

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – *CÂMPUS* RIO VERDE – GO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

ADUBAÇÃO FOLIAR É ESSENCIAL PARA O INCREMENTO
DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA?

Autor: Vítor Martins Veneziano
Orientador: Prof. Dsc. Carlos Ribeiro Rodrigues

RIO VERDE-GO
Fevereiro de 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – *CÂMPUS* RIO VERDE – GO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

ADUBAÇÃO FOLIAR É ESSENCIAL PARA O INCREMENTO
DA PRODUTIVIDADE NA CULTURA DA SOJA?

Autor: Vítor Martins Veneziano
Orientador: Prof. Dsc. Carlos Ribeiro Rodrigues

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia - do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

RIO VERDE-GO
Fevereiro de 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – *CÂMPUS* RIO VERDE – GO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

ADUBAÇÃO FOLIAR É ESSENCIAL PARA O INCREMENTO
DA PRODUTIVIDADE DA CULTURA SOJA?

Autor: Vítor Martins Veneziano
Orientador: Prof. Dsc. Carlos Ribeiro Rodrigues

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia – Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 22 de fevereiro de 2018

Prof. Dr. Antonio Eduardo Furtini Neto
Avaliador externo
COMIGO/RV

Prof. Dr. Gustavo Castoldi
Avaliador interno
IF Goiano/RV

Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araújo Neto
Avaliador interno
IF Goiano/RV

Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues
Avaliador interno
IF Goiano/RV

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

V458a Veneziano, Vitor Martins
Adubação Foliar é Essencial para o Incremento da
Produtividade na Cultura da Soja? / Vitor Martins
Veneziano; orientador Carlos Ribeiro Rodrigues; co-
orientador Gustavo Castoldi. -- Rio Verde, 2018.
46 p.

Dissertação (Graduação em Ciências Agrárias -
Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio
Verde, 2018.

1. nutrição. 2. fertilizantes. 3. Glycinemax (L.)
Merrill. I. Ribeiro Rodrigues, Carlos, orient. II.
Castoldi, Gustavo, co-orient. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Donaldo Botelho Veneziano e Gislaine Martins, a quem agradeço por serem os responsáveis pela minha criação e por sempre me incentivarem na busca pelo conhecimento, mantendo sempre a esperança e a humildade. A Deus, por me conceder todas as oportunidades e a sabedoria para aproveitá-las.

A toda a minha família, pelo apoio nos momentos de dificuldade, pelo companheirismo e compreensão que sempre tiveram. Também aos meus amigos, pelo companheirismo e pelos bons momentos que sempre me fortaleceram e a minha esposa Danille Sousa Sabino, pelos momentos de incentivo e compreensão e por sempre estar ao meu lado.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos, de qualificação e de crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador Carlos Ribeiro Rodrigues, pela oportunidade de adquirir novos conhecimentos, pela confiança e paciência, bem como ao meu coorientador Gustavo Castoldi, pelo incentivo, apoio e contribuições para meu conhecimento.

Ao Laboratório de Química Agrícola, por permitir a utilização dos equipamentos e a realização das análises necessárias para o projeto.

A Fertilizer AgroScience, pelo financiamento e auxílio no desenvolvimento do projeto.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Vítor Martins Veneziano, nascido em Bauru – SP no dia 26 de maio de 1988. Concluiu o ensino fundamental e o segundo grau no Colégio Petrópolis, em São Bernardo do Campo – SP nos anos de 2002 e 2005, respectivamente. Concluiu em 2011, a graduação em Agronomia, pela Universidade Estadual Paulista – Unesp, Campus de Botucatu - SP. De 2011 a 2013 trabalhou com o mercado de grãos na Cargill e em 2014 trabalhou com fertilizantes na TimacAgro, em Rio Verde - GO. Em 2015, trabalhou na Bunge, em Primavera do Leste – MT. Em fevereiro de 2017, defendeu sua dissertação, parte indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1.Objetivos gerais.....	04
2.2.Objetivos específicos.....	04
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
3.1.Importância da cultura da soja.....	05
3.2.Regões produtoras de soja.....	05
3.3.Exigências nutricionais e diagnose foliar.....	06
3.4.Adubação foliar.....	06
3.4.1.Situação atual.....	06
3.4.2.Modos de aplicação.....	07
3.5.Aspectos agrometeorológicos da soja.....	08
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	09
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6.CONCLUSÃO.....	30
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Quantidade absorvida e exportada de nutrientes pela cultura da soja	06
Tabela 2. Identificação das lavouras de soja avaliadas, cultivares e hábitos de crescimento.....	10
Tabela 3. Fertilizantes utilizados via solo	10
Tabela 4. Caracterização química e textural dos solos das áreas avaliadas.....	12
Tabela 5. Produtos, dosagens e fases fenológicas das aplicações	13
Tabela 6. Garantias dos produtos aplicados	15
Tabela 7. Correlações significativas a 1 e a 5% entre a produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) e as demais variáveis avaliadas	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dados meteorológicos: temperatura média, precipitação e precipitação acumulada no período (INMET, 2017)	11
Figura 2. Seleção das componentes principais pelo critério de Kaiser	17
Figura 3. Análise de cluster para agrupamento dos tratamentos	18
Figura 4. Valores médios das variáveis biométricas da soja nas áreas avaliadas: massa seca total por terço (g planta^{-1}) (A), massa seca de grãos por terço (g planta^{-1}) (B), número de ramos por planta (C) e número de nós por planta (D).....	20
Figura 5. Valores médios das variáveis biométricas da soja nas áreas avaliadas: número de vagens por terço das plantas (A), número de grãos por terço das plantas (B) e produtividade por terço das plantas (C).....	21
Figura 6. Teores médios de Mg nas folhas (g kg^{-1}) (A), teores médios de Cu e B nas folhas (mg kg^{-1}) (B); Teores médios dos macronutrientes nos grãos (g kg^{-1}) (C), teores médios de Zn e B nos grãos (mg kg^{-1}) (D)	22

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado	Unidade de Medida
%	Porcentagem	%
Al	Alumínio	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
B	Boro	mg dm^{-3}
Ca	Cálcio	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
CTC	Capacidade de Troca Catiônica	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
Cu	Cobre	mg dm^{-3}
Fe	Ferro	mg dm^{-3}
g	Gramas	-
H	Hidrogênio	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
ha^{-1}	Hectares	-
K	Potássio	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
Kg	Quilograma	-
L	Litro	-
m	Metro	-
Mg	Magnésio	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
Mn	Manganês	mg dm^{-3}
MO	matéria orgânica	g dm^{-3}
Mo	Molibdênio	mg dm^{-3}
N	Nitrogênio	mg dm^{-3}
P	Fósforo	mg dm^{-3}
pH	Potencial hidrogeniônico	-
S	Enxofre	mg dm^{-3}
SB	Soma de bases	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
V	Saturação de bases	%
Zn	Zinco	mg dm^{-3}

RESUMO.

VENEZIANO, VÍTOR MARTINS. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – GO, fevereiro de 2018. **Adubação foliar é essencial à altas produtividades da soja?** Orientador: Prof. Dsc.Carlos Ribeiro Rodrigues. Coorientador: Prof. Dsc. Gustavo Castoldi.

Objetivando verificar o efeito da aplicação de fertilizantes foliares na cultura da soja em diferentes regiões do Brasil, foi conduzido um experimento em lavouras comerciais de soja nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. Em todas as áreas o experimento foi conduzido de forma a obter uma área com a utilização dos produtos ao lado de uma área sem a utilização dos mesmos. As doses de cada produto foram definidas de acordo com as análises de solo, com o estágio de desenvolvimento da cultura e com os possíveis períodos de estresse. Foram realizadas coletas de folhas no estágio R2, para avaliação do estado nutricional e avaliações biométricas com coleta de plantas no estágio R6-R7 para determinação de crescimento, acúmulo de nutrientes nos grãos e produção. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e análise de agrupamento de dados, conforme Ferreira (2011) e com auxílio do programa R (Team R Core, 2017). Quanto ao estado nutricional e ao acúmulo de nutrientes nos grãos, de maneira geral houve pouca diferença entre os tratamentos, porém em 83,33% das áreas tratadas com os fertilizantes foliares, houve maior crescimento e maior produtividade das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: nutrição, fertilizantes, *Glycinemax* (L.) Merrill

ABSTRACT

VENEZIANO, VÍTOR MARTINS. Goias Federal Institute of Education, Science, and Technology (IF Goiano) Rio Verde Campus. February 2018. **Is foliar fertilization essential for high soybean yields?** Advisor: Prof. Dsc.Carlos Ribeiro Rodrigues. Co-advisor: Prof. Dsc. Gustavo Castoldi.

Aiming to verify the effect of the foliar fertilizers application in the soybean crop in different regions of Brazil, an experiment was carried out in soybean commercial crops in the States of Paraná and Mato Grosso do Sul. In all areas, the experiment was conducted to have an area with the products beside to another one without them. The doses of each product were defined according to the soil analysis, the crop stage of development and the possible stress period. Leaf samples were collected in the R2 stage to evaluate nutritional status and biometric evaluations while the plant were at stage R6-R7 for growth, nutrients accumulation in grains and productivity determination. The data were submitted to analysis of variance and data grouping according to Ferreira (2011) using R program (Team R Core, 2017). About the nutritional status and the nutrients accumulation in grains, in general there was little difference, however in 83.33% of areas treated with foliar fertilizers increased plant growth and productivity.

KEY WORDS: nutrition, fertilizers, *Glycinemax* (L.) Merrill

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) tem grande importância no sistema de produção mundial e também no Brasil, onde essa cultura ocupa posição de destaque e se apresenta como a mais importante em produção de grãos e em exportação, com uma área cultivada de 33,91 milhões de hectares na safra 2016/17(CONAB, 2017).

A crescente produtividade da soja brasileira está relacionada aos avanços científicos e à utilização de tecnologias no setor produtivo. Dentre essas tecnologias está a aplicação de fertilizantes e bioestimulantes foliares, entre outros. A adubação foliar ainda é uma técnica com resultados inconsistentes e com resultados questionados pela comunidade científica (Rosolem, 2002). Todavia é uma técnica amplamente utilizada no campo na produção de grãos, em específico da cultura da soja, principalmente para a correção imediata de deficiência (Balen et al., 2015).

Os nutrientes aplicados via foliar podem ter sua absorção via cuticular e estomática (Faquin, 2005). São vários os fatores externos do ambiente e internos da planta que afetam a eficiência da adubação via folha. Nas condições atuais da agricultura brasileira, a adubação foliar é aplicada juntamente e nos momentos de aplicação dos fitossanitários, fazendo com que a aplicação de nutrientes via folha, na maioria das vezes não se adeque às necessidades da planta ou mesmo para maior eficiência do uso do nutriente.

Em trabalhos antigos verifica-se que a aplicação foliar de nutrientes na soja aumenta os teores foliares desses, aumenta a taxa fotossintética, principalmente na fase de senescência, ou seja, final de ciclo. Todavia, os resultados em produtividade não são consistentes, pois não diferem dos tratamentos testemunha (Boote et al., 1978).

A aplicação de nutrientes via folha na fase reprodutiva na cultura da soja se justifica pela redução da atividade do sistema radicular nessa fase, que remobiliza reservas para o enchimento de grãos, ou mesmo em solos com baixa disponibilidade de nutrientes ou que, por

algum motivo, há impedimento para o desenvolvimento normal do sistema radicular das plantas (Mallariano, 2005).

Garcia & Hanway (1976) relatam que em fase de enchimento de grãos da soja, R5 a R7, há depleção dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), e resulta em redução de produção. Os autores relataram que a aplicação foliar desses nutrientes nas doses de 80, 8, 24 e 4 kg ha⁻¹ de N, P, K e S, respectivamente, na fase de enchimento de grãos das plantas aumentou a produção de grãos, justificado pelo aumento de número de vagens e não pelo peso de grãos. Quando esses nutrientes são aplicados via foliar na fase vegetativa da planta, até o estágio V5, há resposta em produção quando há alguma condição de estresse como indisponibilidade de água no solo ou ausência desses nutrientes no solo (Haq & Mallarino, 2000).

Haq & Mallariano (1998) ainda relataram que a aplicação foliar de N, P, K e S na soja em V5 incrementou a produção em sete das nove áreas avaliadas. A ausência de repetibilidade e a pouca diferença de produção entre as áreas com e sem fertilizante foliar, incremento de 375 kg ha⁻¹ de soja com a adubação foliar, levaram Haq & Mallariano (2000) a classificar seus resultados como inconsistentes. Os autores relataram que as aplicações foliares incrementaram os teores foliares dos nutrientes aplicados somente no período vegetativo, sem reflexo no período reprodutivo, e que as diferenças estão relacionadas a aplicação de P foliar em solos com baixa disponibilidade e quando há redução da precipitação. Resultado semelhante obtido por Mandic et al. (2015) quando aplicado fertilizante com altos teores de macro e micronutrientes na cultura da soja no período reprodutivo (R2-R3).

Fernandez et al. (2015) destaca que uma das principais vantagens da adubação foliar é a realização conforme a demanda da cultura, ou seja, conforme o estágio fenológico. Considerando assim, esse um dos principais quesitos técnicos para o uso da nutrição foliar. Em trabalho recente, Silva et al. (2017) avaliaram a tecnologia da adubação foliar conforme as fases fenológicas da soja e verificaram que a aplicação de macro e micronutrientes no período vegetativo da soja aumentou a produção em função do aumento de biomassa de tecido fotossintético e de clorofila. Os autores ainda relatam que a aplicação de Ca e B no florescimento da soja, reduz a perda de flores com consequente aumento de produção e na fase de enchimento de grãos, a aplicação de K, Mg, S e B também aumentou a produção.

São vários os trabalhos com a aplicação foliar isolada de um ou outro nutriente, ou mesmo com aplicação conjunta de N, P, K e S. Mas, há dificuldade de se encontrar na literatura, um trabalho que relate a eficiência da técnica de nutrição foliar recomendada e realizada com bases técnicas, como: análise química do solo, exigência da cultura, efeito esperado de um

nutriente em relação à sua função e em período determinado da cultura e a interação entre os nutrientes e produtos bioestimuladores como extratos de algas e aminoácidos.

Assim, levando em consideração não só a análise química do solo como critério técnico, mas também, as condições de clima, principalmente estresse hídrico, comum no período de verão no Brasil, como também os estádios de desenvolvimento da cultura, com presente trabalho testou-se a hipótese de que a aplicação foliar de nutrientes pode incrementar a produtividade da soja.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes foliares, recomendada com base na análise de solo, períodos de estresse, exigência nutricional da cultura e o efeito esperado de cada nutriente nas diferentes fases do desenvolvimento, sobre a nutrição mineral e produtividade da cultura da soja em diferentes regiões, nos estados do Mato Grosso do Sul e Paraná.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes foliares sobre o crescimento, sobre os teores de nutrientes nas folhas e nos grãos na cultura soja, nos estados do Mato Grosso do Sul e do Paraná;
- Avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes foliares sobre a produtividade e seus componentes, separadamente para os terços inferior, médio e superior, da cultura da soja;
- Avaliar o efeito da aplicação de fertilizantes foliares sobre o acúmulo de matéria seca, separadamente para os terços inferior, médio e superior, da cultura da soja;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Importância da cultura da soja.

A soja (*Glycinemax (L.) Merrill*) é a principal cultura mundialmente produzida dado o seu alto valor econômico e nutricional. Além do destaque no cenário mundial, como sendo a oleaginosa mais produzida e consumida, a soja também tem grande importância para a agricultura nacional, representando 56% de toda a área cultivada no país (Conab, 2017). Com produção de 114,1 milhões de toneladas na safra 2016/2017, o Brasil foi o segundo maior produtor de soja do mundo, representando cerca de 32% da produção mundial (USDA, 2017).

O estado do Mato Grosso figura-se como o maior produtor do país com 26,74% de toda a produção nacional, seguido do Paraná (17,16%), Rio Grande do Sul (16,40%), Goiás (9,48%) e Mato Grosso do Sul (7,51%) (Conab, 2017), mostrando a grande adaptabilidade da cultura sob as mais diversas condições de solo e clima. As maiores produtividades são registradas para os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, com 3731 e 3400 Kg ha⁻¹ respectivamente (Conab, 2017).

3.2. Regiões produtoras de soja.

A soja é uma cultura que está difundida em diversas áreas do planeta, podendo ser cultivada desde regiões de clima temperado, como no caso dos Estados Unidos, que é o maior produtor mundial, até regiões equatoriais quentes como no Brasil, segundo maior produtor mundial da oleaginosa. Até a década de 1980, as lavouras de soja concentravam-se nos estados da região Sul do Brasil. Com o desenvolvimento de cultivares adaptados aos solos e ao clima das diferentes regiões brasileiras, a soja se espalhou também pelas regiões Norte, Nordeste e Centro – Oeste (Ferreira e Rao, 2011).

3.3. Exigências nutricionais e diagnose foliar.

A expressão “exigências nutricionais” refere-se às quantidades de macro e micronutrientes que uma cultura retira do solo, do adubo e do ar, caso do N fixado, para atender às suas necessidades, crescer e produzir adequadamente (Faquin, 2005). A exigência nutricional da soja é uma característica genética e, portanto, intrínseca da cultura, porém é influenciada pelo clima, pelo manejo e pela fertilidade do solo. De acordo com Embrapa Soja (2011), a exigência nutricional por hectare para a produção de uma tonelada de grãos de soja é: 83 kg de N; 15,4 kg de P; 38 kg de K; 12,2 kg de Ca; 6,7 kg de Mg; 15,4 kg de S; 77 g de B; 515 g de Cl; 26 g de Cu; 460 g de Fe; 130 g de Mn; 7 g de Mo e 61 g de Zn.

Tabela1. Quantidade absorvida e exportada de nutrientes pela cultura da soja.

Parte da planta	Kg/tonelada de grãos						g/tonelada de grãos						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Grãos	51	10,0	20	3,0	2,0	5,4	20	237	10	70	30	5	40
Restos culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10,0	57	278	16	390	100	2	21
Total	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4	77	515	26	460	130	7	61
Exportação (%)	61	65	53	25	30	35	26	46	38	15	23	71	66

Fonte: Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 262 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15).

Para o manejo da adubação, pode-se lançar mão da diagnose foliar, através da qual é possível analisar o estado nutricional das plantas e identificar possíveis deficiências. Este método é importante, pois pode identificar problema na absorção de um determinado nutriente, mesmo que este esteja disponível no solo, bem como determinar se as necessidades nutricionais estão sendo atendidas em cada fase do desenvolvimento.

A quantidade de nutrientes absorvida pelas plantas guarda relação direta com a capacidade de produção. Assim, a análise química das folhas para a diagnose foliar pode ser utilizada como ferramenta complementar para avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo e a capacidade de absorção pelas plantas, auxiliando no diagnóstico nutricional e na decisão sobre a próxima recomendação de adubação, principalmente para micronutrientes (Embrapa, 2008).

3.4. Adubação foliar.

3.4.1. Situação atual.

Ainda hoje, a adubação foliar é vista com certo preconceito, pela sua utilização, muitas vezes sem critérios e sem respaldo na literatura. Porém, tem-se notado maior número de pesquisas na área, bem como recomendações mais criteriosas. Deste modo a adubação foliar

passa a ser vista como mais uma ferramenta capaz de agregar valor à atividade agrícola, gerando incrementos na produtividade das culturas.

Segundo a Abisolo (Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal), os segmentos de fertilizantes foliares, organominerais, orgânicos, condicionadores de solo e substratos para plantas somaram em 2016 um faturamento de 5,8 bilhões de reais (crescimento de 12% em relação a 2015), sendo que os fertilizantes foliares representaram 70,4% deste valor (Abisolo, 2017).

3.4.2. Modos de aplicação.

De acordo com o objetivo da adubação foliar, pode-se dividi-las da seguinte maneira: preventiva, corretiva, substitutiva, complementar e suplementar no estágio reprodutivo.

Na adubação foliar preventiva, ocorre a aplicação de nutrientes sem nem mesmo ter sido identificada sua necessidade. Já a adubação foliar corretiva, faz-se quando há a constatação de uma deficiência nutricional, aplicando-se apenas o nutriente específico, tornando uma ferramenta fundamental, por possibilitar correção rápida e efetiva da deficiência. Também pode-se utilizar a aplicação foliar substitutiva, que consiste em substituir uma aplicação que poderia ter sido feita via solo, ou a aplicação foliar complementar, que visa reforçar uma aplicação que foi feita via solo (Rosolem, 2002).

Quando se fala em adubação foliar suplementar no estágio reprodutivo, o objetivo é aplicar os nutrientes mesmo sob condições de solo com suprimento adequado. Neste caso assumindo que os nutrientes absorvidos pelas raízes não seriam suficientes para suprir as demandas das sementes em formação. Esta aplicação também visa retardar a senescência, mantendo a taxa fotossintética por um tempo maior. Também, utiliza-se a adubação foliar estimulante, que representa uma ajuda de curta duração, mas eficaz aos processos de crescimento e desenvolvimento. Geralmente tem a finalidade de garantir a produção em períodos de estresse (Rosolem, 2002). Além de nutrientes, nesta aplicação também se lança mão da utilização de produtos bioativadores, como extrato de algas e aminoácidos, sendo este último, capaz de contribuir para reduzir os efeitos da seca através de mecanismos não muito conhecidos, mas supondo que a prolina serviria para a síntese do material proteico necessário (Castro, 2014).

3.5.Aspectos agrometeorológicos da soja.

Dentre os principais elementos do clima que podem influenciar no desenvolvimento da cultura estão a disponibilidade hídrica e temperatura, porém existem outras secundárias, como: fotoperíodo e umidade (Mota, 1983).

A água é essencial para o desenvolvimento das plantas e sua falta em momentos críticos pode acarretar em perdas significativas na produção de grãos. Para a cultura da soja, esses momentos são principalmente dois: entre a germinação e a emergência, e entre a floração e o enchimento dos grãos. No caso da temperatura do ar, sua principal influência sobre a cultura de soja se dá na fase de desenvolvimento da cultura. A temperatura ideal para o seu crescimento e desenvolvimento é igual a 30°C, porém se adapta em temperaturas menores até 20°C (Embrapa, 2011). Em algumas regiões, como no Paraná, a produtividade da soja é mais sensível a variações na precipitação do que a variações na temperatura (Ferreira e Rao, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em 12 lavouras de soja, conforme Tabela 2. Nestas áreas as adubações realizadas via solo foram feitas de acordo com o manejo individual de cada propriedade, não fazendo parte dos tratamentos utilizados no presente trabalho, porém os fertilizantes utilizados e suas respectivas quantidades estão descritos na Tabela 3. Em todas as áreas experimentais, antes do plantio foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,00 a 0,20 m de profundidade para a caracterização química: pH CaCl₂, P-Mehlich I, Ca, Mg, K, Al, H+Al, Matéria Orgânica (MO), CTC potencial (T), Soma de Bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), saturação por Ca, Mg e K na CTC potencial (T), S-SO₄⁻², Cu, Fe, Mn e Zn e textural (EMBRAPA, 2011) (Tabela 4). As amostragens foram realizadas aleatoriamente com uma amostra composta por área e dez amostras simples por amostra composta. Os resultados das análises químicas e texturais foram interpretados conforme Souza e Lobato (2004).

As aplicações dos fertilizantes foliares foram realizadas de maneira a obter lado a lado, uma área com a aplicação e uma área sem a aplicação dos produtos. Os produtos um, dois e três foram aplicados nas áreas, quando houve um período de estresse hídrico e, ou, térmico e estresse pela aplicação de herbicida pós-emergente. Os produtos quatro, seis e sete foram aplicados de forma suplementar na fase reprodutiva e o produto oito foi aplicado quando a saturação de Mg no solo estava abaixo de 20%. O produto cinco foi recomendado quando os níveis de S no solo estavam baixos, porém alguns produtores não realizaram a aplicação do produto. Os produtos e as dosagens utilizadas, bem como a fase de aplicação estão descritos na Tabela 5. As garantias dos produtos utilizados nas aplicações estão descritas na Tabela 6.

Os dados meteorológicos do período de condução das lavouras foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de estações meteorológicas mais próximas das áreas avaliadas (Figura 1). Segundo a classificação climática de Köppen, a região onde foram instaladas as áreas experimentais do Mato Grosso do Sul e do Paraná é classificada como Cfa (clima subtropical sempre úmido, com verão quente).

TABELA 2 Identificação das lavouras de soja avaliadas, cultivares e hábitos de crescimento.

Município	Estado	Identificação das Áreas	Cultivar	Crescimento
Palotina	Paraná	PR1	Monsoy 5947	Indeterminado
		PR3	Monsoy 6210	Indeterminado
		PR5	Monsoy 6210	Indeterminado
Terra Roxa	Paraná	PR2	TMG 7062	Semi-determinado
		PR4	Brasmax Ponta	Indeterminado
Amambai	Mato Grosso do Sul	MS6	Monsoy 6210	Indeterminado
Campo Grande	Mato Grosso do Sul	MS5	BRS 284	Indeterminado
Taquarussu	Mato Grosso do Sul	MS3	Brasmax Ícone	Indeterminado
		MS7	Monsoy 6210	Indeterminado
Maracaju	Mato Grosso do Sul	MS2	Monsoy 5947	Indeterminado
Deodápolis	Mato Grosso do Sul	MS1	Brasmax Garra	Indeterminado
Itaporã	Mato Grosso do Sul	MS4	Brasmax Potência	Indeterminado

TABELA 3 Fertilizantes utilizados via solo.

Área	Fertilizante	Dose (kg ha ⁻¹)	Dose de KCl (kg ha ⁻¹)
PR1	06-27-06	330	100
PR2	03-28-00	320	100
PR3	06-24-10	350	80
PR4	07-36-10	100	80
PR5	04-20-20	350	80
MS1	05-15-15	400	-
MS2	MAP	160	100
MS3	06-24-12	250	80
MS4	02-25-20	250	-
MS5	MAP	250	100
MS6	03-30-10	320	100
MS7	04-14-12	250	80

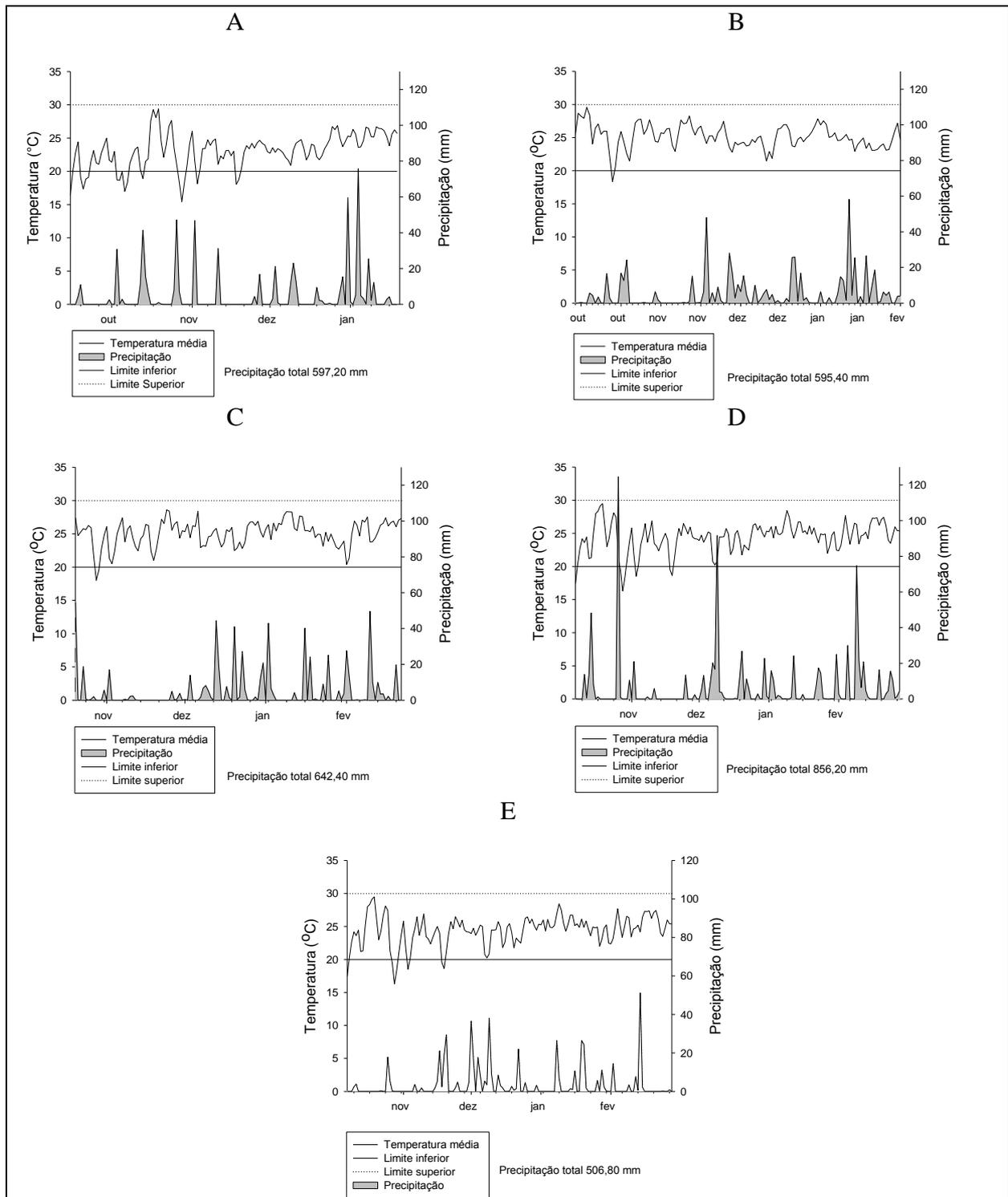


FIGURA 1 Dados meteorológicos: temperatura média, precipitação, precipitação acumulada no período (INMET, 2017), obtidos das estações meteorológicas mais próximas das áreas experimentais sendo, Marechal Candido Rondon, PR (A) correspondente as áreas PR1 a PR5; Campo Grande, MS (B) correspondente à área MS5; Maracaju, MS (C) correspondente as áreas MS2 e MS4; Amambai, MS (D) correspondente a área MS6 e Taquarussu, MS (E) correspondente as áreas MS1, MS3 e MS7; e limites de temperatura inferior e superior ótimos para a cultura da soja (EMBRAPA SOJA, 1999)

TABELA 4 Caracterização química e textural dos solos das áreas avaliadas.

Área	pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	SB	CTC (T)	V	M	CaCTC	MgCTC	KCTC	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
	(CaCl ₂)	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³					g dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	-----%-----	%			mg dm ⁻³				%				
MS1	4,78	6,90	2,65	0,12	1,98	0,46	0,07	1,83	1,79	2,56	4,39	58,45	2,67	45,21	10,50	2,74	4,48	33,22	50,55	3,42	78,00	4,00	18,00
MS2	4,24	11,94	7,57	0,30	2,43	0,85	0,47	3,63	2,78	3,58	7,22	49,65	11,65	33,71	11,78	4,16	10,69	38,67	41,27	3,87	32,00	9,00	59,00
MS3	4,50	11,25	2,26	0,15	1,39	0,55	0,12	1,69	1,91	2,09	3,79	55,15	5,41	36,68	14,51	3,96	1,82	83,39	49,08	1,74	80,00	4,00	16,00
MS4	4,24	11,94	7,57	0,30	2,43	0,85	0,47	3,63	2,78	3,58	7,21	49,65	11,60	33,70	11,79	4,16	10,69	38,67	41,27	3,87	32,00	9,00	59,00
MS5	4,38	6,19	3,60	0,10	1,16	0,40	0,34	2,30	21,38	1,66	3,96	41,92	17,00	29,29	10,10	2,53	1,50	133,05	2,60	0,53	85,00	3,00	12,00
MS6	4,71	3,97	10,29	0,07	1,61	1,09	0,31	2,91	3,32	2,77	5,68	48,77	10,06	28,35	19,19	1,23	4,09	51,52	14,62	1,70	44,00	7,00	49,00
MS7	4,50	11,25	2,26	0,15	1,39	0,55	0,12	1,69	1,91	2,09	3,78	55,28	5,32	36,72	14,60	3,96	1,82	83,39	49,08	1,74	80,00	4,00	16,00
PR1	4,50	8,97	8,88	0,18	2,51	0,79	0,14	2,56	2,53	3,48	6,05	57,52	3,86	41,49	13,06	2,98	9,59	35,64	51,23	3,50	38,00	6,00	56,00
PR2	4,04	21,71	4,47	0,18	0,89	0,31	0,43	1,67	1,62	1,38	3,06	45,10	23,63	29,08	10,13	5,88	1,67	73,83	38,38	2,12	84,00	4,00	12,00
PR3	5,04	5,44	8,61	0,24	3,60	1,28	0,04	2,72	3,15	5,12	7,84	65,31	0,78	45,92	16,33	3,06	7,05	35,75	42,67	2,38	25,00	9,00	66,00
PR4	4,31	10,53	5,85	0,18	1,38	0,41	0,21	1,54	1,53	1,97	3,51	56,13	9,63	39,32	11,68	5,13	2,97	33,93	51,78	1,25	74,00	4,00	22,00
PR5	4,73	5,45	14,09	0,22	2,27	0,92	0,47	3,08	2,57	3,41	6,49	52,54	12,11	34,98	14,18	3,39	5,57	35,24	37,94	1,95	27,00	8,00	65,00

TABELA 5 Produtos, dosagens e fases fenológicas das aplicações.

Área	Fase	Produto	Dosagem (L ha ⁻¹)
PR1	V3	Produto 1	0,20
		Produto 2	0,25
		Produto 3	2,00
	R1	Produto 2	0,40
		Produto 4	1,00
		Produto 1	0,20
		Produto 5	0,40
	R5	Produto 4	1,50
		Produto 1	0,20
		Produto 6	4,00
		Produto 7	0,30
	PR2	V3	Produto 1
Produto 2			0,50
Produto 3			2,00
V5		Produto 2	0,40
		Produto 6	2,00
		Produto 1	0,20
		Produto 8	0,40
R1		Produto 4	1,50
		Produto 1	0,20
		Produto 6	4,00
		Produto 7	0,30
PR3		V3	Produto 1
	Produto 2		0,25
	Produto 3		2,00
	Produto 5		0,50
	R1	Produto 2	0,25
		Produto 4	1,00
		Produto 1	0,20
	R5	Produto 8	1,00
		Produto 4	1,50
		Produto 1	0,20
		Produto 6	4,00
	PR4	V3	Produto 7
Produto 8			1,00
Produto 1			0,20
Produto 2			0,50
V5		Produto 3	2,00
		Produto 8	1,00
		Produto 6	4,00
		Produto 1	0,20
R5		Produto 8	1,00
		Produto 4	1,50
		Produto 1	0,20
		Produto 6	4,00
R5	Produto 7	0,30	
	Produto 8	1,00	
	Produto 6	4,00	
	Produto 7	0,30	

Continuação...

PR5	V3	Produto 1	0,20
		Produto 2	0,25
		Produto 3	2,00
	V5	Produto 2	1,40
R1		Produto 4	1,50
		Produto 1	0,20
		Produto 6	4,00
		Produto 7	0,30
MS1	V3	Produto 8	1,00
		Produto 1	0,20
		Produto 2	0,25
	R1	Produto 3	1,50
Produto 2		0,50	
Produto 6		2,00	
R5	Produto 1	0,10	
	Produto 8	1,00	
	Produto 4	1,00	
MS2	V3	Produto 6	2,00
		Produto 1	0,10
		Produto 8	1,00
	V5	Produto 8	1,00
		Produto 7	0,20
		Produto 4	1,00
R5	Produto 6	2,00	
	Produto 6	2,00	
MS3	R1	Produto 1	0,10
		Produto 2	0,50
		Produto 6	2,00
		Produto 8	1,00
R5	Produto 6	2,00	
	Produto 4	1,00	
MS4	V5	Produto 1	0,10
		Produto 2	0,50
		Produto 6	2,00
		Produto 8	1,00
	R1	Produto 7	0,20
		Produto 4	1,00
R5	Produto 6	2,00	
	Produto 8	1,00	
MS5	V5	Produto 4	1,00
		Produto 6	2,00
		Produto 1	0,12
		Produto 8	1,00
	R1	Produto 7	0,20
		Produto 4	1,00
R5	Produto 1	0,10	
	Produto 6	2,00	

Continuação...

MS6	V3	Produto 1	0,20
		Produto 2	0,25
		Produto 3	2,00
	V5	Produto 2	0,50
		Produto 6	1,00
		Produto 1	0,10
		Produto 8	1,00
	R5	Produto 4	1,00
		Produto 6	2,00
MS7	R1	Produto 1	0,10
		Produto 2	0,50
		Produto 6	2,00
		Produto 8	1,00
	R5	Produto 6	2,00
		Produto 4	1,00

TABELA 6 Garantias dos produtos aplicados.

Produto	Elemento	p/v (g L ⁻¹)
Produto 1	Cobalto (Co)	13,60
	Molibdênio (Mo)	136,00
	Níquel (Ni)	13,60
	Enxofre (S)	13,60
	Extrato de algas	81,60
Produto 2	Nitrogênio (N)	50,00
	Carbono Orgânico Total	225,00
	Aminoácidos	312,50
Produto 3	Nitrogênio (N)	14,00
	Enxofre (S) SO ₄ =17,97%	84,00
	Boro (B)	2,80
	Cobre (Cu)	7,00
	Manganês (Mn)	112,00
	Molibdênio (Mo)	0,70
	Zinco (Zn)	42,00
Produto 4	Nitrogênio (N)	15,00
	Potássio (K)	480,00
Produto 5	Nitrogênio (N)	148,50
	Enxofre (S)	333,45
	Zinco (Zn)	13,50
Produto 6	Nitrogênio (N)	342,90
Produto 7	Nitrogênio (N)	12,60
	Boro (B)	75,60
Produto 8	Nitrogênio (N)	13,00
	Magnésio	104,00

Durante a condução das áreas foi avaliado em R2 o estado nutricional através da análise química de tecido vegetal, conforme Malavolta et al. (1997). Esta análise foi realizada no Laboratório de Química Agrícola (LabQA) do IFGoiano, Campus Rio Verde, GO, onde foram avaliados os teores de nitrogênio (NR2), potássio (KR2), fósforo (PR2), cálcio (CaR2), magnésio (MgR2), enxofre (SR2), cobre (CuR2), ferro (FeR2), zinco (ZnR2) e manganês (MnR2).

Em R6-R7 foi analisado o crescimento e produção. Para avaliação de crescimento foram realizadas as análises biométricas das plantas com as variáveis: altura de planta (Altura), número de nós (Nó), número de ramos (Ramos), número de vagens no terço inferior (NVi), médio (NVm) e superior (NVs) e também o número de grãos no terço inferior (NGi), médio (NGm), superior (NGs). Para essa avaliação foram escolhidos cinco pontos aleatórios dentro da parcela e avaliadas duas plantas por ponto. Foi anotado o número de plantas m^{-1} em cada ponto, para posterior estimativa da população (População) e as duas plantas foram colhidas, lavadas com água corrente e posteriormente com água destilada, separadas as folhas, caule, vagens e grãos dos terços inferior, médio e superior e acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e secos em estufa de circulação de ar forçada à 65-70°C até peso constante.

Após seco, esse material foi pesado para estimar a massa seca de grãos do terço inferior (MSGi), médio (MSGm) e superior (MSGs) e a massa seca total do terço inferior (MSTi), médio (MSTm), superior (MSTs) e total (MSTt). A massa seca de grãos foi corrigida para a umidade de 13% e com base na população, estimada a produtividade ($kg\ ha^{-1}$) para os terços inferior (PRODi), médio (PRODm) e superior (PRODs). Todo esse material foi destinado ao Laboratório de Química Agrícola (LabQA) do IFGoiano, Campus Rio Verde, GO, em que também foi realizada a análise química dos grãos. Nesta análise foram avaliados os teores de nitrogênio (Ngrão), potássio (Kgrão), fósforo (Pgrão), cálcio (Cgrão), magnésio (Mggrão), enxofre (Sgrão), cobre (Cugrão), ferro (Fegrão), zinco (Zngrão) e manganês (Mngrão).

Com esses dados, foi realizada a análise de componentes principais e através do critério de Kaiser, foram selecionadas nove componentes principais (Figura 2), que foram capazes de explicar 90,34% das variações que ocorreram nos resultados. Também foram estimadas as correlações entre as variáveis avaliadas e as componentes principais 1 (CP 1) a 9 (CP 9). As variáveis que não obtiveram correlação significativa a 1% (pelo teste de *t* de student) com pelo menos uma das componentes principais, foram retiradas para refazer a análise de agrupamento dos tratamentos. As análises foram realizadas no programa R (Team R Core, 2017) utilizando o pacote FactoMineR (Lê, et al., 2008).

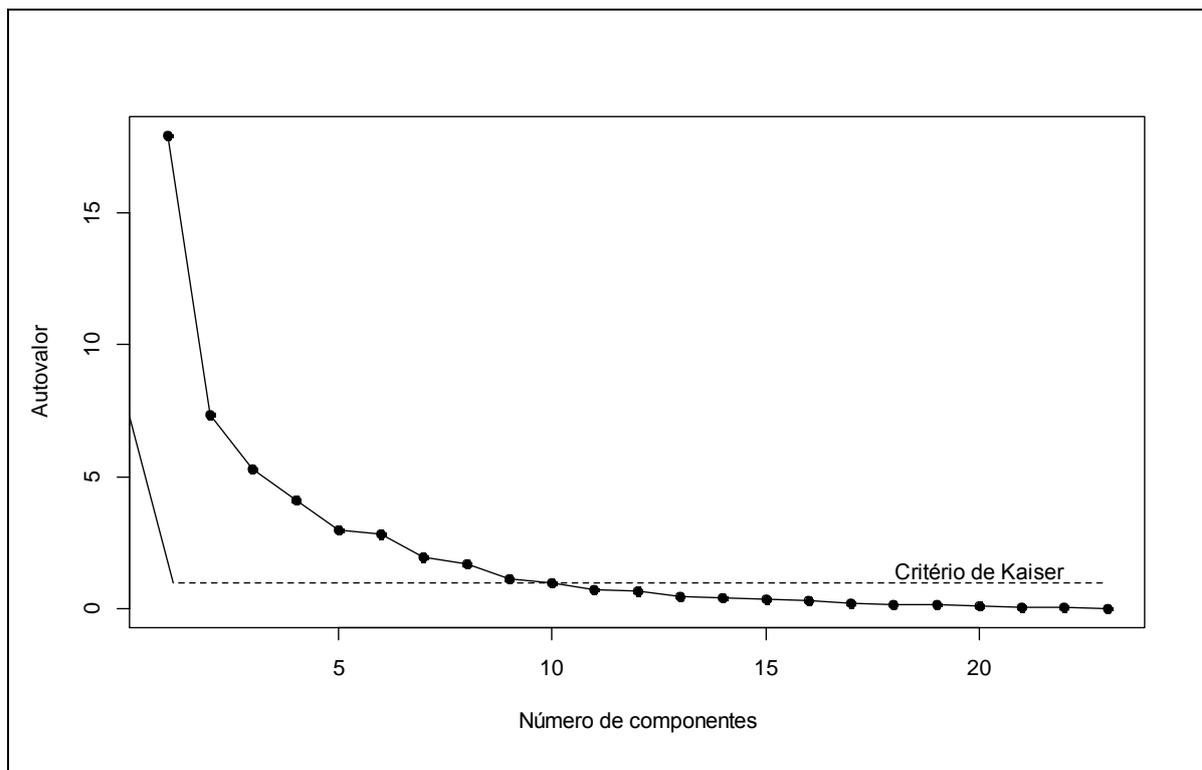


FIGURA 2 Seleção das componentes principais pelo critério de Kaiser.

Em seguida, após a classificação das áreas em clusters, esses foram submetidos à análise de variância e teste de média (Scott Knoot, 5% de prob.) e correlações com auxílio do programa R (Team R Core, 2017).

Posteriormente, para tentar explicar quais os fatores da adubação foliar levaram a maior produção, foram realizadas correlações entre a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e as demais variáveis avaliadas, bem como com as condições de solo, doses aplicadas dos nutrientes em cada fase e condições de clima, com o auxílio do programa R (Team R Core, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise por componentes principais, as variáveis Altura, População, NR2, KR2, PR2, CaR2, FeR2, MnR2, ZnR2, SR2, Ngrão, Cugrão, Fegrão e Mngrão foram retiradas para se fazer a análise de agrupamento dos tratamentos, pois não apresentaram correlação significativa a 1% com nenhuma das nove componentes principais. A estimativa de correlação de baixa magnitude das variáveis com as componentes CP 1 a CP 9 justifica a baixa contribuição dessas com o agrupamento dos tratamentos.

Após a análise de agrupamento dos tratamentos por componentes principais, foi realizada a análise de *cluster* para agrupamento dos tratamentos, formando 3 *clusters* (Figura 3).

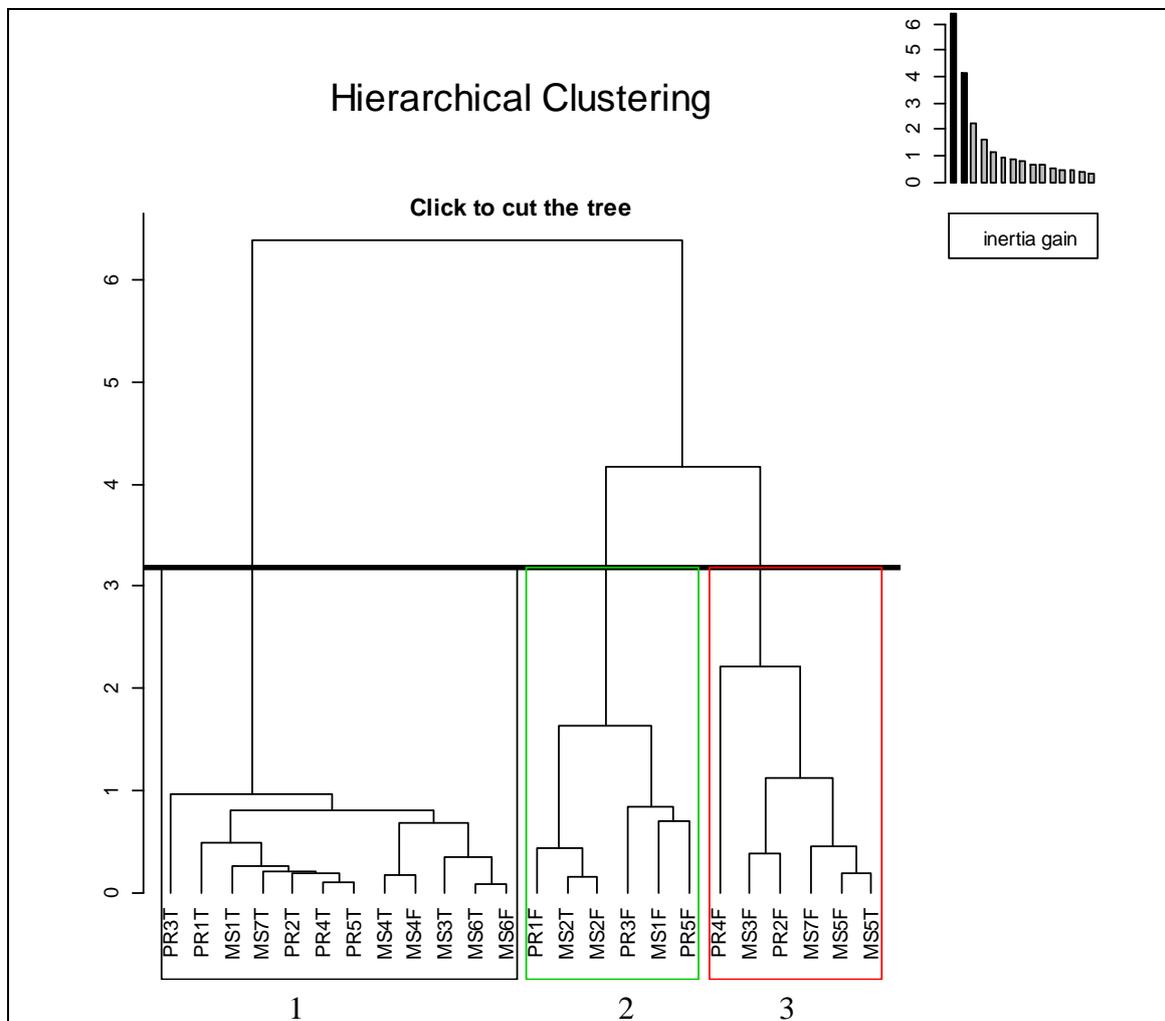


FIGURA 3 Análise de *cluster* para agrupamento dos tratamentos. As áreas identificadas com (F) são as áreas com aplicação dos fertilizantes foliares e as áreas identificadas com (T) são as áreas sem aplicação dos fertilizantes foliares.

No *cluster 1* foram agrupadas doze áreas das quais, dez são áreas em que não foram aplicados os fertilizantes foliares e duas que foram aplicados. No *cluster 2* foram agrupadas seis áreas, das quais cinco são áreas com aplicação dos fertilizantes foliares e uma área sem aplicação. O mesmo ocorreu para o *cluster 3*, onde das seis áreas, apenas uma não recebeu aplicação. Com isso, observa-se que nos *clusters 2 e 3* estão agrupadas 83,33% das áreas com a aplicação dos fertilizantes foliares (Figura 3).

Após o agrupamento foi realizado o teste de médias (Skott Knott a 5% de significância) entre os três *clusters*, apenas para as variáveis utilizadas para a classificação dos *clusters*.

Os tratamentos agrupados no *cluster 2* obtiveram os maiores valores de massa seca total do terço inferior (Figura 4 A). Já os tratamentos agrupados no *cluster 3* obtiveram os valores intermediários e os tratamentos agrupados no *cluster 1* obtiveram os menores valores (Figura 4 A). Para os valores de massa seca total dos terços médio e superior, os *clusters 2 e 3* não diferiram entre si, porém foram significativamente maiores que o *cluster 1*. De maneira geral, houve maior acúmulo de massa seca nas plantas dos *clusters 2 e 3* (Figura 4 A), evidenciando seu maior crescimento.

Analisando-se a massa seca de grãos, nota-se que não houve diferença entre os *cluster 2 e 3* em nenhum dos terços das plantas, sendo sempre significativamente maiores que os valores obtidos no *cluster 1* (Figura 4 B). Nota-se também que as maiores diferenças ocorreram nos terços médio e superior (Figura 4 B).

Para o número de ramos (Figura 4 C), não houve diferença significativa entre os *clusters*, porém, quanto ao número de nós (Figura 4 D), os *clusters 2 e 3* foram iguais, sendo significativamente maiores que o *cluster 1*. Este maior número de nós e maior acúmulo de matéria seca indicam que as plantas dos *clusters 2 e 3* cresceram mais.

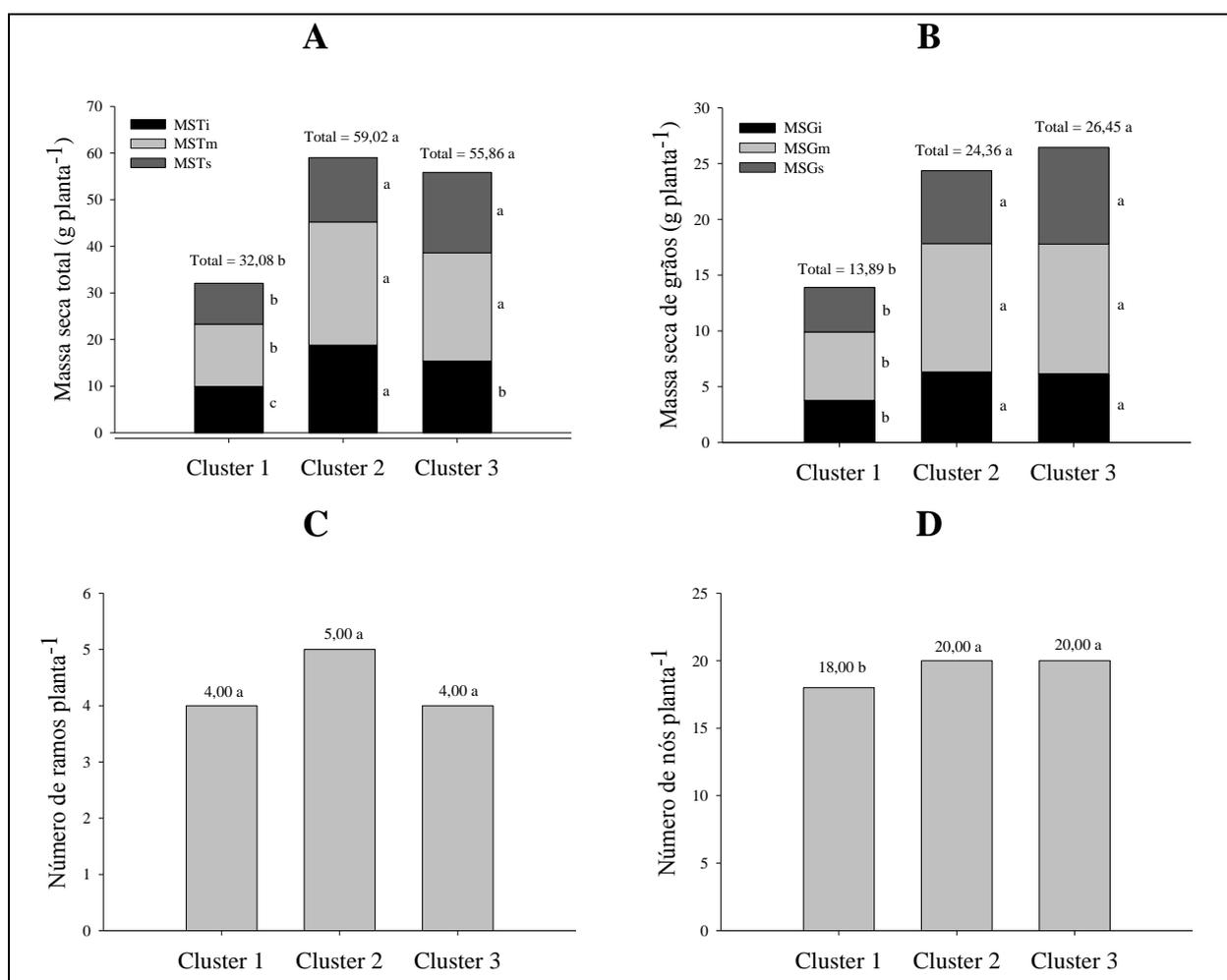


FIGURA 4 Valores médios das variáveis biométricas da soja nas áreas avaliadas: massa seca total por terço (g planta^{-1}) (A), massa seca de grãos por terço (g planta^{-1}) (B), número de ramos por planta (C) e número de nós por planta (D).

Não houve diferença entre os *clusters* 2 e 3 para o número de vagens em nenhum dos terços das plantas, obtendo sempre valores maiores que os obtidos no *cluster* 1 (Figura 5 A). Novamente, evidencia-se as maiores diferenças ocorrendo nos terços médio e superior. O mesmo comportamento ocorreu para o número de grãos (Figura 5 B). Consequentemente, para a produtividade não houve diferença entre os *clusters* 2 e 3, com valores significativamente maiores que os do *cluster* 1 em todos os terços das plantas, sendo mais evidente nos terços médio e superior (Figura 5 C).

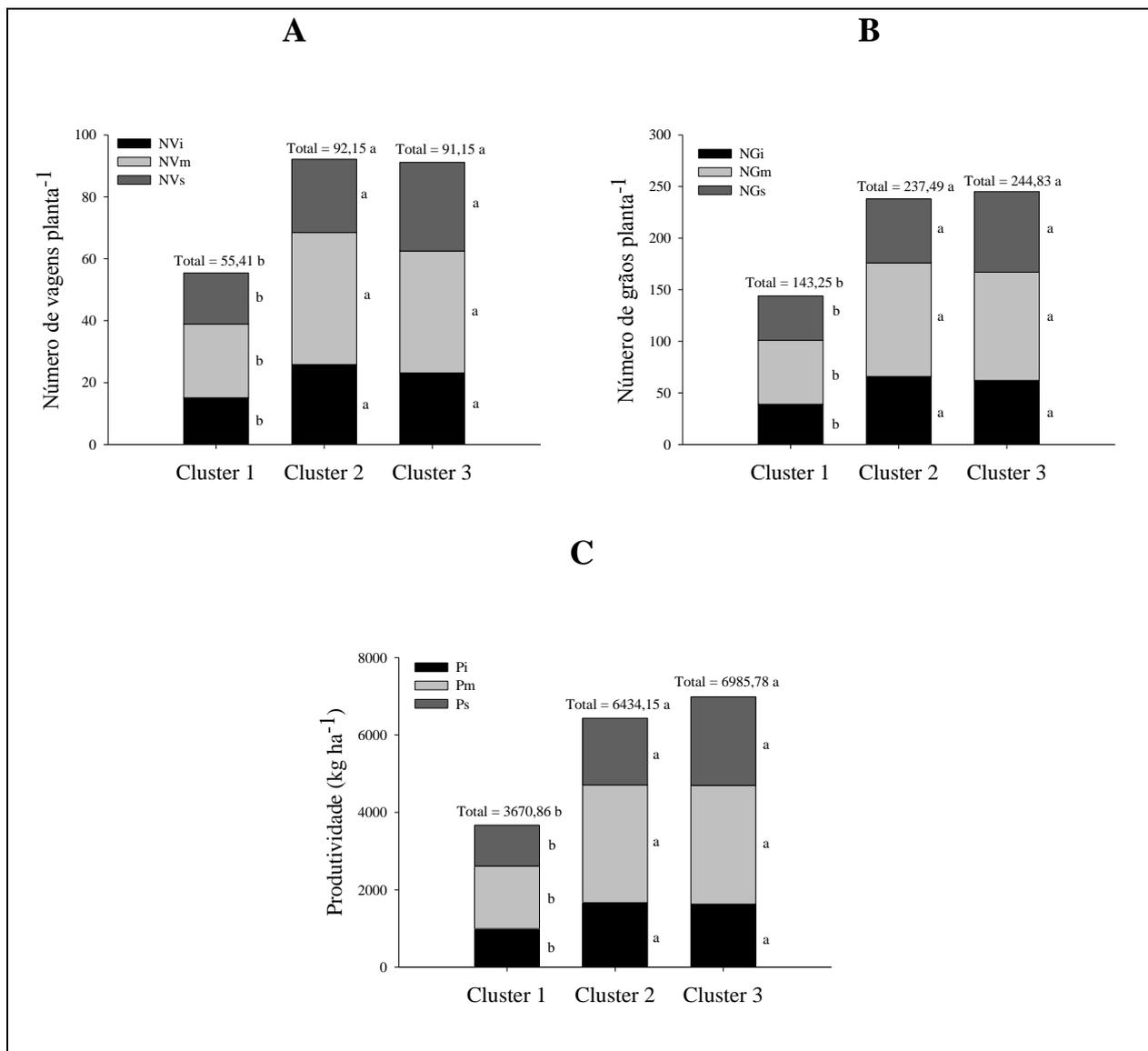


FIGURA 5 Valores médios para as variáveis biométricas da soja nas áreas avaliadas: número de vagens por terço das plantas (A), número de grãos por terço das plantas (B) e produtividade por terço das plantas (C).

Quanto as análises foliares realizadas em R2, apenas os teores de Mg, Cu e B tiveram correlação significativa a 1% com pelo menos uma das nove componentes principais. Na Figura 6 A, observa-se que o *cluster 2* obteve os maiores resultados, não diferindo do *cluster 1* quanto ao teor de Mg, porém sendo significativamente maiores que o *cluster 3*. Para o teor de Cu não houve diferença entre os *clusters* (Figura 6 B). Já para o teor de B, o *cluster 2* foi significativamente maior que os *clusters 1* e *3*, que não diferiram entre si (Figura 6 B).

Quanto aos teores de macronutrientes nos grãos, K, P, Ca, Mg e S apresentaram correlação significativa a 1% com pelo menos umas das componentes principais, e para os micronutrientes, apenas Zn e B. Para K e Mg, o *cluster 2* obteve os maiores valores, com o *cluster 1* obtendo valores intermediários e o *cluster 3* com os menores valores (Figura 6 C).

Para o P, o *cluster 2* obteve o maior valor, sendo significativamente maior que os *clusters 1* e 3, que não diferiram entre si (Figura 6 C). Observando-se os teores de Ca e S, os *cluster 1* e 2 obtiveram os maiores valores, não diferindo entre si e sendo significativamente maiores que os valores obtidos no *cluster 3* (Figura 6 C).

Dentre os micronutrientes, não houve diferença entre os clusters para os teores de B, porém para os teores de Zn, o *cluster 2* obteve valor significativamente maior que dos *clusters 1* e 3, que não diferiram entre si (Figura 6 D).

Observando-se os gráficos de maneira geral (Figura 6 A, B, C e D), nota-se que a diferença entre os *clusters* quanto aos teores dos nutrientes nas folhas e nos grãos foi muito pequena.

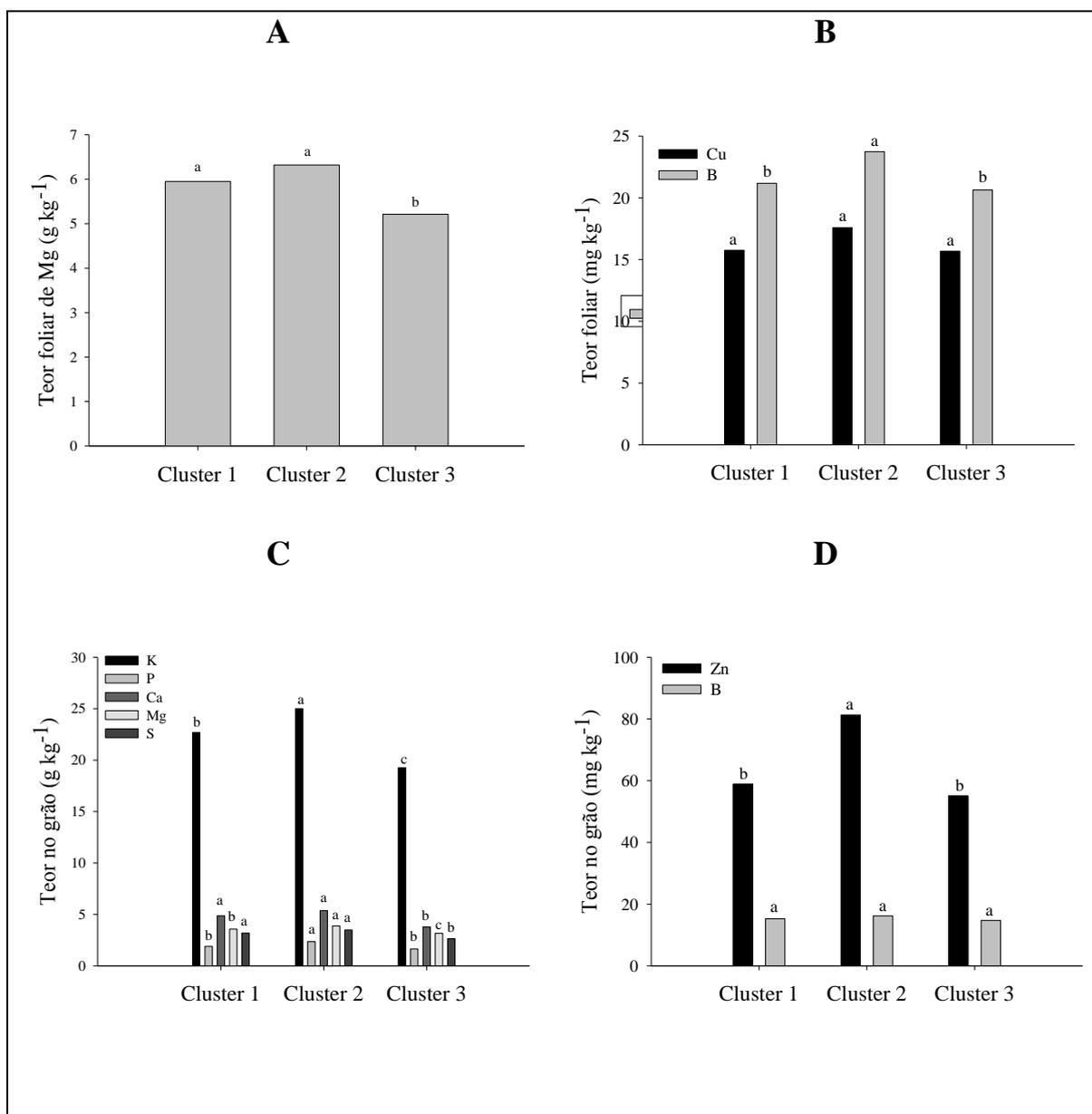


FIGURA 6 Teores médios de Mg nas folhas (g kg⁻¹) (A), teores médios de Cu e B nas folhas (mg kg⁻¹) (B); Teores médios dos macronutrientes nos grãos (g kg⁻¹) (C), teores médios de Zn e B nos grãos (mg kg⁻¹) (D);

Em geral 83,33 % dos tratamentos com aplicação dos fertilizantes foliares (Figura 3) apresentam alta correlação com as variáveis de crescimento, produtividade e nutrição. Esse é um indicativo de que a nutrição foliar influenciou significativamente nessas variáveis. Todavia, não foi obtido o mesmo resultado em 100% das áreas aplicadas. A ausência de repetibilidade dos resultados de experimentos com aplicação foliar em 100% das áreas avaliadas leva a comunidade científica a classificar os resultados como inconsistentes (Boote et al., 1978; Haq & Mallariano, 1998 e Haq & Mallariano, 2000).

No presente trabalho, as áreas MS2T e MS5T foram agrupadas nos *clusters* com altas produtividades (Figura 3), mesmo sem a aplicação dos fertilizantes foliares. Em ambas as áreas os solos são ácidos e possuem acidez trocável em subsuperfície, condição semelhante aos demais solos (Tabela 4), e não ajuda a explicar a ausência de resultado do fertilizante foliar. Na Figura 3, observa-se que entre as áreas MS5T e MS5F não há praticamente nenhum distanciamento entre os tratamentos, assim como para as áreas MS2T e MS2F. O que destaca nas áreas MS2 e MS5 é a melhor distribuição de chuvas (Figura 1). Com a melhor distribuição da chuva, consegue manutenção da umidade do solo constante e conseqüentemente a manutenção de processos nos solos como a movimentação de nutrientes até as raízes e a absorção pelas plantas. Assim, a ausência de resultados da adubação foliar nas áreas MS2 e MS5 pode ser atribuída a melhor distribuição de chuva, reduzindo as perdas pela menor absorção de nutrientes. E que nas demais áreas avaliadas, mesmo apresentando alto volume de chuva (Figura 1), mas com distribuição irregular, em que a planta passou dias sob estresse hídrico, houve resposta à adubação foliar. Conforme Fernandez et al., (2015) a maior eficácia da adubação foliar é justamente em área onde há condições de impedimento dos processos de absorção de nutrientes do solo, como estresse hídrico. O que corrobora com os resultados observados no presente trabalho e relatados por Boote et al. (1978), Haq & Mallariano (1998), Haq & Mallariano (2000), Mallariano (2005) e Mallariano (2008).

Nas áreas agrupadas nos *clusters* 2 e 3, foram obtidos os maiores crescimentos e produtividades, com destaque para os terços médio e superior das plantas (Figuras 4 e 5). O aumento da produtividade nas áreas com a aplicação dos foliares (Figura 5 C) pode ser explicada tanto pelo aumento do número de vagens (Figuras 5 A), quanto pelo peso dos grãos nos terços médio e superior (Figura 4 B).

O maior acúmulo de massa seca indica que houve maior quantidade de tecido fotossintético, com maior possibilidade de produção de fotoassimilados. Assim a maior produtividade nos terços médio e superior das plantas adubadas via foliar pode ser justificada pelo maior acúmulo de matéria seca. Chaves (2012) relata que a redução do

potencial produtivo da soja é reduzida após R3, pela redução de fotoassimilados para produção e retenção de flor e enchimento de grãos. O ajuste do potencial de rendimento da soja à disponibilidade de fotoassimilados ocorre primeiramente pelo número de nós, posteriormente pelo número de flores emitidas e finalmente pela abscisão de flores e legumes (Chaves, 2012). A menor disponibilidade de fotoassimilados afeta principalmente os componentes do rendimento nos nós apicais da planta (Jiang & Egli, 1993).

Os trabalhos com adubação foliar desenvolvidos por Boote et al. (1978), Haq & Mallariano (1998), Haq & Mallariano (2000), Mallariano (2005) e Mallariano (2008), mesmo com resultados inconsistentes de produção, relatam incrementos nos teores foliares dos nutrientes. No presente trabalho, houve pouca diferença entre as áreas tratadas e não tratadas. O uso de teores foliares em pesquisa deve ser bem embasada conforme época de coleta e tipo de folha coletada. Mesmo assim, as relações dos nutrientes com a produção, conforme curva em C (Marchner, 1995), que reflete os efeitos de diluição e concentração dos nutrientes dificultam a interpretação dos resultados.

Para tentar explicar quais os fatores da adubação foliar levaram a maior produção, foram realizadas correlações entre a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e as demais variáveis avaliadas, condições de solo, produtos aplicados em cada fase e condições de clima. Dentre todas as variáveis, as condições de solo (pH, P, S, K Ca, Mg, Al, H+Al, MO, SB, V%, m, CTC(T), Cu, Fe, Mn, Zn, areia, silte e argila), teores dos nutrientes nas folhas, teores dos nutrientes nos grãos, condições de clima (precipitação total, semanas de seca, picos de temperatura abaixo de 20°C) e os produtos aplicados em V5, não apresentaram correlação significativa a 1 ou a 5% com a produtividade. Foram utilizadas então, somente as variáveis que obtiveram significativa com a produtividade, conforme Tabela 7.

Na Tabela 7, observa-se que a massa seca de grãos e a massa seca total obtiveram correlações significativas com a produtividade e nota-se que para ambas as variáveis as correlações apresentaram valor menor no terço inferior, aumentando nos terços médio e superior. Isso sugere que os fertilizantes foliares foram capazes de fornecer melhores condições nutricionais até a fase final do ciclo, garantindo que as plantas tivessem maior desenvolvimento e maior enchimento dos grãos, principalmente nos terços médio e superior.

TABELA 7 Correlações significativas a 1 e a 5% entre a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e as demais variáveis avaliadas.

Variáveis Avaliadas	Correlação com a Produtividade
MSGi	0,6325 ^{**}
MSGm	0,9494 ^{**}
MSGs	0,9282 ^{**}
MSTi	0,7384 ^{**}
MSTm	0,8789 ^{**}
MSTs	0,9097 ^{**}
Nó	0,7185 ^{**}
Ramo	0,5503 ^{**}
NVi	0,4926 [*]
NVm	0,7914 ^{**}
NVs	0,7157 ^{**}
NGi	0,4663 [*]
NGm	0,7923 ^{**}
NGs	0,7307 ^{**}
PRODi	0,6325 ^{**}
PRODm	0,9494 ^{**}
PRODs	0,9282 ^{**}
Produto1 V3	0,5558 ^{**}
Produto2 V3	0,4778 [*]
Produto3 V3	0,5736 ^{**}
Produto1 R1	0,6222 ^{**}
Produto1 R5	0,5902 ^{**}
Produto4 R5	0,4579 [*]
Produto6 R5	0,5101 [*]
Produto7 R5	0,5549 ^{**}
Produto8 R5	0,5549 ^{**}

Massa seca de grãos do terço inferior (MSGi); massa seca de grãos do terço médio (MSGm); massa seca de grãos do terço superior (MSGs); massa seca total do terço inferior (MSTi); massa seca total do terço médio (MSTm); massa seca total do terço superior (MSTs); número de nós (Nó); número de ramos (Ramo); número de vagens do terço inferior (NVi); número de vagens do terço médio (NVm); número de vagens do terço superior (NVs); número de grãos do terço inferior (NGi); número de grãos do terço médio (NGm); número de grãos do terço superior (NGs); produtividade do terço inferior (PRODi); produtividade do terço médio (PRODm); produtividade do terço superior (PRODs); teor de nitrogênio no grão (Ngrão); quantidade do Produto1 aplicada em V3 (Produto1 V3), quantidade do Produto2 aplicada em V3 (Produto2 V3) e quantidade do Produto3 aplicada em V3 (Produto3 V3); quantidade do Produto1 aplicada em R1 (Produto1 R1); quantidade do Produto1 aplicada em R5 (Produto1 R5); quantidade do Produto4 aplicada em R5 (Produto4 R5); quantidade do Produto6 aplicada em R5 (Produto6 R5); quantidade do Produto7 aplicada em R5 (Produto7 R5); quantidade do Produto8 aplicada em R5 (Produto8 R5)

^{**} e ^{*} Significativo a 1 e 5% (Teste de *t* student), respectivamente.

O número de nós obteve correlação positiva com a produtividade, o que também ocorreu para o número de ramos, demonstrando a importância destas variáveis para a formação da produtividade (Tabela 7). Balbinot et al.(2015), em experimento realizado com diferentes densidades populacionais, demonstraram que o principal mecanismo de compensação da soja é a emissão de maior quantidade de ramos e formação de ramos maiores, redundando na maior participação dos ramos na formação da produtividade.

Quanto ao número de vagens, houve correlação positiva significativa a 1% nos terços médio e superior, sendo que para o terço inferior a correlação foi significativa apenas a 5%. O mesmo ocorreu para o número de grãos (Tabela 7).

Novamente, evidencia-se a importância de se garantir o desenvolvimento dos terços médio e superior para que se possa obter boa produção. No presente trabalho, os fertilizantes foliares foram capazes de realizar isso em 83,33% das áreas.

Com o desenvolvimento, as plantas podem apresentar vários fatores que favorecem menor eficiência de absorção de nutrientes do solo, com menor efeito sobre os terços médio e superior, principalmente em manutenção de flor, vagem e enchimento de grãos. Um dos fatores é a redução da eficiência do sistema radicular que passa a ter os grãos e parte aérea como drenos preferenciais de fotoassimilados, reduzindo a absorção de nutrientes. Outro fator pode ser atribuído a má distribuição de chuva, levando a redução da disponibilidade de nutriente no solo.

Também, devido a altas temperaturas, em que as folhas mais velhas apresentam maior área de contato com a atmosfera, perdendo mais água, tornando drenos preferenciais de nutrientes pouco móveis e imóveis, por serem transportados unidirecionalmente via fluxo transpiratório. Com isso, mesmo com boa disponibilidade no solo desses nutrientes, as condições de ambiente não favorecem a melhor distribuição no tecido vegetal, levando a deficiência em tecidos jovens e frutos.

Dalchiavon (2012), analisando as correlações entre os componentes de produção e a variabilidade espacial da produtividade da soja, concluiu que do ponto de vista linear e espacial, o número de vagens por planta e a massa seca de grãos por planta correlacionaram-se de forma direta com a produtividade, demonstrando serem os melhores componentes para estimá-la.

Ao se avaliar os nutrientes aplicados no estágio de desenvolvimento V3, houve correlação positiva para a aplicação dos produtos 1, 2 e 3 (Tabela 7), sendo que o produto 1 é fonte de Ni, Co, Mo e extrato de algas, o produto 2 é fonte de aminoácidos e o produto 3 é fonte de micronutrientes.

Sabe-se que o Ni, o Co e o Mo estão intimamente ligados à fixação biológica de nitrogênio (FBN) e ao metabolismo do nitrogênio na planta. A função mais importante do Mo nas plantas está associada com o metabolismo do N, devido ao Mo ser constituinte das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato (Marcondes, 2005). A nitrogenase é essencial para a fixação simbiótica do N atmosférico pelos rizóbios, e a redutase do nitrato é indispensável para o aproveitamento do nitrato absorvido pela planta (Fonseca, 2006). O Co é essencial para a fixação do N₂, pois participa na síntese de cobalamina e da

leghemoglobina nos nódulos. Portanto, deficiência de Co pode ocasionar deficiência de N na soja, pela baixa fixação do N₂ (Sfredo et al., 2010). O Ni está diretamente relacionado ao metabolismo do N nas plantas, por ser um componente da enzima urease, que por sua vez, está envolvida nas principais rotas de assimilação do N (Oliveira, 2013).

A ligação do Ni, Co e Mo com o metabolismo do N somada a importância do N para o metabolismo vegetal, como o elemento mineral que as plantas exigem em maiores quantidades (Taiz e Zeiger, 2006), pode ajudar a explicar a correlação dessa aplicação com a produtividade. Neto (2017), realizou aplicação de um produto à base de Ni, Co e Mo durante o estágio vegetativo da soja, e com interpretação dos dados pelo índice DRIS, concluiu que a dosagem de 280 g ha⁻¹ proporcionou maior produtividade e plantas nutricionalmente mais equilibradas.

Dentre os efeitos positivos inerentes à aplicação de extrato de algas em cultivos podem ser citados: o aumento do sistema radicular, melhoria na germinação de sementes e estabelecimento das plântulas, melhoria na mobilização, absorção e particionamento de nutrientes, melhoria no crescimento e florescimento de plantas, aumento da produtividade, aumento no teor de clorofila foliar, entre outros, além de conferir tolerância a estresses bióticos e abióticos (Sharma et al., 2014). Em trabalho realizado com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum* no tratamento de semente e também via foliar, em V3 e no início do florescimento, (Santos et al., 2014), verificaram que para ambos os métodos de aplicação houve incremento na massa seca de folha, massa seca de vagem e área foliar.

Quanto a aplicação do Produto 2, sabe-se que os aminoácidos aplicados podem exercer funções específicas nas plantas como, por exemplo, o triptofano, que em quantidades pequenas é precursor do mais importante hormônio de crescimento das plantas, a auxina ácido-indol-acético (AIA). Também pode-se citar o ácido glutâmico, que desempenha papel fundamental na eficiência do metabolismo do nitrogênio, pois é o primeiro composto formado na assimilação desse elemento (Taiz e Zeiger, 2004). Até mesmo a prolina, um aminoácido que desempenha importante papel adaptativo na tolerância das plantas ao estresse, principalmente pela sua propriedade osmoprotetora (Morando, 2014).

Além disso, os aminoácidos podem servir como fonte de carbono e energia quando os carboidratos se tornam deficientes nas plantas, liberando amônia e ácidos orgânicos que constituíam originalmente os aminoácidos. Estes ácidos orgânicos entram no ciclo de Krebs, e são quebrados, liberando energia através da respiração (SH Sadak, 2015).

É importante salientar que V3, foi a fase de desenvolvimento na qual se aplicou glifosato na grande maioria das áreas, para controle das plantas invasoras. Lambais (2011)

e Zobiole (2010), concluíram que produtos à base de aminoácidos livres comprovaram ação antiestresse nas plantas de soja em função da aplicação do glifosato. Isso também pode ajudar a explicar a correlação da produtividade com a aplicação do Produto 3, que foi utilizado como fonte de micronutrientes. Serra et al. (2011), concluíram que a aplicação de glifosato interferiu de forma negativa na eficiência de: absorção de N e Fe, uso de N, Fe e Cu na planta e nos teores totais de N, Mn, Zn, Cu e Fe.

Já para as aplicações realizadas em V5, não houve correlação alguma entre os nutrientes aplicados e a produtividade.

Nos estádios R1 e R5, houve novamente correlação com a aplicação do Produto 1 (Tabela 7), e provavelmente se deve aos possíveis benefícios de cada um de seus componentes, anteriormente citados.

Em R5 houve correlação positiva com a aplicação do Produto 4 (Tabela 7), que é fonte de K, muito importante nesta fase de enchimento de grãos, auxiliando na translocação de fotoassimilados. A sacarose pode ser translocada por meio de um cotransporte entre sacarose e H^+ . Este cotransporte está acoplado a um transporte, mediado por uma ATPase, e o K passa do apoplasto do mesofilo para o floema e um H^+ originado da atuação da ATPase, volta do floema para o apoplasto do mesofilo (Vieira et al, 2010).

A correlação positiva com a aplicação em R5 do produto 6 (Tabela 7), que é fonte de N, pode ser explicada pela maior demanda nutricional nesta fase, tendo em vista ainda que o N é o elemento requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Esta aplicação de N suplementar na fase reprodutiva é fundamentada na afirmação de que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) + N fornecido pela mineralização da matéria orgânica do solo não seria capaz de fornecer o N demandado pela soja, para expressar o seu máximo potencial produtivo (Salvagiotti et al, 2008).

Bernis e Viana (2015), realizaram a aplicação foliar de um produto composto por 32% de N, nos estádios V3, R1, R5.1 e R1+R5.1 da soja. Os autores concluíram que as aplicações foliares de N nos estádios R1 e R5.1 obtiveram as melhores produtividades, e que isto ocorreu pelo aumento no número de vagens e peso de mil grãos.

Outra aplicação realizada em R5 que obteve correlação positiva com a produtividade foi a do Produto 7 (Tabela 7), composto por B e isso pode ter ocorrido devido a importância do B no processo de alongação das células, no metabolismo e redistribuição de carboidratos (Zhao e Oosterhuis, 2002). Schon e Blevins (1990), observaram aumento na produtividade da soja tratada com aplicação foliar de B durante o período de florescimento, tendo este aumento ocorrido em função da produção de maior número de ramos e de vagens nos ramos. Porém em outro trabalho, realizado por Kappes

et al. (2008), foi constatado que as doses e as épocas de aplicação não influenciaram na produtividade da soja. Desta maneira, seriam necessários outros trabalhos para confirmar a influência da aplicação de B já em um estágio de desenvolvimento tão avançado.

Ainda, avaliando as aplicações realizadas em R5, nota-se que a aplicação do Produto 8, cujo principal componente é o Mg, obteve correlação positiva com a produtividade (Tabela 7), podendo neste caso ter oferecido maior aporte ao aparato enzimático e fotossintético na fase final do ciclo. Mantendo as folhas ativas por período maior, podendo proporcionar maior enchimento dos grãos. Em células vegetais os íons (Mg^{2+}) tem papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA. O magnésio também é parte da estrutura em anel molécula de clorofila (Taiz e Zeiger, 2006). Altarugio et al. (2017) realizaram aplicação foliar de magnésio (Mg) em soja, nos estádios V4, R1 e R5.1 nas dosagens de 0, 25, 50, 100, 250, 500 e 1000 g ha⁻¹ de Mg. Não obtiveram resultados significativos quanto às fases de aplicação. Porém, obtiveram ajuste quadrático para as doses, com aumento significativo nos índices de clorofila e na produção de grãos, atingindo o maior ganho (325 kg ha⁻¹) com a dosagem de 540,8 g ha⁻¹ de Mg.

Em geral, a aplicação de produtos foliares com base nos critérios técnicos: análise química do solo, demanda da planta e condições de estresse, obteve sucesso em 83,33% das áreas avaliadas. Todavia, os teores foliares não diferiram entre as áreas com e sem nutrição foliar, necessitando mais estudos. Como foram aplicadas fontes com mais de um nutriente, pode-se inferir que os efeitos conjuntos mantiveram o crescimento e o enchimento de grãos, aumentando a produtividade. Isto é justificado, principalmente pelos incrementos de produtividade nos terços médio e superior das plantas.

6. CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado este trabalho, a aplicação dos fertilizantes foliares levando-se em consideração a análise química do solo, períodos de estresse e o efeito esperado de cada produto nas diferentes fases do desenvolvimento, apresentou efeito positivo sobre a produtividade em 83,33% das áreas avaliadas, fornecendo melhores condições para que as plantas suportassem os períodos de estresse bem como, maior aporte nutricional que possibilitou o maior desenvolvimento e produção de grãos, principalmente nos terços médio e superior da cultura.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABISOLO - Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal – 3º **Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal**, 2017. p.103;
- ALTARUGIO, L. M.; Loman, M. H.; Nirschl, M. G.; Silvano, R. G.; Zavaschi, E.; Carneiro, L. D. M. S. & Otto, R. Desempenho produtivo de soja e milho submetidos à aplicação foliar de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1185-1191, 2017. DOI: 10.1590/S0100-204X2017001200007
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; Procopio, S. D. O.; Debiasi, H., & Franchini, J. C. Densidade de plantas na cultura da soja. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.
- BALEN, A. B.; Lange, A.; Cavalli, E.; Santos, P. H. dos; Cavalli, C. Aplicação de Fertilizante Foliar na Cultura da Soja. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015. Disponível em: https://www.sbc.org.br/cbcs2015/anais/index_int0782.html. Acesso em 18 de dezembro de 2017.
- BERNIS, D. J.; VIANA, O. H. Influência da aplicação de nitrogênio via foliar em diferentes estágios fenológicos da soja. **Revista Cultivando o Saber**. Edição Especial, p.88 – 97. 2015.
- BOOTE, K.J.; Gallaher, R.N.; Robertson, W.K.; Hinson, K.; Hammond, C.. Effect of foliar fertilization on photosynthesis, leaf nutrition, and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, 70:787-791. 1978. DOI:10.2134/agronj1978.00021962007000050022x.
- CASTRO, P. R. C. e Carvalho, M. E. A. Aminoácidos e suas aplicações na agricultura. Piracicaba: ESALQ - (Série Produtor Rural, nº 57) - 58 p. 2014.
- CHAVES, A. Formação do rendimento de grãos de soja em função de arranjos de plantas, genótipos e épocas de semeadura. Tese de Doutorado. Universidade de PASSO Fundo, 2012.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento - – **Acompanhamento da safra brasileira grãos**, v. 04 Safra 2016/17 - Décimo Segundo levantamento, Brasília, p. 1-158, setembro 2017;
- DALCHIAVON, F. C., & DE PASSOS, M. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33n2p541
- EMBRAPA, SOJA. **Tecnologia de produção de soja–Região Central do Brasil 2012 e 2013**. 262p. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- EMBRAPA SOJA. **Circular Técnica 62 - Fertilidade do solo e Nutrição Mineral da soja** – Londrina-PR, Setembro 2008 p.04;

EMBRAPA, SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1999/2000**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de Métodos de Análises de Solo** – 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p. (Embrapa Solos documentos, 132). 2011.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.

FERNÁNDEZ, V.; Sotiropoulos, T.; Brown, P. Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo. São Paulo: Abisolo, 150p. 2015.

FERREIRA, D. F. **Estatística multivariada**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2011

FERREIRA, D. B.; RAO, V. B. Recent climate variability and its impacts on soybean yields in Southern Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 105, p. 83-97, 2011.

FONSECA, F. C. Utilização de molibdênio via foliar no enriquecimento de sementes de soja. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

GARCIA, R.; HANWAY, J.J.. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period, **Agronomy Journal**, 68:653-657. 1976. DOI:10.2134/agronj1976.00021962006800040030x.

HAQ, M.U.; MALLARIANO, A.P.. Foliar Fertilization of Soybean at Early Vegetative Stages. **Agronomy Journal**, 90:763-769, 1998. DOI:10.2134/agronj1998.00021962009000060008x.

HAQ, M.U.; MALLARIANO, A.P.. Soybean yield and nutrient composition as affected by early season foliar fertilization. **Agronomy Journal**, 92: 16-24. 2000. DOI:10.2134/agronj2000.92116x.

INMET. 2017. Rede de Estações Climatológicas. Instituto Nacional de Meteorologia. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em 12 de agosto de 2017.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.221-225, March-April, 1993. DOI:10.2134/agronj1993.00021962008500020011x

KAPPES, C.; Golo, A. L.; Carvalho, M. A. C. de. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, 2008.

LAMBAIS, G. R. Aminoácidos como coadjuvantes da adubação foliar e do uso de glifosato na cultura da soja. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 97p. :il. Piracicaba, 2011.

LÊ, Sébastien et al. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of statistical software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.

MALAVOLTA, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. ver. e atual. **Piracicaba: Potafos**. 319p. 1997.

MALLARIANO, A.P. Foliar fertilization of soybean: Is it useful to supplement primary fertilization? **Integrated Crop Management News**. 1452. 2005.

MALLARIANO, A.P. What About Foliar Fertilization for Soybean This Year? **Integrated Crop Management News**. July, 2008. Disponível em: <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2008/07/what-about-foliar-fertilization-soybean-year>. Acessado em 10 de fevereiro de 2018.

- MANDIC, V.; Simic, A.; Krnjaja, V.; Bijelic, Z.; Tomic, Z.; Stanojkovic, A.; Muslic, D.R. Effect of foliar fertilization on soybean grain yield. **Biotechnology in Animal Husbandry**, 31:133-143. 2015. DOI: 10.2298/BAH1501133M.
- MARCONDES, J. A. P.; Caires, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 687-694, 2005.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants.. ed. 2. 1995.
- MORANDO, R. et al. Déficit hídrico: Efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.114-129,2014.
- MOTA, F. S. da. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. **Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras**. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, p. 93-126, 1983.
- NETO, J. V. S. Forma de aplicação de níquel, cobalto e molibdênio em sistema plantio direto na cultura da soja. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. 2017.
- OLIVEIRA, T. C. et al. Effects of nickel and nitrogen soil fertilization on lettuce growth and urease activity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 698-706, 2013.
- PIMENTEL GOMES, F. Experimental statistics course. 2009.
- ROSOLEM, C. A. Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar. Lavras: Ufla/Faepe, 2002.
- SALVAGIOTTI, F.; Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A., & Dobermann, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, 108(1), 1-13. 2008.
- SANTOS, V. M. dos; Melo, A. V. de; Cardoso, D. P.; da Silva, Á. R.; Benício, L. P. F.; & Ferreira, E. A. Desenvolvimento de plantas de soja em função de bioestimulantes em condições de adubação fosfatada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4. 2014.
- SCHON, M. K.; BLEVINS, D. G. Foliar boron applications increase the final number of branches and pods on branches of field-grown soybeans. **Plant physiology**, v. 92, n. 3, p. 602-607, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.92.3.602>
- SERRA, A. P. et al. Influência do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, v. 41, n. 1, 2011.
- SFREDO, G. J., & de Oliveira, M. C. N. Soja: molibdênio e cobalto. Embrapa Soja. Documentos, p.14, 2010.
- SH SADAK, M.; Abdelhamid, M. T.; Schmidhalter, Urs. Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. **Acta Biológica Colombiana**, v. 20, n. 1, p. 141-152, 2015. DOI:10.15446/abc.v20n1.42865.
- SHARMA, HS Shekhar; Fleming, C.; Selby, C.; Rao, J. R.; & Martin, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of applied phycology**, v. 26, n. 1, p. 465-490, 2014. DOI 10.1007/s10811-013-0101-9
- SILVA, N. F. da.; Clemente, G. S.; Teixeira, M. B.; Soares, F. A. L.; Cunha, F. N.; & da Silva Azevedo, L. O. Use of Foliar Fertilizers for the Specific Physiological Management of Different Soybean Crop Stages. **American Journal of Plant Sciences**, v. 8, n. 04, p. 810, 2017. DOI: 10.4236/ajps.2017.84056

SOUSA, D. D., & LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Universitat Jaume I, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal 3 ed. Porto Alegre: Artmed, v. 719, 2004.

TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017.

USDA – United States Department of Agriculture – World Agricultural Production – Circular Series WAP 10-17, p.23, October 2017. Disponível em: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/fas/worldag-production//2010s/2017/worldag-production-10-12-2017.pdf>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.

VIEIRA, E. L. et al. **Manual de Fisiologia Vegetal**. São Luis: EDUFMA, 2010.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M. Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates, and boron distribution in tissues during development of boron deficiency. **Field Crops Research**, v. 78, n. 1, p.75-87, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00095-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00095-3)

ZOBIOLE, L.H.S . et al. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 643-653, 2010;