

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1 1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

1 2. Identificação da Tese ou Dissertação

2

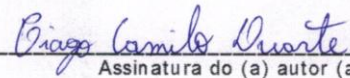
Nome completo do autor: TIAGO CAMILO DUARTE

Título do trabalho: ARRANJOS ESPACIAIS NA CULTURA DA SOJA SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a)

Data: 29/07/2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ARRANJOS ESPACIAIS NA CULTURA DA SOJA
SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

Tiago Camilo Duarte
Engenheiro Agrônomo

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL
Fevereiro de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ARRANJOS ESPACIAIS NA CULTURA DA SOJA
SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

Tiago Camilo Duarte

Orientador: Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).


JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Fevereiro de 2016

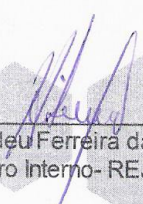
TIAGO CAMILO DUARTE

TÍTULO: "Arranjos espaciais na cultura da soja submetida a doses de fósforo e potássio"

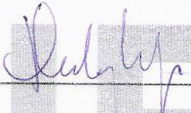
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 29 de fevereiro de 2016,
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz
Presidente – REJ/UFG



Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção
Membro Interno- REJ/UFG



Prof. Dr. Darly Geraldo de Sena Júnior
Membro Externo- REJ/UFG

Jataí - Goiás
Brasil

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TIAGO CAMILO DUARTE – nascido no dia 28 de janeiro de 1991, na cidade de Aurilândia, estado de Goiás, filho de Arildo Pereira Duarte e Lesley Camilo Oliveira. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual de Goiás, unidade de Palmeiras de Goiás, GO, no mês de março do ano de 2009 e obteve o título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2014. Foi aluno de Iniciação Científica de 2011 a 2013, com bolsa CNPq, trabalhando na linha de pesquisa solos e nutrição de plantas. Em março de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, no Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, regional Jataí, GO, sob a orientação do Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz, obtendo o título em fevereiro de 2016.

“Visitastes a terra e a regastes, cumulando-a de fertilidade... Só há júbilo e cantos de alegria.” (Salmos 64: 10;14)

Aos meus pais Arildo Pereira Duarte e Lesley Camilo Oliveira
Ao meu irmão Murilo Camilo Duarte
A todos da minha família que me apoiaram

DEDICO

Aos que depositaram confiança em mim
Ao Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz
A todos que colaboraram para o sucesso deste trabalho

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar em todos os passos da minha vida e permitir à realização de mais um sonho.

Aos meus pais, pelo apoio, pelo forte incentivo e por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, pela oportunidade oferecida para realização desse curso.

Ao professor Dr. Simério Carlos Silva Cruz pelo apoio e orientações recebidas, pelos ensinamentos, incentivo, confiança e principalmente pela sua amizade.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia e funcionários da Universidade Federal de Goiás, em especial aos da fazenda, pela colaboração na condução do experimento.

Ao professor Dr. Darly Geraldo de Sena Júnior pela colaboração na condução do experimento e na elaboração de artigos científicos.

Aos meus amigos que contribuíram de forma direta e indireta na execução desse trabalho, em especial os do PPGA, aos quais tive o prazer de conhecer e que tornaram essa caminhada menos árdua e mais divertida, pelos momentos de descontração.

Aos amigos Guilherme Filgueiras Soares e Igor Santhiago da Paz e Sousa Medrado pela amizade e apoio em todos os momentos.

A todos aqueles que não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO.....	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. A cultura da soja	4
2.2. Exigências nutricionais da soja	8
2.3. Arranjo fileira dupla	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Localização da área experimental	16
3.2. Descrição do clima e do solo	16
3.3. Tratamentos e delineamento experimental	18
3.4. Instalação e condução do experimento	19
3.4.1. Preparo e correção do solo	19
3.4.2. Recomendação e distribuição da adubação	19
3.4.3. Semeadura.....	20
3.4.4. Condução do experimento	21
3.5. Características avaliadas antes da colheita	22
3.5.1. População inicial de plantas.....	22
3.5.2. Massa de planta seca	22
3.5.3. Análise nutricional foliar.....	22
3.5.4. Índice de Clorofila Falker (ICF)	23
3.5.5. Índice de Área Foliar (IAF)	23
3.5.6. Fator de cobertura.....	24

3.6. Colheita.....	24
3.7. Características avaliadas no momento e posterior a colheita.....	25
3.7.1. População final de plantas	25
3.7.2. Altura de planta	25
3.7.3. Altura de inserção da primeira vagem	25
3.7.4. Número de vagens por planta	25
3.7.5. Número de grãos por planta.....	25
3.7.6. Número de grãos por vagem.....	26
3.7.7. Peso de mil grãos.....	26
3.7.8. Produtividade	26
3.8. Análise estatística	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Componentes morfológicos	27
4.2. Análise nutricional.....	35
4.3. Fator de cobertura	41
4.4. Componentes da produção.....	45
5. CONCLUSÕES	50
6. IMPLICAÇÕES.....	51
7. REFERÊNCIAS.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja	10
Tabela 2. Caracterização química e granulometria do solo, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, da área experimental antes da instalação do experimento ⁽¹⁾ . Jataí – GO, 2014	17
Tabela 3. Doses de adubo em pré-semeadura e em cobertura caracterizando os tratamentos. Jataí – GO, 2014	20
Tabela 4. Principais características agronômicas da cultivar de soja Anta 82 RR (TMG, 2014).....	21
Tabela 5. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para a população inicial de plantas (PI) e os componentes morfológicos: altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AI), índice de clorofila Falker (ICF) e massa de planta seca (MPS). Jataí, GO, 2015	27
Tabela 6. Médias da população inicial de plantas (PI) e dos componentes morfológicos: altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AI), índice de clorofila Falker (ICF) e massa de planta seca (MPS) da soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015	28
Tabela 7. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para o índice de área foliar (IAF) aos 20, 30, 40 e 50 DAE ⁽¹⁾ . Jataí, GO, 2015.....	32
Tabela 8. Médias dos índices de área foliar (IAF) aos 20, 30 40 e 50 DAE ⁽¹⁾ da soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015.....	32
Tabela 9. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para os teores de macronutrientes nas folhas de soja, determinados no estágio de florescimento. Jataí, GO, 2015	35

- Tabela 10.** Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para os teores de micronutrientes nas folhas de soja, determinados no estágio de florescimento. Jataí, GO, 2015.....36
- Tabela 11.** Médias dos teores de macronutrientes nas folhas de soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015 ..37
- Tabela 12.** Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para o fator de cobertura da soja em diferentes épocas. Jataí, GO, 201541
- Tabela 13.** Médias dos fatores de cobertura da soja em diferentes épocas, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015.....42
- Tabela 14.** Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para os componentes da produção: população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NV), número de grãos por planta (NG), número de grãos por vagem (NGV) e peso de mil grãos (PM) e a produtividade (Prod.). Jataí, GO, 201545
- Tabela 15.** Médias dos componentes da produção: população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NV), número de grãos por planta (NG), número de grãos por vagem (NGV), peso de mil grãos (PM) e produtividade (Prod.) da soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015.....46

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (°C) obtida na área experimental no período de novembro (2014) a março (2015). Jataí - GO, 2014/2015. Fonte: INMET, 2015. 17
- Figura 2.** Esquema demonstrativo da disposição do arranjo fileira dupla (0,25 x 0,65 m) e simples (0,45 m) estudado na cultura da soja. Jataí – GO, 2014/2015. 18
- Figura 3.** Disposição do arranjo fileira dupla (lado esquerdo) e do arranjo simples (lado direito) no campo..... 19
- Figura 4.** Semeadura da soja Anta 82 RR utilizando uma semeadora de linha única acoplado ao micro trator.21
- Figura 5.** Determinação do IAF no estágio V3 da soja, com o auxílio do Ceptômetro ACCUPAR LP 80.....24
- Figura 6.** População inicial de plantas (A), altura de planta (B), altura de inserção da primeira vagem (C), índice de clorofila Falker (D) e massa de planta seca (E) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ⁽¹⁾ Arranjo simples; ⁽²⁾ Arranjo fileira dupla).....31
- Figura 7.** Índice de área foliar (IAF) aos 20 e 30 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla; ** significativo a 1% de probabilidade).....34
- Figura 8.** Índice de área foliar (IAF) aos 40 e 50 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla; ** significativo a 1% de probabilidade).....34
- Figura 9.** Teores foliares dos macronutrientes: fósforo (A), potássio (B), magnésio (C) e enxofre (D) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ⁽¹⁾ Arranjo simples; ⁽²⁾ Arranjo fileira dupla).38

- Figura 10.** Teores foliares dos micronutrientes: boro (A), manganês (B) e zinco (C) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ¹ Arranjo simples; ² Arranjo fileira dupla).40
- Figura 11.** Fator de cobertura aos 20, 30, 40, 80, 90 e 100 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** significativo a 1% de probabilidade; AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla).....43
- Figura 12.** Fator de cobertura aos 80, 90 e 100 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (* significativo a 5% de probabilidade; AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla).....44
- Figura 13.** População final de plantas (A), número de grãos por planta (B), número de grãos por vagem (C) e produtividade (D) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ⁽¹⁾ Arranjo simples; ⁽²⁾ Arranjo fileira dupla).48

ARRANJOS ESPACIAIS NA CULTURA DA SOJA SUBMETIDA A DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

RESUMO - A soja tem sido amplamente cultivada no Brasil e no mundo por sua importância alimentar e econômica, que impulsiona diversos complexos agroindustriais. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de arranjos espaciais, simples e fileira dupla, associados a níveis de adubação sobre o desenvolvimento e produtividade da cultivar de soja Anta 82 RR, levando em conta parâmetros produtivos e ecofisiológicos. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, com o delineamento experimental constituído de 10 tratamentos estabelecidos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em quatro repetições. Cada parcela correspondeu a um nível de adubação com P e K (0, 50, 100, 200 e 400% da dose recomendada) e as subparcelas a dois tipos de arranjos espaciais: simples (0,45 m) e fileira dupla (0,25 x 0,65 m). A dose recomendada de P e K foi 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Durante o período de desenvolvimento da cultura determinou-se a população inicial de plantas, o índice de clorofila Falker, a massa de planta seca, o índice de área foliar, o fator de cobertura e os teores nutricionais das folhas índice. Quando as plantas de soja encontravam-se no estágio R8 foram realizadas as seguintes avaliações: população final de plantas, altura de planta e inserção da primeira vagem, número de vagens e de grãos por planta, número de grãos por vagem, peso de mil grãos e produtividade. A cultivar de soja Anta 82 RR demonstrou pequena resposta para os componentes morfológicos, com o uso de arranjo espacial alternativo. O aumento no nível de adubação, mesmo com doses 2 e 4 vezes maiores que o recomendado, possibilita resposta da soja em produtividade de grãos para os dois arranjos estudados. O arranjo simples proporciona maior produtividade de grãos, independentemente do nível de adubação.

Palavras-chave: adubação, espaçamento, fileira dupla, *Glycine max (L.) Merrill*

SPATIAL ARRANGEMENTS IN SOYBEAN CROP SUBMITTED TO PHOSPHORUS AND POTASSIUM DOSES

SUMMARY - The soybeans have been broadly cultivated in Brazil and the world due to its food and economic importance, that boost many agroindustrial complexes. The objective of this study was evaluate the effect of spatial arrangements, simple and twin rows, associated with different fertilizing levels on the development and yield at Anta 82 RR soybean cultivar. The experiment was carried in Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, with 10 treatments established in a split plot randomized block design, with four replications. Each plot corresponded to one fertilizing level with P and K (0, 50, 100, 200 and 400% of recommended dose) and the sub plots were two spatial arrangements: simple (0,45 m) and twin rows (0,25 x 0,65 m). The recommended rate of P and K was 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 80 kg ha⁻¹ of K₂O. During the development period of the culture were determined the initial population, Falker chlorophyll index, dry mass, leaf area index, cover factor and nutritional content of the index leaves. When the soybean plants was in growth stage R8 were done the following evaluations: final plant population, plant and first pod insertion height, number of pods and grains per plant, number of grains per pod, mass of thousand grains and yield. The soybean cultivar Anta 82 RR demonstrated small answer for morphological components, with the use alternative spatial arrangements. The increase of fertilizing level, even with rates 2 and 4 times higher than the recommended, allowed soybean response in grain yield for the two studied arrangements. The simple arrangement provides higher grain yield, independently of fertilizing level.

Keywords: fertilizing, spacing, twin rows, *Glycine max* (L.) Merrill

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem sido amplamente cultivada no Brasil e no mundo por sua importância alimentar e econômica, o que confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e/ou animal e impulsiona diversos complexos agroindustriais. Sua expansão na produção está associada à combinação da exploração de áreas de grande potencial produtivo, como as áreas do cerrado, e incrementos de produtividade, sendo previsto nos próximos 10 anos um aumento de produção de 21,8% (BRASIL, 2013).

Os incrementos em produtividade são resultados de pesquisas que buscam identificar os fatores que contribuem para o máximo rendimento da cultura, relacionando as interações entre o nível de produtividade, a cultivar, o ambiente de produção e as práticas de manejo. Segundo Mauad et al. (2010) dentre essas práticas de manejo, a época de semeadura, a escolha da cultivar e o espaçamento são fatores que modificam o rendimento da soja e seus componentes da produção.

Para a cultura atingir altas produtividades, além de necessitar de condições ambientais favoráveis em todos os estádios de seu ciclo, é necessário que sofra o mínimo de competição. Estudos do arranjo de plantas permitem minimizar a competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais, podendo ser realizado por meio da variação do espaçamento entre as plantas dentro da linha de semeadura e da distância entre linhas (PIRES et al., 1998).

Novos sistemas de semeadura da soja estão sendo testados no Brasil e no exterior, a fim de se obter maiores produtividades. Um sistema que merece destaque é a semeadura em fileira dupla (baseado em duas entrelinhas), já utilizado com frequência nas áreas de produção de soja dos Estados Unidos, inclusive pelo

produtor recordista mundial de produtividade de soja (BALBINOT JUNIOR et al., 2013).

Para as culturas anuais, como a soja, as operações de implantação da cultura no campo e adubação, possuem grande importância, uma vez que eventuais problemas serão detectados somente após a emergência e desenvolvimento das plantas, dificultando a correção, além de comprometer a produção final.

Dos insumos utilizados na cultura da soja, a adubação é o item mais caro, equivalendo a 25 a 35% do custo total, devendo referir-se a critérios técnicos e econômicos, para se evitar desperdícios ou falta deste insumo para a cultura, o que deve levar em conta resultados de análises do solo, demandas nutricionais, histórico das áreas de cultivo e rendimentos das culturas em períodos anteriores (LANTMANN, 2014).

Um enorme desafio da atualidade é examinar os sistemas generalizados de recomendação de adubação, os quais estão ultrapassados em relação ao potencial genético das cultivares modernas. É possível observar na literatura diferentes respostas da cultura da soja à adubação, sendo que, na maioria das vezes, as doses de fertilizantes estabelecidas nos manuais de recomendação, não garantem altos índices de produtividade (ARAÚJO et al., 2005; FOLONI & ROSOLEM, 2008; VALADÃO JÚNIOR et al., 2008; BERNARDI et al., 2009; GUARESCHI et al., 2011).

Para Bergamin et al. (2008), a resposta da soja à adubação é influenciada por diversos fatores, entre eles a disponibilidade dos nutrientes no solo, os tratamentos culturais, as condições climáticas e a variedade cultivada.

Assim, tem-se a necessidade de buscar novas práticas de manejo que maximizem a utilização dos fatores ambientais disponíveis, além de estudos para avaliar a influência de novos arranjos de plantas, uma vez que não há consenso sobre a possibilidade de incremento da produtividade de grãos por meio do uso de arranjos espaciais alternativos, além de estudos avaliando a resposta das novas variedades quanto à adubação, como forma de garantir a máxima produtividade da cultura.

Diante do exposto, e considerando o estudo realizado por Carvalho (2014) no sudoeste goiano, com 5 variedades de soja cultivadas em fileira dupla e simples, onde não observou diferença na produtividade para a maioria das variedades, porém ocorreu redução da massa de mil grãos quando as plantas de soja foram cultivadas na fileira dupla, estabeleceu-se a hipótese de que o aumento dos níveis de

adubação compensaria a redução da massa de mil grãos, proporcionando maior incremento na produtividade da soja cultivada em fileira dupla quando comparada ao arranjo simples.

Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de arranjos espaciais, simples e fileira dupla, associados a níveis de adubação sobre o desenvolvimento e produtividade da cultivar de soja Anta 82 RR, levando em conta parâmetros produtivos e ecofisiológicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta originária do continente asiático, mais precisamente da China, cultivada há milhares de anos. No Brasil, a soja chegou por meio dos EUA, no ano 1882, e seu primeiro cultivo foi realizado na região Sul, onde encontrou condições climáticas semelhantes do país norte americano (EMBRAPA, 2004; CARVALHO et al., 2012).

Estabeleceu-se como uma importante cultura, primeiro no sul do Brasil (anos 60 e 70) e, posteriormente, nos cerrados do Brasil Central (anos 80 e 90), sendo responsável pelo surgimento da agricultura comercial no país. Hoje a soja é cultivada em várias regiões, com destaque para a região Centro-Sul. Essa expansão se deu principalmente devido à topografia do terreno favorável à mecanização, do regime de chuvas da região que propicia o cultivo de verão, das boas características físicas do solo como textura e estrutura e dos avanços tecnológicos em relação ao melhoramento de plantas (EMBRAPA, 2004).

É a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas décadas, a qual se firmou como um dos produtos mais destacados da agricultura nacional e na balança comercial, desempenhando um importante papel, devido o fato de ser o principal produto da economia de vários países e da importância de seus subprodutos na alimentação humana e animal, visto seu alto valor nutritivo, teores

elevados de proteína (40%) e óleo (20%) e da produtividade de grãos (BERBERT & HAMAWAKI, 2008).

Vários fatores contribuem para o aumento no consumo de soja no mundo, como o aumento no poder aquisitivo, o aumento da população e da produção de carne bovina, suína e de aves, entre outros fatores como os biocombustíveis (CARVALHO et al., 2012).

Como a demanda por alimentos é crescente, e visto a importância da cultura da soja, a procura por novas formas de aumentar os rendimentos de grãos tem sido pesquisada, como a seleção de novas cultivares, a resistência às pragas, as condições ideais de fertilidade, os sistemas de condução das plantas, entre outros.

A estimativa para a safra mundial de soja em 2015/2016 é de 321 milhões de toneladas e uma área que pode alcançar 121 milhões de hectares em todo o mundo. Dentre os países, o Brasil é o maior exportador global da oleaginosa e o segundo maior produtor, estando atrás somente dos EUA (FIESP, 2015). É um país que ainda possui áreas disponíveis para aumentar a produção de grãos, onde as projeções de expansão de área plantada de soja mostram que a área deve chegar em 34,4 milhões de hectares em 2023, um acréscimo de 6,7 milhões de hectares em relação à 2012/2013. A expansão se concentrará principalmente nas regiões Centro-Oeste e Norte-Nordeste, mediante a conversão de pastagens degradadas em áreas agrícolas (BRASIL, 2013).

A produtividade da soja no Brasil teve aumento médio de mais de 1.200 kg ha⁻¹ nos últimos 10 anos, onde muitos agricultores apresentam médias acima de 4.400 kg ha⁻¹. Essa maior produtividade da soja requer melhores condições de fertilidade do que as existentes atualmente, para assegurar o máximo rendimento determinado pelas novas variedades existentes no mercado (LANTMANN & CASTRO, 2004).

Das regiões do país, a centro-oeste concentra a maior área plantada com soja na safra 2014/2015, 14.402,1 mil hectares, o que representa um incremento de 3,5% sobre a safra anterior, com produtividade média de 3.038 kg ha⁻¹, 1,1% de incremento em relação à safra 2013/14. O estado de Goiás é o segundo da região centro-oeste em área plantada com soja, 3.241,3 mil hectares (22,5% do total da região), com produtividade média de 2.685 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015).

A soja é uma cultura que apresenta característica de alta plasticidade, que consiste na capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por

meio de modificações na morfologia e nos componentes de rendimento, a fim de adequá-los ao espaço disponível e à condição de competição imposta pelo arranjo de plantas. Pode estar relacionada com fatores como a fertilidade do solo, população de plantas, espaçamento entre linhas, altitude e latitude, sendo importante o conhecimento das interações entre estes em busca de práticas que traria respostas mais favoráveis à produtividade agrícola (PIRES et al., 1998; PIRES et al., 2000; HEIFFIG, 2002).

Dentre os principais atributos do clima que interferem no desenvolvimento e rendimento da soja, a umidade, a temperatura e o fotoperíodo são determinantes, o que está diretamente ligado à época de semeadura, sendo um fator influenciador da produção de grãos (PEIXOTO et al., 2000).

As exigências hídricas da cultura variam entre 450 a 800 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo, onde a necessidade de água aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante o estágio reprodutivo (floração/enchimento de grãos), sendo em torno de 7 a 8 mm dia⁻¹, decrescendo após esse período (EMBRAPA, 2013).

Em relação à temperatura do ar, a soja melhor se adapta a temperaturas em torno de 30°C, sendo que a floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13°C (EMBRAPA, 2013).

A adaptação de diferentes cultivares a determinadas regiões depende, além das exigências hídricas e térmicas, de sua exigência fotoperiódica, sendo a soja uma cultura sensível ao fotoperíodo (comprimento do dia), o qual varia com a latitude e com a época do ano. É uma espécie de dias curtos, ou seja, floresce em fotoperíodos menores ou iguais ao seu fotoperíodo crítico, necessitando de 2 a 3 dias de fotoperíodo favorável para induzir a floração após o período juvenil. A sensibilidade fotoperiódica da soja varia com o genótipo e, nas cultivares sensíveis, a resposta ao fotoperíodo é quantitativa e não absoluta, o que significa que a condição fotoperiódica favorece a indução floral, mas não é essencial, ocorrendo de qualquer maneira. Assim é de conquista da pesquisa brasileira o desenvolvimento de cultivares adaptadas às baixas latitudes dos climas tropicais, com o uso da característica do florescimento tardio em dias curtos, ou do chamado “período juvenil longo” (RODRIGUES et al., 2001; CÂMARA, 1998; BERGAMASCHI, 2015; BAIGORRI & GASSEN, 2009).

A época em que a planta de soja floresce, regulada pelo fotoperíodo e temperatura do ar da região, é importante para a máxima produção de grãos, pois afeta o balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo, sendo um dos principais fatores de produção da soja (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

Na recente agricultura, incrementos nos rendimentos e redução dos custos e dos riscos de insucesso passaram a serem exigências básicas à competitividade, onde problemas das mais variadas ordens podem surgir e normalmente surgem durante a safra. Assim, para que as práticas agrícolas possam ser aplicadas em momentos certos, proporcionando máxima eficiência da cultura, é necessário bom conhecimento do crescimento e desenvolvimento da soja. Dessa forma é importante a caracterização dos estádios de desenvolvimento, os quais se dividem em dois: vegetativo e reprodutivo (FARIAS et al., 2007).

O estágio vegetativo, período compreendido entre a emergência e o florescimento da soja, pode ser dividido em três fases distintas: pré-indutiva, indutiva e pós-indutiva. No período juvenil, a planta não é influenciada pelo fotoperíodo, correspondendo à fase pré-indutiva. Na fase indutiva, a planta é afetada pelo fotoperíodo, deixando de ser influenciada novamente na pós-indutiva. A fase de estabelecimento das plantas é importante por determinar o número de plantas por área, a formação do dossel e o número potencial de locais com gemas (BORÉM, 1999; MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

Ao longo do caule da planta encontram-se nós com gemas axilares que podem ficar dormentes ou originar estruturas vegetativas (ramos) ou reprodutivas (flores; legumes e grãos), as quais propiciam uma grande capacidade de regeneração e plasticidade morfológica, sendo o crescimento vegetativo proporcionado pela emissão de folhas trifolioladas ao longo do caule, a partir de cada nó (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

A diminuição do período vegetativo causa reduções na produtividade e no porte das plantas, onde o controle do florescimento representa fator básico a ser considerado no melhoramento para o desenvolvimento de cultivares menos sensíveis às variações de data de semeadura e com adaptação em faixas de latitudes mais baixas (ALMEIDA et al., 1999). Entretanto, plantas com hábito de crescimento indeterminado, até o final do florescimento, continuam desenvolvendo nós e alongando o caule, não apresentando racemos terminais. Ao contrário, as

plantas do tipo determinado, apresentam caules terminados por racemos florais, desenvolvendo muito pouco em altura após o florescimento (BORÉM, 1999).

Alguns estádios reprodutivos da soja são decisivos na definição dos rendimentos da cultura. O estágio R4 (vagens com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida) marca o início do período mais crítico de desenvolvimento quanto à determinação do rendimento de grãos, estendendo-se até R7 (início da maturação: uma vagem normal na haste principal com coloração de madura, marrom ou palha), estágio este o qual o rendimento não é mais afetado. Altos rendimentos serão alcançados somente quando as condições ambientais forem favoráveis em todos os estádios. Dessa forma, qualquer estresse (umidade, luz, deficiências nutricionais, geada, acamamento ou desfolha) ocorrido nesse período é determinante, uma vez que a planta não terá mais chances de compensação através de seus componentes de produção, porque o florescimento já se completou e não pode ser compensado (FARIAS et al., 2007; LANTMANN, 2016).

Além disso, durante o florescimento (R1-R2) ocorre um período de rápido e constante acúmulo de matéria seca e de nutrientes nas partes vegetativas, bem como aumenta rapidamente a taxa de fixação de N_2 pelos nódulos, que continuará até logo após R6. Já no início do período de enchimento de grãos (R5), ocorre um rápido acúmulo de matéria seca e de nutrientes nos grãos, onde se tem a translocação das partes vegetativas para os grãos, iniciando a senescência de folhas baixas (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

2.2. Exigências nutricionais da soja

O crescimento da cultura da soja no país esteve sempre associado aos avanços científicos e a disponibilização de tecnologias ao setor agrícola, onde a expressão do seu potencial produtivo é dependente do meio ambiente, de técnicas adequadas de cultivo, dos fatores físicos e químicos do solo e, principalmente, do suprimento dos nutrientes para a planta (CAMPO & HUNGRIA, 2000).

Devido à maioria dos solos do cerrado serem altamente intemperizados, originalmente ácidos, com baixa fertilidade natural e alta saturação por alumínio, tem-se a necessidade de utilização de adequada tecnologia de manejo para a

incorporação destes ao processo de produção de alimentos. Neste contexto, as práticas de correção e adubação desses solos são determinantes para o bom desenvolvimento das culturas, as quais devem ser baseadas nas informações da análise de solo, da diagnose foliar e do histórico da área (LOPES & GUILHERME, 1994).

As recomendações de adubação para a cultura da soja baseiam-se na fertilidade atual do solo, que identifica um potencial de resposta aos nutrientes para cada ecossistema, por um sistema de classes de interpretação da disponibilidade, onde em solos com teores baixos faz-se necessária a adubação de correção, enquanto que para solos com teores médios a altos, deve ser realizada a adubação de manutenção ou reposição, a fim de repor as perdas com a exportação por meio da colheita dos grãos (SFREDO, 2008).

Um sistema de cultivo eficiente depende de adequada nutrição das plantas, uma vez que a cultura da soja necessita de todos nutrientes essenciais para completar seu ciclo. Desordens nutricionais, induzidas por manejo da fertilização inadequada, pode causar toxidez e/ou deficiência de nutrientes, além de limitar a capacidade da planta em absorver e utilizar outros nutrientes, no caso da disponibilização exagerada de um nutriente, situação caracterizada como antagonismo (NASCIMENTO et al., 2009).

Um exemplo de antagonismo é o caso do K, que é um forte competidor com outros cátions como o Ca e Mg, onde o aumento da disponibilidade do K no solo intensifica o efeito competitivo sobre a absorção desses dois cátions (OLIVEIRA et al., 2001; ROSOLEM, 2005; CRUZ, 2009). Dessa forma, Mascarenhas et al. (2003) destacaram a importância da relação entre o K com Ca e Mg, devendo manter uma relação de bases $(Ca+Mg)/K$ entre 23 e 28, pois acima desses valores já se pode constatar deficiência de potássio.

Nas condições do Cerrado, para o bom desenvolvimento da soja, é necessária a elevação da saturação de bases a 50% em áreas de sequeiro e 60% em áreas irrigadas, visando uma melhor disponibilidade de nutrientes, o que promove resposta em produtividade (SOUSA & LOBATO, 2004b).

A absorção de nutrientes pela soja é crescente até atingir um ponto máximo de acúmulo, próximo aos 80 DAE, o qual passa ser decrescente devido o processo de translocação de nutrientes para os grãos. O período de maior velocidade de absorção ocorre no início do florescimento da planta, onde esse intervalo

compreendido entre floração e o enchimento das vagens (ponto máximo de acúmulo) constitui o período crítico da cultura, em que fatores prejudiciais como déficit hídrico, deficiência nutricional, ataque de pragas e patógenos podem reduzir o rendimento final da cultura. Portanto, a aplicação de nutrientes via adubação deve ser realizada antes do início da floração (SFREDO, 2008).

Essa absorção de nutrientes é influenciada por diversos fatores, como as condições climáticas, as diferentes cultivares, a disponibilidade de nutrientes no solo e os diversos tratos culturais. Para a cultura da soja, as quantidades médias de nutrientes absorvidos e exportados encontram-se na Tabela 1 (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1. Quantidade absorvida e exportação de nutrientes pela cultura da soja

Parte da planta	kg (1000 kg) ⁻¹ ou g kg ⁻¹						g (1000 kg) ⁻¹ ou mg kg ⁻¹						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Grãos	51	10	20	3	2	5,4	20	237	10	70	30	5	40
Restos Culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10	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
% Exp.	61	65	53	25	30	35	26	46	38	15	23	71	66

Fonte: EMBRAPA (2013).

Dessa forma, a extração de macronutrientes pela cultura da soja obedece a seguinte ordem: N > K > P = S > Ca > Mg, sendo importante para quantificar a adubação e a reposição de nutrientes ao solo, considerando a eficiência de cada fertilizante, para a manutenção da fertilidade e garantia do potencial produtivo da cultura.

O N é o nutriente requerido e exportado em maior quantidade pela cultura da soja, podendo ser absorvido como amônio (NH₄⁺) e/ou, preferencialmente como nitrato (NO₃⁻). A mais viável fonte de fornecimento de N à soja é a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), podendo fixar até 450 kg ha⁻¹ de N, por meio da associação simbiótica com bactérias pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium* (DOMINGOS et al., 2015).

Hungria et al. (2007) aconselham evitar e consideram indesejável a adubação com esse nutriente na soja, visto o custo elevado, ser poluente e, principalmente, por reduzir a nodulação e a eficiência do processo de FBN. Entretanto, na literatura há resultados discrepantes (ARATANI et al., 2008; MENDES et al., 2008; FRANCHINI et al., 2015), onde de acordo com Petter et al. (2012), doses em torno

de 30 kg ha⁻¹ de N, aplicadas no início da floração da cultura da soja, resulta em incrementos de produtividade.

O P é um nutriente essencial para o cultivo da soja e nenhum outro nutriente pode substituí-lo. Embora sua exigência e exportação sejam menores em relação ao N e K, as doses usadas nos solos por meio das adubações costumam ser elevadas, devido a sua complexa dinâmica no solo, sendo considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, da ordem de 10% para as culturas anuais (LANTMANN & CASTRO, 2004; RAIJ, 2004).

Uma das opções para aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados é sua aplicação de modo adequado, o que dependerá do solo, da fonte, da espécie a ser cultivada, do sistema de preparo e do clima. Assim, o manejo adequado varia com características específicas do solo, da cultura, entre outros, não podendo adotar práticas de manejo generalizadas e ignorar as particularidades de diferentes locais (LANA et al., 2003).

Quando os teores de P no solo forem adequados ou altos, o modo de aplicação pode ser escolhido em função da praticidade da operação, não afetando a produtividade das culturas (SOUSA & LOBATO, 2004a).

De acordo com Hanson (1981) a soja tem necessidade crescente de P à medida que os rendimentos se elevam, uma vez que para alcançar a produtividade de 1.020 kg ha⁻¹ houve demanda de 15,5 kg de P₂O₅ e para a produtividade de 4.080 kg ha⁻¹ a demanda foi de 107,4 kg ha⁻¹, portanto 7 vezes maior.

Segundo Ventimiglia et al. (1999) a deficiência de P no solo diminui o potencial de rendimento da soja já nos estádios reprodutivos iniciais, manifestando também na formação de menor quantidade e maior aborto de legumes, o que resulta na diminuição do potencial de rendimento e do rendimento real.

O K é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da soja, depois do N, apresentando-se na forma catiônica (K⁺), o que associado à baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC) dos solos do Cerrado, favorece a ocorrência de perdas por lixiviação, o que reduz seu efeito residual. Assim, o manejo da adubação potássica, que envolve fonte, doses, métodos e época de aplicação, é de grande importância para a manutenção e melhoria das produtividades das culturas (VILELA et al., 2004).

Foloni & Rosolem (2008), trabalhando com produtividade de grãos e acúmulo de K da cultivar de soja IAC-17 (crescimento determinado), constataram que os picos de acúmulo do nutriente ocorreram entre os 50 dias e 75 dias após a

emergência, independentemente do modo de aplicação e das doses de adubo utilizadas.

Lana et al. (2003) trabalhando com adubação superficial com P e K para a soja em diferentes épocas em pré-semeadura na instalação do sistema de plantio direto, durante três anos agrícolas, constataram que a produtividade não foi afetada em aplicação até cinco meses antes da semeadura, além de verificar efeito residual para o P e o K, em sistema de plantio direto, com os cultivos sucessivos.

Dessa forma, os estudos com esses nutrientes são relevantes, principalmente na região do Cerrado, onde os solos apresentam elevada taxa de fixação de P e lixiviação de K, o que comprometem os rendimentos finais da cultura da soja. Além disso, o aproveitamento dos nutrientes pela cultura não ocorre de maneira eficiente, na maioria dos casos, sendo que a recuperação do P e do K adicionados no solo varia de 5 a 20% e de 30 a 60%, respectivamente, do total aplicado no primeiro ano, podendo esses índices ser elevados em cultivos sucessivos por meio do aproveitamento do residual desses nutrientes (NOVAIS & SMYTH, 1999; LANA et al., 2003).

2.3. Arranjo fileira dupla

Na busca por melhor interação do sistema planta-ambiente, o homem atua como modificador e gerenciador do sistema, com intuito de alcançar maiores produtividades a custos menores. Nesse sentido, uma alternativa promissora para garantir níveis altos de produtividade é a modificação dos sistemas de semeadura na cultura da soja, o que pode ser uma ferramenta para que o produtor aumente sua rentabilidade sem custos adicionais, onde novos arranjos de plantas estão sendo testados no Brasil e no exterior.

Segundo Carvalho et al. (2013) a modificação nos sistemas de semeadura da soja tem obtido resultados promissores, tanto em regiões produtoras no Brasil quanto nos Estados Unidos, e um dos motivos do sucesso é em razão da cultura apresentar capacidade de adaptação a diversas condições ambientais e de manejo.

Nas lavouras de soja do Brasil têm sido normalmente utilizados arranjos de plantas que combinam espaçamentos entre linhas de 0,40 m a 0,50 m com população de 40 plantas m^{-2} , onde variações de 20 a 25% na população, não

alteram, significativamente, o rendimento de grãos, quando a distribuição é uniforme. Porém, o lançamento do desafio nacional de máxima produtividade pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) em 2009, o qual estimula a utilização de técnicas que aumentem a produção, tem proporcionado à utilização de processos inovadores, como a realização da semeadura em sistemas diferenciais aos convencionais realizados pelos sojicultores, como o sistema de semeadura cruzada e fileira dupla (EMBRAPA, 2000; RAMBO et al., 2004; CARVALHO et al., 2013).

Assim, é de fundamental importância estudos no que diz respeito ao arranjo de plantas, o que pode ser considerado como a principal estratégia em curto prazo para aumentar significativamente a produtividade nacional de soja. No entanto, esse aumento deve ser efetuado junto às práticas agrícolas que garantam sustentabilidade (PROCÓPIO, 2012).

Segundo Pires et al. (1998), esses estudos permitem minimizar a competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais, podendo ser feito por meio da variação do espaçamento entre as plantas dentro da linha de semeadura e da distância entre linhas, e que devem levar em consideração a grande plasticidade da soja.

As modificações no arranjo das plantas, pela redução da distância entre as fileiras, têm como um dos objetivos encurtar o tempo para a cultura interceptar 95% da radiação solar incidente, incrementando-se a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo e a penetração de luz no dossel da cultura, o que proporciona às folhas da parte inferior da planta maior iluminação, que podem contribuir de forma mais ativa no processo de fotossíntese, o que eleva significativamente a produção de fotoassimilados e conseqüentemente maior rendimento de grãos (SHAW & WEBER, 1967; VENTIMIGLIA et al., 1999; HEIFFIG, 2002; RAMBO et al., 2003; HEIFFIG et al., 2006).

O ajuste no arranjo espacial confere melhor configuração das plantas, de maneira a reduzir a competição entre as mesmas por recursos ambientais como água, luz e nutrientes (RAMBO et al., 2004).

Segundo Parcianello et al. (2004) a maior assimilação de CO₂ pelas as folhas da porção inferior da planta é uma das conseqüências da maior interceptação da luz solar pela cultura, visto que normalmente não atingem seu potencial fotossintético em razão do autossombreamento. Essa maior interceptação de luz no início do desenvolvimento da planta pode proporcionar incrementos na produtividade, onde

plantas de soja semeada em fileiras estreitas, 19 e 38 cm, apresentam maior interceptação de luz em todo o desenvolvimento quando comparadas com fileiras espaçadas a 76 cm (DALLEY et al., 2004).

Muitos trabalhos utilizando espaçamentos variados na cultura da soja têm mostrado resultados diversos, desde a ausência de resposta até incrementos consideráveis no rendimento da cultura com a redução do espaçamento, o que pode ser associado a vários fatores, como o melhor uso da água e distribuição de raízes, exploração uniforme da fertilidade do solo, maior e mais rápida interceptação da energia solar, redução da competição intraespecífica e maior habilidade de competição com plantas daninhas (PIRES et al., 1998; THOMAS et al., 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999; RAMBO et al., 2003; PROCÓPIO et al., 2013).

No Brasil, alguns estudos estão sendo realizados com a utilização da semeadura em fileira dupla, encontrando resultados discrepantes. De acordo com Procópio et al. (2014), trabalhando com a cultivar BRS 294 RR, a semeadura em fileiras duplas proporcionou produtividade de grãos similar aos espaçamentos tradicionais utilizados na cultura. Já Vitorino (2013), encontrou um aumento significativo, de 7,6 %, na produção do arranjo fileira dupla em relação ao simples. Esse mesmo autor concluiu que o Período Crítico de Prevenção a Interferência (PCPI) de plantas daninhas na cultura da soja foi maior no arranjo fileira dupla, devido ao fechamento da cultura.

De modo geral, a cultura da soja possui maior resposta para a variação nos espaçamentos entre fileiras de plantas, obtendo maiores rendimentos em menores espaçamentos, quando comparado à variação na população, a qual altera mais a sua morfologia que o rendimento de grãos propriamente dito (KOMATSU et al., 2010).

Essas respostas da soja à variação no espaçamento e na densidade de plantas podem variar de acordo com a cultivar a ser utilizada e também em função das condições ambientais (PEIXOTO et al., 2000). Segundo Berbert & Hamawaki (2008) o desempenho produtivo de linhagens de soja não depende inteiramente do arranjo o qual essa linhagem estará sujeita, mais sim a linhagem que vai ser utilizada nesse arranjo.

Isso demonstra a necessidade de ajustes fitotécnicos para cada cultivar submetida a diferentes ambientes de produção, ou pelo menos para cada grupo de

cultivares que apresentam características homogêneas de arquitetura de planta em várias condições ambientais (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

De acordo com Balbinot Junior et al. (2013) as cultivares com alta capacidade de ramificação lateral tendem a não apresentar boa adaptação em espaçamentos reduzidos, como a BRS 294 RR com crescimento determinado, mas ao contrário, podem ser utilizadas com sucesso em fileiras duplas. Porém, estes pesquisadores não encontraram diferença entre o arranjo fileira dupla e os espaçamentos simples de 0,57 m e de 0,38 m. Entretanto, estes espaçamentos citados anteriormente, mostraram-se superiores ao espaçamento reduzido de 0,19 m.

Os relatos mais comuns encontrados na literatura são de que na semeadura em fileira dupla pode haver alta penetração de luz e agroquímicos no dossel, melhorando a taxa fotossintética e a permanência das folhas baixas, o que, em última instância, podem maximizar a produtividade (RAMBO et al., 2003; BRUNS, 2011; MOREIRA, 2013; PROCÓPIO et al., 2014).

Janovicek et al. (2005) relataram que o plantio direto de fileiras duplas, muitas vezes aumenta os rendimentos sobre os obtidos com linhas simples de 76 cm, com os rendimentos que sempre foram semelhantes aos obtidos com a semeadura em 38 cm ou 19 cm.

Em trabalho realizado por Bowers et al. (1999), com espaçamentos entre linhas que variaram de 25 cm a 100 cm, relataram que linhas estreitas, menores ou iguais a 40 cm, devem ser usadas para otimizar os rendimentos das plantações.

Assim, em áreas irrigadas por sulco, onde se tem a necessidade de uma linha de 0,95 m, aproximadamente, para irrigar, e visto a necessidade de espaçamentos estreitos para incrementar a produção, o arranjo fileira dupla passou a ser utilizado pelos produtores dos EUA, como a única maneira para semear duas linhas com espaçamento reduzido (MAFG, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no município de Jataí – GO, no ano agrícola 2014/2015, na área experimental da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, cujas coordenadas geográficas são 17° 55' 32" S e 51° 42' 32" O e 685 m de altitude. A área vem sendo cultivada no sistema de semeadura direta, com a sucessão da cultura da soja no verão e milho ou sorgo na segunda safra, a partir do ano agrícola 1998/1999, onde anteriormente era cultivada com pastagem.

3.2. Descrição do clima e do solo

O clima predominante na região é do tipo Aw, típico das savanas e com duas estações bem definidas: uma seca e fria (outono e inverno) e outra quente e úmida (primavera e verão), segundo a classificação de Köppen. O maior índice pluviométrico ocorre entre os meses de outubro e abril e um período de estiagem entre maio e setembro. Os dados meteorológicos mensurados durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

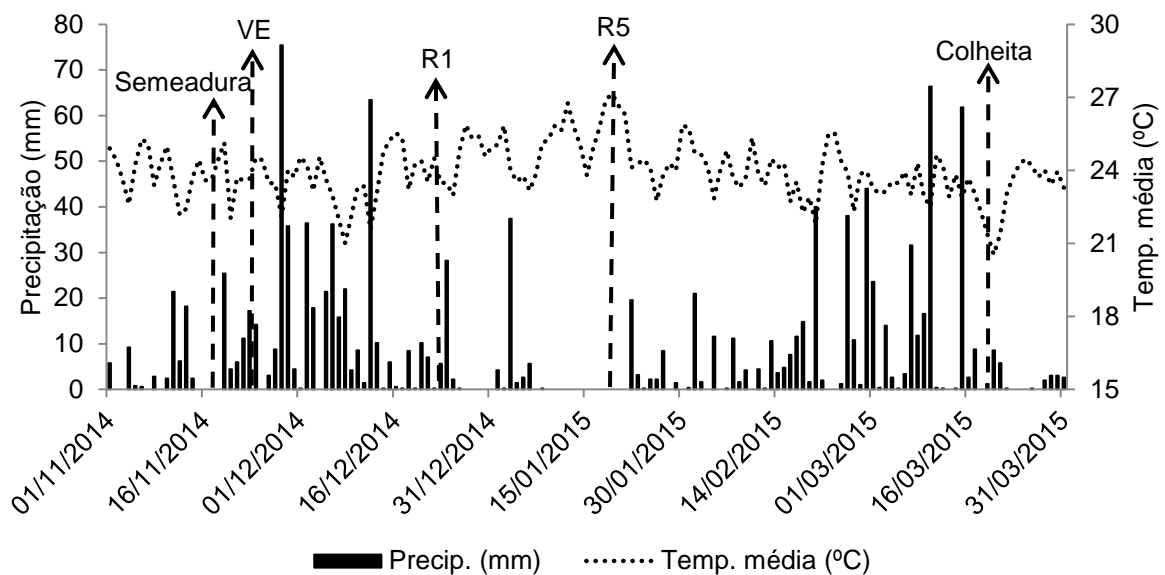


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (°C) obtida na área experimental no período de novembro (2014) a março (2015). Jataí - GO, 2014/2015. Fonte: INMET, 2015.

O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico (LVdf), com textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Para a correção do solo e determinação dos níveis de adubação a serem utilizados na cultura da soja, além da caracterização química e textural do solo da área experimental, foram coletadas amostras de solo, nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química e granulometria do solo, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, da área experimental antes da instalação do experimento ⁽¹⁾. Jataí – GO, 2014

Propriedades											
Prof. (cm)	pH	(g kg ⁻¹)	(mg dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)						V%	
				CaCl ₂	M.O.	P (mel.)	K	Ca	Mg		Al
0-20	5,2	45,2	8,5	0,16	2,26	1,37	0,10	5,1	8,9	42,6	
20-40	5,3	36,1	4,3	0,13	1,75	0,95	0,07	4,3	7,1	39,9	
Prof. (cm)	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	Sat. Al (%)	Granulometria (g dm ⁻³)			
								Argila Areia Silte			
0-20	13,8	28,0	29,5	3,4	6,6	2,7	2,6	585	240	175	
20-40	30,6	40,0	25,0	7,7	7,3	0,9	2,4				

⁽¹⁾ Determinadas no Laboratório Exata – Hoff & Brait Ltd. Rua 100 nº 173 – Jardim Rio Claro – Jataí – GO.

3.3. Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi constituído de 10 tratamentos estabelecidos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em quatro repetições, tendo a área de cada subparcela 21,6 m² (3,6 x 6,0 m).

Cada parcela correspondeu a um nível de adubação com P₂O₅ e K₂O: 0, 50, 100, 200 e 400% da dose recomendada. A dose recomendada para a cultura da soja, que corresponde o nível de adubação 100%, foi determinada com base nos resultados da análise de solo, seguindo as recomendações descritas em Sousa & Lobato (2004b).

Já as subparcelas foram compostas por dois tipos de arranjos espaciais (Figura 2 e 3), com 8 linhas:

- Arranjo simples: espaçamento de 0,45 metros entre linhas;
- Arranjo fileira dupla: duas linhas espaçadas entre si a 0,25 metros e espaçamento de 0,65 metros entre linhas duplas.

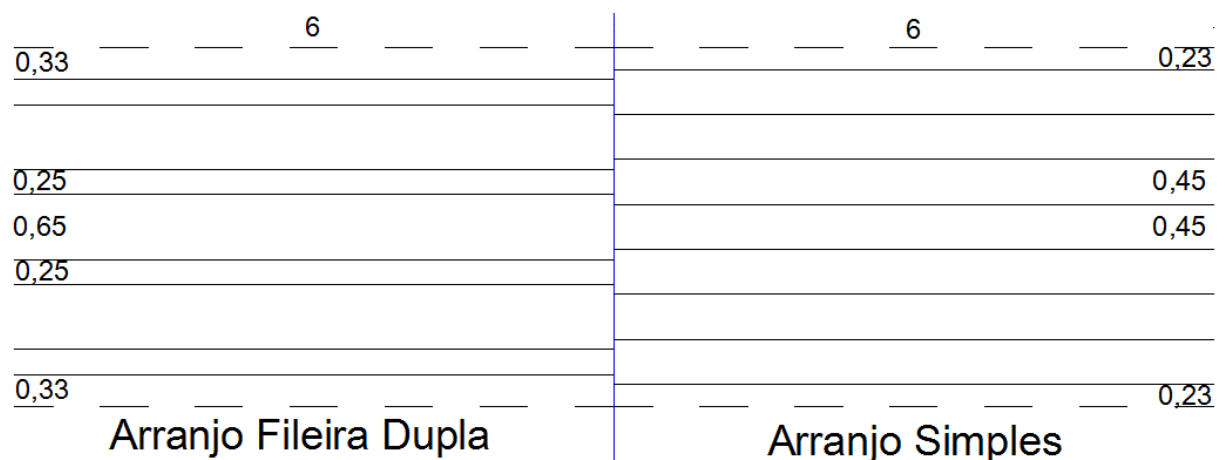


Figura 2. Esquema demonstrativo da disposição do arranjo fileira dupla (0,25 x 0,65 m) e simples (0,45 m) estudado na cultura da soja. Jataí – GO, 2014/2015.



Figura 3. Disposição do arranjo fileira dupla (lado esquerdo) e do arranjo simples (lado direito) no campo.

3.4. Instalação e condução do experimento

3.4.1. Preparo e correção do solo

Foi realizada a correção do solo, no mês de setembro, com aplicação equivalente a 3.000 kg ha^{-1} de calcário dolomítico (PRNT = 85%; PN = 98%; CaO = 31% e MgO = 16%), distribuído por gravidade e posteriormente incorporado a uma profundidade aproximada de 0,30 m, com auxílio do arado de aiveca e mais 1.500 kg ha^{-1} de calcário filler (PRNT = 92,54%; PN = 98%; CaO = 36% e MgO = 15%), distribuídas por gravidade e posteriormente incorporado com auxílio de grade de discos. A recomendação de calcário foi realizada pelo método de saturação por bases, a fim de atingir 70%.

3.4.2. Recomendação e distribuição da adubação

A dose recomendada de P e K, para a cultura da soja, com base nos resultados da análise de solo (Tabela 2) e de acordo com Sousa & Lobato (2004b) foi de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 80 kg ha^{-1} de K_2O , onde os nutrientes encontram-se em teores adequados no solo. Foram utilizadas as fontes superfosfato simples (18% de

P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O), distribuídas manualmente a lanço em cada parcela antes da semeadura e incorporadas com grade niveladora, estabelecendo os tratamentos.

Para os níveis de adubação 200% e 400%, foi distribuída a lanço antes da semeadura e incorporada, somente a dose de K₂O correspondente ao nível 100% (80 kg ha⁻¹ de K₂O), devido o alto índice de salinidade da fonte utilizada, sendo o restante parcelado. Assim, para o nível de adubação 200%, distribuiu 80 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura, aos 10 dias após a emergência (DAE), e para o nível de adubação 400%, distribuiu 120 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura, aos 10 DAE e aos 20 DAE, caracterizando os tratamentos. O fósforo foi distribuído em dose única antes da semeadura e incorporado para cada nível de adubação (Tabela 3).

Tabela 3. Doses de adubo em pré-semeadura e em cobertura caracterizando os tratamentos. Jataí – GO, 2014

Níveis (%)	Pré-semeadura	Cobertura		Pré-semeadura	Cobertura	
		10 DAE	20 DAE		10 DAE	20 DAE
		kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅			kg ha ⁻¹ K ₂ O	
0	0	0	0	0	0	0
50	40	0	0	40	0	0
100	80	0	0	80	0	0
200	160	0	0	80	80	0
400	320	0	0	80	120	120

⁽¹⁾ Adubação a lanço e incorporada. ⁽²⁾ Dias após a emergência.

3.4.3. Semeadura

No dia 18 de novembro de 2014 procedeu-se a semeadura da soja, utilizando uma semeadora de linha única acoplada ao micro trator, distribuindo-se 22 sementes por metro, em ambos os arranjos espaciais (Figura 4). As sementes estavam tratadas com Carbendazim + Tiram (30+70 g 100 kg⁻¹ de sementes), Imidacloprido (45 g 100 kg⁻¹ de sementes), Fipronil (30 g 100 kg⁻¹ de sementes) e inoculante (0,10 L ha⁻¹).

Foi utilizada a cultivar de soja Anta 82 RR, cujas características agrônômicas encontram-se na Tabela 4. A emergência das plântulas ocorreu 5 dias após a semeadura.



Figura 4. Semeadura da soja Anta 82 RR utilizando uma semeadora de linha única acoplado ao micro trator.

Tabela 4. Principais características agronômicas da cultivar de soja Anta 82 RR (TMG, 2014)

Características Agronômicas	Anta 82 RR
Hábito de crescimento	Semideterminado
Grupo de maturação	7.4
Porte	Médio (0,70 a 0,80 m)
Cor da flor	Branca
Cor da pubescência	Cinza
Cor do hilo	Marrom claro
Acamento	Resistente
Exigência em fertilidade	Alta
Nematoide de cisto da soja	Resistente à raça 3
Ciclo (dias)	112 a 114
Época de semeadura	15 de out. a 15 de nov.
População (mil plantas ha ⁻¹)	480 a 550

3.4.4. Condução do experimento

Uma vez instalada a cultura, a área experimental foi monitorada por meio de visitas semanais e coleta de dados. Todos os tratamentos culturais e o controle fitossanitário seguiram as necessidades da cultura para a região, de acordo com os níveis de controle estabelecidos no manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas.

Para o controle das plantas daninhas foi realizada uma aplicação de herbicida 11 DAE, utilizando o Glifosato (480 g L^{-1}) na dose equivalente a $2,5 \text{ L ha}^{-1}$. Foram realizadas três aplicações de fungicidas após o florescimento da soja, utilizando Picoxistrobina + Ciproconazole ($200 + 80 \text{ g L}^{-1}$) na dose equivalente a $0,3 \text{ L ha}^{-1}$, associado a $0,350 \text{ L ha}^{-1}$ de óleo mineral (428 g L^{-1}). Já para o controle das pragas utilizou-se os inseticidas: Beta-ciflutrina (125 g L^{-1}); Imidacloprido + Beta-ciflutrina ($100 + 12,5 \text{ g L}^{-1}$); Novalurom (100 g L^{-1}); Clorpirifós (480 g L^{-1}); Triflumurom (480 g L^{-1}); Acefato (750 g kg^{-1}); Clorantraniliprole (200 g L^{-1}); Metomil (216 g L^{-1}), sendo as dosagens estabelecidas de acordo com o fabricante para a cultura da soja. Todas as aplicações foram realizadas com pulverizador de arrasto, com a vazão de 140 L ha^{-1} .

3.5. Características avaliadas antes da colheita

3.5.1. População inicial de plantas

Determinada aos 10 DAE, por meio da contagem das plantas emergidas em 2 linhas centrais com comprimento de 3 metros, dentro da área útil, em cada subparcela, e posteriormente os resultados extrapolados para plantas por hectare.

3.5.2. Massa de planta seca

Determinada no estágio reprodutivo R2/R3, por meio da coleta de 6 plantas por subparcela, as quais foram secas a 65°C em estufa de circulação forçada de ar, até atingirem massa constante. Após secagem foi determinada a massa de planta seca, em gramas.

3.5.3. Análise nutricional foliar

Para a análise foliar da soja, foram coletadas 20 folhas trifolioladas por subparcela, considerando o terceiro trifólio com o pecíolo (folha índice) do ápice para a base caulinar, de acordo com Oliveira (2004), no momento em que as plantas encontravam-se no estágio fenológico R2/R3 (plantas com 8 a 10 trifólios), seguindo

as recomendações de Oliveira Junior et al. (2014) para soja com tipo de crescimento indeterminado. As folhas foram secas a 65°C em estufa de circulação forçada de ar e posteriormente encaminhadas para o Laboratório Exata – Hoff & Brait Ltd, para a determinação dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

3.5.4. Índice de Clorofila Falker (ICF)

Determinado no estágio reprodutivo R3, associado à análise nutricional, com o auxílio do aparelho clorofiLOG CFL 1030, o qual mede a absorção de luz pela folha em comprimentos de onda específicos, estabelecendo ICF, considerando a presença da clorofila dos tipos A e B. Foram realizadas 15 leituras por subparcela dentro da área útil, considerando o folíolo central da segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida, do ápice para a base caulinar.

3.5.5. Índice de Área Foliar (IAF)

Determinado com o auxílio do Ceptômetro ACCUPAR LP 80, o qual quantifica as radiações incidentes, interceptadas e transmitidas pelo dossel da cultura estimando o IAF. Foram realizadas 4 leituras no arranjo fileira dupla e 3 no arranjo simples, em quatro períodos durante o desenvolvimento da cultura: aos 20, 30, 40 e 50 DAE, nos respectivos estádios fenológicos: V3, R1, R2 e R3, sendo: uma leitura transversal as fileiras de plantas (Figura 5), uma paralela e debaixo da fileira de plantas e uma nas entrelinhas das fileiras de plantas.



Figura 5. Determinação do IAF no estágio V3 da soja, com o auxílio do Ceptômetro ACCUPAR LP 80.

3.5.6. Fator de cobertura

Para a determinação do fator de cobertura em porcentagem (%), foram realizadas fotografias da parte superior do dossel das plantas de soja, com auxílio de uma câmera digital com 14,1 mega pixels, modelo DSC – W610, e suporte para câmeras com altura padronizada (câmera distante 1,46 m da superfície do solo, aproximadamente). As imagens foram obtidas sem flash, sendo uma foto por subparcela, sempre no período da manhã, gravadas no formato JPEG (Joint Photographic Experts Group) e analisadas no programa ImageJ 1.49p Java 1.6.0_20 (64-bit), determinando o fator de cobertura nos períodos: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 DAE, nos respectivos estádios fenológicos da cultura: V3, R1, R2, R3, R5, R5, R5, R6 e R7.

3.6. Colheita

A colheita foi realizada manualmente no dia 19 de março de 2015 (116 DAE), quando as plantas de soja se encontravam em maturação plena (estádio fenológico R8). Foram coletadas todas as plantas da área útil (4 linhas centrais de 3 metros), as quais foram trilhadas mecanicamente para posterior pesagem dos grãos, determinando-se a produtividade.

3.7. Características avaliadas no momento e posterior a colheita

3.7.1. População final de plantas

Determinada na véspera da colheita, por meio da contagem das plantas em 2 linhas centrais com comprimento de 3 metros, dentro da área útil, em cada subparcela, e posteriormente os resultados extrapolados para plantas por hectare.

3.7.2. Altura de planta

Determinada em 10 plantas da área útil de cada subparcela, com auxílio de fita métrica, considerando-se a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal.

3.7.3. Altura de inserção da primeira vagem

Determinada em 10 plantas da área útil de cada subparcela, com auxílio de fita métrica, considerando-se a distância compreendida entre a superfície do solo e o ponto de inserção da primeira vagem inserida na planta.

3.7.4. Número de vagens por planta

Determinado em 10 plantas da área útil de cada subparcela, por meio da contagem direta do total de vagens formadas em cada planta.

3.7.5. Número de grãos por planta

Determinado em 10 plantas da área útil de cada subparcela, por meio da contagem direta do total de grãos formados em cada planta.

3.7.6. Número de grãos por vagem

Obtido pela razão do número de grãos e número de vagens por planta, descritos anteriormente.

3.7.7. Peso de mil grãos

Foram separadas ao acaso 8 subamostras de 100 grãos por subparcela, conforme as Regras para análise de sementes (BRASIL, 2009), determinando o peso de mil grãos em gramas, corrigido para 13% de umidade.

3.7.8. Produtividade

Obtida a partir da massa dos grãos, contidos na área útil de cada subparcela mediante pesagem, com umidade corrigida para 13% e os valores transformados em kg ha^{-1} .

3.8. Análise estatística

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o programa estatístico Assistat (SILVA & AZEVEDO, 2009). Todos os dados foram submetidos à análise de variância a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F. Os dados referentes aos níveis de adubação foram submetidos à análise de regressão calculada para equações lineares e quadráticas e aceitas quando significativas até 5% de probabilidade pelo teste F.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Componentes morfológicos

Na Tabela 5 encontra-se o resumo da análise de variância para a população inicial de plantas e os componentes morfológicos avaliados, onde é possível observar que não houve interação significativa entre os tratamentos, obtendo-se somente respostas isoladas para cada fonte de variação.

Tabela 5. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para a população inicial de plantas (PI) e os componentes morfológicos: altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AI), índice de clorofila Falker (ICF) e massa de planta seca (MPS). Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	PI	AP	AI	ICF	MPS
Blocos	0,41 ^{ns}	3,47 ^{ns}	0,89 ^{ns}	27,55 ^{**}	7,39 ^{**}
Níveis	2,07 ⁻⁻	6,57 ⁻⁻	2,08 ⁻⁻	1,96 ⁻⁻	6,63 ⁻⁻
Arranjos	8,35 [*]	0,65 ^{ns}	5,27 [*]	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Níveis*Arranjos	0,10 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,84 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,07 ^{ns}
Regressão Polinomial					
Linear	1,88 ^{ns}	26,00 ^{**}	4,90 [*]	7,20 [*]	15,50 ^{**}
Quadrática	6,35 [*]	0,03 ^{ns}	1,94 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,84 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

As médias da população inicial de plantas e dos componentes morfológicos, avaliando isoladamente o fator de variação arranjos espaciais, estão apresentadas

na Tabela 6. O arranjo simples foi superior ao arranjo fileira dupla para a população inicial de plantas e a altura de inserção da primeira vagem. Possivelmente, no momento da semeadura, em que se utilizou uma semeadora de linha única acoplada ao micro trator, o maior pisoteio das linhas de semeadura no arranjo fileira dupla proporcionou menor emergência das plântulas de soja, ocasionando uma menor população por área.

Modolo et al. (2007), trabalhando com diferentes teores de água do solo e cargas aplicadas pela roda compactadora da semeadora-adubadora, concluíram que a maior compactação da linha de semeadura promove um encrostamento superficial, o que dificulta a penetração de oxigênio, proporcionando um maior consumo de energia pela planta para seu desenvolvimento, obtendo-se menores índices de emergência.

Tabela 6. Médias da população inicial de plantas (PI) e dos componentes morfológicos: altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AI), índice de clorofila Falker (ICF) e massa de planta seca (MPS) da soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015

Arranjos	PI	AP	AI	ICF	MPS
	(plantas ha ⁻¹)	(cm)	(cm)	----	(g planta ⁻¹)
Simplex	446.388,90	74,71	15,21	42,23	5,72
Fileira Dupla	425.555,50	73,18	14,16	42,20	5,64
⁽¹⁾ F	8,35 *	0,65 ^{ns}	5,27 *	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}
CV%	5,23	8,08	9,83	1,87	14,23

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Valor de F calculado.

A altura de inserção da primeira vagem é uma importante característica na determinação da regulação da barra de corte da colhedora, visando obter uma maior eficiência na colheita da cultura. Segundo Sedyama et al. (2005) a altura mínima deve ser de 10 a 12 cm em solos de topografia plana, para que não haja perdas durante a colheita. Assim, o presente trabalho apresentou resultados satisfatórios para a colheita mecanizada independente do arranjo espacial.

Para a altura de planta, o ICF e a massa de planta seca não houve influência dos arranjos avaliados, demonstrando pequena resposta da soja cultivar Anta 82 RR às alterações de espaçamento para os componentes morfológicos, uma vez que a

matéria seca, constituída de carboidratos, proteínas, lipídeos e nutrientes minerais, quantifica o crescimento e o desenvolvimento da soja.

Balbinot Junior et al. (2015b) avaliando o desempenho da cultivar BRS 359 RR cultivada na “safrinha” em diferentes arranjos espaciais de plantas, concluíram que o espaçamento simples reduzido (0,20 m) apresentou maiores valores de massa de planta seca em relação ao fileira dupla (0,20 x 0,80 m) e o arranjo simples (0,50 m), onde ambos não diferiram entre si. Para estes autores, a diferença de massa de plantas secas encontrada pela redução do espaçamento está associada a maior equidistância das plantas, a qual permitiu um rápido fechamento do dossel e maior interceptação da radiação solar, principalmente em condição de disponibilidade de luz inferior que ocorre na “safrinha”, o que ocasionou maior crescimento da soja, refletindo em maior produtividade de grãos.

As respostas da soja à variação no espaçamento e na densidade de plantas podem variar de acordo com a cultivar a ser utilizada e também em função das condições ambientais (PEIXOTO et al., 2000).

A clorofila é um pigmento fotossintético essencial para o desenvolvimento das plantas, por ser responsável pela captura da energia solar incidente necessária à fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013). Segundo Nogueira et al. (2010) o teor de clorofila foliar está diretamente relacionado à matéria de plantas secas e aos níveis de N no solo. Assim, por se tratar de uma única cultivar, a qual não diferiu em relação à massa de planta seca em função dos arranjos, e lembrando que as condições do solo em relação ao N foram as mesmas para ambos os tratamentos e que não houve diferença significativa para os teores foliares de N (Tabela 9 e 11), torna-se compreensível a ausência de significância para os ICF em função dos arranjos espaciais estudados.

Em relação à altura de planta, de acordo com Knebel et al. (2006), as variações ocorridas em seu trabalho foram devidas ao aumento da população de plantas, que está diretamente relacionada com maiores índices de acamamento, devido ao maior alongamento das plantas em busca de luz, e não às variações de espaçamentos entre fileiras, o que explica os resultados encontrados neste experimento. Vale destacar que todas as plantas encontravam-se com altura compatível com a colheita mecanizada, ou seja, acima de 60 cm (GARCIA et al., 2007).

Foi possível ajustar equações de regressão lineares e quadrática para as características morfológicas avaliadas (Figura 6). Verificou-se efeito quadrático, em função do aumento dos níveis de adubação, somente para a população inicial de plantas, onde a máxima população foi obtida com o uso de 175% e 120% da dose de P_2O_5 e de K_2O recomendada para o arranjo simples e fileira dupla, respectivamente (Figura 6A). De acordo com Sangoi et al. (2009) o aumento da concentração eletrolítica da solução do solo, em função do uso de altas doses de fertilizantes, pode ocasionar problemas na germinação e no desenvolvimento inicial das raízes, influenciando negativamente a população e o desenvolvimento das plantas.

Os demais componentes morfológicos avaliados apresentaram incrementos lineares em função do aumento dos níveis de adubação (Figura 6B, 6C e 6E), exceto para o ICF, onde o aumento dos níveis de adubação proporcionaram reduções significativas destes valores (Figura 6D), os quais são explicados pela redução dos teores foliares de magnésio (Mg) observada neste trabalho (Figura 9C). O Mg tem papel estrutural como componente da molécula de clorofila, ocupando a posição central da molécula (NASCIMENTO et al., 2009; TAIZ & ZEIGER, 2013). Além disso, Petter et al. (2012) afirmam não haver correlação direta entre níveis de K nas folhas e síntese de clorofila.

O acúmulo linear na massa de plantas secas encontrado neste trabalho (Figura 6E) está associado a maior disponibilização de nutrientes no solo ocorrida com o aumento dos níveis de adubação. Para Rambo (2002), fatores como condições meteorológicas, cultivar, arranjo de plantas e exigências nutricionais supridas adequadamente, são responsáveis por variações nos valores de massa de plantas secas.

A altura de planta é uma característica que varia em função de diversos fatores, principalmente época de semeadura, espaçamento entre plantas, densidade, suprimento de umidade e outras condições gerais do meio ambiente, como os níveis de fertilidade do solo, onde uma planta bem nutrida possui um maior crescimento (CARVALHO, 2014).

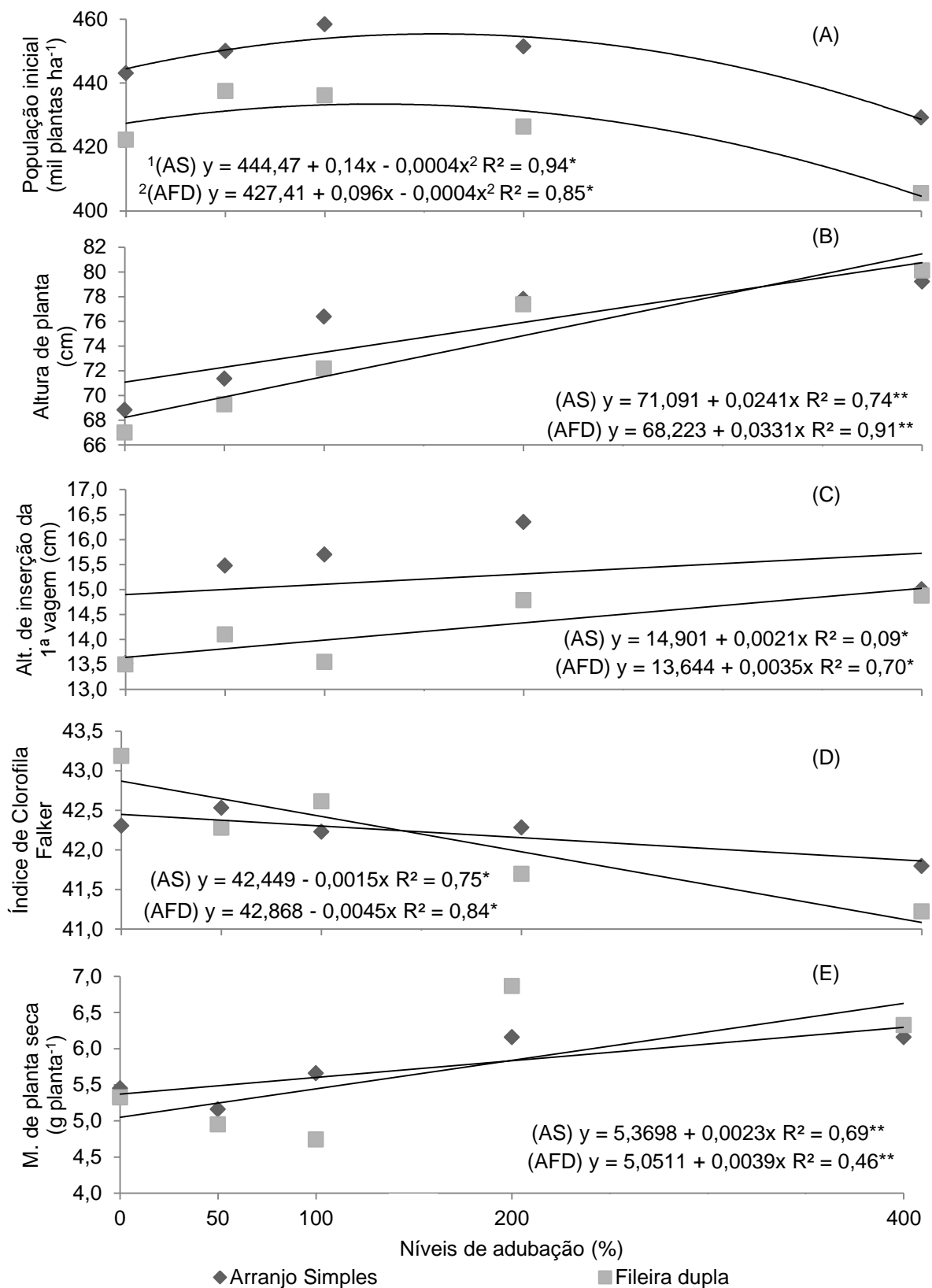


Figura 6. População inicial de plantas (A), altura de planta (B), altura de inserção da primeira vagem (C), índice de clorofila Falker (D) e massa de planta seca (E) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ⁽¹⁾ Arranjo simples; ⁽²⁾ Arranjo fileira dupla).

Para o IAF, avaliado em quatro épocas distintas, não houve interação significativa entre os tratamentos, obtendo-se somente respostas isoladas para cada fonte de variação (Tabela 7). As médias dos IAF, avaliando isoladamente o fator de variação arranjos espaciais, encontram-se na Tabela 8. O arranjo simples apresentou valores superiores de IAF para as épocas avaliadas, exceto para a avaliação realizada aos 30 DAE, onde não houve diferença em relação aos arranjos avaliados.

Tabela 7. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para o índice de área foliar (IAF) aos 20, 30, 40 e 50 DAE⁽¹⁾. Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	IAF 20 DAE	IAF 30 DAE	IAF 40 DAE	IAF 50 DAE
Blocos	15,25 **	18,45 **	7,90 **	13,15 **
Níveis	4,32 --	14,70 --	3,96 --	3,36 --
Arranjos	11,76 **	1,25 ^{ns}	5,89 *	17,01 **
Níveis*Arranjos	0,73 ^{ns}	1,90 ^{ns}	2,10 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Regressão Polinomial				
Linear	9,69 **	57,79 **	14,48 **	10,41 **
Quadrática	1,38 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,31 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Dias após a emergência.

Tabela 8. Médias dos índices de área foliar (IAF) aos 20, 30 40 e 50 DAE⁽¹⁾ da soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015

Arranjos	IAF 20 DAE	IAF 30 DAE	IAF 40 DAE	IAF 50 DAE
Simple	1,13	1,28	3,42	8,02
Fileira Dupla	0,89	1,20	2,83	6,96
⁽²⁾ F	11,76 **	1,25 ^{ns}	5,90 *	17,01 **
CV%	22,37	17,10	24,77	10,89

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Dias após a emergência. ⁽²⁾ Valor de F calculado.

Esse resultado é explicado pelo fato do arranjo fileira dupla, baseado em duas entrelinhas, possuir um espaço maior entre os pares de fileiras de plantas (0,65 m), uma vez que o IAF é a relação entre a área da folhagem e a superfície do solo por ela ocupada. Heiffig et al. (2006) e Pires et al. (1998), observaram que a medida em que se aumenta o espaçamento entre linhas, há diminuição no IAF, porém, estes

efeitos não são estatisticamente significativo em todos os estádios de desenvolvimento da cultura.

Observando os valores de IAF independente do arranjo (Tabela 8), percebe-se um crescimento intensificado a partir dos 30 DAE, momento marcado pelo início do florescimento (R1), onde os valores praticamente são dobrados de uma época de avaliação para a outra. Esse resultado pode ser explicado pelo fato da soja durante o florescimento (R1-R2) acumular matéria vegetal seca e nutrientes de forma rápida nas partes vegetativas, até logo após o estágio R6 (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005), proporcionando uma maior área de folhagem a partir dessa época.

Heiffig et al. (2006), trabalhando com 30 arranjos espaciais diferentes, concluíram que o IAF da cultivar Conquista é máximo no estágio fenológico R5, marcado pelo início da granação das vagens, nos espaçamentos de 0,20 a 0,60 m entre linhas. Os mesmos autores afirmam que o fato de ser máximo em R5, é de extrema importância fisiológica para a cultura, por esse estágio ser marcado pela intensificação da demanda da planta por água, nutrientes e fotoassimilados, os quais serão direcionados para os grãos em formação e importantes para a biossíntese de óleo e de proteína nas sementes.

Segundo Câmara & Heiffig (2000) o IAF é variável de acordo com o clima, estações do ano, espécies e estádios de desenvolvimento da planta, o qual tem um aumento linear até a formação completa das vagens.

Board & Harvile (1992) relatam que resultados de IAF de 3,5 a 4,0 em R1 devem otimizar o rendimento da soja, por ser o principal responsável pela maior interceptação de luz. De acordo com Liu et al. (2010), a eficiência na captação de luz pelas plantas nesse período é um dos fatores que mais influenciam a quantidade de vagens efetivas no final do ciclo. Valores próximos a esses foram encontrados em R2 no presente trabalho, o que corresponde ao IAF avaliado aos 40 DAE.

Em todas as épocas de avaliação do IAF foi possível ajustar equação de regressão linear positiva em função dos níveis de adubação (Figura 7 e 8). Plantas bem nutridas apresentam maior desenvolvimento vegetativo, onde baixos níveis de nutrição afetam o desenvolvimento da soja, pela inibição do crescimento ou da utilização dos produtos da fotossíntese (THOMAS et al., 1998).

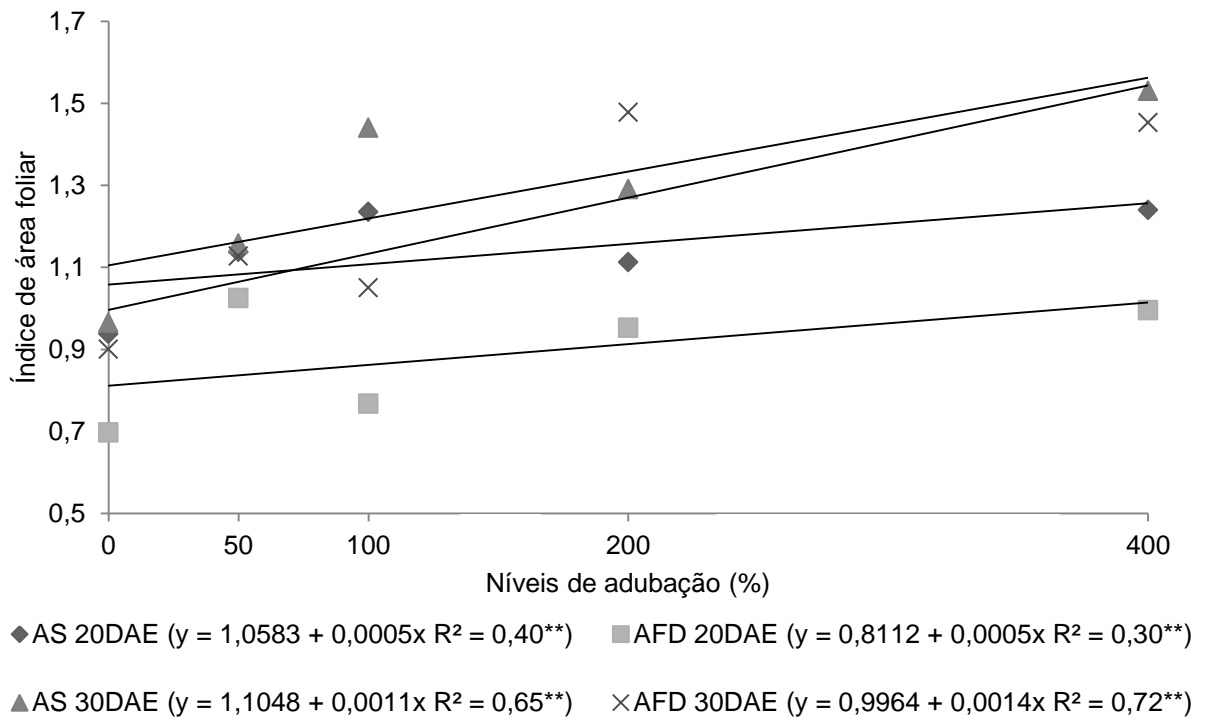


Figura 7. Índice de área foliar (IAF) aos 20 e 30 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla; ** significativo a 1% de probabilidade).

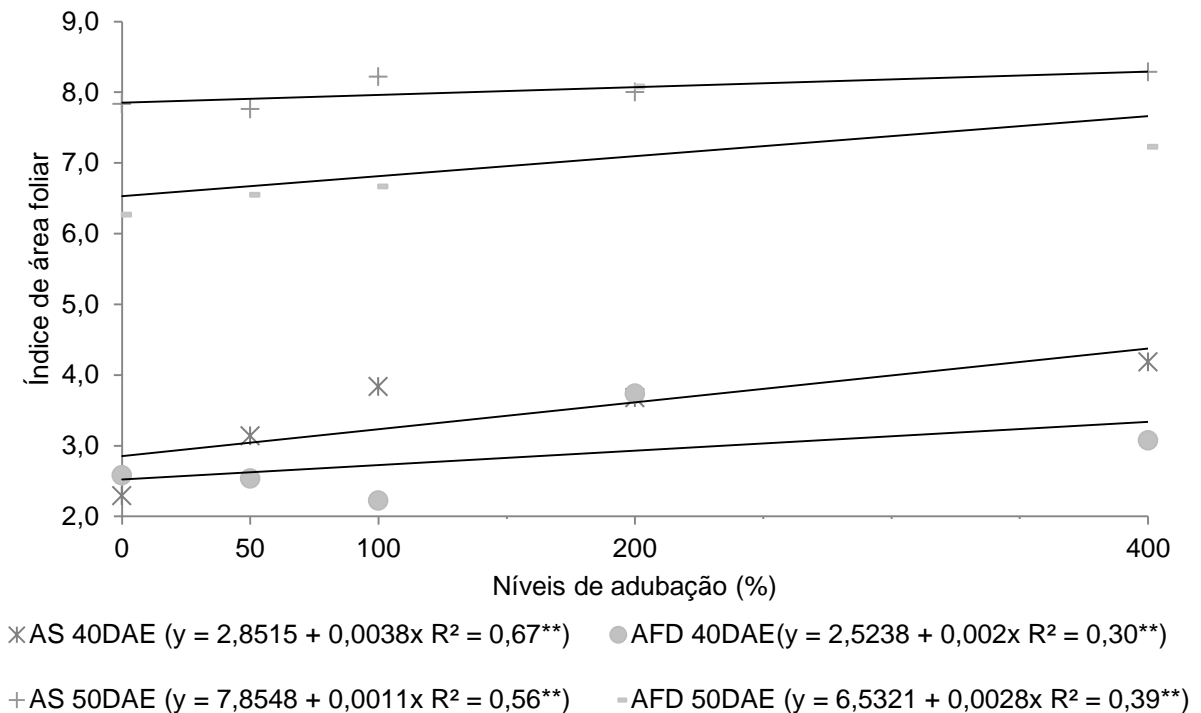


Figura 8. Índice de área foliar (IAF) aos 40 e 50 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla; ** significativo a 1% de probabilidade).

O IAF aumenta até um valor crítico, o qual é definido como a quantidade de folhas requeridas para interceptar 95% da radiação solar ao meio dia, aumentando também a interceptação de luz e a fotossíntese líquida. O IAF é ótimo, quando a taxa de crescimento decresce abaixo de um valor de IAF (MÜLLER, 1981; HEIFFIG et al., 2006).

Para a cultivar Anta 82 RR, observa-se um desenvolvimento acelerado do IAF, passando de valores próximos de 1,0 para 7,5, em apenas 20 DAE, marcado pelo final da fase vegetativa e início da fase reprodutiva (Figura 7 e 8).

4.2. Análise nutricional

O resumo da análise de variância para os teores de macro e micronutrientes nas folhas de soja encontram-se nas Tabelas 9 e 10. Observa-se ausência de interação significativa entre as fontes de variação níveis de adubação e arranjos espaciais.

Tabela 9. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para os teores de macronutrientes nas folhas de soja, determinados no estágio de florescimento. Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	1,27 ^{ns}	9,37 ^{**}	1,78 ^{ns}	14,52 ^{ns}	0,63 ^{ns}	21,37 ^{**}
Níveis	0,25 ⁻⁻	2,96 ⁻⁻	2,67 ⁻⁻	1,27 ⁻⁻	4,54 ⁻⁻	9,41 ⁻⁻
Arranjos	0,58 ^{ns}	5,47 [*]	1,01 ^{ns}	1,63 ^{ns}	11,52 ^{**}	3,13 ^{ns}
Níveis*Arranjos	1,25 ^{ns}	0,85 ^{ns}	2,90 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,81 ^{ns}
Regressão Polinomial						
Linear	0,10 ^{ns}	7,16 [*]	6,71 [*]	2,77 ^{ns}	16,70 ^{**}	30,49 ^{**}
Quadrática	0,38 ^{ns}	0,02 ^{ns}	3,99 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,03 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

De acordo com a interpretação dos resultados da análise foliar segundo EMBRAPA (2013), dos macronutrientes, somente o N encontra-se em teores altos nas folhas ($>46,9 \text{ g kg}^{-1}$), demonstrando eficiência da fixação simbiótica que ocorre com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Dos micronutrientes, somente o Fe

encontra-se em teores elevados na folha ($>120 \text{ mg kg}^{-1}$). Os demais nutrientes encontram-se em teores suficientes para o desenvolvimento da cultura.

Tabela 10. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para os teores de micronutrientes nas folhas de soja, determinados no estágio de florescimento. Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	10,32 **	7,49 *	12,01 **	7,23 *	10,71 **
Níveis	44,02 --	2,49 --	0,90 --	9,93 --	2,47 --
Arranjos	1,95 ^{ns}	2,19 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Níveis*Arranjos	0,95 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Regressão Polinomial					
Linear	91,52 **	3,90 ^{ns}	2,35 ^{ns}	16,81 **	1,05 ^{ns}
Quadrática	59,63 **	2,97 ^{ns}	0,97 ^{ns}	16,87 **	6,42 *

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

As médias dos teores de macronutrientes, avaliando isoladamente o fator de variação arranjos espaciais, estão apresentados na Tabela 11. Para os teores de fósforo na folha, o arranjo simples foi superior ao arranjo fileira dupla. Esse resultado é explicado pelo fato das plantas de soja no arranjo simples explorarem maior área de solo, o que possibilitou maior absorção de P pelas plantas. A adubação com esse nutriente foi totalmente a lanço e incorporado, e o contato desse nutriente com a raiz se faz quase exclusivamente por difusão, mecanismo no qual o nutriente entra em contato com a raiz ao passar de uma região de maior concentração para uma de menor concentração próxima da raiz. Isto acontece de forma muito lenta e geralmente a curtas distâncias (MALAVOLTA, 2004).

A baixa mobilidade do H_2PO_4^- na solução do solo está associada aos mecanismos físico-químicos que o atraem para a superfície dos coloides (sesquióxidos e argilas), mas uma vez absorvido pelas raízes da planta, seu movimento é elevado, proporcionando rápida redistribuição para os outros órgãos da planta, sendo que para as culturas anuais, a aplicação de fertilizantes fosfatados a lanço e incorporado promove um sistema radicular mais volumoso (SÁ, 2004; SOUSA & LOBATO, 2004a).

Tabela 11. Médias dos teores de macronutrientes nas folhas de soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015

Arranjos	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Simplex	57,91	3,34	17,45	8,39	3,80	3,11
Fileira Dupla	57,47	3,21	17,67	8,57	3,95	3,07
⁽¹⁾ F	0,58 ^{ns}	5,47 [*]	1,01 ^{ns}	1,63 ^{ns}	11,52 ^{**}	3,13 ^{ns}
CV%	2,74	4,53	3,32	4,55	3,05	1,67

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Valor de F calculado.

Já para os teores de magnésio na folha o arranjo fileira dupla foi superior ao arranjo simples. Após revisão na literatura, não foi possível encontrar explicações científicas para este fato. Para os demais nutrientes não houve diferença.

Foi possível ajustar equações de regressão lineares para os macronutrientes nas folhas: P, K, Mg e S (Figura 9), ocorrendo um aumento linear positivo em função do aumento dos níveis de adubação, exceto para o teor de magnésio, o qual decresceu (Figura 9C).

Com o aumento dos níveis de adubação, os teores de magnésio (Mg) na folha reduziram, uma vez que o potássio, devido à alta eficiência do sistema de absorção das plantas, é um forte competidor com outros cátions (ROSOLEM, 2005; CRUZ, 2009). Segundo Oliveira et al. (2001) o aumento do K disponível no solo intensifica o efeito competitivo sobre a absorção do Ca e do Mg, sendo mais efetivo sobre esse último.

Mascarenhas et al. (2003) destacaram a importância da relação entre o K com Ca e Mg, onde se deve manter a relação de bases (Ca+Mg)/K no solo entre 23 e 28, pois acima desses valores já se pode constatar deficiência de potássio. Já nas folhas, segundo Mascarenhas et al. (2000), essa relação varia entre 1,1 a 1,4 em condições ótimas de disponibilidade de K, obtendo-se altas produções, a qual reduz com a aplicação de doses maiores de K. Na presente pesquisa, encontra-se uma relação próxima de 0,7.

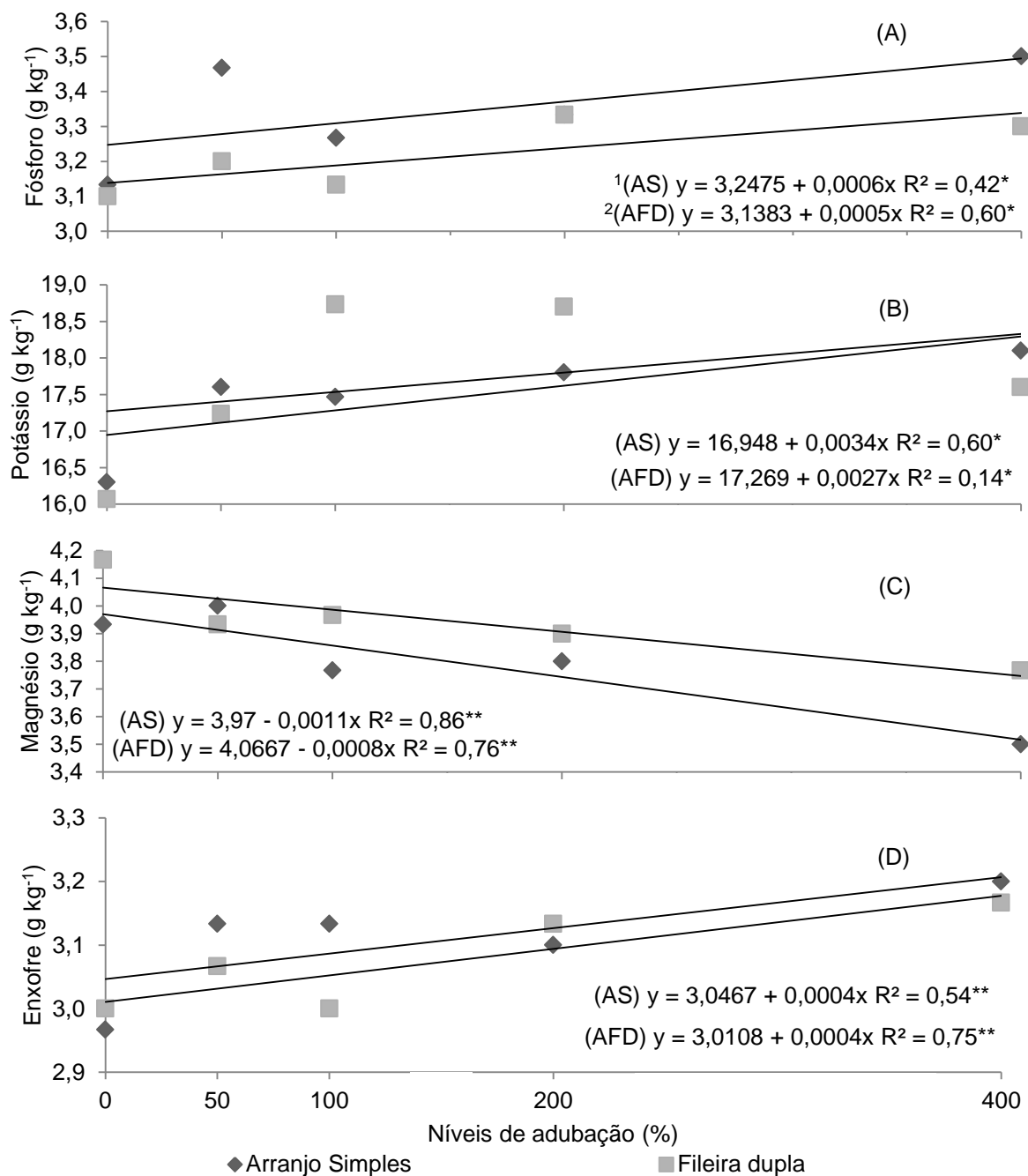


Figura 9. Teores foliares dos macronutrientes: fósforo (A), potássio (B), magnésio (C) e enxofre (D) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ⁽¹⁾ Arranjo simples; ⁽²⁾ Arranjo fileira dupla).

A relação (Ca+Mg)/K do solo antes da instalação do experimento era de 22,7 (Tabela 2). Com a aplicação de até 4 vezes a dose recomendada de K para a cultura da soja, o valor da relação diminuiu, proporcionando teores de magnésio inferiores na folha, permanecendo, porém, dentro dos limites de suficiência (2,9 a 4,7 g kg⁻¹) de acordo com EMBRAPA (2013).

Em relação ao fósforo foliar, a cultura da soja respondeu positivamente ao aumento dos níveis de adubação (Figura 9A), corroborando com os resultados encontrados por Lana et al. (2007), os quais avaliaram o efeito do multifosfato magnésiano aplicado a lanço em pré-semeadura. Além disso, esses resultados comprovam os teores adequados desse nutriente no solo antes da instalação do experimento, visto que o teor foliar no nível de adubação “0” encontra-se dentro dos limites de suficiência, 2,3 a 3,4 g kg⁻¹ (EMBRAPA, 2013).

O aumento dos teores foliares de S em função da elevação dos níveis de adubação ocorreu em função do sulfato presente no superfosfato simples utilizado como fonte de P (Figura 9D).

Richart et al. (2006) trabalhando com fontes de P e seus efeitos nos componentes de produção da soja, bem como teores foliares de P e S, constataram aumento no teor de S no tecido foliar, tanto pela adição das doses crescentes de P, quanto pelas doses crescentes de S para ambas as fontes estudadas.

O teor de K nas folhas aumentou em função da maior disponibilidade deste elemento no solo, proporcionado pela elevação dos níveis de adubação utilizados nesta pesquisa (Figura 9B). Segundo Borkert et al. (1997) o aumento da produtividade de soja esteve associada ao teor de K nas folhas acima de 17,1 g kg⁻¹. Para estes autores, deficiências severas desse nutriente foram observadas com teores de K-foliar inferiores a 9 g kg⁻¹, acarretando maior abortamento de flores e vagens, retardamento das brotações e morte da gema apical das plantas, limitando o crescimento e a produção de grãos (SCHERER, 1998). Na presente pesquisa, observam-se teores foliares de K superiores a 17,1 g kg⁻¹.

Para os micronutrientes, somente foi possível ajustar equações de regressão quadrática para os teores foliares de B, Mn e Zn, em função do aumento dos níveis de adubação (Figura 10), os quais a partir do nível de adubação 200% verificou-se um aumento expressivo.

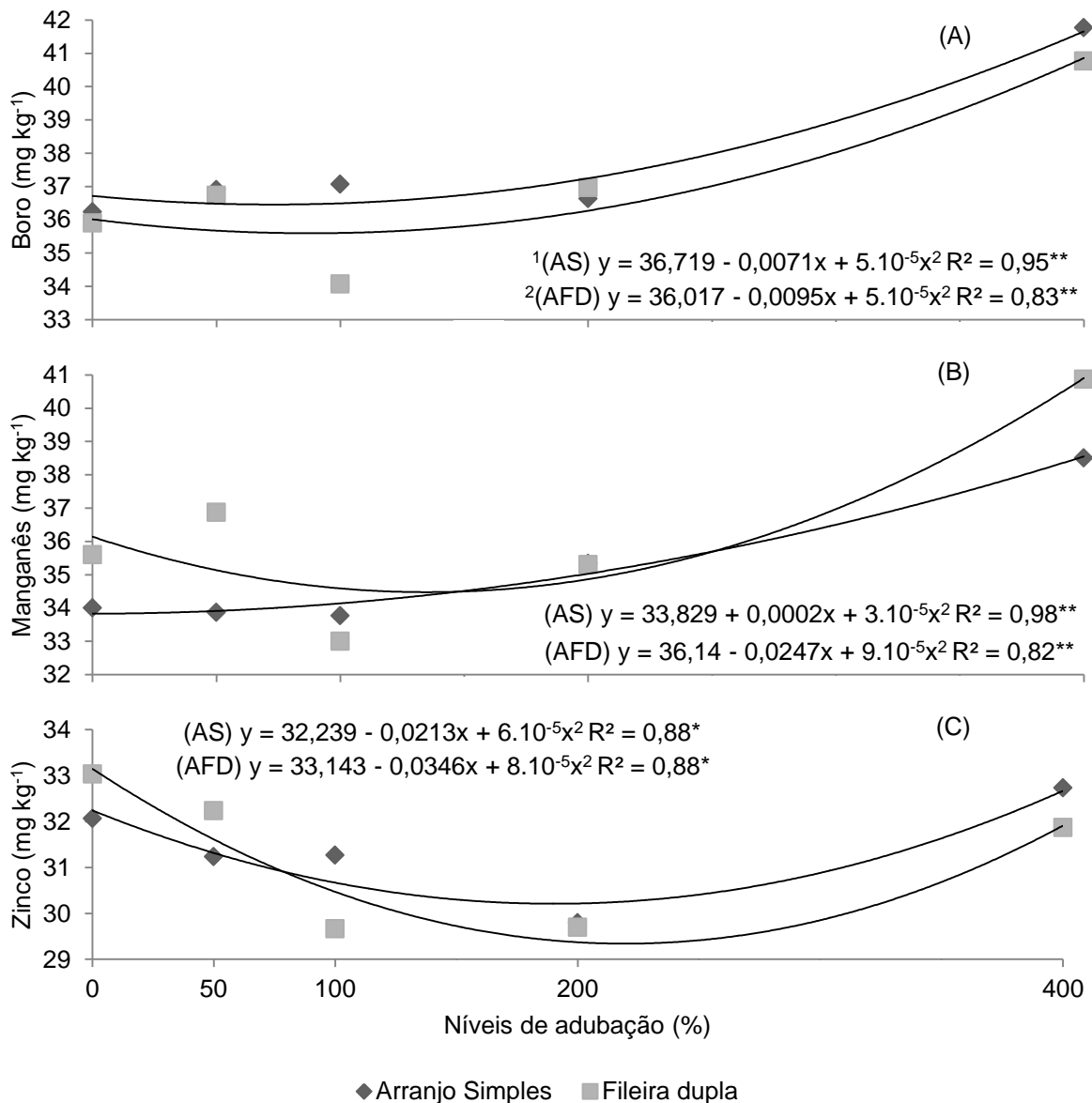


Figura 10. Teores foliares dos micronutrientes: boro (A), manganês (B) e zinco (C) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ¹ Arranjo simples; ² Arranjo fileira dupla).

Tanto o teor de B quanto o de Mn nas folhas tiveram um aumento considerável com a aplicação de 4 vezes a dose recomendada (Figura 10A e 10B), porém, em todos os níveis de adubação os valores se mantiveram dentro do intervalo de suficiência para a cultura da soja, 33 a 50 mg kg⁻¹ e 28 a 75 mg kg⁻¹, respectivamente, de acordo com EMBRAPA (2013).

Os cátions K, Ca e Mg regulam a absorção de Mn pelas plantas, de forma que, promovem a absorção de Mn quando este estiver presente em baixa

quantidade, ou prejudicam a absorção quando estiver presente em grande quantidade (ROSOLEM, 2005).

Para o Zn, após a derivada da equação, o menor teor na folha foi obtido com o uso de 178% e 216% da dose de P_2O_5 e de K_2O recomendada para o arranjo simples e fileira dupla, respectivamente (Figura 10C), proporcionando teor abaixo da faixa de suficiência (31 a 58 mg kg^{-1}), de acordo com EMBRAPA (2013).

4.3. Fator de cobertura

A Tabela 12 apresenta o resumo da análise de variância para os fatores de cobertura da soja Anta 82 RR, onde não houve interação significativa entre os tratamentos para nenhuma época avaliada, obtendo somente repostas isoladas para cada fonte de variação.

Tabela 12. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para o fator de cobertura da soja em diferentes épocas. Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	Fator de cobertura								
	20 DAE ⁽¹⁾	30 DAE	40 DAE	50 DAE	60 DAE	70 DAE	80 DAE	90 DAE	100 DAE
Blocos	4,64 *	8,11 **	7,27 **	1,10 ^{ns}	3,91 *	4,75 *	8,77 **	3,45 ^{ns}	4,60 *
Níveis	11,94 **	10,70 **	7,26 **	1,15 **	1,10 **	1,55 **	4,56 **	1,86 **	1,94 **
Arranjos	0,75 ^{ns}	9,98 **	1,45 ^{ns}	106,31 **	14,67 **	33,79 **	0,59 ^{ns}	15,70 **	2,45 ^{ns}
Níveis-Arranjos	1,95 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,67 ^{ns}	1,83 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,03 ^{ns}	1,38 ^{ns}
Regressão Polinomial									
Linear	45,92 **	40,20 **	27,04 **	2,19 ^{ns}	3,64 ^{ns}	3,58 ^{ns}	6,97 *	7,01 *	6,42 *
Quadrática	0,07 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,00 ^{ns}	5,16 *	0,21 ^{ns}	0,01 ^{ns}

** Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Dias após a emergência.

As médias dos fatores de cobertura, avaliando isoladamente o fator de variação arranjos espaciais, estão apresentadas na Tabela 13. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para as avaliações realizadas aos 20, 40, 80 e 100 DAE. Para as demais épocas avaliadas, as plantas cultivadas em arranjo simples apresentaram maior fator de cobertura quando comparadas as plantas cultivadas em fileira dupla. Isto pode ser explicado pela melhor distribuição das plantas em campo cultivadas em fileiras simples.

Tabela 13. Médias dos fatores de cobertura da soja em diferentes épocas, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015

Arranjos	Fator de cobertura (%)								
	20 DAE ⁽¹⁾	30 DAE	40 DAE	50 DAE	60 DAE	70 DAE	80 DAE	90 DAE	100 DAE
Simplex	24,65	64,56	81,78	98,25	88,74	90,22	93,67	91,87	58,09
Fileira Dupla	23,57	56,99	78,77	92,06	85,43	87,47	93,05	88,36	54,46
⁽²⁾ F	0,75 ^{ns}	9,98 ^{**}	1,45 ^{ns}	106,32 ^{**}	14,67 ^{**}	33,79 ^{**}	0,59 ^{ns}	15,70 ^{**}	2,45 ^{ns}
CV%	16,30	12,48	9,86	2,00	3,14	1,68	2,73	3,11	13,07

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Dias após a emergência. ⁽²⁾ Valor de F calculado.

Observa-se que os arranjos utilizados tiveram um desenvolvimento da cobertura semelhante, com crescimento da porcentagem de cobertura até 50 DAE (R3), a qual estabilizou, havendo um decréscimo considerável a partir de 90 DAE, marcado pelo pleno enchimento das vagens (R6) e início da maturação (R7), com senescência das folhas. Entre o período de 50 e 90 DAE ocorreu variação na cobertura, com tendência para redução, devida ao ataque de lagartas e estresse hídrico, proporcionado por baixo índice pluviométrico durante o mês de janeiro (Figura 1), entorno de 90 mm, sendo observado na área a senescência de folhas do baixeiro devido à estiagem (Tabela 13).

Aos 50 DAE, o arranjo simples aproximou do fechamento completo das entrelinhas, obtendo um fator de cobertura de 98,25%, não ocorrendo 100% de cobertura em nenhuma época avaliada, para ambos os arranjos.

De acordo com Pires et al. (1998), o fechamento dos espaços entre as linhas de semeadura em estádios iniciais pode ser avaliado como forma de expressar a capacidade das plantas em desenvolver seu aparato fotossintético e tempo para atingir 95% da interceptação da radiação incidente, onde aos 34 DAE as plantas espaçadas a 0,20 m e a 0,40 m já proporcionavam 72% e 55% de fechamento, respectivamente. Heiffig et al. (2006) consideram que o fator de maior influência na velocidade de fechamento das entrelinhas para a cultivar MG/BR 46 é o espaçamento.

Já Knebel et al. (2006), trabalhando com 3 espaçamentos entrelinhas e 3 populações de plantas, encontraram fechamento total das entrelinhas (100%) aos 43 DAE e aos 49 DAE para os espaçamentos de 0,45 m e 0,675 m, respectivamente. Esses mesmos autores consideram que não se deve desprezar o efeito negativo do

autossombreamento em altos índices de área foliar, podendo resultar em quedas na fotossíntese líquida da planta.

Segundo Babolim et al. (2014), a porcentagem de cobertura do solo pelo dossel das culturas é importante porque afeta a interceptação de radiação, refletindo-se em processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese, determinantes na produtividade biológica.

Foi possível ajustar equações de regressão lineares e quadrática para os fatores de cobertura avaliados, em função dos níveis de adubação (Figura 11 e 12). Segundo Garcia et al. (2007), o fechamento das entrelinhas é influenciado pelos fatores que condicionam o crescimento das plantas, ou seja, local, ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo.

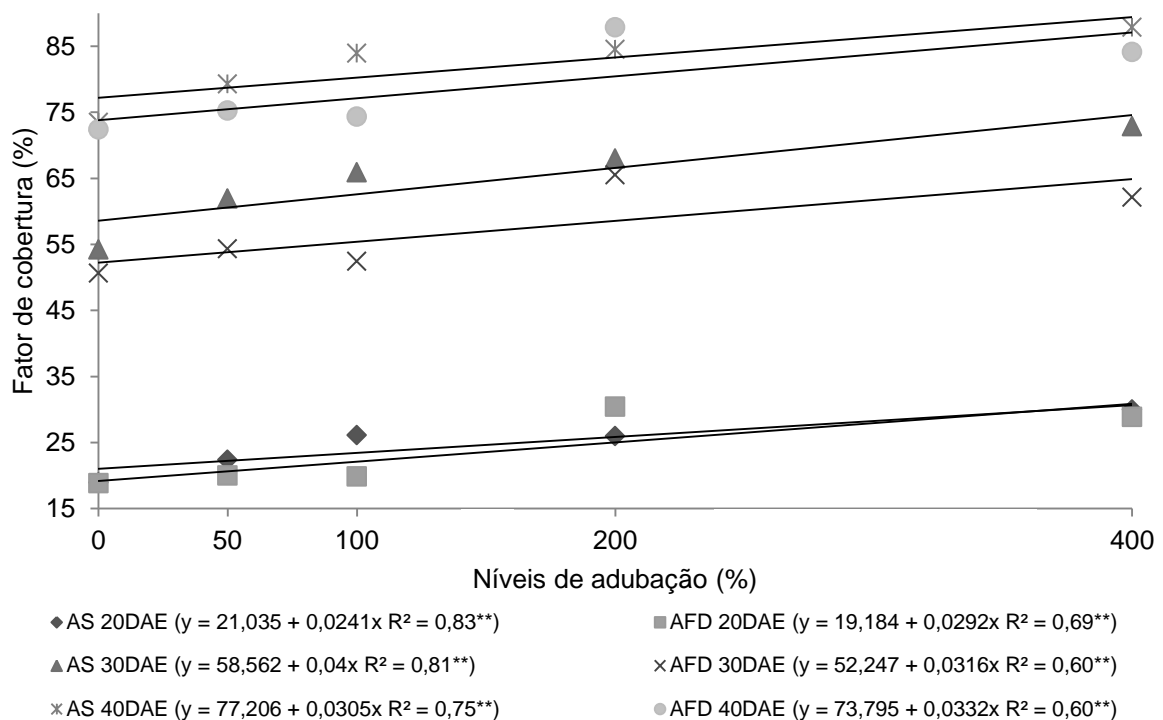


Figura 11. Fator de cobertura aos 20, 30, 40, 80, 90 e 100 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** significativo a 1% de probabilidade; AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla).

Houve um crescimento linear positivo do fator de cobertura em função dos níveis de adubação para as épocas 20, 30 e 40 DAE (Figura 11). A partir dos 80 DAE ocorreu decréscimo do fator de cobertura em função dos níveis de adubação,

determinando o começo da senescência da planta, onde os níveis mais altos de fertilidade proporcionaram amadurecimento mais rápido (Figura 12).

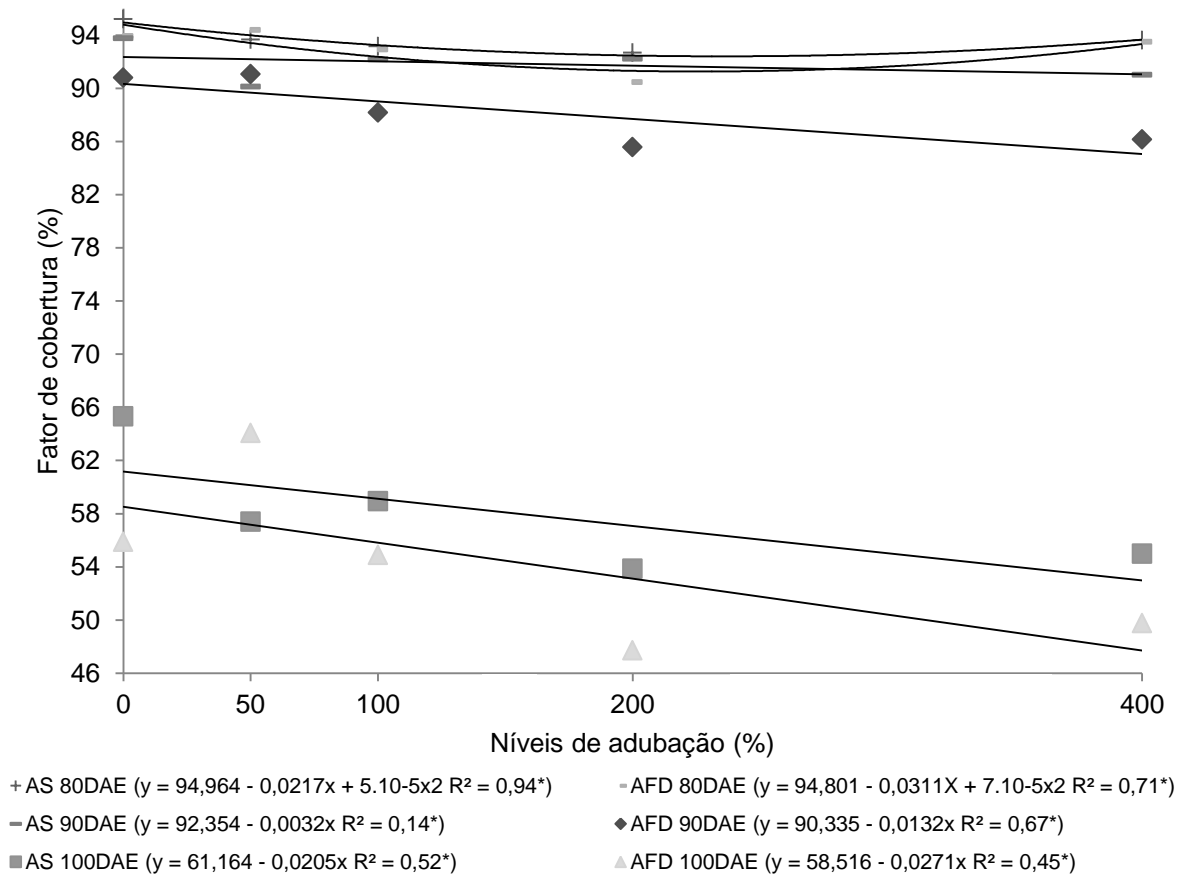


Figura 12. Fator de cobertura aos 80, 90 e 100 dias após a emergência (DAE) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (* significativo a 5% de probabilidade; AS: arranjo simples; AFD: arranjo fileira dupla).

Observa-se que o maior ganho de cobertura da cultivar de soja utilizada, foi de 20 DAE para 30 DAE, período marcado pela juvenilidade da cultura, sendo importante para a formação do dossel e do número potencial de locais de gemas, que iram formar estruturas vegetativas e/ou reprodutivas ao longo do desenvolvimento da planta (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

4.4. Componentes da produção

Na Tabela 14 encontra-se o resumo da análise de variância, onde pode ser observado que não houve interação significativa entre os tratamentos para os componentes da produção avaliados e a produtividade da cultura da soja.

Tabela 14. Resumo da análise de variância, valores de F, para: blocos, níveis de adubação, arranjos espaciais e suas interações para os componentes da produção: população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NV), número de grãos por planta (NG), número de grãos por vagem (NGV) e peso de mil grãos (PM) e a produtividade (Prod.). Jataí, GO, 2015

Causas de Variação	PF	NV	NG	NGV	PM	Prod.
Blocos	1,24 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,38 ^{ns}	16,33 ^{**}	5,19 [*]
Níveis	6,05 ⁻⁻	1,73 ⁻⁻	3,47 ⁻⁻	1,64 ⁻⁻	1,23 ⁻⁻	2,52 ⁻⁻
Arranjos	6,40 [*]	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,57 ^{ns}	9,08 ^{**}
Níveis*Arranjos	0,67 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,85 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,69 ^{ns}
Regressão Polinomial						
Linear	5,74 [*]	1,99 ^{ns}	6,84 [*]	5,56 [*]	1,26 ^{ns}	8,80 [*]
Quadrática	17,10 ^{**}	3,39 ^{ns}	4,99 [*]	0,16 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,01 ^{ns}

-- Os tratamentos são quantitativos. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

As médias dos componentes da produção, avaliando isoladamente o fator de variação arranjos espaciais, estão apresentadas na Tabela 15. Verifica-se que o arranjo simples foi superior ao arranjo fileira dupla para a população final de plantas, e a produtividade de grãos. Esses resultados demonstram que a população final de plantas foi o único fator que contribuiu para a maior produtividade do arranjo simples, mesmo utilizando populações de plantas iguais para ambos os arranjos no momento da semeadura ($488.889 \text{ plantas ha}^{-1}$), uma vez que para os demais componentes da produção avaliados, não foi possível observar diferença significativa entre os arranjos.

Tabela 15. Médias dos componentes da produção: população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NV), número de grãos por planta (NG), número de grãos por vagem (NGV), peso de mil grãos (PM) e produtividade (Prod.) da soja, avaliando-se isoladamente o fator de variação arranjos espaciais. Jataí, GO, 2015

Arranjos	PF	NV	NG	NGV	PM	Prod.
	(plantas ha ⁻¹)	(vagens planta ⁻¹)	(grãos planta ⁻¹)	(grãos vagem ⁻¹)	(g)	(kg ha ⁻¹)
Simplex	428.703,70	35,31	84,55	2,39	113,04	3.535,67
Fileira Dupla	414.444,40	35,39	84,65	2,39	113,86	3.363,80
⁽¹⁾ F	6,40 *	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,57 ^{ns}	9,08 **
CV%	4,23	13,82	14,42	3,16	3,03	5,23

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$). * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$). ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). ⁽¹⁾ Valor de F calculado.

Devido à falta de chuva durante o período reprodutivo da soja (Figura 1), pode ter intensificado a competição intraespecífica entre as plantas, principalmente no arranjo fileira dupla, onde o espaçamento reduzido entre pares de fileiras contribuiu para diminuir a produtividade. Principalmente nos estados do centro-sul do país, a queda na produção de soja tem como uma das principais causas, a ocorrência de seca (FARIAS et al., 2007).

Como visto anteriormente, o menor IAF e fator de cobertura proporcionado por esse arranjo, comparado com o arranjo simples, também pode indicar uma baixa captação de luz incidente necessária para a maximização da produtividade, obtendo a diferença encontrada.

As produtividades encontradas, apesar de estarem acima da média estadual (2.685 kg ha⁻¹), foram aquém das desejadas, devido à baixa ou ausência de precipitação pluvial, durante a floração e enchimento de grãos, períodos de máxima exigência hídrica (7 a 8 mm dia⁻¹), o que provocam alterações fisiológicas na planta, causando queda prematura de folhas e redução do rendimento de grãos (EMBRAPA, 2013), podendo ter limitado a magnitude da resposta da cultura aos arranjos estabelecidos.

Em relação ao efeito do espaçamento entre as fileiras, há resultados discrepantes na literatura, demonstrando que a resposta é dependente das cultivares e do ambiente de cultivo (RAMBO et al., 2003; HEIFFIG et al., 2006, BERBERT & HAMAWAKI, 2008). De acordo com Procópio et al. (2014), a cultivar BRS 294 RR, semeada em fileiras duplas demonstra produtividade de grãos similar

aos espaçamentos tradicionais utilizados na cultura. Já Vitorino (2013), relata aumento significativo de produção em arranjo fileira dupla de 7,6 % em relação ao simples.

O peso de mil grãos não foi afetado pelos tratamentos avaliados, corroborando com resultados descritos na literatura (PROCÓPIO et al., 2013; PROCÓPIO et al., 2014; HEIFFIG et al., 2006), uma vez que essa característica é influenciada em maior grau pelo genótipo, em comparação com as condições ambientais (RAMBO et al., 2004), o qual é definido na época de floração e dependente, em grande parte, da atividade fotossintética e translocação de fotoassimilados para os grãos durante estágio fenológico R5 (KNEBEL et al., 2006).

Balbinot Junior et al. (2015a), trabalhando com espaçamento entre fileiras, densidades e sistema de semeadura para a cultivar BRS 294 RR, concluíram que o número de grãos por vagem e a massa de mil grãos proveniente das hastes e dos ramos não foram afetados pelos tratamentos.

De acordo com Ferreira Junior et al. (2010), o número de vagem por planta é influenciado pelo genótipo, como também pela densidade de semeadura, o que não foi avaliado no presente trabalho, não demonstrando diferença entre os tratamentos. E, segundo Rambo et al. (2002), os ramos nos quais as vagens se encontram e o número de ramos por planta, influenciam diretamente esse componente da produção.

O número de vagens por planta ou por área é o componente mais importante quando se busca aumentos no rendimento da cultura, devido à grande faixa de variação obtida, o qual é dependente da quantidade de flores produzidas e fixadas durante o estágio reprodutivo, em que há uma grande porcentagem de abortamento, girando em torno de 70%. Já o número de grãos por vagem, dentre os demais componentes, é o que apresenta menor variação entre diferentes cultivos, com média de dois grãos, e raras vezes são observados 4 grãos por vagem (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

Foi possível ajustar equações de regressão linear e/ou quadrática para as variáveis avaliadas, exceto para o número de vagens e peso de mil grãos (Figura 13). Para a população final de plantas, observa-se um efeito quadrático com o aumento dos níveis de adubação (Figura 13A), semelhante ao encontrado na população inicial de plantas (Figura 6A), obtendo-se a máxima população com o uso

de 156,67% e 126,13% da dose de P_2O_5 e de K_2O recomendada para o arranjo simples e fileira dupla, respectivamente.

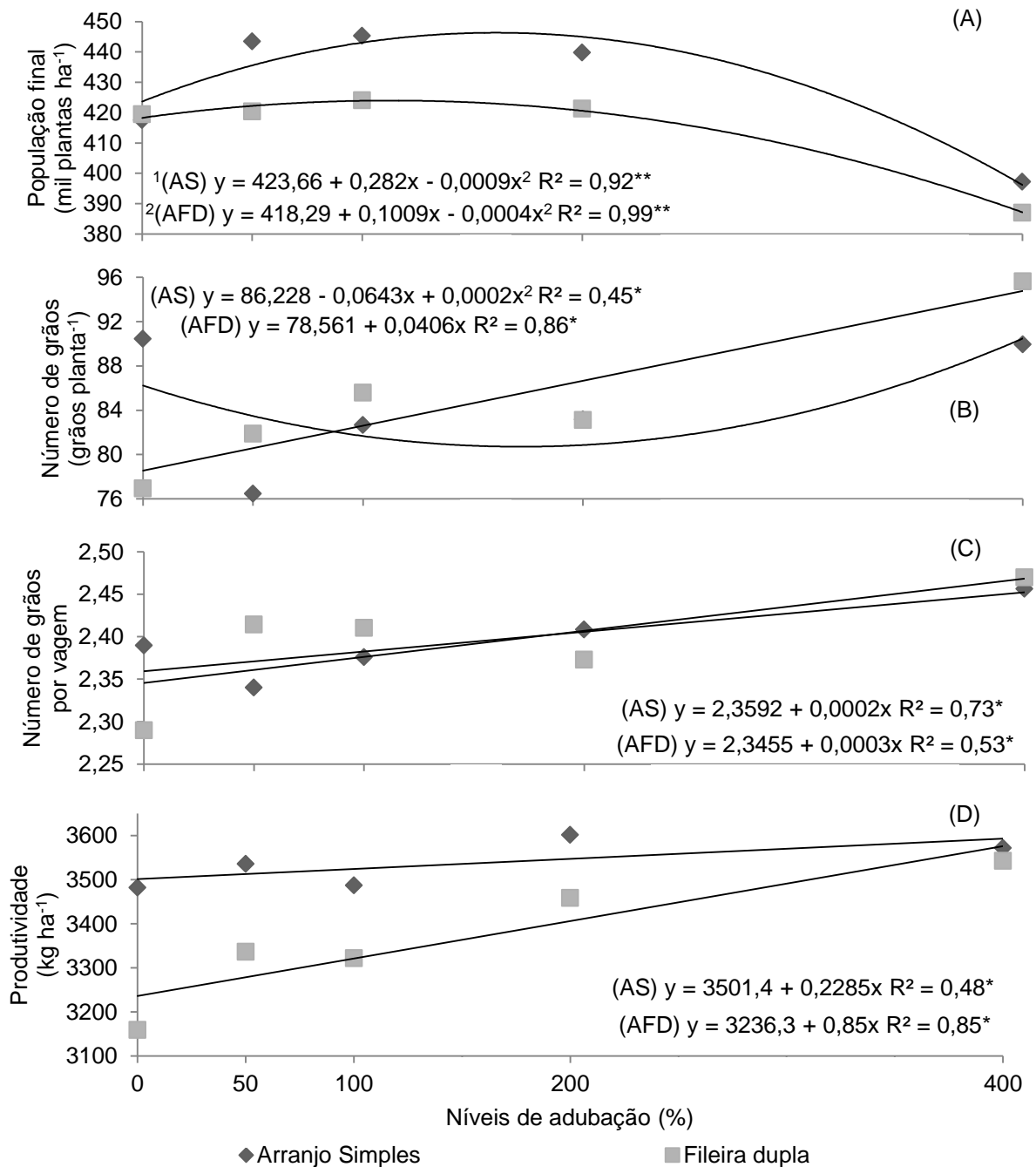


Figura 13. População final de plantas (A), número de grãos por planta (B), número de grãos por vagem (C) e produtividade (D) em função dos níveis de adubação na soja, cultivar Anta 82 RR. Jataí – GO, 2015 (** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ⁽¹⁾ Arranjo simples; ⁽²⁾ Arranjo fileira dupla).

Mesmo reduzindo a população final com os níveis de adubação 200% e 400%, a produtividade da soja aumentou, comprovando a plasticidade da cultura, por meio das modificações nos componentes de rendimento, número de grãos por planta e grãos por vagem.

O número de grãos por planta no arranjo fileira dupla (Figura 13B), o número de grãos por vagem (Figura 13C) e a produtividade (Figura 13D) aumentaram de forma linear positiva em função do aumento dos níveis de adubação, obtendo-se resposta da soja mesmo aplicando doses 2 e 4 vezes maiores do que as recomendadas.

Valadão Júnior et al. (2008) avaliando cultivares de soja, cultivadas em solo com baixo teor de fósforo e submetidas a diferentes níveis de adubação fosfatada, encontraram resposta linear do rendimento de grãos ao fósforo aplicado para a cultivar BRS Jiripoca e resposta quadrática para a cultivar BRSMT Uirapuru.

Esses autores discorrem ainda que a resposta de uma cultura ao uso de fertilizante depende do estado de fertilidade do solo, onde solos de baixa fertilidade apresentam alta probabilidade de resposta ao uso de nutrientes, em que à medida que se adicionaram fósforo, o aumento estimado no rendimento foi em 15,6 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado no solo.

O rendimento estimado de grãos de soja no presente trabalho foi de 3.501 kg ha⁻¹ e 3.236 kg ha⁻¹ para o arranjo simples e fileira dupla, respectivamente, no nível de adubação zero, e o aumento no rendimento foi de 0,229 e 0,85 kg ha⁻¹ de grãos, respectivamente, para cada porcentagem aumentada no nível de adubação. Esses valores podem ser explicados pelo fato dos nutrientes encontrarem em teores adequados no solo da área experimental.

De acordo com Lana et al. (2003), existe uma relação direta entre fertilidade do solo e produtividade da planta, onde o seu crescimento é diretamente dependente da concentração de P e K na solução do solo.

Segundo Thomas et al. (1998), baixos níveis de fertilidade do solo afetam o desenvolvimento da soja e influenciam negativamente a produtividade de grãos, sendo que o aumento na disponibilidade de fósforo do solo proporciona maior rendimento de grãos, independente do espaçamento utilizado.

5. CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimática em que foi conduzido este experimento pode-se concluir que:

1. A cultivar de soja Anta 82 RR demonstra pequena resposta para os componentes morfológicos, com o uso de arranjo espacial alternativo.
2. O arranjo simples permite maior índice de área foliar e fator de cobertura para a cultura da soja, mas não proporciona fechamento completo das entrelinhas.
3. O uso de 40% a mais, aproximadamente, da dose recomendada de P_2O_5 e de K_2O para a cultura da soja proporciona a máxima população de plantas por hectare.
4. Os maiores níveis de adubação com P e K, reduzem os teores de Mg nas folhas e os índices de clorofila Falker.
5. O aumento no nível de adubação, mesmo com doses 2 e 4 vezes maiores que o recomendado, possibilita resposta agrônômica da soja em produtividade de grãos para os dois arranjos estudados.
6. O arranjo simples proporciona maior produtividade de grãos, independentemente do nível de adubação.

6. IMPLICAÇÕES

Faz-se necessário a continuidade dos estudos, a fim de se esclarecer melhor o arranjo fileira dupla no sudoeste goiano, variando diferentes tratamentos como variedades, densidades de plantas e a possibilidade de implantação desse arranjo, uma vez que a utilização desses arranjos espaciais diferentes dos convencionais, não vem evoluindo na prática, provavelmente pela escassez de opções de semeadoras adaptadas a esse sistema. Novos estudos servirão para que as indicações de manejo quanto ao arranjo espacial de plantas seja realizada com maior segurança.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; MIRANDA, M. A. C. de; CAMPELO, G. J. de A. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. 1999. cap. 2.

ARATANI, R. G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R. R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 31-38, 2008.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. de. Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, p.129-134, 2005.

BABOLIM, R. C. G.; SIMIONATO, U. R.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; IWASAKI, G. S.; NEUMAIER, N.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Evolução do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) da soja em semeadura cruzada e não cruzada. In: IX Jornada acadêmica da Embrapa Soja. **Resumos...** Londrina, PR, 2014. p. 203, ref. 61-67.

BAIGORRI, H.; GASSEN, D. A importância do ciclo, da juvenilidade e do hábito de crescimento no manejo da cultura. **Revista Plantio Direto**. 109. ed. 2009.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; PROCÓPIO, S. de O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Arranjos espaciais de plantas influenciando o desempenho da soja na “safrinha”. In: VII Congresso Brasileiro de Soja. **Resumos...** Florianópolis, SC, 2015b.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. de O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. In: XXXIII Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil. **Resumos...** Londrina, PR, 2013. ref. 37-39.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. de O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, p. 1215-1226, 2015a.

BERBERT, R. P.; HAMAWAKI, O. T. Análise da plasticidade da cultura de soja em diferentes arranjos populacionais e diferentes espaçamentos entre linhas. **Horizonte Científico**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.

BERGAMASCHI, H. **Fotoperiodismo**. Disponível em: <http://www.webposgrad.propp.ufu.br/ppg/posgraduacao_anexos/002_FOTOPERIODISMO%20SOJA.PDF>. Acesso em: 10 jan. 2015.

BERGAMIN, A. C.; SCHLINDWEIN, J. A.; VENTUROSO, L. do R.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Respostas de duas cultivares de soja à adubação a lanço e em sulco, no município de Rolim de Moura/RO. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 50, p. 155-166, 2008.

BERNARDI, A. C. de C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de; LEANDRO, W. M.; MESQUITA, T. G. da S.; FREITAS, P. L. de; CARVALHO, M. da C. S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho, e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, p. 158-167, 2009.

BOARD, J. E.; HARVILE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. Wide-row soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 1, 1992.

BORÉM, A. Escape gênico. **Biotecnologia ciência e desenvolvimento**. 10. ed. n. 10, 1999. (Encarte especial).

BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B.; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C. L. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 12, p. 1235-1249, 1997.

BOWERS, G. R.; RABB, J. L.; ASHLOCK, L. O.; SANTINI, J. B. Row spacing in the early soybean production system. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 3, p. 524-531, 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022/2023**. Assessoria de Gestão Estratégica. 4. ed. Brasília: Mapa/ACS, 2013. 96 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. 1. ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BRUNS, H. A. Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 3, p. 702-708, 2011.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G. M. S. **Soja: tecnologias da produção**. Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 256-77.

CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 81-120.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Como a soja pode produzir mais**. Artigo Técnico, n. 20, Revista Cultivar Grandes Culturas, 2000. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=345>>. Acesso em: 09 jul. 2014.

CARVALHO, B. V. **Soja cultivada em arranjo espacial convencional e fileira dupla**. 2014. 30 f. TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.

CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. de F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Novas técnicas de arranjos de semeadura na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1940-1954, 2013.

CARVALHO, L. C.; FERREIRA, F. M.; BUENO, N. M. Importância econômica e generalidades para o controle da lagarta falsa-medideira na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1021-1034, 2012.

CARVALHO, M. M. **Influência de sistemas de semeadura na população de pragas e nas características morfofisiológicas em cultivares de soja**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Proteção de plantas)-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: Conab. v. 2 – Safra 2014/15, n. 8 – Oitavo levantamento, maio 2015. 122 p.

CRUZ, S. C. S. **Doses de potássio no Sistema Integração Lavoura-pecuária**. 2009. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Agricultura)-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.

DALLEY, C. D.; KELLS, J. J.; RENNER, K. A. Effect of glyphosate application timing and row spacing on weed growth in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 18, n. 1, p. 177-182, 2004.

DOMINGOS, C. da S.; LIMA, L. H. da S.; BRACCINI, A. L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 14, n. 3, p. 132-140, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil**. Londrina: Embrapa soja, 2000. 245 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa - SPI, 2006. 286 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2004: A soja no Brasil**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2014**. 21. ed. Londrina: Embrapa soja, 2013. 268 p.

FARIAS, J. R.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. 1. ed. Londrina, PR, 2007. (Circular Técnica 48).

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Safrá mundial de soja 2015/16 – 7º levantamento USDA**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safrá-mundial-de-soja/>>. Acesso em: 19 nov. 2015.

FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba–MG. **FAZU**, n. 7, p. 13-21, 2010.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1549-1561, 2008.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Crescimento da soja influenciado pela adubação nitrogenada na cultura, pressão de pastejo e épocas de dessecação de *Urochloa ruziziensis*. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 129-135, 2015.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I. de O. N.; PORTUGAL, F. A. F. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. 1ed. Londrina, PR, 2007. (Circular Técnica 51).

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; SANTINI, J. M. K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 643-648, 2011.

HANSON, R. G. DRIS evaluation of N, P, K, status of determinant soybeans in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 12, n. 9, p. 933-948, 1981.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. de S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. de S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, p. 285–295, 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estação meteorológica de observação de superfície automática.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

JANOVICEK, K. J.; DEEN, W.; VYN, T. J. Soybean response to zone tillage, twin-row planting, and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 3, p. 800-807, 2005.

KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006.

KOMATSU, R. A.; GUADAGNIN, D. D.; BORGIO, M. A. Efeito do espaçamento de plantas sobre o comportamento de cultivares de soja de crescimento determinado. **Campo Digital**, v. 5, p. 50-55, 2010.

LANA, R. M. Q.; BUCK, G. B.; LANA, A. M. Q.; PEREIRA, R. P. Doses de multifosfato magnésiano aplicados a lanço em pré-semeadura, sob sistema plantio direto – cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1654-1660, 2007.

LANA, R. M. Q.; FILHO, C. E. V.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; PEREIRA, H. S.; LANA, A. M. Q. Adubação superficial com fósforo e potássio para a soja em diferentes épocas em pré-semeadura na instalação do sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, v. 4, p. 53-60, 2003.

LANTMANN, A. **Custo da adubação.** 2014. Disponível em: <<http://www.projetosojabrasil.com.br/artigo-custo-da-adubacao/>>. Acesso em: 04 jan. 2016.

LANTMANN, A. **Efeitos da estiagem e do excesso de chuva na produtividade.** 2016. Disponível em: <<http://www.projetosojabrasil.com.br/artigo-efeitos-da-estiagem-e-do-excesso-de-chuva-na-produtividade/>>. Acesso em: 14 jan. 2016.

LANTMANN, A. F.; CASTRO, C. de. Resposta da soja à adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 8, p. 223-241.

LIU, B.; LIU, X.B.; WANG, C.; JIN, J.; HERBERT, S.J.; HASHEMI, M. Responses of soybean yield and yield components to light enrichment and planting density. **International Journal Plant Production**, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2010.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária.** 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62 p.

MAFG. **Twin row success: research shows yield, other benefits in twin row soybeans.** Disponível em: <<http://www.mafg.net/NewAgriDataArticles.aspx?ArticleID=OTk%3D-lvXDI1KrfAE%3D&FolderID=MjM%3D-Wz4VsAb9PUI%3D>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 3, p. 35-105.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; CARMELLO, Q. A. de C.; GALLO, P. B.; AMBROSANO, G. M. B. Calcário e potássio para a cultura de soja. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 445-449, 2000.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. de. Potássio para a soja. **O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 20-21, 2003.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, p. 175–181, 2010.

MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. dos; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G. de; CAMPO, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1053-1060, 2008.

MODELO, A. J.; FERNANDES, H. C.; SCHAEFER, C. E. G.; SANTOS, N. T.; SILVEIRA, J. C. M. da. Efeito do teor de água do solo e da carga aplicada pela roda compactadora na velocidade de emergência da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, p. 587-592, 2007.

MOREIRA, C. A. F. **Depósitos de pulverização em diferentes sistemas de semeadura de soja no manejo da ferrugem asiática**. 2013. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Agricultura)- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31 p.

NASCIMENTO, R. do; DEUNER, S.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 364-369, 2009.

NOGUEIRA, P. D. M.; SENA JÚNIOR, D. G.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 117-124, 2010.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e plantas em condições tropicais**. Viçosa: UFV DPS, 1999. 399 p.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FOLONI, J. S. S. Marcha de absorção e acúmulo de zinco, manganês, ferro, cobre e boro em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: XXXIV Reunião de pesquisa de soja. **Resumos...** Londrina, PR, 2014.

OLIVEIRA, F. A. de; CARMELLO, Q. A. de C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

OLIVEIRA, S. A. de. Análise Foliar. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 10, p. 245-256.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. de S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, 2000.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F. de; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, v. 25, n.1, p. 67-72, 2012.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de; ALCÂNTARA NETO, F. de; ZUFFO, A. M.; LIMA, L. B. de. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 190-196, 2012.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, p. 183–188, 1998.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1541–1547, 2000.

PROCÓPIO, S. de O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, p. 319-325, 2013.

PROCÓPIO, S. de O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agroambiente On-line**, v. 8, p. 212-221, 2014.

PROCÓPIO, S. de O. **Máxima produtividade na cultura da soja**. Resultados do CTC, 2012.

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 4, p. 107-115.

RAMBO, L. **Crescimento e rendimento da soja por estrato do dossel em resposta à competição intraespecífica**. 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v. 3, p. 79-85, 2002.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, p. 405-411, 2003.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v. 34, p. 33-40, 2004.

RICHART, A.; LANA, M. do C.; SCHULZ, L. R.; BERTONI, J. C.; BRACCINI, A. de L. Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 695-705, 2006.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

ROSOLEM, C. A. Interação do potássio com outros íons. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2005. cap. 9, p. 239-260.

SÁ, J. C. de M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 7, p. 201-222.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; BIANCHET, P.; VARGAS, V. P.; PICOLI, G. J. Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, p. 187-197, 2009.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo Húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 57-62, 1998.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 897-930.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 148 p.

SHAW, R.H.; WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 2, p. 155-159, 1967.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, **Reno-NV-USA**: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004a. cap. 6, p. 157-200.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: _____. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004b. cap. 12, p. 283-315.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2013, 918 p.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, v. 28, p. 543-546, 1998.

TMG. **Cultivares de soja**: Anta 82. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/cultivares/soja/anta82>>. Acesso em: 30 jun. 2014.

VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. dos R.; SCHLINDWEIN, J. A.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 369-375, 2008.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, J. E. da. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 7, p. 169-183.

VITORINO, H. S. **Interferência da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja em função do espaçamento de semeadura**. 2013. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Agricultura)-Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.