção de fósforo pelo milho afetado pela aplicação de fósforo, calcário e inoculação com fungos micorrízicos.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 63-67, 1996.

SANTOS, R.S.; BARRETO, P.A.; SCORIZA, R.N. **Efeito da sazonalidade na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em um fragmento de mata de cipó em Vitória da Conquista, Bahia.** *R. bras. Bioci.* Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 46-51, jan./mar. 2014

SILVA, A. *et al.* **Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto.** *Acta Scientiarum. Agronomy.* Maringá, v.33, n.1, p. 147-152, 2011.

SILVA, C.F. *et al.* **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar.** *Caatinga (Mossoró, Brasil)*, v.19, n.1, p.01-10, janeiro/março 2006.

SILVA, D.J. *et al.* **Eficiência de um resíduo de mineração como fonte de potássio em cultivos sequenciais de soja, milho e melão.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos p. 51.

SILVA, G.A. *et al.* **Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração, no Estado da Bahia, Brasil.** *Revta brasil. Bot.*, São Paulo, V.24, n.2, p.135-143, jun. 2001.

SILVA, L.D.P. *et al.* **Ação de microrganismos em pó de basalto.** In: II Congresso Brasileiro de Rochagem, 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013, Resumos p. 35.

SILVEIRA, R.T.G. **Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados.** Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, UnB. Universidade de Brasília, Brasília (DF). 2016. 98 p.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas Arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. **Microrganismos de Importância Agrícola.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 1994, p.151-194.

SCHNEIDER, J. *et al.* **Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 35, n. 4, p. 701-709, jul/ago., 2011.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado Correção do Solo e Adubação.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, A; MORAES; M.G.; RIBEIRO, R.C.L.F. **Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos.** Acta bot. bras. 19(1): 81-90. 2005.

SOUZA, C.M.A. **Mobilização de Fósforo e crescimento de leguminosas submetidas a diferentes níveis de adubação com fosfato de rocha.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Amazônia, Manaus (AM). 2006. 60p.

SOUZA, R.G. **Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil.** Revista Brasil. Bot., V.26, n.1, p.49-60, mar. 2003.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ALMEIDA, E. de. **Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos.** In: MARTINS, E. S.; THEODORO, S. H. Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem. Brasília – Embrapa. p.173-181, 2010.

TROXLER, S. **Clay Minerals: Their Importance and Function in Soils.** Soil Fertility, 13:1-2. 1999.