

INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
BACHARELADO EM AGRONOMIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RESPOSTA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA INOCULAÇÃO DE SEMENTE
NA PRODUTIVIDADE E NA VIABILIDADE ECÔNOMICA DA SOJA**

Acadêmico

Igor Maurício da Rocha Caramori

Orientadora

Profa. Dra. Dolores Wolschick

Coorientador

Prof. Dr. Douglas Antonio Rogeri

São Miguel do Oeste

2020

RESPOSTA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA INOCULAÇÃO DE SEMENTE NA PRODUTIVIDADE E NA VIABILIDADE ECONÔMICA DA SOJA

Resumo

O cultivo da soja tornou-se viável, em boa parte, devido à capacidade da espécie de fixar o nitrogênio atmosférico para a sua nutrição, juntamente com bactérias fixadoras de nitrogênio. No decorrer das últimas duas décadas, o aumento da produtividade da soja, é o reflexo do aperfeiçoamento do sistema de produção, devido, principalmente, ao uso eficiente de fertilizantes. Recentemente, diferentes trabalhos têm sido realizados com relação ao fornecimento de nitrogênio, considerando que a fixação biológica particularmente pode não estar suprindo a quantidade essencial para que a planta expresse a sua capacidade produtiva. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de nitrogênio aplicadas na cultura da soja, associado ou não a inoculantes nas sementes e seus efeitos nos componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagens e peso de mil grãos) e na produtividade da cultura. O experimento foi conduzido na propriedade Caramori, localizada no município de Guarujá do Sul – SC, na safra 2019/2020, com a cultivar BMX ELITE IPRO (5855RSF IPRO), sob sistema de semeadura direta. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Os tratamentos testados foram: 1) inoculação e sem aplicação de N; 2) inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N na semeadura; 3) inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N (30% na semeadura e 70% na cobertura no estágio de pleno florescimento); 4) controle (sem inoculação e sem aplicação de N); 5) sem inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N na semeadura; 6) sem inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N (30% na semeadura e 70% na cobertura no estágio de pleno florescimento).

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Produtividade. Viabilidade econômica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área experimental a partir da imagem de satélite. Guarujá do Sul, SC.	13
Figura 2 - Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b). Guarujá do Sul, SC.	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo anterior a implantação do experimento. Guarujá do Sul, SC.....	14
Tabela 2 - Resultado da análise estatística dos parâmetros avaliados na colheita da soja.....	18
Tabela 3 - Efeito da aplicação de nitrogênio (N) no rendimento econômico da soja.	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características técnicas e agronômicas da cultivar BMX ELITE IPRO (5855RSF IPRO®).	15
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS GERAIS	4
2.1 Objetivos específicos	4
3 HIPÓTESES	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4.1 Nutrição mineral	5
4.2 Nutrição mineral da cultura da soja	6
4.3 O nitrogênio no sistema solo	7
4.4 Microrganismos	8
4.5 Interações dos microrganismos e do solo	9
4.6 Fixação biológica de nitrogênio	10
4.7 Adubação nitrogenada em soja	12
5 MATERIAIS E MÉTODOS	13
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
6.1 Parâmetros de produção	18
6.2 Avaliação econômica	19
7 CONCLUSÕES	22
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a mais importante oleaginosa do mundo, representando 58% da produção mundial das culturas oleaginosas e 69% das farinhas proteicas consumidas pela bovinocultura (KAHRAMAN, 2017). Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019), a soja é cultivada em todo o mundo, gerando 362.080 milhões de toneladas, das quais quase 33% são obtidas no Brasil. Em todo o mundo, o valor econômico da soja é de 119.516 milhões de dólares, devido ao uso versátil em muitos campos da indústria. Além de contribuir para o alívio de algumas doenças crônicas (KAHRAMAN, 2017), a soja é uma fonte essencial de proteína, óleo e minerais para humanos e animais.

Ao longo dos últimos 35 anos, o país desenvolveu e consolidou uma das agriculturas mais eficientes do mundo (MAPA, 2012). Conforme dados da CONAB (2019), a produção brasileira de grãos, que em 1991 foi de 60 milhões de toneladas, na safra 2019/20 atingiu 257,8 milhões de toneladas, obtendo um crescimento de 4,2% na área de plantio e ganho de 0,3% na produção em relação à safra passada.

O nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes requeridos para o crescimento e desenvolvimento da soja. Ele é utilizado para promover o crescimento vegetativo das plantas e aumentar a área foliar e, conseqüentemente, aumentar a fotossíntese (BANGAR et al., 2000; GHADIR MOHAMMADI et al., 2015; POPOVIC et al., 2011).

Com isso, a oferta inadequada de N resulta em plantas de crescimento lento, menores níveis de proteína, produtos de baixa qualidade e uso ineficiente da água. A necessidade de suplementação de N é tipicamente baseada em expectativas de produção, histórico de campo e medição de NO_3 residual. Os fertilizantes comerciais são geralmente solúveis, então sua disponibilidade para as plantas é bastante previsível. No entanto, a maioria das fontes de N orgânicas requerem mineralização (conversão para inorgânico) antes que possam ser usados por plantas. Fatores como temperatura e umidade do solo, pH, e práticas

de manejo, impactam a disponibilidade de N de fontes orgânicas (MIKKELSEN e HARTZ, 2008).

A soja tem alta demanda por nitrogênio devido ao alto teor de proteína (40 %) e nitrogênio (6,5 %) nos grãos (CRISPINO et al., 2001). O nitrogênio é, na natureza, um ingrediente predominante do ar (78%), e a maioria dos organismos não conseguem utilizá-lo diretamente (AMABIS e MARTHO, 2006).

As plantas de soja obtêm nitrogênio por meio de três fontes (GAI et al., 2016): nitrogênio derivado da fixação biológica de N₂ pela nodulação radicular, nitrogênio oriundo do solo, principalmente pela decomposição da matéria orgânica (STREETER, 1988) e nitrogênio do fertilizante aplicado. Para altos rendimentos de soja, é necessário utilizar tanto a fixação biológica de N₂ quanto a absorção de nitrogênio pelas raízes da planta (HARPER, 1974; 1987).

2 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade da cultura da soja e a sua viabilidade econômica no Extremo Oeste Catarinense em função da aplicação de doses de adubação nitrogenada associada ou não a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*.

2.1 Objetivos específicos

1 – Avaliar os componentes de rendimento da cultura da soja (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de mil grãos).

2 – Comparar a produtividade da cultura da soja em relação a adubação nitrogenada em cobertura com e sem inoculação das sementes.

3 – Verificar se a adubação nitrogenada e a inoculação de sementes na cultura da soja são economicamente viáveis no Extremo Oeste Catarinense.

3 HIPÓTESES

H0: A adubação nitrogenada e a inoculação de sementes com *Bradyrhizobium japonicum* não alteram a produtividade da soja

H1: A inoculação das sementes de soja com *Bradyrhizobium japonicum* e a aplicação de nitrogênio na semeadura e na cobertura no estágio de pleno florescimento proporciona maior produtividade da soja e torna esta prática economicamente viável.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Nutrição mineral

Os nutrientes minerais são obtidos do solo, principalmente na forma de íons inorgânicos que, após terem sido absorvidos pelas raízes, com ou sem a participação de outros organismos como fungos e bactérias, são translocados para diversas partes da planta para cumprirem suas funções biológicas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Os nutrientes essenciais exigidos pelas plantas superiores são exclusivamente de natureza inorgânica que, apesar de presentes em pequenas proporções, são indispensáveis ao crescimento e reprodução das mesmas (FLOSS, 2011). Segundo Taiz e Zeiger (2009) os elementos essenciais para o crescimento vegetal são: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, silício, cloro, ferro, boro, manganês, sódio, zinco, cobre, níquel e molibdênio.

A quantidade dos diferentes nutrientes necessária para a nutrição adequada das plantas é muito variável. Assim, a divisão consagrada dos nutrientes em macronutrientes e micronutrientes é baseada exatamente na quantidade mínima necessária de cada nutriente para o desenvolvimento pleno das culturas e não nos teores médios encontrados na análise dos tecidos vegetais (FLOSS, 2011).

A agricultura moderna exige o uso de insumos em quantidades adequadas, de modo a atender critérios econômicos e, ao mesmo tempo, conservar o solo, possibilitando manter ou elevar a produtividade das culturas (SFREDO e OLIVEIRA, 2010). Nesse sentido, a utilização de fertilizantes é necessária por permitir altas produtividades e retorno econômico das atividades agropecuárias.

4.2 Nutrição mineral da cultura da soja

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é a cultura anual de maior expressão econômica no Brasil, sendo que seu cultivo se tornou viável, em grande parte, devido à sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico para a sua nutrição, em associação com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum* (VARGAS et al., 1994). Dessa forma, é uma das grandes responsáveis pelo desempenho econômico brasileiro. Porém, sua produtividade oscila de ano para ano e de região para região, devido a diversos fatores, incluindo: deficiência hídrica, doenças, pragas e fertilidade do solo (PESKE et al., 2009).

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, atrás apenas dos EUA, China e Índia. A cultura da soja é o carro chefe do consumo de fertilizantes no Brasil, sendo responsável por cerca de 35% do total de fertilizantes consumidos (ANDA, 2010).

Segundo Benites (2012), a forte demanda por fertilizantes pela cultura da soja está relacionada à baixa fertilidade natural dos solos brasileiros. Nas principais áreas de produção de soja do Brasil, predominam os Latossolos, que normalmente apresentam boa condição física, porém são naturalmente deficientes em nutrientes em função dos fatores de formação desses solos.

O aumento contínuo da produtividade da soja, observado ao longo das duas últimas décadas, é reflexo do aprimoramento do sistema de produção de soja no Brasil, devido a avanços de ordem genética, do controle de pragas e doenças e, sobretudo, ao uso de fertilizantes (BENITES, 2012). O mesmo autor sustentou que práticas conservacionistas de manejo do solo e da adubação, como o sistema de semeadura direta e a integração lavoura pecuária, têm permitido a redução significativa das perdas de nutrientes, seja por lixiviação,

erosão ou, no caso do fósforo, por fixação. Doses de fertilizantes antes recomendadas para a cultura da soja começam a ser questionadas por vários pesquisadores, os quais propõem uma revisão das recomendações para a adubação da soja em solos com baixa fertilidade.

4.3 O nitrogênio no sistema solo

O nitrogênio é um importante componente de todas as proteínas, incluindo as enzimas, que, por sua vez, controlam praticamente todos os processos biológicos. Outros componentes nitrogenados de importância incluem ácidos nucleicos e clorofila. O nitrogênio é também essencial para que as plantas possam fazer uso dos carboidratos (BRADY e WEIL, 2013).

As plantas deficientes em N tendem a apresentar clorose (cor amarelada ou verde-clara nas folhas) e uma aparência atrofiada, com hastes finas e alongadas. As folhas mais velhas são as primeiras a ficarem amareladas. As plantas deficientes em nitrogênio, muitas vezes, têm uma relação caule-raiz baixa e amadurecem mais rapidamente do que as plantas saudáveis (BRADY e WEIL, 2013).

Ao se tratar do ciclo do nitrogênio, aproximadamente 95% da sua presença no solo encontram-se na forma orgânica. Somente cerca da metade destes compostos já foram identificados. Além do nitrogênio orgânico existem as formas inorgânicas minerais (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), que são bem caracterizadas, uma vez que podem ser separadas e quantificadas (VIEIRA, 2017).

As deposições atmosféricas das formas combinadas de N [NH_4^+ , (NH_x); NO_3^- , NO_2^- (NO_y)] que chegam ao solo, advém por meio da chuva ou poeira. No Brasil a deposição de NH_x é menos homogênea que as deposições de NO_y e, em termos quantitativos, são bem maiores nas regiões Sul e Sudeste em decorrência da atividade agrícola mais intensiva. Nestes locais a deposição de N pode variar de 500 a 2.000 $\text{mg m}^2 \text{ano}^{-1}$ (FILOSO et al., 2006). Estima-se que a fixação biológica de nitrogênio tenha uma contribuição global para os diferentes ecossistemas da ordem de 258 milhões de toneladas de N por ano, sendo que a contribuição na agricultura é estimada em 60 milhões de toneladas (FIXAÇÃO..., 2017).

Uma das fontes de N bastante utilizadas na agricultura é a ureia. A ureia é uma fonte de N orgânico liberada continuamente no ambiente por meio de processos biológicos tal como a excreção de urina de mamíferos. Em ruminantes a ureia representa cerca de 50 a 75 % do N total excretado. A ureia pode ser também adicionada ao solo por meio de fertilizante, onde ela é hidrolisada para amônia e CO₂ pela enzima urease. Esta enzima pode ser originária de microrganismos e de plantas, sendo, por isso, de ampla distribuição nos solos (VIEIRA, 2017).

4.4 Microrganismos

Entre os organismos que habitam o solo, os microrganismos merecem destaque, uma vez que desempenham atividades imprescindíveis para a sustentabilidade dos ecossistemas e estabelecem interações diversas com os demais seres vivos (MOREIRA et al., 2013). Os microrganismos do solo desempenham papel fundamental tanto na transformação de compostos orgânicos do solo - em grande parte, restos de vegetais - quanto na liberação, transformação ou imobilização de nutrientes e na dissipação de energia. Alguns microrganismos atacam tecidos mortos, decadentes ou mesmo vivos. Outros são predadores de diferentes microrganismos e vivem das secreções de seus metabolismos ou de seus corpos mortos (VAN RAIJ, 2011).

De acordo com Pelczar et al. (1996) a quantidade e os tipos de microrganismos presentes no solo dependem de muitos fatores ambientais, tais como: a quantidade e o tipo de nutrientes disponíveis; a umidade disponível; o grau de aeração; a temperatura; o pH; e os esterco.

Os nutrientes existentes na matéria orgânica devem ser diferenciados da energia que ela contém. Um átomo de nitrogênio, por exemplo, nunca perde suas características básicas, mas pode mudar de posição em diferentes compostos, orgânicos ou inorgânicos. Por outro lado, a energia, uma vez dissipada em calor, não pode ser reutilizada, já que é decorrente da destruição de compostos orgânicos. Dessa forma, a existência de matéria orgânica não degradada é fator preponderante para determinar o número de microrganismos

existentes no solo. A matéria orgânica já decomposta, ou humificada, é muito estável e pouco sujeita ao ataque de microrganismos (VAN RAIJ, 2011).

De acordo com Van Raij (2011) os protozoários e os nematoides são mais importantes representantes da microfauna do solo. Os primeiros são predadores de bactérias e de outros microrganismos, ao passo que os nematoides se alimentam de matéria orgânica em decomposição, de microrganismos ou de plantas superiores, das quais podem tornar-se parasitas.

4.5 Interações dos microrganismos e do solo

A simbiose é um processo de interação que acontece entre microrganismos e solo. É uma condição em que os indivíduos de uma espécie vivem em associação íntima com indivíduo de outra espécie. No solo as relações simbióticas são comuns devido ao enorme número de microrganismos que estão compartilhando o mesmo ambiente (PELCZAR et al, 1996).

A simbiose entre leguminosas e rizóbios, se caracteriza pela formação de estruturas hipertróficas nas raízes, mas não são todas as espécies de leguminosas que conseguem fazer essa associação. A nodulação ocorre aproximadamente 2 horas após o contato da bactéria com as raízes. Os nódulos primários se desenvolvem em regiões de alongamento e nas zonas de formação de pequenos pelos radiculares, considerada a região preferencial para a infecção da bactéria fixadora (FAGAN et.al., 2007).

O processo é realizado pela bactéria juntamente com sua enzima nitrogenase, a qual transforma o N_2 atmosférico em compostos amoniacais que são disponibilizados para a planta. A alta eficiência no processo, permite que o mesmo seja explorado para promover o aumento na produção agrícola de um modo ecologicamente correto, ou seja, sem impacto ambiental (MOREIRA, 2008).

Os microrganismos responsáveis por esse processo são bastonetes gram negativas, aeróbicas não esporulantes, pertencentes ao filo alpha-Proteobacteria, genericamente identificadas como rizóbios (ZAKHIA e LAUJUDIE, 2001).

4.6 Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) representa a forma mais importante de fixar o nitrogênio atmosférico N_2 para a nutrição das plantas. Portanto, ela representa o ponto-chave do ingresso do nitrogênio molecular no ciclo biogeoquímico desse elemento (TAIZ e ZIEGER, 2009). Este processo é dependente da formação e disponibilização de fotoassimilados pela planta e, conseqüentemente, a taxa de fixação de N_2 é proporcional à taxa fotossintética do vegetal (ALCANTARA e REIS, 2008).

A fixação biológica de nitrogênio é um processo enzimático em que o N_2 é reduzido a NH_3 pela ação de microrganismos de vida livre, associados às plantas ou simbioses. Evolutivamente, acredita-se que a FBN tenha se desenvolvido quando as reservas geoquímicas de nitrogênio se tornaram escassas na biosfera. O esgotamento dos óxidos de nitrogênio (nitratos e nitritos) pelos organismos teria, provavelmente, limitado o crescimento e ocasionado uma pressão seletiva, que favoreceu o aparecimento de microrganismos diazotróficos com capacidade de fixar o N_2 (LEMOS, 2011).

Apesar de a atmosfera ser composta por 78 % de gás dinitrogênio (N_2) organismos eucariotos, como plantas e animais, não conseguem utilizar este elemento diretamente. O problema básico para a fixação do nitrogênio é a presença da ligação tripla ($N\equiv N$), que torna este gás extremamente estável à temperatura ambiente. O rompimento desta tripla ligação por microrganismos requer a enzima nitrogenase. Os genes que codificam para esta enzima são amplamente encontrados no Domínio Bactéria e mesmo no Domínio Archaea (MARTINEZ-ROMERO, 2006).

Em se tratando de soja, sabe-se que esta espécie tem elevada capacidade de suprir sua necessidade nutricional de nitrogênio por meio da FBN devido sua associação simbiótica com bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Photorhizobium*, *Sinorhizobium*, intermediada pelo complexo enzimático da nitrogenase (TAIZ e ZIEGER, 2009). A FBN em leguminosas é um processo chave para a sustentabilidade agrícola devido ao seu reduzido impacto no ambiente, em relação à utilização de fertilizantes

nitrogenados. Estes fertilizantes são produzidos por meio da síntese química da amônia, que gera grandes quantidades de CO₂, que é um gás de efeito estufa (VIEIRA, 2017).

A FBN em plantas da família Leguminosae ocorre pela associação simbiótica com bactérias coletivamente conhecidas como rizóbios, que interagem com as raízes para formar estruturas especializadas denominadas de nódulos. Nos nódulos, o rizóbio na forma pleomórfica (bacterioide) fixa o N₂ atmosférico e o converte em amônia, uma forma combinada, que pode ser utilizada pelas plantas hospedeiras. Essa reação é endergônica, sendo necessário o fornecimento de energia armazenada na forma de ATP (HOFFMANN, 2007). A planta fornece aos rizóbios fontes de carbono e ambiente favorável à fixação do N₂. As taxas de fixação de N₂ variam com o hospedeiro, com o microssimbionte e com as condições ambientais. Leguminosas de grãos fixam de 25 a 200 kg N ha⁻¹ por ciclo de crescimento e suprem de 40 a 100 % das necessidades de N da planta.

A formação do nódulo é resultante de um processo complexo, que envolve vários estágios. Primeiramente, ocorre uma intensa troca de sinais entre as bactérias e as plantas hospedeiras, que inicia com a exsudação de compostos flavonoides e isoflavonoides pelas raízes. As bactérias respondem a esses sinais desencadeando a expressão coordenada de uma série de genes da nodulação (nod/nol/noe), necessários à síntese e secreção de lipo-oligosacarídeos, denominados fatores Nod. Estes genes, quando ativados, induzem a bactéria a produzir outras moléculas, que ativarão genes da planta hospedeira, responsáveis pela continuidade do processo de infecção, até a formação dos nódulos. Os flavonoides são continuamente liberados na rizosfera, mas a sua concentração e os tipos aumentam na presença da bactéria simbiótica compatível. Estes compostos podem ser simultaneamente indutores de uma espécie de rizóbio e repressores de outras (BEGUM et al., 2001).

4.7 Adubação nitrogenada em soja

Em leguminosas, a adição de adubos nitrogenados tem efeito adverso na FBN devido a diminuição da disponibilidade de oxigênio na respiração nodular (DENINSON e HARTER, 1995) e a limitação de carboidratos ao metabolismo do nódulo (STEPHENS e NEYRA, 1983).

De acordo com Deninson e Harter (1995), o suprimento de nitrogênio causa inibição da nitrogenase devido ao decréscimo da permeabilidade da membrana do nódulo ao oxigênio e pela redução na afinidade da leghemoglobina (proteína constituinte do complexo nitrogenase) pelo oxigênio.

Estudos realizados por Stephens e Neyra (1983) sugeriram que a adição de nitrogênio às plantas de soja na forma de KNO_3 decresce a atividade da nitrogenase em mais de 50%. Isso ocorre porque o nitrato e o nitrito acumulados a nível nodular inibem a fixação de nitrogênio devido a diminuição da disponibilidade de energia ao bacteroide. Entretanto, se a planta apresentar um suprimento de sacarose para os nódulos, a atividade da nitrogenase é incrementada devido ao decréscimo no nível de nitrito acumulado nos mesmos.

Alcantara e Reis (2008), estudando o metabolismo do carbono nos nódulos que promovem a FBN concluíram que o aumento da capacidade fotossintética da planta e, conseqüentemente, dos fotoassimilados, contribui para o incremento na atividade da nitrogenase e concorrem para a maior eficiência da FBN. Eficiência esta que, segundo os autores, poderá ser alcançada por meio da seleção de cultivares e de estirpes de rizóbios mais eficazes, principalmente quando se considera que cultivares mais eficientes na produção e transporte de fotoassimilados poderão incrementar a FBN.

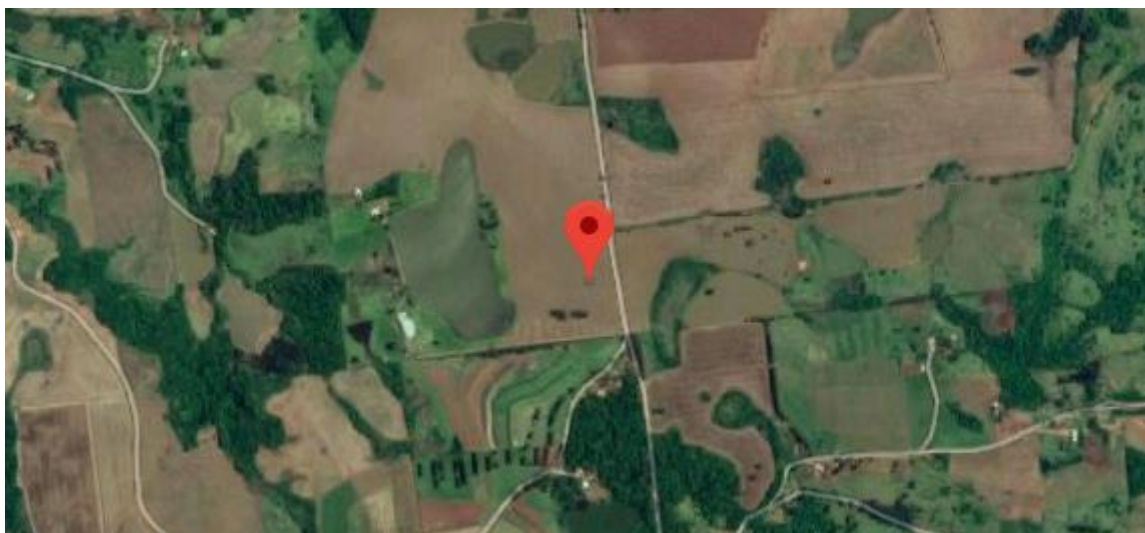
A aplicação de N mineral na fase reprodutiva da soja também tem sido avaliada como alternativa de complementação da FBN, uma vez que neste estágio ocorre diminuição acentuada na atividade do rizóbio (AMADO et al, 2010). Isso acontece porque no processo de simbiose, o rizóbio recebe carboidratos em troca do nitrogênio fixado, porém, a fase reprodutiva funciona como um dreno e a planta envia às flores e legumes os carboidratos em detrimento aos nódulos.

Fagan et al. (2007) destacaram que a fixação de nitrogênio pelas plantas é um processo que apresenta várias interações entre bactéria e hospedeiro (planta), sendo dispendioso para a planta e regulado por sinais químicos e hormonais, além de fatores externos como disponibilidade hídrica, teor de oxigênio e adubação nitrogenada. Os autores concluíram sua revisão bibliográfica acerca da fisiologia da FBN sugerindo estudos sobre técnicas de manejo, como a adubação nitrogenada, com intuito de buscar equilíbrio entre a adição de N e a FBN.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na propriedade Caramori, situada no município de Guarujá do Sul – SC (-26°23'01.9"S; -53°28'28.4"W), com altitude de 833 metros (Figura 1). O clima da região é do tipo Subtropical Úmido – Cfa, conforme a classificação de Köppen.

Figura 1 - Localização da área experimental a partir da imagem de satélite. Guarujá do Sul, SC.



Fonte: Google Earth.

O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho segundo a classificação brasileira de solos (EMBRAPA, 2013). A área encontra-se sob sistema plantio direto consolidado e o experimento foi conduzido em

resteva de azevém. A análise química do solo da área experimental foi realizada antes da implantação do experimento com a retirada de 15 subamostras de solo utilizando uma pá de corte até a profundidade de 10 cm. As subamostras foram retiradas seguindo o caminhamento em zigue-zague percorrendo toda a área experimental. A amostra foi enviada para o laboratório de análises químicas de solo da Epagri de Chapecó - SC, cujo resultados podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo anterior a implantação do experimento. Guarujá do Sul, SC.

Identificação	pH Água	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	Saturação (%)		Índice SMP
							Al ³⁺	Bases	
	1:1	-----Cmolc/dm ³ -----							
Solo 01	5,3	4,6	1,9	0,1	4,84	6,90	0,00	58,75	5,9

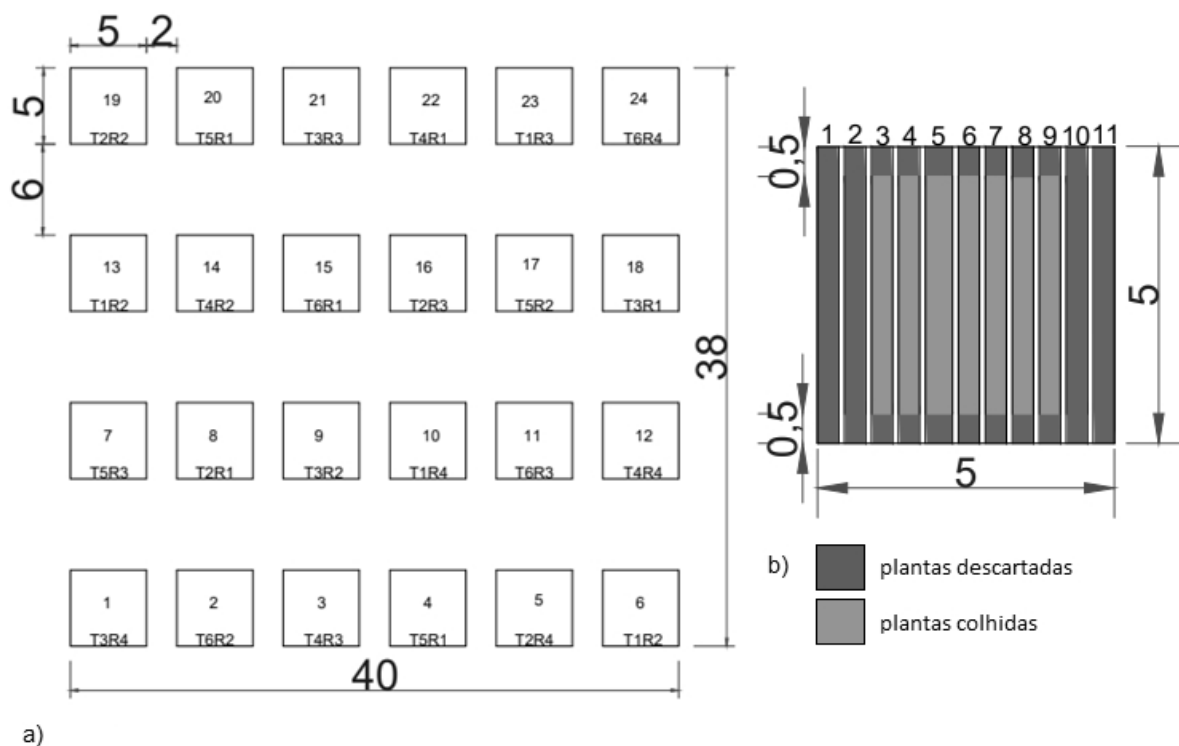
Identificação	% M.O. m/v	% argila m/v	P-Mehlich Mg dm ³	CTC Ph7 Cmolc/dm ³	K Mg/dm ³
Solo 01	3,7	63	6,8	11,73	154,8

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos (T) e quatro repetições (R), totalizando 24 parcelas experimentais. Os tratamentos utilizados foram: (T1): inoculação e sem aplicação de N; (T2): inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N em semeadura; Tratamento 3 (T3): inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N (30% na semeadura e 70% na cobertura no estádio de pleno florescimento); (T4): controle (sem inoculação e sem aplicação de N); (T5): sem inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N em semeadura; (T6): sem inoculação e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N (30% na semeadura e 70% na cobertura no estádio de pleno florescimento).

Cada parcela experimental foi composta por 11 linhas de semeadura, espaçadas de 0,45m, com 5 metros de comprimento (Figura 2). Para fins de avaliação, foram descartadas as plantas de duas linhas laterais de bordadura de cada lado da parcela e as plantas presentes nos 0,5 metros iniciais e finais

de cada parcela, restando as plantas para avaliação em uma área central equivalente a 12,6m².

Figura 2 - Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b). Guarujá do Sul, SC.



A variedade de soja utilizada no experimento foi a BMX ELITE IPRO (5855RSF IPRO[®]), de ciclo precoce e de alto potencial produtivo, cujas características são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características técnicas e agrônômicas da cultivar BMX ELITE IPRO (5855RSF IPRO[®]).

Grupo de maturidade	5.5
Ciclo média (dias)	125
Hábito de crescimento	Indeterminado
Cor do hilo	Marrom claro
Cor da flor	Roxa
Pubescência	Cinza
População (mil plantas ha ⁻¹)	200-280
Resistência / tolerância	Cancro da haste, <i>Phytophthora</i>

* Recomendado para áreas acima de 500m de altitude.

A semeadura foi realizada no dia 15 de novembro de 2019 de forma mecanizada, regulando a semeadora-adubadora para densidade de semeadura de 14 sementes por metro linear, com o intuito de obter população final de, aproximadamente, 264.350 plantas.ha⁻¹ (poder germinativo de 85%). No momento da semeadura foi realizada adubação de base, sendo utilizados 8 sacos de 50 kg com a formulação 00-23-23 (NPK), totalizando 92 kg ha⁻¹ de fósforo e 92 kg ha⁻¹ de potássio. Neste momento não foi aplicado a adubação nitrogenada nas parcelas dos tratamentos T2, T3, T5 e T6 para facilitar a semeadura mecanizada.

A adubação nitrogenada de semeadura foi aplicada em cobertura utilizando como fonte a ureia (45%) com dose correspondente a cada tratamento, a lanço, de forma manual na superfície do solo e em condições adequadas de umidade do solo, logo após a semeadura. A adubação nitrogenada no estágio de pleno florescimento nos tratamentos T3 e T6 foi realizada da mesma forma descrita anteriormente no dia 17 de janeiro.

Nos tratamentos onde foi utilizada a inoculação das sementes, a mesma foi realizada com 8 doses ha⁻¹ de inoculante da cepa SEMIA 5080 pertencentes à espécie *Bradyrhizobium japonicum* e misturado a uma pipa de 550 litros contendo água para ser feita a diluição, sendo aplicado diretamente nas sementes. Inicialmente foi realizada a semeadura de todas as parcelas experimentais dos tratamentos sem inoculação das sementes e, posteriormente, as parcelas com inoculação de sementes, evitando assim, a contaminação das sementes dos tratamentos sem inoculação.

Ao longo do período de condução do experimento os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades de aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas, para controle de plantas daninhas e prevenção de ataque de insetos e fungos, respectivamente, seguindo as recomendações técnicas para a cultura da soja e também seguindo o manejo adotado pelo proprietário da área. Nesse sentido, foram realizadas duas aplicações de herbicida e uma de fungicida, sendo respectivamente 30, 65 e 90 dias após a germinação.

A colheita foi realizada manualmente no dia 11 de março, após os grãos das plantas de soja atingirem a maturação fisiológica. Inicialmente a intenção era utilizar uma armação de ferro com a dimensão de 1m² para realizar a colheita. Como essa metodologia não se mostrou eficiente optou-se em coletar de forma aleatória 10 plantas dentro da área útil (Figura 2, b) de cada parcela. As 10 plantas foram cortadas rente ao solo com tesoura de poda e acondicionadas em sacos de rafia previamente identificados para posterior contagem do número de vagens por planta, número de grãos por vagem e peso de mil sementes. O peso de mil grãos foi obtido pela contagem do número dos grãos em sacos pré definidos, e após pesado utilizando balança de precisão. A partir destes dados, obteve-se a produtividade por meio do cálculo: peso de mil grãos (g) x média do número de grãos por planta/1000, para encontrar o peso de grãos em uma planta, após multiplicado pela população e estipulado em kg ha⁻¹ para encontrar o peso final.

Para a realização da análise econômica foram determinados, para cada tratamento, as receitas e os custos com a adubação nitrogenada. Esses custos corresponderam ao valor pago pela ureia (fonte de nitrogênio), gasto com hora máquina para fazer a aplicação do N e o custo com a inoculação das sementes. Para a ureia foram utilizados preços publicados no Instituto de Economia Agrícola (2019) no valor de R\$ 1,86 o kg. Como o custo da hora máquina trabalhada na região do experimento é de aproximadamente R\$ 130,00 e o tempo necessário para fazer a aplicação da ureia em um hectare foi de 15 minutos, o custo foi de R\$ 32,50. O custo para inoculação foi de R\$ 92,00, valor correspondente a 8 doses de inoculante.

Com base na produtividade média de grãos de cada tratamento, calculou-se o acréscimo de produtividade proporcionado pela adubação nitrogenada em relação ao tratamento 4 (sem N e sem inoculação). O valor de produção marginal em cada tratamento foi obtido multiplicando-se a produtividade adicional pelo preço recebido pelos produtores de soja do estado de Santa Catarina. O preço médio utilizado foi R\$ 83,36 por saca de 60 kg no mês de março de 2020 (AGROLINK, 2020).

Os valores das variáveis obtidas em cada tratamento foram inicialmente submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2006).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Parâmetros de produção

A análise estatística dos parâmetros avaliados na colheita da cultura da soja não apresentou diferença entre os tratamentos estudados (Tabela 2). Mesmo realizando a adubação nitrogenada em cobertura não foi verificado incremento significativo no número de vagens por planta, contrariando os resultados encontrados por Petter et al (2012), que investigando o efeito da adubação nitrogenada no início do florescimento sobre a produtividade e os componentes de produção na cultura da soja em solos do Cerrado, verificaram que o número de legumes por planta foi significativamente influenciado pela adubação nitrogenada tardia em todos os cultivares testados. Os autores observaram ainda que as doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N proporcionaram aumento no número de legumes por planta, enquanto as doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N reduziram esse número.

Tabela 2 - Resultado da análise estatística dos parâmetros avaliados na colheita da soja.

Tratamento	Nº de vagens	Nº de grãos	Nº de grãos por vagem	Peso de mil grãos (kg)
T1	62,10 ns	152,57 ns	2,46 ns	0,167 ns
T2	63,97	156,30	2,45	0,173
T3	65,45	158,10	2,42	0,169
T4	62,32	152,42	2,44	0,161
T5	70,22	170,25	2,44	0,177
T6	69,50	167,75	2,42	0,176
CV (%)	19,47	19,54	2,33	7,59

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em relação ao componente de rendimento número de grãos por vagem, o comportamento foi semelhante ao observado por Thomas e Costa (2010), os quais sugerem que o número de grãos por vagem, dentre os componentes, é o que apresenta menor variação, sendo que isso foi evidenciado em vários trabalhos, demonstrando uma uniformidade do melhoramento genético na busca de plantas com produção de, em média, dois grãos por vagem.

Para o peso de mil grãos, as diferenças entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas. Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos de Petter et al (2012), no qual a aplicação de N influenciou significativamente o peso de mil sementes quando comparado à testemunha sem aplicação de fertilizante nitrogenado. Estes autores verificaram aumento no peso das sementes com a aplicação de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N, enquanto o presente trabalho observa-se que o peso de mil sementes foi positivo para os tratamentos em que houve aplicação de N e ausência de inoculação, embora sem diferença estatística.

Resultados divergentes a este trabalho também foram observados por Silveira e Damasceno (1993), que verificaram aumento na massa de 100 sementes com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N. O aumento no peso das sementes pode estar associado ao maior acúmulo de proteína nos grãos, em função da maior síntese de aminoácidos ocasionada pela presença de N.

6.2 Avaliação econômica

Na Tabela 3 estão apresentadas as produtividades de soja obtidas em cada tratamento, os custos com a adubação nitrogenada e inoculação, acréscimo na produtividade de grãos em relação ao tratamento 4 e acréscimo financeiro devido à adubação nitrogenada.

Observa-se que houve maior ganho em relação a adubação nitrogenada (R\$ 945,88) no tratamento com a aplicação de ureia em semeadura e sem inoculação. O segundo maior acréscimo de produtividade (R\$ 769,63) foi obtido com a aplicação de ureia sendo 30 % na semeadura e 70 % na cobertura e sem inoculação.

Tabela 3 - Efeito da aplicação de nitrogênio (N) no rendimento econômico da soja.

Tratamento	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Acréscimo		Custo com adubação nitrogenada e inoculação (R\$)	Ganho em relação a adubação nitrogenada (R\$)
		Produtividade (kg ha ⁻¹)	Valor de produção (R\$)		
T1	4.320,00	159,30	221,32	92,00	129,32
T2	4.584,62	423,92	588,97	464,00	124,97
T3	4.530,20	369,50	513,36	496,50	16,86
T4	4.160,70	-	-	-	-
T5	5.109,27	948,57	1.317,88	372,00	945,88
T6	5.005,80	845,10	1.174,13	404,50	769,63

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Neste trabalho, como foi realizada a aplicação dos fertilizantes em capacidade de campo, pressupõe-se que uma provável volatilização de NH₃ tenha sido minimizada. O efeito benéfico do nitrogênio na produtividade da soja é amplamente relatado na literatura (BREDEMIER e MUNDSTOCK, 2001; ZAGONEL et al., 2002; TRINDADE et al., 2006; TEIXEIRA FILHO et al., 2007).

Analisando de forma geral os tratamentos, verificou-se que proporcionou maior acréscimo de produtividade de grãos no tratamento com o emprego de ureia na semeadura (Tabela 3). Rapassi et al. (2003) realizaram a análise comparativa de custos de produção de feijão com a utilização de ureia e nitrato de amônio. Segundo esses autores, o nitrogênio promoveu incremento na produção com as duas fontes de N utilizadas, porém as diferenças não foram significativas, justificando assim a importância da análise econômica a qual também mostrou que a ureia foi a fonte mais compensatória.

Faccin et al (2012), avaliando o efeito de épocas de aplicação de nitrogênio na cultura da soja, obtiveram resultados que possibilitaram concluir que diferentes épocas de aplicação de nitrogênio, não apresentam resultados estatisticamente significativos para a produtividade de grãos de soja. Contudo, os autores ressaltam que o incremento de produtividade foi de 4 sacas ha⁻¹ no tratamento que recebeu 100 kg ha⁻¹ de N, comparado com o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada.

No presente experimento, de forma semelhante a Faccin et al (2012) e Goulart et al (2010), a máxima estimativa de produtividade foi observada no tratamento que forneceu N na semeadura, atingindo 5.109,27 kg ha⁻¹, 948,57 kg (15,81 sc ha⁻¹) a mais do que o rendimento obtido no tratamento sem inoculação e sem aplicação de nitrogênio no florescimento.

Novo et al (1999) estudaram o efeito da adubação com nitrogênio e potássio em cultivos de inverno no estado de São Paulo e concluíram que a adubação nitrogenada prejudicou a nodulação e a fixação biológica de N na soja. Apesar disso, reportaram que apenas a inoculação não forneceu nitrogênio nas quantidades exigidas para maximizar a produtividade da soja e a adubação nitrogenada aumentou a produtividade e o teor de N dos grãos de soja nas três localidades estudadas.

Yimbo et al (1997) verificaram incrementos de até 44% na produtividade da soja usando nitrogênio como adubação de “arranque”, seguido por uma complementação em cobertura, durante o período de crescimento vegetativo. Para Mendel et al (2008), a aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio, nas fases de pré-florescimento e enchimento de grãos, promoveu aumentos no rendimento da cultura, que variaram de 1 a 4,3 sacas.ha⁻¹ de soja.

Pelos resultados do presente estudo, que caracteriza uma situação de produtividade alta, observou-se que a fertilização nitrogenada no florescimento de soja não alterou a produtividade ou os principais componentes de rendimento. Com isto, refuta-se a hipótese de que a fertilização nitrogenada mineral no florescimento incremente a produtividade de soja.

Em geral, segundo é relatado por Bataglia e Mascarenhas (1986), realmente existe um ponto de dose máxima de N que é possível aplicar na cultura da soja, e que não causará efeito negativo na FBN. Sendo assim, sugere-se que esse assunto seja objeto de novas e aprofundadas experiências.

7 CONCLUSÕES

Para os componentes de rendimento da cultura (número de vagens por planta, número de grãos por vagens e peso de mil grãos) não houve diferença significativa entre os tratamentos, refletindo também na produtividade, em que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Devido à alta produtividade alcançada nesse experimento e os preços pagos pela soja na safra 2019/20, foi rentável a aplicação de nitrogênio na cultura da soja, desde que seja aplicado na semeadura e sem a presença do inoculante.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, R. M. C. M.; REIS, V. M. **Metabolismo do Carbono nos Nódulos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. (Documentos n. 253).

AMABIS, J. M. & MARTHO, G. R. **Fundamentos Da Biologia Moderna**. 4. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2006. 839 p.

AMADO, T. J. C.; SCHLEINDWEIN, J. A.; FIORIN, J. E. Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

ANDA, Anuário estatístico sobre fertilizantes, São Paulo, 2010. (CD ROM).

BANGAR, K. S., PARMAR, B. B., & MAINI, A. (2000). Effect of nitrogen and press mud cake application on yield and uptake of N, P and K by sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Crop Research (Hisar)**, 19, 198-203.

BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. **Nutrição mineral da soja**. In: FUNDAÇÃO CARGILL. A soja no Brasil Central. 2. ed. Campinas, 1982. p.115-133.

BENITES, V. M. Fontes de nutrientes para a produção de soja no Brasil. In: VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá, MT – 2012: soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais...** Adilson de Oliveira Júnior et al (Editores técnicos). Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em <http://www.cbsoja.com.br/anais/>. Acesso em: 18 maio 2019.

BRADY, NYLE C.; WEIL, RAY R.. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686 p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Estudos de Prospecção de Mercado Safra 2019/2020**. Brasília, 2019.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2020**. Brasília: Conab, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 18 outubro 2020.

CRISPINO, C.C.; FRANCHINI, J.C.; MORAES, J.Z; SIBALDELLE, R.N.R.; LOUREIRO, M.F.; SANTOS, E.N.; CAMPO, J.R.; E HUNGRIA, M. (2001). **Adução nitrogenada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja (Comunicado Técnico, 75).

DENINSON, R. F.; HARTE, B. L. Nitrate effects on nodule oxygen permeability and leghemoglobin. Nodule oximetry and computer modeling. **Plant Physiology**, Rockville, v. 107, p. 1355-1364, 1995.

FACCIN, V. M.; BATISTA, M. V.; ARF, M. V.; CALCANHO, R. S. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura da soja. In: VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá, MT – 2012: soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais...** Adilson de Oliveira Júnior et al (Editores técnicos). Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em: <<http://www.cbsoja.com.br/anais/>>. Acesso em 21 abr 2020.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A. et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja – revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, 2007, v. 14, n. 1, p. 89-106.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar**. Versão 5.6. Lavras, 28 abr. 2006. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>>. Acesso em: 23 maio 2019.

FILOSO, S.; MARTINELLI, L. A.; HOWARTH, R. W.; BOYER, E. W.; DENTENER, F. Human activities changing the nitrogen cycle in Brazil. In: MARTINELLI, L. A.; HOWARTH, R. W. (Ed.). **Nitrogen cycling in the Americas: natural and anthropogenic influences and controls**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 61-89.

FIXAÇÃO biológica de nitrogênio. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acesso em: 21 maio 2019.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: UPF, 2011.

Foreign Agricultural Service/USDA. **World Agricultural Production**. 2019. Disponível em: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usdaesmis/files/5q47rn72z/6d5706143/7h149z72h/production.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2019.

GAI ZJ, ZHANG W. JIANG FF, CAI LJ. (2016). Response of soybean root nodule and yield to biologicalsugar nitrogen fertilizer and urea. **J Nuclear Agric Sci**. 30 (4): 822–827.

GHADIR MOHAMMADI, E.M. KHAH, SPYRIDON A. Petropoulos, Demos Chachalis, 2015. Effect of Nitrogen Application on Seed Yield, Pod and Seed Characteristics of Okra. **Journal of Plant Nutrition**. Vol. 7, No. 1; 54-71. doi:10.5539/jas.v7n1p54.

GOULART, G. D.; TIENGO, R.; ARAUJO JUNIOR, W. L. et al. Nutrição de soja transgênica com nitrogênio mineral em plantio direto no cerrado. In: VIII

Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação. 10 a 12 de novembro de 2010. **Anais...** Universidade Estadual de Goiás, 2010.

HARPER J.E. 1974. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. **Crop Sci.** 1974; 14 (2): 255–260.

HARPER J.E. (1987). Nitrogen metabolism In: Wilcox JR. **Soybeans: Improvement, production and uses.** Madison: ASA-CSSA-SSSA; pp. 497–533.

Instituto de economia agrícola – IEA (2019). **Índices de preços.** Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/Indices.aspx?cod_sis=7>. Acesso em: 26 de maio de 2019.

KAHRAMAN A. (2017). Nutritional value and foliar fertilization in soybean. **Journal of Elementology (J. Elem.),** 22 (1): 55-66.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola. **Plano Agrícola e Pecuário 2012/2013.** Brasília, 2012.

MIKKELSEN R. AND T.K. HARTZ (2008). Nitrogen Sources for Organic Crop Production. **Better Crops.** Vol. 92. No. 4, 2008.

MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SIQUEIRA, José Oswaldo; BRUSSAARD. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros.** Lavras: ed. UFLA, 2008.

NOVO, M. C. S. S.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A et al. Nitrogênio e potássio na fixação simbiótica de N₂ por soja cultivada no inverno. **Scientia agrícola.** Piracicaba, vol.56,n.1, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100021.> Acesso em 12 jun 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). **Boas práticas para o uso eficiente de Fertilizantes.** Piracicaba, SP: IPNI - Brasil, 2010, v. 3, p. 1-38.

PECLZAR JUNIOR, MICHAEL J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, NOEL R.. **Microbiologia - Conceitos e Aplicações.** 2. ed. Campinas, Sp: Pearson, 1996. 600 p.

PESKE, F. B.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes,** v. 31, n. 1, p. 95-101, 2009.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga,** Mossoró, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012. Disponível em:<<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/213>

7>. Acesso em: 15 abr 2020.

POPOVIC V., GLAMOCLIJAJ D., MALESEVIC M., IKANOVIC J., DRAZIC G., SPASIC M., STANKOVIC S. (2011). **Genotype specificity in nitrogen nutrition of malting barley**. Genetika, Belgrade, Vol. 43, No.1, 197-204.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. Documentos nº 322.

STEPHENS, B. D.; NEYRA, C. A. Nitrate and nitrite reduction in relation to nitrogenase activity in soybean nodules and Rhizobium japonicum bacteroids. **Plant Physiology**, Rockville, v. 71, p. 731735, 1983.

STREETER JG. 1988; Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. CRC Critical Review. **Plant Sci**. 7: 1–23.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

THOMAS, A. L., COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L., COSTA, J. A. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VAN RAIJ, Bernardo. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: Ipn, 2011. 420 p. VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. **Fixação biológica de nitrogênio em solos de cerrados**. Brasília: EMBRAPA – CPAC: EMBRAPA – SPI, 1994.

VIEIRA, Rosana Faria. **O Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 163 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175460/1/2017LV04.pdf>> . Acesso em: 22 maio 2019.

YIMBO, G.; PEOPLES, M. B.; RERKASEM, B. The effect of n fertilizer strategy on N₂ fixation growth and yield of vegetable soybean. **Field Crops Research**, v. 51, n. 33, p. 221-229, 1997.