



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

MARIO SOARES DA SILVA JUNIOR

**TEOR DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA ASSOCIAÇÃO
DOS FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Imperatriz - MA

2022

MARIO SOARES DA SILVA JUNIOR

**TEOR DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA ASSOCIAÇÃO
DOS FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao
Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade
Estadual da Região Tocantina do Maranhão -
UEMASUL, Centro de Ciências Agrárias - CCA,
como requisito para obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Orientador(a): Dra. Ivaneide de Oliveira
Nascimento

Imperatriz - MA

2022

FICHA CARTOGRÁFICA

S586t

Silva Junior, Mario Soares da

Teor de fósforo na cultura da soja em função da associação dos fungos micorrízicos e adubação fosfatada. / Mario Soares da Silva Junior. – Imperatriz, MA, 2022.

42 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1.Cultura da soja. 2.Fungos micorrízicos. 3.Fósforo. 4.Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 633.34:661.15'2(811.5)

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

MARIO SOARES DA SILVA JUNIOR

**TEOR DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA ASSOCIAÇÃO
DOS FUNGOS MICORRÍZICOS E ADUBAÇÃO FOSFATADA**

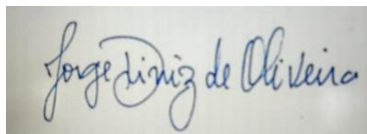
Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade
Estadual da Região Tocantina do Maranhão -
UEMASUL, Centro de Ciências Agrárias - CCA,
como requisito para obtenção do Grau de Bacharel
em Engenharia Agrônoma.

Aprovado em: 12/08/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Ivaneide de Oliveira Nascimento
UEMASUL



Prof^o. Dr. Jorge Diniz de Oliveira
UEMASUL



Prof^a. Dr^a. Thatyane Pereira de Sousa
UEMASUL

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Representação dos fungos micorrízicos arbusculares	23
FIGURA 2. Localização do local de estudo.....	32
FIGURA 3. Croqui do plantio do experimento	34
FIGURA 4. Lavagem das vidrarias para serem utilizadas no experimento	35
FIGURA 5. Pesagem das amostras da parte aérea da soja	35
FIGURA 6. Mesa agitadora a 120 rpm.....	36
FIGURA 7. Solução após a agitação entra em processo de separação de uma amostra heterogênea	36
FIGURA 8. Filtragem das amostras decantadas com os papéis de filtro e posteriormente armazenadas em tubos de acrílico, todas com sua respectiva identificação	37

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Distribuição das repetições e tratamentos.....	33
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Evolução do agronegócio	16
TABELA 2. Valores obtidos pela determinação de fósforo da parte aérea da cultura da soja.....	39

RESUMO

Os fungos micorrízicos apresentam-se como uma alternativa sustentável, frente à alta de preços dos insumos e também da degradação de solos em muitas regiões, isso porque eles se associam às raízes das plantas, inclusive de soja, buscando a própria sobrevivência, mas acabam ajudando-as na retenção e absorção de nutrientes e água; o que favorece a cultura e pode aumentar sensivelmente a produtividade e a qualidade do produto. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o teor de fósforo na cultura da soja, tendo em vista a inoculação de fungos micorrízicos associada à adubação fosfatada. A metodologia utilizada foi a análise laboratorial, da parte aérea de plantas de soja submetidas aos referidos fungos e à adubação fosfatada, em blocos casualizados; constituindo-se, portanto, em uma pesquisa de campo. Quanto aos resultados, verificou-se que não houve substancial aumento do fósforo nas plantas examinadas e concluiu-se que isso ocorreu devido ao fato de o solo já se encontrar em boas condições, sendo capaz de suprir as necessidades dessas plantas.

Palavras-chave: Teor. Fósforo. Soja. Fungos Micorrízicos. Adubação Fosfatada.

ABSTRACT

Mycorrhizal fungi present themselves as a sustainable alternative, given the high prices of inputs and also the degradation of soils in many regions, this is because they associate with the roots of plants, including soybeans, seeking their own survival, but end up helping -the retention and absorption of nutrients and water; which favors the culture and can significantly increase productivity and product quality. Thus, the present work aimed to evaluate the phosphorus content in soybean, considering the inoculation of mycorrhizal fungi associated with phosphate fertilization. The methodology used was the laboratory analysis of the aerial part of soybean plants subjected to the aforementioned fungi and to phosphate fertilization, in randomized blocks; constituting, therefore, a field research. As for the results, it was found that there was no substantial increase in phosphorus in the plants examined and it was concluded that this was due to the fact that the soil was already in good condition, being able to supply the needs of these plants.

Keywords: Content. Phosphor. Soy. Mycorrhizal fungi. Phosphate Fertilization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 A introdução e desenvolvimento do cultivo de soja no Brasil: a planta da soja e força do agronegócio brasileiro.....	14
2.2 A produção de soja no Maranhão	17
2.3 Adubação fosfatada: conceito, importância, vantagens e experiências positivas na produção de soja	20
2.4 A utilização de fungos micorrízicos associados à adubação fosfatada	22
2.5 Fungos micorrízicos e adubação fosfatada na produção de soja: vantagens e possibilidades	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 Local do estudo	31
3.2 implantação do experimento	32
3.3 Determinação do teor de p na parte aérea na cultura da soja.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma leguminosa e oleaginosa que teve sua origem na Ásia, mas que no Brasil ganhou cada vez mais espaço, especialmente com as técnicas de cultivo e tecnologia e, aos poucos se tornou um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, colaborando para o PIB (Produto Interno Bruto) e equilibrando a balança comercial, mesmo frente às crises (SEDIYAMA et al., 2015; DINIZ, 2019; MILIOLI, 2021).

Assim, como se pode imaginar, tendo em vista as diferenças de clima, solo, vegetação e disponibilidade de água que as distintas regiões brasileiras possuem foi preciso desenvolver uma série de técnicas, sendo que uma delas tem sido a associação dessa cultura com os fungos micorrízicos, os quais permitem à planta uma melhor retenção e absorção de nutrientes, especialmente o fósforo (P) e também de água, que favorece o cultivo dessa leguminosa (CARNEIRO et al., 2011; FRANÇA et al., 2014; BRITO et al., 2017).

Segundo Silva (2022), ademais, plantas associadas a fungos micorrízicos melhoram até mesmo seu processo de fotossíntese e assim, acabam sendo mais tolerantes ao déficit hídrico que outras plantas, não associadas. Buzo et al., (2021) também deixam claro a importância do fósforo para uma boa produtividade e dos fungos micorrízicos para uma melhor absorção do mesmo.

Tendo em vista o exposto, o presente trabalho constituiu-se em um estudo de campo, realizado no Estado do Pará que consistiu na associação entre a cultura da soja e fungos micorrízicos, com adubação fosfatada, buscando avaliar os teores de fósforo nos caules e folhas (parte aérea da planta), já que esse nutriente é fundamental para o bom desenvolvimento do sistema radicular da planta, o que costuma influenciar a produtividade da mesma.

Tratou-se, portanto, de um trabalho de campo, experimental, em blocos casualizados, com o objetivo de avaliar-se o teor de fósforo na parte aérea da soja em função da associação de fungos micorrízicos e adubação fosfatada, utilizando-se na análise descritiva a abordagem qualitativa e o método indutivo, principalmente. Antes, porém de se passar ao experimento, promoveu-se um estudo bibliográfico preliminar em que se analisaram conteúdos pertinentes ao tema, tais como o desenvolvimento da soja no Brasil e a associação da mesma com os referidos fungos, dentre outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A introdução e desenvolvimento do cultivo de soja no Brasil: a planta da soja e força do agronegócio brasileiro

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma planta leguminosa e oleaginosa, cuja morfologia se caracteriza por uma raiz pivotante ou axial, que cresce verticalmente (ereta), tendo uma raiz principal e outras laterais ligadas a esse eixo da qual se ramificam; um caule herbáceo, ou seja, flexível e tenro e ainda folha trifoliolada. Seu fruto é, portanto, um legume, uma vagem de formato achatado, cuja coloração varia do amarelo ao preto, conforme uma série de fatores. A importância da soja, ademais, se deve, basicamente, aos “elevados teores de óleo e proteína” (MILIOLI, 2021, p.7).

A soja cultivada no Brasil teve sua origem na Ásia, especificamente na China, em uma região denominada Manchúria; sendo que foi cultivada naquela região por cerca de dois mil anos, acredita-se. No Brasil teria chegado por volta do final do séc. XV e início do XVI; mas sua produção somente ganharia destaque já no séc. XX, na segunda metade desse século (SEDIYAMA et al., 2015).

Assim, também conforme Milioli (2021), a soja começou a ganhar maior força na economia brasileira depois dos anos 70, especialmente na região mais ao Sul do país. Na década de 70, segundo Diniz (2019), o país consegue se consolidar como grande produtor e também exportador do produto, porquanto fossem formidáveis as condições do mercado interno e internacional, com políticas voltadas ao cultivo, pesquisa, assistência técnica, cooperativas e mecanização desse cultivo; o que inseriu o Brasil nesse mercado internacional de *commodities* de soja.

Contudo, segundo Milioli (2021), os primeiros cultivos não estavam adaptados a latitudes mais baixas, de modo que o desenvolvimento dessas plantas e, consequentemente a produtividade em termos de grãos ficava comprometida quando introduzida em regiões com tais condições como Norte, Nordeste e Centro-oeste, conforme dados dos estudos de Almeida et al., (1999), citados por Milioli (2021); de maneira que foi preciso superar esse desafio para que o país conseguisse se tornar o grande produtor de soja a que estaria destinado.

Segundo Milioli (2021), havia certa limitação da cultura de soja logo que ela se fortaleceu, em regiões de latitudes mais baixas e teriam sido os programas de melhoramento fundamentais para enfrentar esse desafio dos dias mais curtos, sendo que foi preciso uma adaptação da cultura. Essa expansão da cultura da soja fez com que a produção nacional ganhasse destaque e esta cultura se tornasse um dos pilares do agronegócio brasileiro. Sobre a expansão da fronteira de produção de soja, afirma Diniz (2019) que houve pelo menos duas principais fases de ocupação da soja no país, uma entre 1966 e 1970,

[...] marcada pela criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), e pela mudança da SPVEA para Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), da Operação Amazônica e da criação da Amazônia Legal e do Banco da Amazônia; quanto a segunda fase, que compreende o período de 1970 a 1981, é caracterizada pelo lançamento de programas governamentais como o Plano de Integração Nacional, o Projeto Integrado de Colonização (PIC), o Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLAMAZÔNIA) e o Projeto Grande Carajás. Entretanto é na década de 1990 que a soja chega de forma definitiva a região norte, tendo em vista que, a adaptação do cerrado para atividades agropecuárias [...] (DINIZ, 2019, p.7)

Portanto, a participação do Estado, com a construção de ferrovias, a implementação de programas e projetos de expansão e de desenvolvimento, a colonização dirigida, além de questões ligadas à terra e preços fizeram com que a soja ganhasse cada vez mais espaço no país.

Assim, a soja se expandiu e na atualidade o Brasil a produz nas distintas regiões, tais como Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste, graças a essa série de políticas, programas de expansão, pesquisas e implementação de grandes investimentos em termos de capital humano e financeiro, afirma Diniz (2019).

Segundo Silva (2021), a soja se tornou uma das mais importantes *commodities* agrícolas do país e foi fundamental para substituir a produção de cana de açúcar ou mesmo para funcionar em rotação de cultura com ela, diante das crises que o Brasil vem enfrentando. Nesse contexto, a soja se tornou uma alternativa rentável e válida, que alavancou o setor do agronegócio nesses últimos anos.

Segundo dados do CONAB (2020/2021), coletados por Milioli (2021, p.8):

Na safra 1976/77, a área plantada com soja na região Centro-Oeste foi de apenas 378 mil hectares, passando para 16,64 milhões de hectares na safra 2019/20. Atualmente, a região Centro-Oeste que compreende grandes

estados produtores como MT, GO e MS, responde por aproximadamente 48,6% do volume total produzido no país, com 60,70 milhões de toneladas na última safra. Somente o estado do Mato Grosso, que é o maior produtor nacional, responde por ~28,7% da produção do país, com 35,88 milhões de toneladas produzidas.

Conforme o autor, o mesmo ocorreu nas regiões Norte/ Nordeste, com grande expansão do cultivo, tendo este mais que quadruplicado na última década, passando de 0,57 milhões de hectares, para 2,11 milhões, isso apenas no Norte.

No Nordeste, por sua vez, o incremento foi de 7 milhões para 18,7 milhões de toneladas de grãos, entre 2009/2010 e 2019/2020 de acordo com Milioli (2021). Na verdade, o setor do agronegócio de maneira geral experimentou um grande crescimento a partir dos anos 2000. A tabela seguinte (**Tabela 1**) ajuda a demonstrar a evolução do agronegócio, inclusive da produção de soja, em milhões de hectares.

Tabela 1. Evolução do agronegócio

Evolução de área (Milhões de hectares)					
Cultura	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18*
Soja	30,2	32,1	33,3	33,9	35,1
Milho 2° safra	9,2	9,6	10,6	12,1	11,6
Milho 1° safra	6,6	6,1	5,4	5,5	5,1
Trigo	2,8	2,4	2,1	1,9	2,0
Arroz	2,4	2,3	2,0	2,0	2,0
Evolução de produção (Milhões de hectares)					
Cultura	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18*
Soja	86,1	96,2	95,4	114,1	119,3
Milho 2° safra	48,4	54,6	40,8	67,4	54,5
Milho 1° safra	31,7	30,1	25,8	30,5	26,8
Trigo	6,0	5,5	6,7	4,3	5,2
Arroz	12,1	12,4	10,6	12,3	12,1

Fonte: CONAB (2018), apud Hirakuri et al., (2018, p.3).

De acordo com Hirakuri et al., (2018), a soja ganhou muita força no agronegócio e o seu incremento resultou um superávit comercial de quase 32 bilhões, algo que ajudou a manter a balança comercial entre os anos de 2007 e 2017, em que o setor experimentou um crescimento exponencial.

Para Milioli (2021), foi de fundamental importância para esse crescimento e para o próprio crescimento do agronegócio que se implementasse tecnologia e

inovação, que se pesquisasse, e se desenvolvesse cultivares capazes de se adaptarem às baixas latitudes. Na verdade, o agronegócio, na atualidade, cada vez mais necessita de bases científicas, de inovação e tecnologia.

A utilização dos fungos micorrízicos na lavoura, temática do presente trabalho, como se verá, com bons resultados para a lavoura de soja, demonstra essa importância.

2.2 A produção de soja no Maranhão

A produção e também o processamento da soja no Brasil, durante muito tempo, estiveram concentrados nas regiões Sul e Centro-Oeste brasileiras, mas especialmente nos anos 2000 houve um incremento e uma grande expansão das fronteiras da soja para outras regiões como Norte e Nordeste; especialmente na região chamada de MATOPIBA (Maranhão/ Tocantins/ Piauí/ Pará), já no berço da Amazônia (CASTILLO et al., 2021).

Ainda para Castillo et al. (2021), a porção maranhense do MATOPIBA, na atualidade, encontra-se bastante especializada e inserida no agronegócio globalizado, no que tange à produção de soja, especialmente a região de Balsas. Castillo et al., (2021), em seu trabalho, baseia-se em dados do IBGE e também da Embrapa Territorial para afirmar que a produção de soja nessa região de Balsas destaca-se como a mais desenvolvida e consolidada do Norte e Nordeste (Cerrado), com grande produtividade de grãos.

Oliveira (2021), nesse mesmo sentido, afirma que o estado teve um exponencial crescimento do cultivo de soja, inserindo-se no cenário do mercado internacional de soja; sendo que a região ainda possui um excelente potencial de expansão, tendo em vista o preço baixo das terras, um grande incentivo público ao agronegócio, a mão-de-obra acessível e, principalmente, uma grande parcela de terras agricultáveis, ainda sem utilização. Contudo, para que possa se expandir ainda mais e tornar-se cada vez mais competitivo no mercado, o sistema logístico ainda precisa ser reestruturado, aponta o autor.

Conforme Oliveira (2021), atualmente, o agronegócio é um dos grandes pilares da economia maranhense. Mesmo assim, em relação à logística de transporte, por exemplo, faltam investimentos; algo fundamental já que a produção precisa ser

escoada no momento certo para que se tenha competitividade. Afinal, não basta simplesmente estocar o produto.

Por fim, destaca Oliveira (2021) que mesmo com os problemas logísticos que o Estado enfrenta, a soja gera bastante lucro para o agronegócio na região, já que esse grão possui uma grande demanda internacional. Portanto, apesar dos desafios logísticos que precisam ser enfrentados, a soja no Maranhão é uma cultura consolidada, bem desenvolvida e tem um grande potencial de expansão e de se tornar ainda mais vantajosa economicamente para os produtores.

Interessante destacar, nesse contexto da logística do transporte de grãos no Estado, o entendimento de Buss et al., (2019). Segundo o autor, o Maranhão atrai a atenção nacionalmente justamente por possuir um sistema de transporte multimodal, compondo-se de hidrovias, já que detém uma rica bacia hidrográfica; ferrovias que cortam todo o Estado, especialmente transportando minérios; rodovias e um porto capaz de receber os maiores navios do Globo, tamanha a sua importância.

De acordo com o autor, ainda, a Ferrovia Carajás que até então era utilizada, basicamente, para escoar os minérios, torna-se uma boa alternativa para o agronegócio, especialmente por sua intersecção com outra ferrovia, a Norte-Sul. Afinal, segundo o autor, o agronegócio maranhense tem se expandido consideravelmente, especialmente a produção de soja e essa expansão exige uma maior eficiência em termos de logística de armazenagem e transporte.

Ocorre que, segundo Buss et al., (2019), apesar de possuir toda essa estrutura de transportes, isso não significa que ela funcione de forma adequada ou mesmo compatível à demanda do setor. Em suas palavras:

Destarte, a logística do Estado do Maranhão apresenta características que poucos estados da federação possuem. Portos preparados para cabotagem e exportação de grãos para grandes mercados como Europa e América do Norte, bem como Ásia (pelo Canal do Panamá), ferrovias que cortam o estado possibilitando fretes mais baixos e rodovias que interligam os principais modais. Porém, a existência dos modais não significa que os mesmos funcionam e possibilitam a eficiência logística desejada. (BUSS et al., 2019, p.3)

Assim, segundo os autores, embora o agronegócio represente um dos mais importantes substratos da economia maranhense, é preciso um maior investimento no sistema logístico, afim de que alcance uma melhor competitividade no mercado internacional.

Nesse contexto, as dificuldades com o sistema logístico, também para Buss et al., (2019), apresentam-se como um entrave à expansão e ao desenvolvimento do agronegócio no Estado. Os maiores problemas, segundo o autor estariam na estrutura que se utiliza para esse escoamento, seja por meio das rodovias, ferrovias ou mesmo hidrovias; além da deficiência no armazenamento de grãos.

Assim, nas palavras de Buss et al., (2019, p. 13):

A análise das condições logísticas do agronegócio do Estado do Maranhão, indicam diferentes situações que implicam no escoamento de produtos agrícolas pelo estado, por meio das rodovias, ferrovias e hidrovias fragmentadas e desconexas. Outra questão importante é a falta de estrutura para armazenagem de grãos, que aumenta os custos e dificulta sua comercialização em determinados períodos mais rentáveis. Quanto aos modais, o mais utilizado ainda é o rodoviário, que apresenta grandes dificuldades de infraestrutura. Já o modal ferroviário cria grandes possibilidades de integrar com outros modais no estado, principalmente o rodoviário, sendo uma alternativa viável para escoar a produção pelo porto de Itaqui. Diante do aumento da produção agrícola no estado acredita-se que investimentos são necessários para garantir maior integração e eficiência entre os modais, de modo a tornar o Estado do Maranhão uma das principais rotas de escoamento da produção agrícola do estado e do Brasil. É evidente o potencial competitivo do Estado para o escoamento da produção agrícola, que esbarra em problemas graves de infraestrutura e integração logística ineficientes.

Além da questão da infraestrutura de transportes e armazenamento, outras questões devem ser observadas quando se trata da produção de grãos no Estado. A qualidade desses grãos é um desses elementos.

Nesse sentido, Gomes et al., (2022) desenvolveu uma pesquisa experimental de caráter qualitativo e laboratorial no Laboratório de Microbiologia Agrícola da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), em São Luís –MA, analisando cultivares de soja obtidas em diferentes municípios do Estado: Balsas, São Raimundo das Mangabeiras e Chapadinha, oriundos da safra de 2007. Foi avaliado nesse estudo a incidência de fungos nas sementes, buscando-se avaliar a qualidade sanitária das mesmas.

Sobre essa análise, destaca o autor, que os cultivares de soja dos referidos municípios demonstraram risco em relação a essa qualidade, já que se encontraram fungos fitopatogênicos que causam doenças na cultura, tais como “*Cercospora kikuchi*, *Colletotrichum*sp., *Fusarium*sp”, além da incidência de fungos de armazenamento. Acerca dessa questão, afirma o autor:

Isto requer a reflexão sobre a produção e o manejo dessas cultivares em campo, o que pode estar relacionado às condições de clima e solo das regiões, e também quanto às etapas de pós colheita, no que diz respeito às condições de armazenamento, se adequadas ou não, e quanto a possibilidade do tratamento de sementes. Apesar da incidência de fungos fitopatogênicos preocupantes para a cultura da soja, as cultivares de produzidas nos polos produtores de Balsas, São Raimundo das Mangabeiras apresentaram boas porcentagens de vigor e germinação de plântulas normais, exceto a Tracajá produzida em Chapadinha. Isso traz a hipótese de que os fungos encontrados não influenciaram na qualidade fisiológica dessas sementes. (GOMES et al., 2022, p.7)

Finalmente, como se pode observar, a produção de soja exige toda uma infraestrutura de armazenagem transporte e controle de qualidade; mas não apenas isso. Embora não tenham citado a importância das técnicas de cultivo, estas também se revelam de suma importância quando se trata de aumentar a produtividade.

2.3 Adubação fosfatada: conceito, importância, vantagens e experiências positivas na produção de soja

O fósforo é essencial para que se garanta a qualidade de sementes quando se trata da produção de grãos. Esse elemento químico possui uma grande importância para o processo de fotossíntese das plantas, ele auxilia na divisão celular e em outros processos químicos destas que, por sua vez, influenciam positivamente na produtividade de grãos. Por isso a adubação fosfatada é tão recomendada. Além de melhorar a produtividade, o fósforo também contribui para aumentar a qualidade das sementes (MARIN et al., 2015).

Tendo em vista o exposto, Marin et al., (2015), realizou um experimento a fim de avaliar os efeitos que esse tipo de adubação tem sobre a qualidade e produtividade dos grãos de soja. Ao avaliar os resultados desse experimento constataram que esse tipo de adubação melhora o vigor das sementes, aumentando não apenas o teor deste componente químico, mas também o ferro e o zinco e reduz o manganês. Também perceberam que a adubação fosfatada de fato aumenta a produtividade de grãos e seu vigor. O autor descreve o processo da seguinte forma:

Foram realizados dois ensaios. No Ensaio 1 avaliaram-se os seguintes tratamentos: T1 - controle, semeadura sem P_2O_5 ; T2 - 50% a menos que a dose de P_2O_5 recomendada com base na análise do solo; T3 - 100% da dose de P_2O_5 recomendada; T4 - 50% a mais que a dose de P_2O_5 recomendada; e, T5 - 100% a mais que dose de P_2O_5 recomendada. Após a colheita foram determinados o número de sementes e de legumes por planta, a produtividade, a germinação, a viabilidade e o vigor por meio do teste tetrazólio, a composição química e a massa de mil sementes. No Ensaio 2,

as sementes colhidas no Ensaio 1 foram semeadas e avaliou-se o número de legumes e o de grãos por planta e a produtividade. O delineamento experimental utilizado nos dois ensaios foi em blocos ao acaso, com cinco repetições. (MARIN et al., 2015, p.265)

Em outro estudo de campo, este desenvolvido por Leite et al., (2017), na região do bioma de cerrado do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), levando-se em consideração que essa região responde atualmente por quase 12% (doze por cento) da produção de soja no Brasil; os autores avaliaram o efeito do fertilizante fosfatado na produção de soja durante o período de 3 (três) safras consecutivas.

Esse estudo de campo foi realizado na região da Bahia, no município de Formosa do Rio Preto. As safras analisadas foram respectivamente as de 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016; tendo sido o experimento assim descrito:

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com avaliação de cinco tratamentos e cinco repetições, através das doses de 0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com uso do fertilizante Top-Phos®. Cada unidade experimental foi representada em 200 m², totalizando 5000 m² de área experimental. Utilizou-se o fertilizante Top-Phos®, composto por: 0,1% de Nitrogênio; 22% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico; 28% de P₂O₅ total; 18% de P₂O₅ solúvel em água; 17% de Ca e 5% de S. O experimento foi cultivado com a soja M-SOY 9350®, no espaçamento de 0,75 m entre linhas, com aproximadamente 15 plantas m⁻¹, totalizando um stand de 200.000 plantas ha⁻¹. Anteriormente à implantação do experimento foi realizada uma adubação de correção com a aplicação de KCl e P₂O₅ de acordo com a análise de solo da área e exigências da cultura. A semeadura do primeiro ano de cultivo foi realizada dia 18 de novembro de 2013 juntamente com as doses referentes a cada tratamento. Os tratos culturais foram realizados segundo as recomendações para a cultura da soja no estado da Bahia, e foram realizadas adubações de cobertura com a utilização de KCl, distribuído à lanço na fase V3 da cultura. Já na fase de florescimento da soja foram aplicados Ca, B e Mn. Visando antecipar a colheita realizou-se a dessecação das plantas. A colheita foi realizada manualmente dia 10 de abril de 2014, colhendo-se as linhas centrais em cada parcela. (LEITE et al., 2017, p.29)

Mediante esse estudo, Leite et al. (2017) constatou que as doses maiores de fósforo influenciam no crescimento das plantas, além de aumentar o número de vagens por planta e a produtividade; desde que não haja um grande déficit hídrico. Nesse caso, apenas a altura das plantas foi um fator considerável, nas maiores dosagens de fósforo. Técnicas de manejo da água e de melhor absorção e retenção desse componente, portanto, poderiam ser boas alternativas, em se tratando de déficit hídrico.

Gonçalves (2020) também realizou um estudo de campo acerca dos efeitos da adubação fosfatada na produtividade da soja e assim como Marin et al., (2015)

também constatou que os baixos níveis de produtividade da soja, nesse caso no município de São Borja no Rio Grande do Sul podem estar associados à pouca disponibilidade de fósforo no solo daquela região.

De acordo com Gonçalves (2020), uma boa alternativa no sentido de minimizar essa deficiência é utilizar a adubação fosfatada. Contudo, essa é uma prática de custo bastante elevado, de maneira que é preciso desenvolver pesquisas voltadas à obtenção de cultivares de soja mais propensos à absorção de fósforo, sua translocação ou utilização, levando-se em consideração características da morfologia e fisiologia dessas plantas. Como se verá mais adiante, a associação com os fungos micorrízicos possui justamente essa função.

2.4 A utilização de fungos micorrízicos associados à adubação fosfatada na agricultura

De acordo com a EMBRAPA (2019), a agricultura sustentável na região tropical úmida tem sido desafiadora para os envolvidos no processo, desde os produtores até os técnicos e pesquisadores, já que o solo costuma ter pouca fertilidade, o clima é quente e com muita precipitação. Nesses casos, a utilização de microrganismos de caráter benéfico, que ajudam as plantas a aproveitarem os nutrientes pode ser uma boa alternativa, já que eles se associam às raízes dessas plantas facilitando a nutrição.

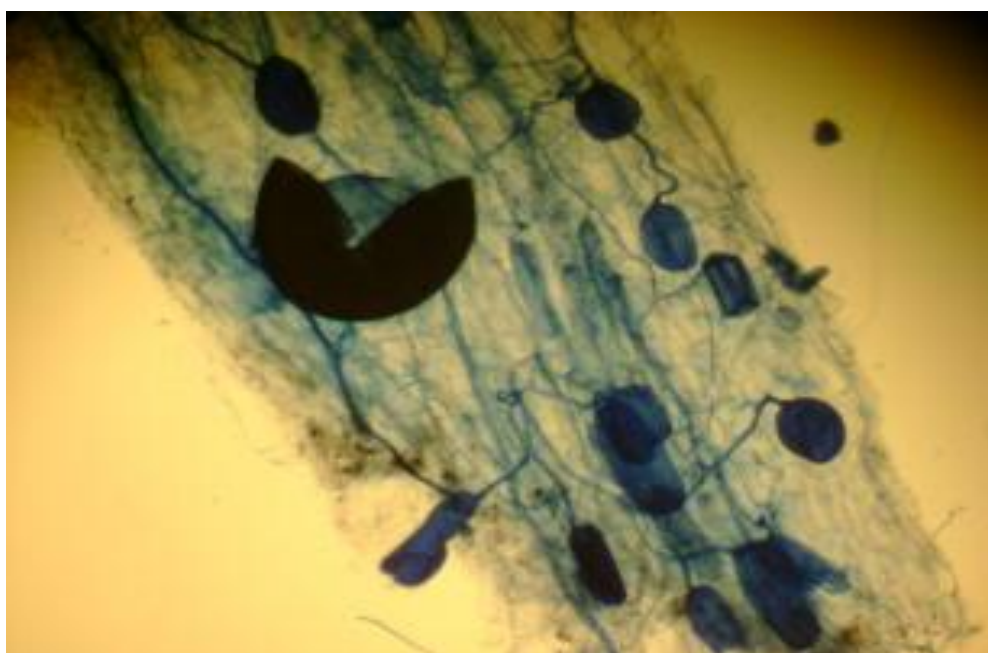
Carneiro et al., (2011) define que a utilização de micorrizas arbusculares (**Figura 1**) é um tipo de associação simbiótica de caráter mutualista, que beneficia todos os envolvidos na relação, os fungos e também as plantas às quais eles se associam e que esses fungos podem ser um diferencial na produção, quando inoculados de forma adequada.

De acordo com a EMBRAPA (2014), ainda,

No contexto da fertilidade do solo e nutrição vegetal, os microrganismos podem atuar como “facilitadores” da nutrição, interferindo na disponibilidade, contribuindo, assim, para reduzir a necessidade, ou maximizar o uso de fertilizantes manufaturados. Entre os microrganismos, os fungos micorrizas arbusculares (FMA) têm apresentado efeitos benéficos nas mais variadas condições e espécies vegetais, sobretudo em solos de baixa fertilidade. Outros

microrganismos, como as bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) e as bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN) têm sido constatados na maioria dos solos e existem relatos que as BSF e BFN estão presentes na rizosfera micorrízica, atuando em sinergia com os endófitos. Entretanto, na Amazônia são escassos os trabalhos. A redução da severidade de doenças de plantas pode ser fortemente influenciada por fungos micorrízicos, através de um ou mais mecanismos. Para que as associações plantas-microrganismos possam contribuir efetivamente para uma melhor nutrição das plantas, primeiro é preciso avaliar as características simbióticas da microbiota natural dos solos e posterior inoculação dos microrganismos mais eficientes previamente selecionados e testados (EMBRAPA, 2014, p.1).

Figura 1. Representação dos fungos micorrízicos arbusculares



Fonte: EMBRAPA (2019, p.1).

Esses fungos costumam favorecer, tal como também o afirma a EMBRAPA (2019), o desenvolvimento e a absorção de nutrientes na maior parte das plantas que possuem algum tipo de interesse econômico. Nesse sentido, não raro se encontram artigos tratando desse tipo de associação com plantas como milho, mandioca (macaxeira), café, soja; dentre outros.

Como se observou supra, no presente trabalho, com Gonçalves (2020), os fertilizantes são um recurso que demanda capital e muitas pesquisas têm sido empreendidas a fim de dotar as plantas de uma maior capacidade de absorção e retenção de nutrientes e até mesmo de água em casos de déficit hídrico. Nesse

contexto, os fungos micorrízicos arbusculares se apresentam como uma alternativa sustentável e viável para a produção de inúmeras culturas.

Tendo em vista o exposto, é importante entender os benefícios que a utilização dos fungos micorrízicos, em especial associada à adubação fosfatada, têm trazido para a agricultura, para que se possa, finalmente, analisar as vantagens desses elementos na produção da soja, especificamente.

Assim, o primeiro trabalho que pode ser citado é o de França et al., (2014). O autor em seu estudo se propôs a analisar o crescimento e o desenvolvimento de mudas de café, inoculadas com fungos micorrízicos. Para tanto, realizou um experimento, sendo que em um sistema casualizado, com mudas inoculadas e também outras que não sofreram a inoculação; utilizou seis repetições; sendo o procedimento descrito da seguinte forma:

Após 75 dias, no ato da repicagem, metade das mudas foi inoculada aplicando-se esporos das espécies *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*. Na época da inoculação (0) e aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias foram mensuradas a altura e a área foliar, além de posterior determinação de massa seca foliar e total. Os dados foram extrapolados para determinação de medidas não lineares para análise de crescimento. (FRANÇA et al., 2014, p.506)

Nos resultados, apontam França et al., (2014), que as plantas que passaram pela inoculação, embora inicialmente tenham sofrido com o fungo que drenava nutrientes, ao final do período, ou seja, depois de 150 dias, elas apresentaram um crescimento bem maior do que aquelas mudas que não foram inoculadas. Assim, a partir do momento que a planta possui área foliar, os fungos já passam a beneficiar a planta, incrementando o crescimento das mudas, em relação àquelas que não foram inoculadas.

Em 2011, Carneiro et al., (2011) também levaram a cabo um experimento com forrageiras consorciadas, utilizando adubação fosfatada e a inoculação de fungos micorrízicos. Novamente foram utilizados nesse caso blocos casualizados, controle, inoculação e aplicação de doses de fósforo, repetição e diferentes doses: 0, 60, 120 e 240 mg de fósforo (P) em plantas inoculadas e não inoculadas, conforme cada bloco.

Nesse caso, ademais, foram realizados dois cortes na parte aérea da planta e analisados, em um período de 120 (cento e vinte) dias – 60/60. Nas palavras dos autores, acerca dos resultados encontrados:

O sucesso de uma espécie micorrízica em proporcionar o crescimento da planta hospedeira associada, está na sua capacidade de competição com a microbiota edáfica e compatibilidade a hospedeiros com alto micotrofismo, fato relatado por Sieverding (1991). Corroborando com os resultados encontrados neste estudo, Miranda et al. (2005) concluíram que as pastagens consorciadas beneficiam a multiplicação de esporos dos fungos micorrízicos arbusculares no solo, principalmente na fase inicial de implantação e contribui ainda para o aumento da diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares no solo, ao longo do tempo de cultivo.[...] A adubação fosfatada e a inoculação micorrízica influenciam positivamente a produção de matéria seca total e quantidades acumuladas, principalmente de PB, P, K, Ca, e Mg, do consórcio entre o *Andropogon* e estilosantes. [...] A inoculação com *Glomus clarum*, em solo sob condição microbiológica natural e em baixo suprimento de fósforo, favorece o aumento da participação do estilosantes na matéria seca total do consórcio com o capim *Andropogon*. (CARNEIRO et al., 2011, p.1).

Portanto, também nos casos das forrageiras consorciadas, os fungos micorrízicos apresentaram vantagens para o produtor, em especial quando associadas ao incremento do fósforo.

Outro trabalho desenvolvido e que também buscou estudar a associação entre adubação fosfatada e fungos micorrízicos foi o de Brito et al., (2017). Segundo os autores, em situação de recuperação de ecossistemas que sofrem com a degradação e em que se faz necessária a recuperação florestal, a utilização de microrganismos em associação com as mudas de espécies nativas também pode ser uma alternativa vantajosa no sentido de se reabilitar esses ambientes.

Nesse contexto, o estudo de Brito et al., (2017) avaliou os afeitos que a inoculação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) associada à adubação fosfatada teriam sobre o desenvolvimento e a nutrição de mudas de paricá (*Schizolobium parahyba*).

De acordo com Brito et al., (2017), a inoculação dos fungos micorrízicos arbusculares melhorou o crescimento das mudas de paricá, quando comparadas ao grupo controle, no qual não foram inoculados o fungo; tendo sido muito bom o resultado com o “FMA *Rhizophagus clarus* e inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*)” (BRITO et al., 2017, p.1).

Todo o procedimento foi descrito pelos autores da seguinte forma, desde a inoculação até os resultados da colonização:

O experimento casa de vegetação por um período de 75 dias, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, inoculação com os FMAs: *Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, inóculo misto (*Rhizophagus clarus* + *Gigaspora margarita*) e controle (sem FMAs); quatro doses de P: 0, 60, 120 e 180 mg dm⁻³ de solo, com quatro repetições. Foram avaliadas as variáveis altura, matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), área foliar (AF), diâmetro do coleto (DC)

e os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea. As mudas de paricá apresentaram maior porcentagem de colonização para *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto (80 e 90%, respectivamente), diferentemente do observado para a espécie *Gigaspora margarita*, com menor porcentagem (20%). O *Rhizophagus clarus* e o inóculo misto, na ausência de P, propiciaram incremento para as variáveis de crescimento em relação ao controle. Os conteúdos de N, P, Ca e Mg foram influenciadas pelos FMAs e pelas doses de P. (Brito et al., 2017, p.1).

Segundo os autores, ainda, as mudas que foram tratadas com FMAs apresentaram uma melhor nutrição e crescimento; de tal forma que nem houve a necessidade de adubação fosfatada, a qual, como se analisou supra, aumenta consideravelmente o custo da produção. Nesse sentido, apontam Brito et al. (2017) que esta é uma boa alternativa para projetos de reflorestamento.

Por fim, destaca-se o trabalho de Buzo (2021), que avaliou os benefícios dos referidos fungos em associação com a adubação fosfatada para produção de milho. Nesse caso, o trabalho também consistiu em um experimento, realizado em vasos e se verificou que, de fato, as doses de fósforo, associadas à inoculação de *Rhizophagus intraradices*, fungos micorrízicos arbusculares, nas sementes de milho melhoraram o desenvolvimento da planta e até teor de nutrientes nos grãos.

Ademais, segundo Buzo (2021), os fungos proporcionaram um aproveitamento maior da adubação fosfatada; de tal forma que essa associação incrementou a produtividade.

Como foi possível observar em cada um dos trabalhos, estudos científicos e experimentos aqui apresentados, de fato, a associação entre o fosfato e os fungos micorrízicos tem apresentado bons resultados em diferentes culturas, com melhor absorção de nutrientes, desenvolvimento e vigor das plantas e aumento da produtividade, em alguns casos, até mesmo com a utilização de menos fertilizante, o que é importante, tendo em vista o alto custo dos mesmos.

Obviamente que há solos que não necessitam dessa técnica. Buzo et al., (2021) reconhecem que se as condições ambientais forem boas, assim como o solo fértil, os benefícios das micorrizas não se mostram tão expressivos, pelo menos não de forma imediata.

Segundo os autores, tendo em vista que as plantas precisam de fósforo para uma boa produtividade, que há baixa disponibilidade deste em muitos desses solos, para se alcançar um resultado de excelência é preciso aplicar altas doses de P205; e utilizar os fungos micorrízicos pode proporcionar a melhor absorção desses nutrientes

e até mesmo de água, o que leva a crer que em casos de déficit hídrico, esta poderia ser uma opção relevante.

Por tudo isso, é possível concluir que para solos mais degradados esta seria uma boa alternativa, a associação dos fungos micorrízicos com os vegetais que se pretende produzir, ou utilizar para recuperar/ reflorestar. Para Buzo et al., (2021), mais pesquisas a esse respeito precisam ser empreendidas, tendo em vista a importância do tema e ainda a escassez desses estudos.

2.5 Fungos micorrízicos e adubação fosfatada na produção de soja: vantagens e possibilidades

Segundo Tavares (2021), a soja é a principal oleaginosa consumida em todo o mundo e o Brasil é, na atualidade, o seu principal produtor. Ela também se destina à alimentação animal, além dos benefícios ao gênero humano, já que possui alto teor proteico. Contudo, fatores climáticos e também relativos à composição do solo podem influenciar negativamente essa produção. É nesse contexto que o autor destaca a importância dos fungos micorrízicos, já que eles funcionam como um tipo de extensão das raízes, maximizando a absorção de água e de nutrientes fundamentais para a planta e retendo esses nutrientes.

Esses fungos, de acordo com Tavares (2021), colonizam a planta e favorecem o desenvolvimento e a produtividade das mesmas, especialmente em períodos em que a água pode estar escassa. Eles se fixam às raízes e na mesma medida em que se beneficiam delas também as favorecem, já que as ajudam a acumular nutrientes. Trata-se de uma relação biologicamente vantajosa para ambos, portanto: fungos e plantas.

De acordo com Oliveira et al., (2019), a soja é bastante afetada pelas mudanças climáticas e os FMAs podem ser uma boa alternativa no sentido de se enfrentar condições adversas; uma vez que melhoram o rendimento da planta.

Desse modo, em seu trabalho, Oliveira et al., (2019) objetivaram estudar a produtividade da soja em associação com o FMA *Rhizophagus clarus*. Para tanto, desenvolveram um estudo experimental, descrito da seguinte forma:

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de plantas de soja a campo experimental em associação com o FMA *Rhizophagus clarus* sob condição de sistema irrigado e não irrigado. [...] Ao final, avaliou-se

parâmetros agrônômicos e de simbiose com o FMA. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, as médias obtidas foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste Tukey (5%), utilizando software SISVAR. (OLIVEIRA et al., 2019, p.530).

A partir desse estudo experimental, Oliveira et al., (2019) puderam constatar que a soja, uma vez associada ao referido fungo micorrízico, mesmo cultivada mediante déficit hídrico, com sistema não irrigado, ainda produz mais que as mesmas plantas no sistema com irrigação, mas que não estejam associadas a esse fungo. Nesse sentido, constataram que a inoculação aumentou a produtividade de grãos.

Também Tavares (2021) avaliou o desempenho das plantas de soja em associação com fungos micorrízicos diante de déficit hídrico de 3 (três) níveis diferentes. Segundo o autor, essa análise é fundamental, tendo em vista a importância e a escassez da água em algumas regiões; e o fato de que ela corresponde a aproximadamente 90% da biomassa das plantas que produzem soja. De acordo com o autor, a associação com os referidos fungos traz benefícios à planta, pois eles a ajudam a acumular nutrientes importantes, favorecem seu desenvolvimento e a produtividade das mesmas.

Nesse sentido, empreendeu um estudo também experimental visando avaliar o desempenho fisiológico dessas plantas, nos casos de déficit hídrico.

As plantas inoculadas receberam, no sulco de semeadura, 31g do inóculo *G. margarita* (3,3 esporos g⁻¹) e 46g de *G. gigantea* (2,2 esporos g⁻¹). As plantas foram cultivadas em casa de vegetação, sob condições naturais de luz, com temperatura média de 28 °C. O controle do conteúdo de água foi realizado através de sensores de irrigação, modelo 10 HS (METER Group, Inc. USA), após a medição da capacidade de campo por método gravimétrico. O déficit hídrico foi imposto quando as plantas chegaram ao estágio V3, sendo dividido em três grupos: 80% da CC, 60% da CC e 40% da CC. Foram avaliados parâmetros biométricos e fisiológicos das plantas. Após as primeiras análises, as plantas foram reirrigadas até 80% da CC por dois dias e as análises realizadas novamente. As plantas de soja inoculadas com os FMA *G. margarita* e *G. gigantea* tiveram taxas de condutância estomática, transpiração e fluorescência máxima maiores que as plantas sem inoculação. (TAVARES, 2021, p. 24).

Com esse estudo, Tavares (2021) constatou que as plantas que sofrem inoculação com fungos micorrízicos, ou seja, a soja quando associada a esses fungos, possui maior tolerância a situações de déficit hídrico, justamente devido à atuação dos fungos; sendo inclusive maior a resposta à inoculação com FMAs proporcional ao

déficit hídrico. Desse modo, em condições de maior escassez de água, é mais perceptível a atuação dos fungos.

Silva (2022) desenvolveu um trabalho bastante semelhante ao de Tavares (2021), também visando compreender o desempenho fisiológico das plantas de soja, porém, com FMAs diferentes. Em seu experimento, Silva (2022) utilizou FMA *Gigaspora margarita* e *Gigaspora gigantea*, também sob 3 (três) níveis diferentes de água e constatou que as plantas que sofreram inoculação com FMAs tinham seu processo de fotossíntese mais desenvolvido e mais tolerância a déficit hídrico do que as que não sofreram inoculação.

Por fim, como último estudo de campo analisado e que também merece destaque no presente trabalho, se tem o de Andrade et al., (2018). Os autores realizaram um experimento com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo no desenvolvimento da cultura da soja. De acordo com Andrade et al., (2018), que também trabalharam com experimento realizado no Estado do Piauí, utilizando blocos casualizados, repetições, análises laboratoriais e todo o procedimento científico exigido para esse tipo de trabalho; os fungos contribuem sensivelmente na absorção do fósforo para essas plantas. Eles também auxiliam na produtividade, juntamente com o fósforo.

Tendo em vista os trabalhos analisados supra, é possível perceber que as plantas de soja são bastante beneficiadas pela inoculação de fungos micorrízicos; sendo que esses fungos melhoram a capacidade que essas plantas têm de reter e absorver água e nutrientes. Também se percebeu que a ação dos fungos é mais notória quando o solo está degradado ou com algum déficit hídrico. Conclui-se que os fungos reagem em condições adversas para garantir a sobrevivência da planta, já que biologicamente está ligado a ela e também necessita dela para a própria sobrevivência.

Já em solos nutritivos e com boa irrigação eles parecem não ter de se esforçar para garantir que a planta tenha assegurados os nutrientes e então, aparentemente, não influenciam com grande notoriedade o desenvolvimento dessas plantas, embora de forma geral eles sempre representem um aumento de produtividade, em todos os trabalhos analisados.

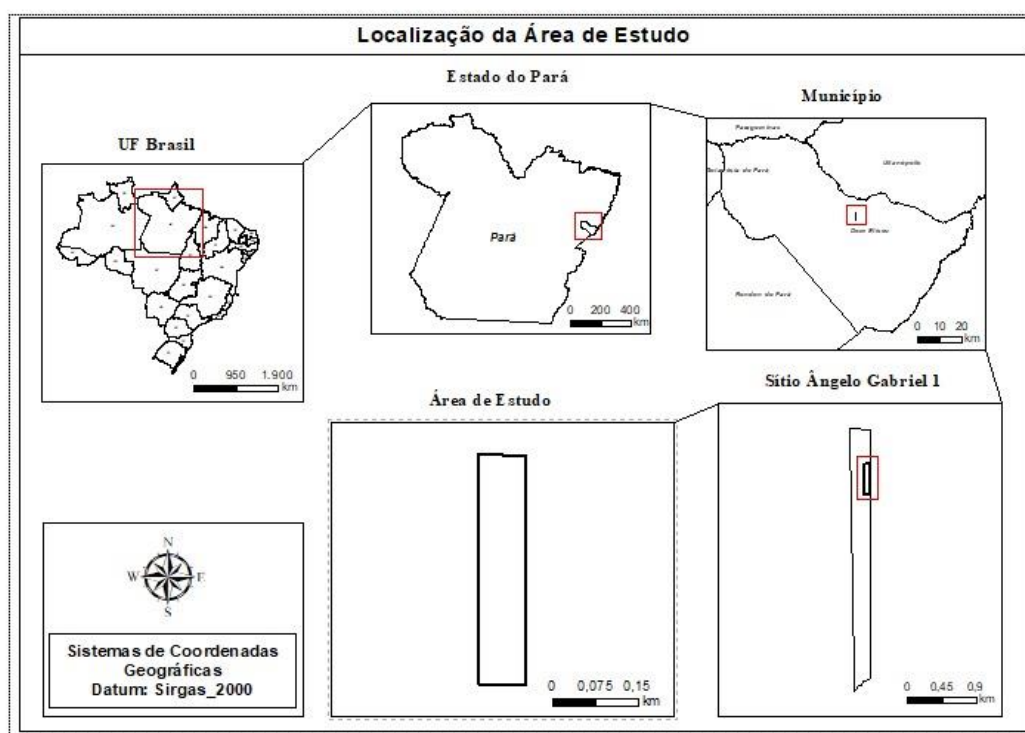
3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho é composto de um estudo experimental, utilizando-se blocos casualizados com 8 (oito) tratamentos e 4 (quatro) repetições, sendo do T1 ao T4 com a ausência do Rotella BR (produto natural à base de *Rhizophagus intraradices*), e com dosagens de adubações de P₂O₅ crescentes a partir da testemunha. Já a partir dos tratamentos T5 ao T8 utilizou-se o Rotella BR e nessa ótica adubações fosfatadas diferentes. Em laboratório analisou-se a parte aérea de plantas de soja submetidas ou não à inoculação com fungos micorrízicos e adubação fosfatada, com dosagens diferentes; a fim de se avaliar os teores de fósforo presentes no caule e folhas (parte aérea).

3.1 Local de estudo

A presente pesquisa experimental foi realizada na Fazenda Ângelo Gabriel, Latitude 04°08'37" S; Longitude 47°49'21" W (**Figura 2**), que tem uma área de plantio de soja de cerca de 1 ha (hectare).

Figura 2. Localização do local de estudo.



Fonte: SANTOS, 2022.

Essa fazenda está localizada no Estado do Pará, município de Dom Eliseu; sendo que este Estado é um dos grandes produtores de soja de todo o Nordeste Brasileiro (AGENCIAPARA, 2021).

3.2 Implantação do experimento

O experimento foi implantado em 21/01/2021, utilizando como tratamento de semente a microbiolização da mesma com a seguinte formulação: aplicação de Rootella BR (à base de *Rhizophagus intraradices*) na dose recomendada de 120g/ha, 120ml/ha de inoculante líquido (*Bradyrhizobium japonicum*), 240g/ha do turfoso (Bioma Brady), 100ml/ha de enraizante (Aca Plus), 100ml/ha de StimuControl (*Trichoderma harzianum*), para 33 kg de semente/ha.

O espaçamento entre linhas de plantio foi de 50 cm, de acordo com o espaçamento da plantadeira. Foram plantados 4 blocos (1 hectare ao todo), com 8 tratamentos em cada bloco (**Quadro 1**).

Quadro 1. Distribuição das repetições e tratamentos: blocos casualizados

BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4
T2	T8	T6	T7
T5	T5	T3	T8
T1	T3	T7	T2
T8	T4	T2	T6
T3	T2	T8	T4
T7	T7	T1	T1
T4	T6	T5	T3
T6	T1	T4	T5

Fonte: Autor, 2022.

Os tratamentos foram compostos da seguinte maneira:

- Tratamento 1 (T1): 0 kg de P2O5 e sem ROOTELLA BR (testemunha);
- Tratamento 2 (T2): 133,2kg P2O5 sem ROOTELLA BR;

- Tratamento 3 (T3): 224kg P₂O₅ sem ROOTELLA BR;
- Tratamento 4 (T4): 346kg P₂O₅ sem ROOTELLA BR (Padrão fazenda);
- Tratamento 5 (T5): 0 kg de P₂O₅ e com ROOTELLA BR (testemunha);
- Tratamento 6 (T6): 133,2kg P₂O₅ com ROOTELLA BR;
- Tratamento 7 (T7): 224kg P₂O₅ com ROOTELLA BR;
- Tratamento 8 (T8): 346kg P₂O₅ com ROOTELLA BR (Padrão fazenda).

Foi utilizada uma plantadeira de 9 linhas e espaçamento de 50 cm de largura entre linhas, totalizando 4,5 metros plantados em uma única passada. Assim, houve a necessidade de a plantadeira passar duas vezes em cada tratamento (**Figura 3**), totalizando 9 metros de área plantada em cada tratamento.

Os tratamentos ficaram com 9 metros de largura por 100 metros de comprimento.

Figura 3. Croqui de plantio do experimento sem casualização para ilustrar a forma de plantio.

BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4
T1	T1	T1	T1
T2	T2	T2	T2
T3	T3	T3	T3
T4	T4	T4	T4
T5	T5	T5	T5
T6	T6	T6	T6
T7	T7	T7	T7
T8	T8	T8	T8

Fonte: Autor, 2022.

3.3 Determinação do teor de p na parte aérea na cultura da soja

No presente experimento, a metodologia utilizada para a extração do fósforo da parte aérea da soja foi o de Mehlich-1, devido ser um método bastante utilizado e conhecido pelos orientadores, especialistas e de bastante precisão nos seus resultados.

Nesse âmbito, foi feita a moagem do material coletado em campo, identificado e armazenado na geladeira do laboratório de microbiologia. Além disso, foi realizada

a lavagem das vidrarias, usada uma solução de limpeza em cada recipiente e por fim foi utilizada água destilada (**Figura 4**). Posteriormente, as vidrarias foram levadas à estufa para secagem completa das mesmas.

Desse modo, a pesagem foi realizada na balança analítica, 1 (um) grama da amostra foi colocada no elemeyer e misturado 10 ml da solução de Melich-1 com a proporção de 1:10, esse processo foi repetido com todas as 64 amostras (**Figura 5**).

Figura 4. Lavagem das vidrarias para serem utilizadas no experimento.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 5. Pesagem das amostras da parte aérea da soja.



Fonte: Autor, 2022.

Nessa sequência, o recipiente com a solução foi levado para a mesa agitadora a 120 rpm por 5 minutos. Após a agitação, foi feita a decantação por 16 horas em temperatura ambiente. No decorrer desse tempo foi feita a filtração das amostras por gravidade em papéis de filtro WHATMANC40 e armazenadas em tubos de acrílico para a realização da leitura no espectrofotômetro (**Figuras 6, 7 e 8**).

Figura 6. Mesa agitadora a 120 rpm.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 7. Solução após a agitação entra em processo de separação de uma amostra heterogênea.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 8. Filtragem das amostras decantadas com os papéis de filtro e posteriormente armazenadas em tubos de acrílico, todas com sua respectiva identificação.



Fonte: Autor, 2022.

Para a leitura no espectrofotômetro foi realizada uma curva de calibração $y = C1 \cdot 0,041/\text{mA}$, com concentrações de 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 mg/l a partir de uma solução mãe de KH_2PO_4 a 10mg/l, usando como reagente um kit comercial de determinação de fósforo. Para a determinação desse fósforo nas amostras pegou-se 1 ml da solução filtrada da amostra e foi adicionado 40 ml de água destilada. Dessa amostra foi coletado 2,5 ml com o auxílio de uma micropipeta e colocado em tubos de ensaio esterilizados com solução de limpeza e água destilada. Em cada tubo de ensaio foi colocado 1 gota do Reagente 1 (catalizador), agitado e depois armazenado na geladeira por 3 minutos. Decorrido esse tempo, colocou-se 2 gotas do Reagente 2 (molibdato), levando a agitação e deixando 5 minutos em descanso.

A partir desse tempo, foi realizado a leitura das amostras no espectrofotômetro. Por fim, com os dados coletados no aparelho de leitura, determinou-se as concentrações de fósforo das amostras e com esses dados foi criada uma curva de calibração para realização dos cálculos de determinação do fósforo no caule e folha da soja.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (computer statistical analysis system, versão 5.6).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, não houve diferença estatística significativa ao nível de 5% com o teste de Scott Knott, entre os tratamentos quanto ao teor de fósforo no caule e na folha de soja, sob cultivo em solo com diferentes doses de adubação fosfatada em associação com semente microbiolizada com produto comercial à base do fungo micorrízico, *Rhizophagus intraradices* (**Tabela 2**).

Tabela 2. Teor de fósforo em caule e folha de soja, proveniente de cultivo sob adubação fosfatada e sementes com e sem a inoculação de Rootella BR a base de *Rhizophagus intraradices*.

TRATAMENTO	TEOR DE P NA FOLHA (mg.kg)	TEOR DE P NO CAULE (mg.kg)
1	3,93 a	1,46 a
2	3,32 a	2,79 a
3	1,75 a	2,07 a
4	1,21 a	3,93 a
5	1,76 a	1,99 a
6	3,52 a	2,46 a
7	2,99 a	1,66 a
8	1,11 a	1,67 a
CV (%)	36,63	28,34

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo Scott knott a 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação. S//R= sem rootella; C/R= com rootella.

Diferentemente dos resultados encontrados por Marin et al. (2015) e Buzo et al., (2021), os quais observaram que a inoculação de plantas de soja com fungos micorrízicos alterou substancialmente tanto a absorção de fósforo como de água, melhorando de forma consistente a produtividade de grãos.

Segundo Freitas (2022), o fósforo é um dos mais importantes nutrientes para a agricultura; mas em solos mais velhos a disponibilidade desse nutriente costuma ser baixa. Por isso, a grande necessidade de se praticar a adubação fosfatada para que as plantas possam se desenvolver de forma mais eficiente; sendo que este costuma

ser o maior gasto das lavouras, já que os fertilizantes possuem um valor agregado mais alto. Nesse caso, a inoculação de micorrizas e até mesmo de bactérias pode ser uma boa alternativa para a diminuição desses custos, além das grandes vantagens ambientais

Contudo, no caso do presente experimento, os teores de P (fósforo) naquela área são de necessidades de recomposição de adubação baixa, devido à alta disponibilidade do nutriente no solo e os resultados obtidos, como se analisará a seguir, não foram exatamente os esperados.

Outro ponto que precisa ser discutido diz respeito ao prazo de armazenagem das sementes, após a inoculação. No presente caso, as sementes foram inoculadas e logo após plantadas, o que segundo Vieira (2022), melhora o crescimento da soja. De acordo com o autor, o armazenamento de 0 (zero) a 90 (noventa) dias diminui o crescimento dessa cultura. Por isso, a inoculação e o breve plantio também costuma ser a melhor alternativa.

Entre os fatores que podem ter interferido nos resultados obtidos no presente trabalho, aponta-se: 1) os teores de P (fósforo) naquela área são de necessidades de recomposição de adubação baixa, por ser uma área de cultivos sucessivos com aplicação anual de adubo fosfatado; 2) chuvas intensas na área antes da colheita; 3) respeitando o tratamento da semente realizado na fazenda, houve uma associação da aplicação do produto à base de *Rhizophagus intraradices*, com outros produtos a saber, inoculante líquido (*Bradyrhizobium japonicum*), turfoso (Bioma Brady), enraizante (Aca Plus) e StimuControl (*Trichoderma harzianum*); 4) as plantas foram coletadas na fase de maturação dos grãos e é nessa fase que essa planta costuma utilizar os nutrientes retidos (translocação – da raiz para caules, folhas e frutos) para o processo produtivo.

Andrade et al., (2018) e Tavares (2021) afirmam que a ação dos fungos é mais notória em situações em que o solo se encontra devastado, com déficits de nutrientes e até de água. Do contrário, em solos adubados, bem nutridos e utilizando-se as técnicas adequadas, eles não vão apresentar mudanças significativas, já que as plantas apenas absorvem aquilo que necessitam em termos de nutrientes.

Nesse sentido, tendo em vista a área em que o experimento foi realizado, por ser uma área de plantio de soja há bastante anos, consequentemente é uma área em que todo ano é feita análise de solo, com correção utilizando calcário, adubações de necessidade do solo e da cultura também, ou seja, não necessariamente os

tratamentos com maiores quantidades de adubações de fósforo serão os melhores, ou os resultados com os fungos, pois a cultura absorve apenas a quantidade necessária para o seu desenvolvimento. Ademais, é preciso ter em vista outros fatores naturais que não podem ser controlados por ser experimento em campo.

Também o aumento da produtividade de grãos demonstra-se um fator positivo da inoculação dos referidos fungos. Cristofari (2022), nesse sentido, deixa claro que a ação desses fungos favorece o aumento da produtividade. Afinal, eles estariam atrelados tanto à quantidade de legumes como de nós (ramificações do caule) por planta de soja. Isso também precisa ser levado em consideração nesse estudo e não apenas os teores de fósforo presentes na parte aérea das plantas.

De acordo com Santos (2021), que também participou do presente experimento, mas analisou especificamente a produtividade da soja, com e sem os FMA's e adubação fosfatada, houve diferenças tanto na quantidade de vagens por planta como de grãos por vagem, sendo a soja mais produtiva quando inoculada, além de apresentar maior vigor.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho desenvolveu-se especialmente em razão dos percalços encontrados pelos agricultores sobre a alta dos preços dos insumos. Desse modo, o experimento foi realizado com o intuito de mostrar os resultados quando há o consórcio de práticas de uma adubação de necessidade da cultura da soja associada à inoculação de sementes com fungos micorrízicos.

Assim, foi realizado esse experimento para que houvesse uma necessidade menor de adubação por consequência da inoculação dos fungos micorrizos, tendo um menor custo de produção e uma maior produtividade. Nessa ótica, a adubação fosfatada que está diretamente relacionada ao crescimento radicular da planta foi associada aos referidos fungos, tendo sido realizada a análise laboratorial do P na parte aérea da soja (caule e folha).

Para o parâmetro teor de fósforo no caule e na folha de soja, não houve efeito da associação de diferentes doses de adubação fosfatada com a microbiolização da semente utilizando produto comercial à base de *Rhizophagus intraradices*.

É importante citar que as plantas foram coletadas na fase de maturação dos grãos e é nessa fase que essa planta costuma utilizar os nutrientes retidos para o processo produtivo. Portanto, para substanciar os resultados sugere-se em outros experimentos futuros, que a análise do teor de fósforo na folha seja realizada na fase vegetativa da planta.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. R. et al. Estimulante de micorrização em soja associado à adubação fosfatada em latossolos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 823-831. 2018.

BRITO, V. N. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de paricá. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 485-497. 2017.

BUSS, R. N. et al. Infraestrutura logística de transporte e armazenagem da soja no estado do Maranhão –Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 31564-31580, 2019.

BUZO, F. S. **Micorrizas na cultura do milho: promoção de crescimento e maior eficiência da adubação fosfatada**. 2021. 99 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2021.

CARNEIRO, R.F.V. et al. Inoculação micorrízica arbuscular e adubação fosfatada no cultivo de forrageiras consorciadas. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 232, p. 1191-1202. 2011.

CASTILHO, R.; BOTELHO, A. C.; BUSCA, M. D. Agronegócio globalizado no MATOPIBA maranhense: análise da especialização regional produtiva da soja. **Revista Brasileira de Geografia Econômica**, ano X, n. 21, p. 1-20. 2021.

CRISTOFARI, L. P. **Avaliação da atividade biológica em diferentes manejos de áreas de várzea para implantação da cultura da soja**. 2022. 43 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agrobiologia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2022.

DINIZ, L. C. **Commodities e desenvolvimento: a introdução do cultivo de soja no Amapá como potencial econômico de desenvolvimento voltado ao mercado externo**. 2019. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações Internacionais) – Departamento de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2019.

EMBRAPA. **Fungos micorrízicos arbusculares e interações microbianas em lavouras de cafeeiros (*Coffea canephora*) na Amazônia**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/205965/fungos-micorrizicos-arbusculares-e-interacoes-microbianas-em-lavouras-de-cafeeiros--icoffea-canephora-na-amazonia>>. Acesso em: 02 mar 2022.

FRANÇA, A. C. et al. Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 506-511. 2014.

FREITAS, Beatriz Souto. **Bioindicadores de qualidade do solo e produtividade da soja em função do residual da adubação fosfatada e inoculação das gramíneas antecessoras com *Azospirillum brasilense***. 2022. 74 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022.

GOMES, D. P. et al. Hongos Fitopatógenos y Fisiología de Semillas de Soja Producidas en Maranhão, Brasil, Después del Tratamiento con Extracto y Aceite de Neem. In: CONGRESSO ONLINE INTERNACIONAL DE SEMENTES CRIOULAS E AGROBIODIVERSIDADE n. 2, 2021, Dourados – MS. *Anais...* Dourados: **Cadernos de Agroecologia**, v. 17, n. 2, 2022.

GONÇALVES, G. K. et al. Adubação fosfatada para cultivares de soja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p.19151-19161. 2020.

LEITE, R. C. et al. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 28-35. 2017.

MARIN, R. S. F. et al. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 265-274. 2015.

MILIOLI, A. S. **Ganho genético em caracteres agronômicos, fenológicos e bioquímicos de soja**. 2021. 84 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) – Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2021.

OLIVEIRA, E. R. **Aspectos da logística de transporte na cadeia produtiva de soja no Estado do Maranhão: revisão bibliográfica**. 2021. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Técnico em Agronegócios) – Faculdade Vale do Aço, Açailândia - MA, 2021.

OLIVEIRA, T. C. et al. Produtividade da soja em associação ao fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* cultivada em condições de campo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 4, p. 530-535, 2019.

Santos (2021), falta escrever essa referência

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do plantio a colheita**. Editora UFV, 2015.

SILVA, J. A. C. **Introdução de novas cultivares de soja em Alagoas**. 2021. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo - AL, 2021.

SILVA, L. N. **Tolerância fisiológica de plantas de soja submetidas a diferentes níveis de déficit hídrico inoculadas com fungos micorrízicos**. 2022. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde – GO, 2022.

TAVARES, G. G. **Alterações fisiológicas em plantas de soja submetidas a níveis de déficit hídrico e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares**. 2020. 64 F. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde – GO, 2020.

VIEIRA, A. S. **Crescimento e colonização micorrízica de culturas de interesse agrícola após tratamento de sementes com inoculante a base de rhizophagus intraradices e de agroquímicos**. 2022. 81 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.