



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA

FREDSON LEAL DE CASTRO CARVALHO

**EFEITO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADA SOB BAIXA
LATITUDE VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E PROTEÍNA**

PALMAS - TO

2020

FREDSON LEAL DE CASTRO CARVALHO

**EFEITO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADA SOB BAIXA
LATITUDE VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E PROTEÍNA**

Trabalho de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, para avaliação e obtenção do título de Mestre em Agroenergia. Na área Sistemas de Produção e Melhoramento de Culturas Visando a Produção de Biocombustíveis.

Orientador: Dr. Joênes Mucci Peluzio

PALMAS - TO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

C331e Carvalho, Fredson Leal de Castro.
EFEITO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADA SOB
BAIXA LATITUDE VISANDO A PRODUÇÃO DE OLEO E PROTEÍNA. /
Fredson Leal de Castro Carvalho. – Palmas, TO, 2020
61 f

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Agroenergia, 2020
Orientador: Joênes Mucca Peltzo

1 Composição química 2 Glycine max (L.) Merrill 3 Rendimentos 4
Biomassa energética 1 Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/95) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).



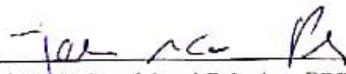
FREDSON LEAL DE CASTRO CARVALHO

**EFEITO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADA SOB BAIXA
LATITUDE VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E PROTEÍNA**

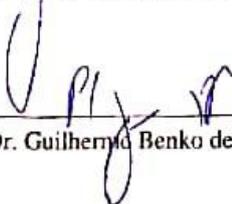
Trabalho de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, para avaliação e obtenção do título de Mestre em Agroenergia e aprovado na sua forma final pelo Orientador e pela Banca examinadora.

Data da aprovação: 31/08/2020

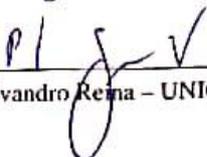
Banca examinadora:



Prof. Dr. Joênes Mucci Peluzio – PPGA/UFT (Presidente e orientador)



Prof. Dr. Guilherme Benko de Siqueira – PPGA/UFT (Examinador interno)



Prof. Dr. Evandro Reina – UNICATÓLICA-TO (Examinador externo)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me iluminou e deu forças no meu caminho durante toda minha jornada.

Aos meus pais, Ana Rosa Leal de Castro e João Alves de Carvalho, meus irmãos Mirelly Leal e Gerffson Leal, pela compreensão, apoio irrestrito e por sempre estarem ao meu lado.

Dedico este trabalho aos meus avós maternos, Adélia Leal de Castro e João da Cruz Gomes de Castro. E aos meus avós paternos, “In Memoriam” Manoel Dias Carneiro e Corina Alves de Carvalho.

Dedico também a todos familiares e amigos por serem essenciais durante todos os períodos especiais da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida, está sempre ao meu lado e por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais Ana Rosa Leal e João Alves pelo apoio irrestrito, amor e incentivo.

Aos meus irmãos Gerffson Leal e Mirelly Leal pelo apoio, amizade e compreensão.

Agradeço ao meu orientador e professor Dr. Joênes Mucci Peluzio pela confiança, oportunidade e ensinamentos em desenvolver o projeto e pela orientação durante todo o período do mestrado.

À Universidade Federal do Tocantins e ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia pela oportunidade, apoio e suporte durante todo período do curso. Ao Laboratório de Solos e Aproveitamentos de Resíduos (LASOR) e Laboratório de Análise de Alimentos (LANA) pelo espaço para o desenvolvimento das análises deste trabalho e aos Técnicos de Laboratório Domingos Bonfim, Douglas Martins e Evandro Reina.

Aos professores do Mestrado em Agroenergia, que contribuíram para o meu aprendizado e crescimento profissional, em especial a professora Dra. Flavia Tonani e Dra. Solange Ságio por serem sempre grandes incentivadores e conselheiros, exemplos como pessoa e profissionais.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante o mestrado, pois sem a mesma não seria possível à realização desse trabalho.

Aos amigos e colegas de mestrado Isabel, Illys, Ingrid, Flávia, Murilo, Vanessa e André, pela ajuda, apoio moral e companheirismo na condução dos experimentos e aos meus primos Jeissy, Cauã, Marcos e Giulia pelo auxílio nos trabalhos á campo e nas avaliações em casa.

Agradeço aos amigos Lindomar Júnior, Rayane, Adriane, Nortton, Matheus Nathan e Gustavo pelo incentivo, suporte e amizade durante a vida.

A todos familiares, parentes, amigos e colegas pela confiança e serem essenciais durante todos os períodos especiais da minha vida.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído.”

Confúcio

“Porque todo o que é nascido de Deus vence o mundo; e esta é a vitória que vence o mundo: a nossa fé.”

1 João 5:4

RESUMO

CARVALHO, Fredson Leal de Castro. **EFEITO DE POPULAÇÕES DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADA SOB BAIXA LATITUDE VISANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO E PROTEÍNA**. 2020, 61p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) Programa de Pós-Graduação em Agroenergia. Universidade Federal do Tocantins.

RESUMO: A identificação do arranjo de plantas que resulte em menor competição intraespecífica permite melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento, composição e rendimento de grãos de soja. Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar o efeito de populações de plantas, em duas cultivares de soja, semeadas em dois anos agrícolas, nos teores e rendimento de óleo e proteína. Foram instalados dois ensaios, sendo um no ano agrícola 2018/19, em semeadura realizada em 08/12/2018, e outro no ano 2019/20, em semeadura efetuada em 17/12/2019, na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas, TO. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi o de blocos casualizados (DBC), com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcela subdividida, sendo alocadas nas parcelas duas cultivares de soja (BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR) e nas sub parcelas cinco populações de plantas (200, 250, 300, 350 e 400 mil.ha⁻¹). Foram avaliadas as seguintes características: teor de óleo e proteína (%), rendimento de óleo e proteína (kg.ha⁻¹). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, sendo a diferença entre médias para os fatores ensaio e cultivares comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5 % de probabilidade de erro. Para as populações de plantas, foram realizadas análises de regressão, através do uso de polinômios ortogonais, e uma vez estabelecida a relação funcional entre as populações e a variável dependente, foi obtida a equação de regressão. Foi utilizado o programa estatístico Sirvar 5.6. As populações de plantas promoveram alterações nos teores e rendimentos de óleo e proteína. Populações em torno de 300 mil plantas.ha⁻¹ foram as mais propícias para maiores teores e rendimentos de óleo e proteína. Houve efeito dos anos agrícolas nos teores e rendimentos de óleo e proteína. A cultivar NS 8383 RR apresentou o maior teor de proteína e os maiores rendimentos de óleo e proteína nas diferentes populações.

Palavras-chave: composição química, *Glycine max* (L.) Merrill, Rendimentos.

ABSTRACT

CARVALHO, Fredson Leal de Castro. **EFFECT OF POPULATIONS OF SOY PLANTS CULTIVATED UNDER LOW LATITUDE AIMING AT THE PRODUCTION OF OIL AND PROTEIN.** 2020, 61p. Dissertation (Master in Agroenergy) Postgraduate Program in Agroenergy. Federal University of Tocantins.

ABSTRACT: The identification of the plant arrangement that results in less intraspecific competition allows better use of available resources for the growth, composition and yield of soybeans. Thus, the present study was carried out with the objective of identifying the effect of plant populations, in two soybean cultivars, sown in two agricultural years, on oil and protein content and yield. Two trials were installed, one in the agricultural year 2018/19, in sowing carried out on 12/8/2018, and another in the year 2019/20, in sowing carried out on 12/17/2019, in the experimental area of the Federal University of Tocantins, municipality of Palmas, TO. The experimental design used in each trial was randomized blocks (DBC), with 10 treatments and four replications. The treatments were arranged in a subdivided plot, with two soybean cultivars (BÔNUS 8579 RSF IPRO and NS 8383 RR) and five plant populations (200, 250, 300, 350 and 400 thousand.ha⁻¹) in the plots. . The following characteristics were evaluated: oil and protein content (%), oil and protein yield (kg.ha⁻¹). The results obtained were subjected to analysis of variance, by the F test, with the difference between means for the test and cultivar factors compared by the Scott & Knott test at 5% probability of error. For plant populations, regression analyzes were performed, using orthogonal polynomials, and once the functional relationship between populations and the dependent variable was established, the regression equation was obtained. The Sirvar 5.6 statistical program was used. Plant populations promoted changes in oil and protein contents and yields. Populations around 300 thousand plants.ha⁻¹ were the most propitious for higher levels and yields of oil and protein. There was an effect of the agricultural years on the levels and yields of oil and protein. The cultivar NS 8383 RR presented the highest protein content and the highest oil and protein yields in the different populations.

Keywords: chemical composition, *Glycine max* (L.) Merrill, Yields.

LISTA DE FÍGURAS

- Figura 1-** Precipitação pluviométrica mensal e temperaturas máximas e mínimas média referentes aos meses de dezembro de 2018 a abril de 2019. Palmas, TO.....26
- Figura 2-** Precipitação pluviométrica mensal e temperaturas máximas e mínimas média referentes aos meses de dezembro de 2019 a abril de 2020. Palmas, TO.....26
- Figura 3-** Teor médio de proteína (%) de cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR em função das populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.....34
- Figura 4-** Teor de médio de óleo (%) das cultivares NS 8383 RR na safra 2018/19 e BÔNUS 8579 RSF IPRO na safra 2019/20 e em função das populações de plantas, em Palmas, TO.....37
- Figura 5-** Rendimento médio de proteína (Kg.ha^{-1}) para as cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em função das populações de plantas (mil.ha^{-1}), em Palmas, TO.....41
- Figura 6-** Rendimento médio de óleo (Kg.ha^{-1}) para as cultivares BÔNUS e NS 8383 RR, em função das populações de plantas (mil.ha^{-1}), em Palmas, TO.....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição resumida dos estádios fenológicos vegetativos da soja.....	18
Tabela 2- Descrição resumida dos estádios fenológicos reprodutivos da soja.....	18
Tabela 3- Caracterização do solo por meio de análise físico-química de solo, conforme metodologia tradicional de análise.....	25
Tabela 4- Resumo da análise de variância conjunta referente aos teores de proteína e óleo (%) e rendimentos de proteína e óleo (Kg ha ⁻¹) de duas cultivares de soja, cultivadas em cinco populações de plantas em duas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.....	30
Tabela 5- Teor médio de proteína (%) da cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, cultivadas em cinco populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.....	32
Tabela 6- Teor médio de óleo (%) das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR em função das populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.....	35
Tabela 7- Rendimentos médios de proteína (Kg.ha ⁻¹) nas safras 2018/19 e 2019/20 em função das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em Palmas, TO.....	38
Tabela 8- Rendimentos médios de óleo (Kg.ha ⁻¹) nas safras 2018/19 e 2019/20 em função das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em Palmas, TO.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Cultura da soja	17
3.1.1 Importância socioeconômica e produção	17
3.1.2 Fenologia e características edafoclimáticas	19
3.2 Influência das populações de planta na composição química e rendimento de grãos	21
3.2.1 Composição química da soja	21
3.2.2 Influência das populações de plantas	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Área experimental	27
4.2 Tratamentos e delineamento experimental	29
4.3 Condução dos experimentos e tratos culturais	29
4.4 Variáveis analisadas	30
4.5 Análises estatísticas	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Análise de variância	32
5.2 Teor de proteína	33
5.2.1 Comparação de médias	33
5.2.2 Regressão polinomial	35
5.3 Teor de óleo	37
5.3.1 Comparação de médias	37
5.3.2 Regressão polinomial	38
5.4 Rendimento de proteína	39
5.4.1 Comparação de médias	39
5.4.2 Regressão polinomial	41
5.5 Rendimento de óleo	44
5.5.1 Comparação de médias	44
5.5.2 Regressão polinomial	45

6 CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] é uma cultura de destaque no cenário mundial de grãos, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial de soja, com área plantada de 36,8 milhões de hectares e produção de 120,4 milhões de toneladas na safra 2019/2020, sendo a maior safra de soja da série histórica no país (CONAB, 2020; IBGE 2020).

Nos últimos anos o estado do Tocantins vem apresentando destaque e potencial no cultivo da cultura da soja, justificado principalmente pela expansão da área plantada, aumento da produção e produtividade. Na safra 2019/2020 a estimativa produção gira em torno de 2,9 milhões de toneladas, em uma área aproximada de 1 milhão de hectares (CONAB, 2020; IBGE, 2020).

A cultura pode ser utilizada para diversos fins, tanto na alimentação humana quanto animal, como para vários produtos industriais e agroindustriais. O seu cultivo visa a produção basicamente de farelo de soja, que é uma fonte importante de proteína. Entretanto, um dos seus significados econômicos advém da possibilidade de sua transformação em óleo vegetal. (MELO, 2018; OLIVEIRA e REYS, 2009).

A soja é a principal matéria-prima utilizada na produção nacional de biodiesel, representando cerca de 70% do total produzido. Atualmente o teor de biodiesel adicionado ao diesel está em 12% (B12), chegando a produção esperada de 6,7 bilhões de litros de biodiesel, com perspectiva de adição de 1% de biodiesel ao ano, essa política é regulamentada pelo Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (ANP, 2020; UBRABIO, 2020).

Os grãos de soja contêm teor de proteína (36 – 40%), óleo (18 – 22%), e óleo composto por ácido palmítico, ácido oleico, de ácido linoleico e ácido linolênico; açúcares (23%), fibras (4%), minerais (5%) e umidade (11%), sendo a expressão desses componentes influenciada pela interação com o ambiente e práticas de manejo (AKOND et al., 2018; BARBOSA et al., 2011; BELLALLOUI et al., 2015; BELLALLOUI et al., 2020; FARIA et al., 2018; JARDINE e BARROS et al., 2017; KAGAWA, 1995; PATIL et al., 2018; WENER et al., 2017).

Neste sentido, a identificação do arranjo de plantas que resulte em menor competição intraespecífica, permite o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento e rendimento de grãos da soja. Dentre as práticas de manejo, a escolha da cultivar, época de semeadura, os espaçamentos e o ajuste nas populações de plantas são fatores que influenciam no rendimento da soja e nos seus componentes da produção (RAMBO et al., 2003; ROSSI et al., 2017) e na composição química dos grãos (ALMEIDA et al., 2018; BALL, PURCELL e

VORIES, 2000b, BELLALLOUI et al., 2014, BELLALLOUI et al., 2015; BELLALLOUI et al., 2020).

Bellaloui et al. (2020) avaliando a influência do uso de diferentes arranjos populacionais, práticas agrícolas, ambientes e genótipos de soja sobre os seus teores de óleo e proteína, observaram a modificação na composição química da soja, e justificam essas alterações oriundas das populações de plantas estudadas e dos fatores climáticos ocorridos durante o plantio.

O aumento das populações de plantas é uma tendência atual para cultura da soja, pois além de não reduzirem significativamente a produtividade, é uma prática de manejo importante para aumento no rendimento e composição dos grãos, proporcionando redução nos custos de produção pela redução nos gastos com sementes e um maior aproveitamento de insumos na área (KLEIN et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

Assim, a população de plantas é uma prática que deve ser aprimorada para maior eficiência do sistema visando permitir um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento, rendimento e qualidade dos grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; CARMO et al., 2018).

As relações entre um conjunto grande de caracteres em soja são, frequentemente, apresentadas na literatura, porém, não menos importante é entender os efeitos que os componentes de rendimento possuem sobre a produção e composição dos grãos, o qual amplia as informações científicas neste ramo como gera mais alternativas para o poder de decisão dos produtores quanto a cultivar e prática de manejo a ser utilizada em sua lavoura, baseando-se pelas características intrínsecas do material (SOUZA et al., 2015).

Neste sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar o efeito de populações de plantas, em duas cultivares de soja, semeadas em dois anos agrícolas, nos teores e rendimento de óleo e proteína em soja cultivada sob baixa latitude.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar o efeito das populações de plantas, em dois anos agrícolas, nos teores e rendimentos de óleo e proteína em duas cultivares de soja.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar o comportamento das populações de plantas de soja na Região Central do Estado do Tocantins, nas safras 2018/19 e 2019/20;

Identificar as populações de plantas de soja que proporcionam os maiores teores e rendimentos de proteína e óleo nas cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR;

Estudar o efeito dos anos (safras agrícolas) nos teores e rendimentos de proteína e óleo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cultura da soja

3.1.1 Importância socioeconômica e produção

A soja constitui um marco no processo do desenvolvimento agroindustrial do Brasil. Sua influência é tão profunda, que é possível dividir esse processo em duas fases: antes (agricultura de subsistência) e depois da soja (agricultura empresarial). O estabelecimento da soja no Brasil foi um importante fator de desenvolvimento econômico e social (DALL'AGNOL, 2016).

No contexto mundial, o Brasil possui significativa participação na oferta e na demanda de produtos do complexo agroindustrial da soja. Isso tem sido possível pelo estabelecimento e progresso contínuo de uma cadeia produtiva bem estruturada e que desempenha papel fundamental para o desenvolvimento econômico-social de várias regiões do País (ABIOVE, 2018; HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

Atualmente, a soja é cultivada em praticamente todo o território nacional em razão do desenvolvimento de tecnologias de produção para as condições brasileiras e, também, em virtude do melhoramento genético da espécie, com a disponibilização de cultivares de alta produtividade de grãos, tolerantes às pragas e doenças e adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, com avanços recentes na região do MATOBIBA (região formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (ALMEIDA et al., 2016; MACHADO, 2017).

Na região do MATOPIBA, o aumento da área plantada de soja ocorreu prioritariamente nas regiões de maior altitude, como no oeste baiano e nas chapadas do sul do, posteriormente no estado do Tocantins e sul do Piauí. A área plantada de soja no Tocantins apresenta crescimento expressivo recente, superando dificuldades como: baixa altitude, solos com manejo criterioso (ALMEIDA et al., 2016).

A estimativa de produção para o Brasil está em torno de 120,4 milhões de toneladas, sendo a maior safra de soja da série histórica da Conab. Aumento de cerca 4,7% quando comparada à safra passada. Tendo como área plantada cerca de 36,8 milhões de hectares, apresentando um crescimento de 1,9% na área de plantio. Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), as exportações de 2020 devem alcançar 91,9 milhões de toneladas, representando cerca de US\$ 31,9 bilhões. O complexo soja,

composto pela soja em grãos e seus derivados como óleo e farelo de soja é o principal produto exportado, representando 15,7% de toda a exportação brasileira, ficando à frente de produtos importantes como minérios, petróleo e combustíveis (CONAB, 2020; IBGE, 2020).

O complexo da soja compreende uma cadeia produtiva que envolve desde produção interna voltada para a exportação do produto bruto, até a transformação do produto voltada para a indústria esmagadora que processa a soja em farelo ou óleo para a exportação ou para consumo interno (DALL'AGNOL et al., 2012; SILVA, LIMA e BATISTA, 2011).

Neste sentido, apresentando expressiva importância socioeconômica para o Brasil, pois movimenta um amplo número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores socioeconômicos, como empresas de pesquisa e desenvolvimento, fornecedores de insumos, indústrias de máquinas e equipamento, produtores rurais, cooperativas agropecuárias, cooperativas agroindustriais, processadoras, produtores de óleo, fabricantes de ração e usinas de biodiesel, dentre outras. Em outros termos, o supracitado complexo é um vital gerador de riquezas, empregos e divisas, se transformando em um dos principais vetores de desenvolvimento regional do País (COSTA, GUILHOTO e IMORI, 2013; HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

A soja é cultivada visando principalmente a produção de farelo de soja, que é uma fonte importante de proteína. O farelo é muito utilizado na fabricação de ração, compondo a alimentação de suínos e aves. Para que o farelo de soja tenha a quantidade de proteína desejada para a fabricação de ração é realizada a extração do óleo dos grãos, onde a indústria utiliza a prensagem mecânica e posteriormente a extração com solvente para se obter o óleo bruto (MELO, 2018).

A proteína da soja é a única do reino vegetal com possibilidade de substituir as proteínas animais, do ponto de vista nutricional, pois contém todos os aminoácidos essenciais, e em proporção adequada, excetuando-se apenas os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), com níveis baixos de concentração, tanto nos grãos como nos derivados (MANDARINO, 2010).

Em termos mundiais, a soja brasileira contribui com cerca de 29,4% do mercado de óleos vegetais, cuja produção é destinada principalmente ao consumo humano e como matéria-prima para à produção de biodiesel (APROBIO, 2015; PÍPOLO et al., 2015).

A soja é a matéria-prima com maior destaque para a produção do biodiesel, devido as grandes áreas plantadas, seu baixo custo de produção e sua grande oferta de óleo no mercado brasileiro, pois quase 90% da produção de óleo no Brasil provem dessa oleaginosa (MIYASHIRO et al., 2013; PEREIRA et al., 2017).

O setor de Biodiesel tem como proposta o aumento gradual da mistura compulsória de biodiesel, tendo em vista a evolução prevista na Lei 13.263/2016, incluindo a prerrogativa de elevação do índice de mistura conferida ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e na desejável continuidade de evolução gradual da participação do biodiesel na Matriz Energética Brasileira, sem prejudicar os usos facultativos já autorizados. A ampliação da participação do biodiesel na Matriz Energética Brasileira pelo aumento gradual da mistura obrigatória poderá seguir o cronograma mínimo: B7 (2016), B10 (2019), B15 (2025) e B20 (2030) (ABIOVE, 2016). Atualmente o teor de biodiesel adicionado ao diesel está em 12% (B12), chegando a produção esperada de 6,7 bilhões de litros de biodiesel, com perspectiva de adição de 1% de biodiesel ao ano (ANP, 2020; UBRABIO, 2020).

Em abril de 2020, a soja foi a principal matéria-prima utilizada na produção nacional de biodiesel (75,2%), e em seguida outras matérias-primas como outros graxos, que correspondem à matéria-prima tradicional material em tanque, e reprocessamento de subprodutos gerados na produção de biodiesel (9,8%), gordura bovina (8,6%), gordura de porco (2,5%) e etc. (ANP, 2020).

3.1.2 Fenologia e características edafoclimáticas

A fenologia refere-se à parte da botânica que estuda as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto a vegetativa (germinação, emergência, crescimento da parte aérea e das raízes) (Tabela 1) como a reprodutiva (florescimento, frutificação e maturação) (Tabela 2), demarcando as épocas de ocorrência e as respectivas características (FARIAS, NEPOMUCENO e NEUMAIER, 2008).

Os estádios fenológico da soja foi desenvolvido inicialmente por Fehr e Caviness (1977), que elaboraram uma escala fenológica alfanumérica, subdividindo a fenologia em duas grandes fases: vegetativa e reprodutiva, simbolizadas, respectivamente, pelas letras maiúsculas V e R. Recentemente, essa escala vem sofrendo novas subdivisões, em estádios reprodutivos específicos, facilitando a adoção de medidas de manejo relacionadas à condução da cultura, até o ponto de colheita, algumas modificações, adaptadas de Ritchie et al. (1977) e adicionadas a classificação (CÂMARA, 2006).

Tabela 1- Descrição resumida dos estádios fenológicos vegetativos da soja.

ESTÁDIO	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
V _e	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo
V _C	Cotilédone desenvolvido	Cotilédones totalmente abertos
V ₁	Primeiro nó	As folhas unifolioladas estão completamente abertas
V ₂	Segundo Nó	Primeira folha trifoliolada aberta
V ₃	Terceiro Nó	Segunda folha trifoliolada aberta
V...
V _(n)	Enésimo Nó	“enésimo” nó ao longo da haste principal com trifólio aberto

Fonte: Fehr e Caviness (1977).

São denominados pela letra R seguida dos números um até oito. Os estádios reprodutivos abrangem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou seja, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8). Na Tabela 2 são apresentados sumariamente os estádios reprodutivos da soja.

Tabela 2- Descrição resumida dos estádios fenológicos reprodutivos da soja.

ESTÁDIO	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
R2	Florescimento pleno	Maioria das inflorescências da haste principal com flores abertas
R3	Início da frutificação	Vagens com 0,5 a 1,5 cm de comprimento no terço superior da haste principal
R4	Frutificação plena	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com comprimento de 2 a 4 cm (“canivete”)
R5.1	Início da granação	Até 10% da granação máxima na maioria das vagens localizadas no terço superior da haste principal
R5.2		Maioria das vagens no terço superior da haste principal entre 10 e 25% da granação máxima
R5.3	Média granação	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 25 a 50% da granação máxima
R5.4		Maioria das vagens no terço superior da haste principal entre 50 e 75% da granação máxima
R5.5	Final granação	Maioria das vagens no terço superior da haste principal com 75 a 100% da granação máxima
R6	Semente formada ou granação plena	100% de granação na maioria das vagens no terço superior contendo sementes verdes em seu volume máximo (“vagem gorda”)
R7.1	Maturidade fisiológica	Até 50% de folhas e vagens amarelas
R7.2	Maturidade fisiológica	Entre 50 e 75% de folhas e vagens amarelas
R7.3	Maturidade fisiológica	Acima de 75% de folhas e vagens amarelas
R8	Maturidade plena	95% de vagens com a cor da vagem madura
R8.1	Desfolha natural	Até 50% de desfolha
R8.2	Desfolha natural	Acima de 50% de desfolha. aproxima-se o ponto de colheita
R9	Maturidade a campo	95% de vagens com a cor da vagem madura

Fonte: Fehr e Caviness (1977); Ritchie et al. (1982).

Em razão da sensibilidade da soja ao fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar varia com a latitude, ou seja, à medida que o seu cultivo se desloca em direção ao sul ou ao norte.

Portanto, cada cultivar tem uma faixa limitada de adaptação em função do seu grupo de maturidade (VILELA et al., 2016).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade de água, são os que mais interferem no desenvolvimento e produtividade da soja. No rendimento de grãos a disponibilidade hídrica é imprescindível para melhores resultados. Sendo que a cultura apresenta dois períodos críticos em relação à falta de água: da sementeira à emergência e durante o enchimento dos grãos. A falta de água durante o período de enchimento dos grãos é mais prejudicial do que durante a floração. A necessidade hídrica na soja vai aumentando de acordo com desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), caindo após essa fase. Para a obtenção de rendimentos satisfatórios, a soja necessita entre 550 a 800 mm de água durante seu ciclo, em função das condições edafoclimáticas, do manejo da cultura e do ciclo da cultivar utilizada (EMBRAPA, 2014).

A soja se adapta melhor às regiões onde as temperaturas oscilam entre 20 °C e 30 °C. A faixa de temperatura do solo adequada para a sementeira varia nesta faixa de temperatura, sendo 25 °C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme. A floração da soja somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima da temperatura base, que varia de cultivar para cultivar. A diferença na data de floração eventualmente apresentada por uma cultivar semeada na mesma data em anos diferentes ocorre principalmente pelas variações de temperatura. As altas temperaturas podem acelerar a maturação, enquanto baixas temperaturas na fase da colheita, associadas a períodos chuvosos ou de alta umidade, podem provocar atrasos na data da colheita e retenção foliar (FARIAS, NEPOMUCENO e NEUMAIER, 2008).

3.2 Influência das populações de planta na composição química e rendimento de grãos

3.2.1 Composição química da soja

Em geral, o grão da soja é constituído de 8% de cascas, 90% cotilédones e 2% hipocótilos, sendo que os cotilédones contêm a maioria dos lipídios e proteínas, que juntos representam 60% em peso seco e o restante é principalmente carboidratos (35%) e cinzas (5%) (GONÇALVES et al., 2014; LIU, 1999).

A maioria das cultivares de soja apresenta um teor médio entre 36% e 40% de proteína, podendo atingir conteúdos superiores a 45%, no caso de cultivares especiais utilizadas em cruzamentos genéticos como fonte para alto teor de proteínas (KAGAWA et al., 1994; MENDES et al., 2004; PERKINS, 1995).

Os grãos de soja contêm teor de proteína (36 – 40%), óleo (18 – 22%), e óleo composto por ácido palmítico, ácido oleico, de ácido linoleico e ácido linolênico; açúcares (23%), fibras (4%), minerais (5%) e umidade (11%). Entretanto, existem poucas informações sobre os efeitos da densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na formação, qualidade e composição dos grãos (AKOND et al., 2018; BELLALOUÏ et al., 2020; BELLALOUÏ et al., 2015; JARDINE e BARROS et al., 2017; KAGAWA, 1995; WENER et al., 2017).

A concentração de proteína em grãos de soja varia de 31,7 a 57,9% e a concentração de óleo varia de 8,0 a 25,4%, média de 44,3 e 17,9% (base seca) respectivamente, nos 16.472 acessos do Banco de Germoplasma da Embrapa Soja (PÍPOLO et al., 2015).

Os grãos de soja apresentam relação 2:1 entre os teores de proteína e de óleo, respectivamente, enquanto outras culturas como o amendoim e o girassol têm este índice inverso (BRIM, 1973).

Para Rangel et al. (2007) tem sido dada maior ênfase ao incremento na produtividade de grãos, do que à composição química dos grãos. Justificando principalmente pelo baixo incentivo econômico, para a criação de genótipos com elevado teor proteico.

A composição química do grão depende da herança genética (tipo de cultivar), condições ambientais (localização geográfica, época de semeadura e clima) e práticas de manejo (BORDINGNON e MANDARINO, 1994).

A influência ambiental nos teores de proteína e óleo dos grãos de soja pode variar de acordo com as práticas culturais, as características e o manejo do solo, a altitude e as condições de clima, sobretudo chuvas e radiação solar (PÍPOLO et al., 2015).

Piper e Boote (1999) encontraram em dados de campo que a concentração de proteína decresceu quando a temperatura aumentou de 14 para 20 °C e aumentou quando a temperatura aumentou para valores superiores a 25 °C, enquanto que os máximos teores de óleo foram encontrados nas variações de temperatura de 25 a 28 °C.

Além disso, a caracterização da soja quanto ao teor de óleo e proteína possibilita disponibilizar informações sobre as cultivares e populações mais indicadas para determinados usos, agrega valor qualitativo a esses produtos e viabiliza o aumento da sua participação no mercado. A avaliação dos efeitos do local de semeadura sobre o teor de óleo permite a recomendação de locais que otimizem a expressão desta característica de qualidade (PÍPOLO et al., 2015).

O rendimento é muito influenciado por vários fatores ambientais, como precipitação, temperatura e fotoperíodo (GUIMARÃES et al., 2008). Pinto et al. (2017) destacam os fatores ambientais que devem ser levados em consideração quando se visa o aumento da

produtividade e a qualidade da produção final, são eles principalmente: temperatura, a precipitação pluvial, a umidade relativa do ar, a umidade do solo e o fotoperíodo.

Além disso, a complexidade na composição química da soja, é influenciada pela combinação de forças hereditárias e do ambiente em que cresceu. Além disso, as variações dos teores de proteína na soja são influenciadas pelas condições climáticas, localização geográfica, cultivares, tipo de solo e práticas agrônômica. (SOUZA et al, 2009).

Mundstock e Thomas (2005) ressaltam que a sensibilidade a fatores como fotoperíodo, temperatura do ar, acamamento, retenção foliar e déficit hídrico podem afetar no crescimento da planta e no rendimento de grãos. Para Albrecht et al. (2008), a baixa incidência de precipitação e altas temperaturas, no período de enchimento de grãos, podem ocasionar alterações na biossíntese de óleo, levando a diferentes comportamentos entre as cultivares.

A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração e enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após esse período. Déficit hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos (EMBRAPA, 2013).

Apesar de o déficit hídrico ser o principal fator limitante da produtividade da soja no Brasil, o excesso hídrico, associado a intensas precipitações, o que penaliza tanto a produtividade, por favorecer a ocorrência de certas doenças, como a qualidade dos grãos, quando coincide com o período de colheita (SENTELHAS e BATTISTI, 2015).

O teor de proteínas na soja é definido geneticamente, porém alterações na disponibilidade de nitrogênio para os grãos podem ser induzidas pelo ambiente (HAYATI, EGLI e CRAFTS-BRANDNER, 1995). Essas alterações na disponibilidade de nitrogênio para os grãos e, conseqüentemente, no teor de proteínas do grão podem estar diretamente relacionadas com a fixação biológica do nitrogênio.

Em condições tropicais, os fatores que mais afetam a fixação biológica de nitrogênio são as altas temperaturas, o estresse hídrico e a acidez do solo. A precipitação no período de enchimento dos grãos explica melhor a diferença no teor de proteínas do que as variações na temperatura, devendo esse parâmetro estar ligado ao estresse hídrico. Porém, segundo o mesmo autor, essas variações também influem na produtividade, o que exige maior atenção para se verificar a relação entre o teor de proteínas e os fatores ambientais. Com menor produtividade,

o teor de proteínas pode aumentar pela concentração da proteína frente ao total de massa seca produzido (PÍPOLO, 2002).

O estresse hídrico durante o período de enchimento de grãos pode afetar o processo de fixação simbiótica de N₂ que, preferencialmente, vai para a formação dos grãos. A ocorrência de veranicos mais severos, com queda acentuada da produtividade de grãos, pode aumentar a concentração de proteínas na semente (TAIZ et al., 2017).

Como observado os fatores ambientais variam muito de um ano para o outro, sendo extrema importância ampliar os estudos relacionados às interações ambientais na cultura da soja que visam quantificar ou estimar esse efeito em programas de melhoramento de soja no estado do Tocantins (PELUZIO et al., 2008). A identificação da época de semeadura mais indicada para cada cultivar, resultaria em melhor desenvolvimento das plantas, em incrementos na produção de grão sem alterações nas características agrônômicas e, por fim, no incremento da produtividade (PELUZIO et al., 2005; PELUZIO et al., 2010).

Sentelhas et al. (2015) e Battisti (2016) em suas respectivas pesquisas avaliando a produtividade da soja cultivada entre as safras 1990/1991 e 2014/2015, utilizando modelos computacionais, para quatro localidades do estado do Mato Grosso, observaram efeito climático sobre a produtividade. Ressaltam que a produtividade da soja é bastante influenciada pela variabilidade das condições climáticas, tanto espacial quanto temporalmente.

Além disso, alguns autores indicam diferenças no plantio de cultivares em anos diferentes como Stülp et al. (2009), Meotti et al. (2012), Lopes et al. (2014), Monteiro et al. (2017) e Carmo et al. (2018).

3.2.2 Influência das populações de plantas

Pela importância econômica da cultura da soja, diversas pesquisas são realizadas na busca constante de cultivares adaptadas mais produtivas, com maior porcentagem de proteína e melhor qualidade de óleo, resistência a doenças e pragas, melhor plantabilidade e conseqüentemente o aumento na produtividade. As populações de plantas têm papel fundamental na lavoura, uma vez que altas produtividades podem ser obtidas a partir da distribuição espacial no ambiente (FISS et al., 2018).

A soja é uma espécie que apresenta uma grande plasticidade fenotípica em que a planta modula seu crescimento de acordo com alterações no arranjo espacial de plantas na área, variando o número de ramificações, quantidade de vagens e grãos por planta e composição dos grãos. A composição química dos grãos e os rendimentos, são influenciados pelos fatores que

condicionam o crescimento das plantas, ou seja, clima local, ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo. Portanto, estes são os fatores que definem a resposta da soja à variação na população de plantas (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2018; BALLARÉ et al., 2012; EMBRAPA, 2014; FERREIRA et al., 2016; GARCIA et al., 2007; SILVA et al., 2010).

Sobko et al. (2019) estudando o efeito das densidades e o padrão de semeadura sobre o rendimento e composição dos grãos de cultivares de soja em dois anos de plantio, concluem que o rendimento de grãos e a composição dos grãos aumentaram com o aumento da densidade de semeadura.

Bellaloui et al. (2020) avaliando a influência do uso de diferentes arranjos populacionais, práticas agrícolas, ambientes e diferenças de cultivares de soja sobre os seus teores de proteínas, óleo, açúcares e aminoácidos. Constatam que a composição dos teores de óleo e proteína são alterados com a modificação das populações de plantas.

Güllüoğlu et al. (2017) destacam que a densidade ótima de plantas para atingir a produtividade máxima pode variar de cultura para cultura, genótipo para genótipo e localização para localização. Neste sentido, avaliando o efeito da densidade de plantas no rendimento de grãos constatam a variação na composição química dos grãos em função das densidades, genótipos e ano de plantio.

Bellaloui et al. (2014) estudando os efeitos de taxas de semeadura e espaçamento entre linhas sobre a composição de grãos em cultivares de soja, verificam a modificação nos teores de proteína e óleo com a variação na quantidade de plantas na mesma área, destacando também a influência dos fatores ambientais.

Büchling et al. (2017) conduziram uma pesquisa com o intuito de avaliar a resposta de nove genótipos de soja em diferentes densidades populacionais na região sul do país e observaram que não houveram valores discrepantes em relação aos rendimentos de grãos, logo, correlacionaram esse desempenho da cultura à plasticidade da planta. Entretanto, Cruz et al. (2016) relataram o incremento da produtividade de grãos, de acordo com o aumento da densidade de semeadura, apesar de terem empregado distintos arranjos espaciais de plantas.

Falkoski Filho et al. (2013) em seu trabalho onde avaliando a semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido em soja, observaram maiores rendimentos em espaçamentos reduzidos entre plantas, e atribuíram estes rendimentos a vários fatores, como a melhor distribuição das raízes, sombreamento mais rápido do solo que ajudou para melhor uso da água para as plantas, reduziu a competição intraespecífica, mais habilidade de competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo e maior e mais rápida interceptação da energia solar,

além de ocorrer o aumento nos rendimentos produtivos com a diminuição dos espaçamentos entre plantas e entrelinhas.

Cruz et al. (2016) reafirma que a produtividade é definida pela interação entre a planta, ambiente e manejo. Em ensaios onde avaliou-se o efeito de densidades e arranjos de plantas no desenvolvimento vegetativo e produtividade de grãos de soja. Obtiveram como resultado que o aumento da densidade de semeadura resulta em aumento da rendimentos de grãos da soja independente do arranjo espacial entre plantas utilizado.

Güllüoğlu, Bakal e Arioğlu (2016) em seu estudo onde objetiva-se determinar a influência do padrão de plantio em duas fileiras e da população de plantas no rendimento de sementes e nos componentes de rendimento da soja no plantio tardio. Afirmam que é possível aumentar o número de plantas por unidade de área pelo padrão de plantio de duas linhas. Os resultados de dois anos deste estudo indicaram que o aumento da densidade de plantas por unidade de área aumentou o rendimento produção de grãos por hectare. Sugerindo o plantio em duas fileiras e alta densidade de plantas

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área experimental

Foram instalados dois ensaios, sendo um no ano agrícola 2018/19 (safra 2018/19), em semeadura realizada em 08/12/2018, e outro no ano 2019/20 (safra 2019/20), em semeadura efetuada em 17/12/2019, na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Palmas, TO (latitude: 10°45 sul; longitude: 47°14 oeste e altitude: 220 m).

A área onde realizou-se o experimento encontrava-se com o cultivo de culturas anuais, por período superior a cinco anos. O preparo do solo ocorreu de maneira convencional, realizando uma gradagem e aração e posteriormente aconteceu o sulcamento para plantio.

O solo foi coletado de maneira representativa da área, na profundidade de 0-20 cm, para realização das análises físicas e químicas (Tabela 3), solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico com textura franco arenosa, classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), relevo plano e com boa drenagem.

Tabela 3. Caracterização do solo por meio de análise físico-química de solo, conforme metodologia tradicional de análise.

pH _{H2O}	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V%	M.O.	Areia	Argila	Silte
	mg dm ⁻³			-----cmol dm ⁻³ -----						g dm ⁻³	-----%-----		
5,17	16,92	0,21	2,61	0,33	0,00	2,40	3,15	5,55	56,76	16,73	62,35	24,91	12,74

O clima na região é classificado segundo Koppen-Geiger como AW tropical úmido, apresentando duas estações bem definidas como verão quente e úmido e inverno ameno e seco, o que contribui para as altas temperaturas na região., conforme classificação (SEPLAN, 2012).

Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica, registrados no ano agrícola 2018/19 e 2019/20, sendo obtidos através da coleta diária de dados no local do ensaio (Figura 1 e 2) (INMET, 2020).

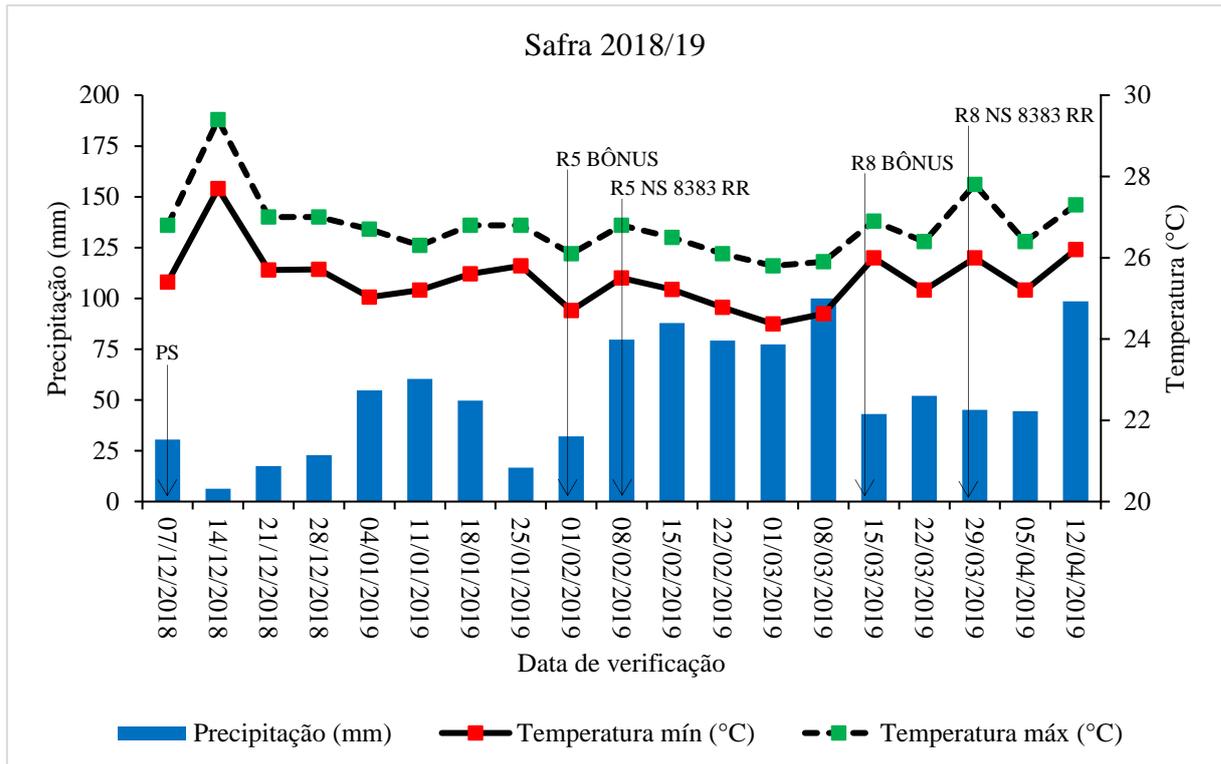


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal e temperaturas máximas e mínimas média referentes aos meses de dezembro de 2018 a abril de 2019. Palmas, TO. Fonte: INMET. PS – plantio da soja, R5 – início do desenvolvimento dos grãos, R8 – maturação plena dos grãos (FEHR et al., 1971).

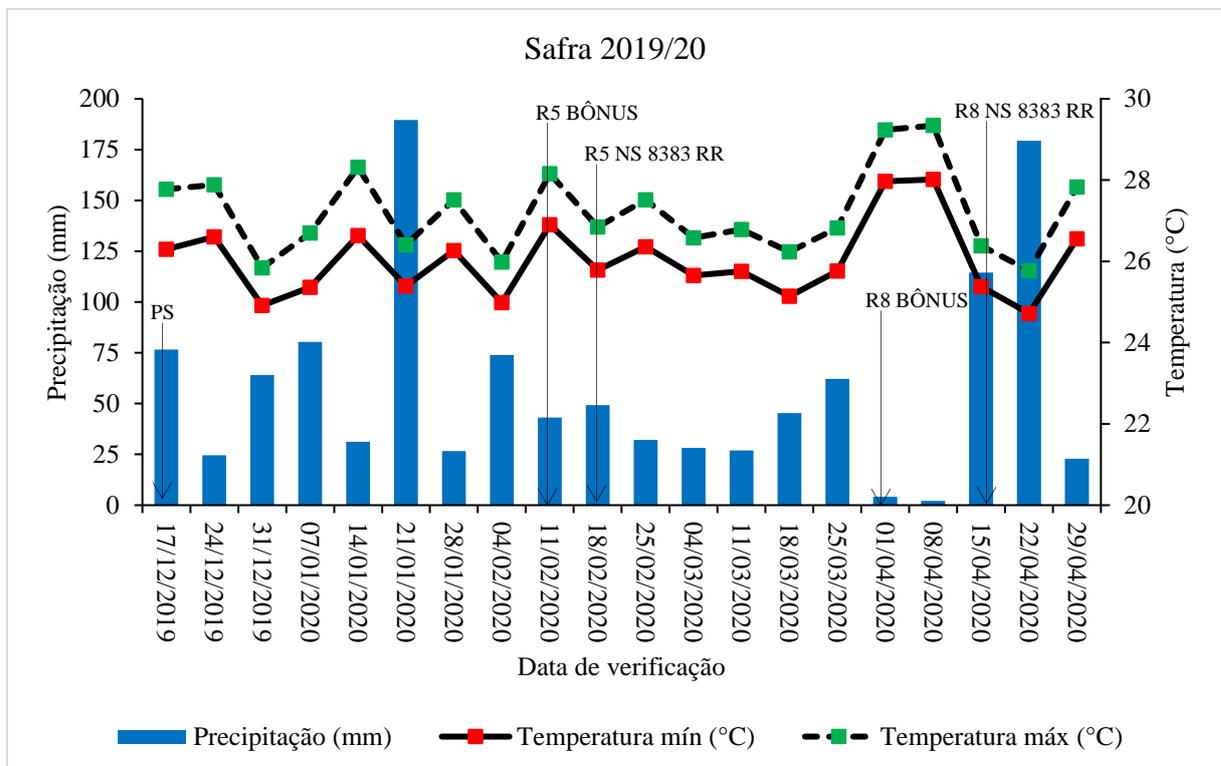


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal e temperaturas máximas e mínimas média referentes aos meses de dezembro de 2019 a abril de 2020. Palmas, TO. Fonte: INMET. PS – plantio da soja, R5 – início do desenvolvimento dos grãos, R8 – maturação plena dos grãos (FEHR et al., 1971).

4.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi o de blocos casualizados com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcela subdividida, sendo alocadas nas parcelas duas cultivares de soja (BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR) e nas sub parcelas cinco populações de plantas (200, 250, 300, 350 e 400 mil.ha⁻¹). A parcela experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento com 0,45m de largura, sendo a área útil representada pelas duas fileiras centrais após remoção de 0,50m da extremidade de cada uma.

A cultivar BÔNUS 8579 RSF IPRO apresenta como principais características: alto potencial produtivo, estabilidade, ampla região de adaptação e excelente desenvolvimento inicial. Apresenta ciclo de plantio de 105 dias e floração com 35 dias após o plantio, com população de plantas indicada de 250 a 350 mil.ha⁻¹, grau de maturação 7.4 (BRASMAX, 2018). A cultivar NS 8383 RR apresenta características como: alta produtividade, amplitude de época de plantio e arquitetura favorável ao controle de doenças. Apresenta ciclo de plantio de 109 a 119 dias e floração com 35 dias após o plantio, com população de plantas indicada de 260 a 340 mil.ha⁻¹, grau de maturação 8.3 (NIDERA, 2015).

4.3 Condução dos experimentos e tratos culturais

Realizou-se a semeadura manualmente, distribuindo-se as sementes por metro, cerca de 50% a mais do que a população de plantas desejada. A semeadura foi realizada em sulcos, depositando-se as sementes na profundidade de 3 cm. Aos 10 dias após a semeadura, foi realizado desbaste das plantas deixando o número de plantas por metro linear indicado para cada população.

No plantio ocorreu a adubação com superfosfato simples (110 kg/ha⁻¹) e em cobertura a adubação potássica com cloreto de potássio (95 kg/ha⁻¹) (11/01/2019) no estágio V2 (vegetativo). As adubações de coberturas foram realizadas a lanço, na linha de cultivo próximo ao colo da planta.

As sementes foram tratadas com fungicidas, seguido de inoculação de sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (500 kg/ha⁻¹). Realizou-se o desbaste após a emergência completa das plântulas, deixando a quantidade plantas para cada população determinada nos tratamentos.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fez necessário, de modo a impedir a interferência destes fatores sobre o desenvolvimento dos cultivares de soja (SEDIYAMA et al., 2016).

As plantas, de cada parcela experimental, foram colhidas uma semana após terem apresentado 95% das vagens maduras (estádio R8). Após a colheita, as plantas foram trilhadas e as sementes pesadas, após estarem secas (13% de umidade) e limpas, para a determinação do percentual e rendimentos de óleo, proteína.

4.4 Variáveis analisadas

As análises químicas foram realizadas no laboratório de Solos e Resíduos Agroindustriais (LASOR) do Programa de Pós-graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins - *Campus* Universitário de Palmas.

Para o teor de proteína foi utilizada a método de digestão por micro-Kjeldahl descrito pela Association of Official Analytical Chemists (1975), com modificações, que consiste em digestão sulfúrica, destilação e titulação das amostras. Encontrando o valor do nitrogênio total da amostra e posteriormente convertendo para proteína bruta por meio do fator 6,25, utilizando três amostras por tratamento em cada um dos ensaios, cada amostra pesando de 0,5 gramas do material seco e moído. O rendimento proteico foi obtido através do produto entre o teor de proteína e a produtividade de grãos (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997).

A extração de óleo foi realizada através do método de Bligh-Dyer (1959) uso da mistura de clorofórmio, metanol e água. A amostra de 2 gramas seca e moída é misturada com metanol e clorofórmio deixando formar apenas uma fase, utilizando três amostras por tratamento em cada um dos ensaios. O rendimento de óleo foi obtido através do produto entre o teor de óleo e a produtividade de grãos.

4.5 Análises estatísticas

Após a obtenção dos dados, foi realizada a análise de variância individual e, posteriormente, análise conjunta dos ensaios em que o menor quadrado médio residual não diferiu em mais de sete vezes do maior (CRUZ, REGAZZI e CARNEIRO, 2012), sendo as médias dos fatores anos e cultivares comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5 % de significância. Para as populações de plantas, foram realizadas análises de regressão, através do

uso de polinômios ortogonais, e uma vez estabelecida a relação funcional entre as populações e a variável dependente, foi obtida a equação de regressão.

Foi utilizado o programa estatístico Sirvar 5.6 (FERREIRA, 2011) e para a construção dos gráficos utilizou-se o programa Origin Pro 8.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise de variância

O resumo da análise de variância conjunta para os teores e rendimento de proteína e óleo, revelou efeito significativo para todos os fatores, com exceção da interação cultivar x população para os teores de óleo e proteína e o fator cultivar para o teor de óleo (Tabela 4).

A significância das interações triplas para o teor de proteína e óleo e interações duplas para rendimento de proteína e óleo indica que os efeitos isolados dos fatores não explicam toda a variação encontrada, sendo realizados os desdobramentos. Assim, a realização do desdobramento se torna necessário, para explicar as variações de um determinado fator que podem estar vinculadas às variações que ocorrem nos outros fatores.

Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta referente aos teores de proteína e óleo (%) e rendimentos de proteína e óleo (Kg.ha⁻¹) de duas cultivares de soja, cultivadas em cinco populações de plantas em dois anos agrícolas (safras 2018/19 e 2019/20), em Palmas, TO.

FV	GL	QM			
		Teor de proteína (%)	Teor de óleo (%)	Rendimento de proteína (Kg.ha ⁻¹)	Rendimento de óleo (Kg.ha ⁻¹)
Bloco/Ano	4	3,296*	10,147*	21543,216 ^{ns}	6154,969 ^{ns}
Ano	1	43,776*	26,573*	214704,987*	82335,342*
Cultivar	1	317,998*	0,706 ^{ns}	2370505,884*	449870,514*
População	4	22,497*	11,264*	86024,240*	27546,732*
Ano x Cultivar	1	26,893*	6,916*	156514,585*	47679,087*
Ano x População	4	3,365*	3,784*	69878,269*	14145,748*
Cultivar x População	4	1,543 ^{ns}	1,904 ^{ns}	40915,200*	19292,316*
Ano x Cultivar x População	4	7,792*	13,757*	14707,565 ^{ns}	6614,934 ^{ns}
Erro	54	0,608	1,168	10452,621	3312,898
MÉDIA		37,5	21,32	768,686	432,583
CV (%)		2,08	5,07	13,30	13,31

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo; pelo teste F. CV%: Coeficiente de Variação.

O efeito significativo das populações de plantas, indica a presença de plasticidade da cultura da soja e sua capacidade de se adaptar a diferentes manejos. Já o efeito dos anos de plantio, revela a importância de realização dos ensaios em diferentes safras (MODOLO et al., 2016; GIRALDI, 2016; BÜCHLING et al., 2017; HEIFFIG et al., 2005).

A significância da interação entre ano x cultivar indica que as cultivares apresentaram comportamento diferenciado em função condições climáticas em cada ano de cultivo, ocorrendo principalmente pelas variações na precipitação e temperatura (Figura 1). Alguns autores indicam diferenças no plantio de cultivares em anos diferentes como Stülp et al. (2009), Meotti et al. (2012), Lopes et al. (2014), Monteiro et al. (2017) Carmo et al. (2018).

Os coeficientes de variação (CV) obtidos variaram entre 2,08 a 5,07% para teor de proteína e óleo, respectivamente, indicando boa precisão na condução dos experimentos. Para os rendimentos de proteína e óleos (13,30 e 13,31%), indicam precisão média. Segundo classificação proposta por Pimentel-Gomes (2009), o CV é classificado como baixo quando menor do que 10%; médio quando de 10 a 20 %; alto, de 20 a 30%.

Os coeficientes de variação estão próximo aqueles obtidos por Naoe et al. (2017) 3,1%, Ferreira et al. (2016) 2,9%, Sales et al. (2016) 2,06%, Weber et al, (2017) 2,3%, Faria et al. (2018) 7,95% e Calçado et al. (2019) 3,2% para teor de proteína, Naoe et al. (2017) 8,7%, Ferreira et al. (2016) 4,4%, Weber et al, (2017) 3,6%, Faria et al. (2018) 9,34% e Calçado et al. (2019) 12% para teor de óleo, Naoe et al. (2017) 16,4% para rendimento de proteína, Lopes et al. (2014) 12,1 a 24,6%, Cavalcante, Sousa e Hamawaki (2011) 16,08% para rendimento de óleo.

5.2 Teor de proteína

5.2.1 Comparação de médias

Os teores de proteína das cultivares, nos dois anos agrícolas (safras 2018/19 e 2019/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentados na Tabela 5.

As médias dos teores de proteínas nas cultivares e populações variaram de 32,18% - Safra 2019/20 (cultivar Bônus, 200 mil plantas.ha⁻¹) a 42,33% - Safra 2019/20 (cultivar NS 8383 RR, 300 mil plantas.ha⁻¹). Nos anos agrícolas de 2018/19 e 2019/20, a variação nos teores de proteínas nos grãos de soja esteve próxima das médias constatadas na literatura por Albrecht et al. (2008), Barbosa et al. (2011), Balbinot Júnior et al. (2016), Sales et al. (2016), Almeida et al. (2018), Faria et al. (2018).

O estudo comparativo entre as cultivares, em cada safra e em cada população de plantas, revelou que NS 8383 RR apresentou, significativamente, maior teor de proteína que a cultivar Bônus, em ambas as safras e em todas as populações de plantas.

As diferenças observadas entre as cultivares, revela um comportamento diferencial, quanto à regulação metabólica que determina a síntese de proteínas, e que, possivelmente, deve afetar outras macromoléculas, estendendo-se, provavelmente, a influência na síntese de vários outros metabólitos primários ou secundários (ALBRECHT et al., 2008).

As diferenças na composição química das sementes entre as cultivares, pode ser atribuídas as diferenças entre as cultivares quanto ao grupo de maturação (ZHANG et al., 2005) ou em relação à adaptabilidade aos fatores de estresse ambiental tais como o conteúdo de água do solo e temperatura ambiente (BELLALLOUI e MENGISTU, 2008; ROTUNDO e WESTGATE, 2010).

Segundo Leffel et al. (1992), o maior conteúdo de proteína nas sementes de uma cultivar pode estar associado a um maior acúmulo de N, oriundo de um período maior de fixação simbiótica (até estágio R6), a uma maior fixação de N₂ e uma maior remobilização do nitrogênio para a semente.

Rangel et al. (2004) afirmam que genótipos com alto nível de proteína tiveram baixas produtividades, curta duração do período de enchimento de grão e rápidas distribuições do N e acumulação da matéria seca.

Tabela 5. Teor médio de proteína (%) da cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, cultivadas em cinco populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.

População de plantas (mil.ha ⁻¹)	Safr 2018/19		Safr 2019/20	
	Cultivares		Cultivares	
	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR
200	33,59 Ab	35,33 Ba	32,18 Ab	41,73 Aa
250	35,47 Bb	37,97 Ba	36,99 Ab	41,39 Aa
300	35,94 Bb	41,02 Aa	37,46 Ab	42,33 Aa
350	36,66 Ab	40,27 Aa	35,31 Bb	40,33 Aa
400	33,78 Bb	36,86 Ba	35,02 Ab	40,89 Aa

1/ Médias entre as cultivares, dentro da mesma safra e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra minúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.
2/ Médias entre as safras, dentro da mesma cultivar e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra maiúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Quando comparadas as épocas de semeadura, para cada cultivar e população de plantas, pode-se observar que, para a grande maioria das populações de plantas nas duas cultivares, um maior teor de proteína foi obtido na safra 2019/20.

A ocorrência de uma menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos (estádios R5 – R6), ou seja, 20 a 30 dias antes da maturação dos grãos na safra 2019/20 (Figura 2), com relação à safra 2018/19 (Figura 1), resultou em um maior conteúdo de proteína nos grãos. Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Ramos et al. (2005), Marcos Filho (2005), Albrecht et al. (2008), Bellaloui e Mengistu (2008), Lopes, Peluzio e Martins (2016), Dourado et al. (2018), que também verificaram aumento no conteúdo de proteína nos grãos, em plantas cultivadas em épocas de menor disponibilidade hídrica.

Segundo Rotundo e Westgate (2010), sob condições de baixa disponibilidade hídrica, a taxa de crescimento das sementes é mantida e a remobilização de nitrogênio das folhas e das paredes das vagens aumentaria a disponibilização de nitrogênio, aumentando, assim, a taxa de acumulação de proteínas nas sementes.

5.2.2 Regressão polinomial

Foi observada relação funcional entre as populações de plantas, para a cultivar Bônus, nas safras 2018/19 e 2019/20, e para a cultivar NS 8383 RR, apenas para a safra 2018/19, sendo, assim, ajustados modelos de regressão, que foram quadráticos para ambas as cultivares (Figura 3).

As cultivares Bônus (safra 2018/19) (Figura 3a), NS 8383 RR (safra 2018/19) (Figura 3b) e Bônus (safra 2019/20) (Figura 3c) apresentaram incremento no teor de proteína, com aumento da população de plantas, até alcançar a máxima eficiência técnica (MET) que foi, respectivamente, de 36,3%, 40,7% e 37,4% obtida nas populações de 305,2 mil plantas.ha⁻¹, 312,1 mil plantas.ha⁻¹ e 316,8 mil plantas.ha⁻¹. A partir da população de plantas que resultou na MET, houve uma redução no teor de proteína.

O aumento do teor de proteína, com o incremento na população de plantas, pode ser explicado pelo fato de que com o aumento na população de plantas, pode ter ocorrido aumento do índice de área foliar, uma maior interceptação de luz e um rápido fechamento do dossel, resultando em aumento nas taxas de metabolismo do nitrogênio e no incremento proteico dos grãos (BALL, PURCELL e VORIES, 2000a; PÍPOLO et al., 2015).

Por outro lado, o decréscimo na concentração de proteína, após a MET, pode ter sido devido à competição entre plantas por nutrientes disponíveis no solo (BELLALOUI et al., 2014), por água e pelo maior sombreamento oriundo das altas populações (BALL, PURCELL e VORIES, 2000b).

O efeito do sombreamento, oriundo destas altas populações, resulta em menor intensidade de luz na parte mais baixa do dossel e em menor atividade fotossintética, levando à uma redução nas atividades das enzimas nitrato redutase, nitrogenase e da relação N/S (BELLALOUÍ et al., 2010; BELLALOUÍ e GILLEN, 2010), com consequente redução no teor de proteína. Esses resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Bellaloui e Gillen (2010) e Sales et al. (2016), que também observaram redução de proteína entre os terços superior e inferior de, respectivamente, 4,0 e 3,03%.

A modificação nos teores de proteína com a modificação nos espaçamentos nas entrelinhas e entre plantas em diferentes genótipos e ambientes foram também observados por Spaeth e Sinclair (1984), Ball, Purcell e Vories (2000a), Bellaloui e Gillen (2010), Bellaloui et al. (2012), Luca e Hungria (2013), Jaureguy et al. (2013), Bellaloui et al. (2014), Tibolla et al. (2019) e Bellaloui et al. (2020).

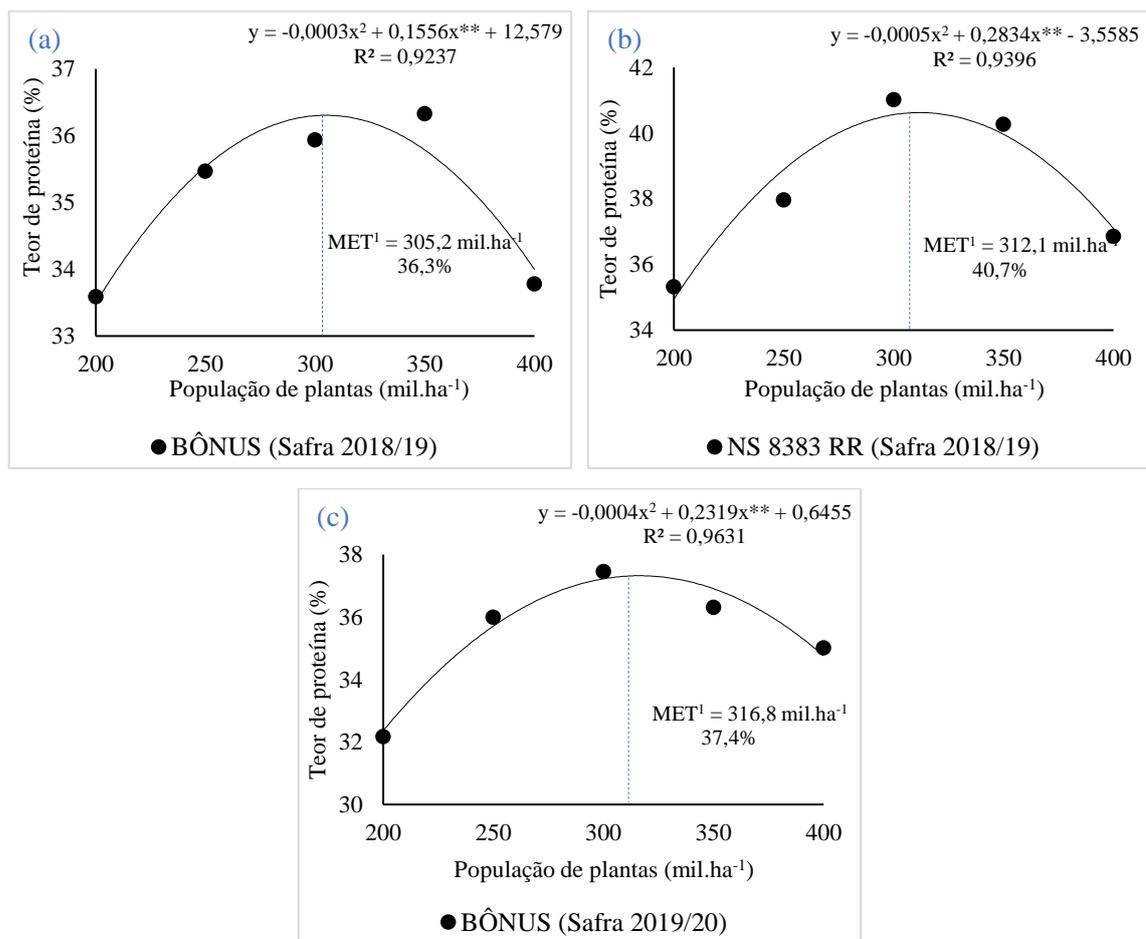


Figura 3. Teor médio de proteína (%) de cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR em função das populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.

**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

5.3 Teor de óleo

5.3.1 Comparação de médias

Os teores de óleo das cultivares, nas duas safras (2018/19 e 2019/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentados na Tabela 6.

Os teores de óleo nas cultivares e populações variaram de 17,97% - safra 2018/19 (cultivar NS 8383 RR, 200 mil plantas.ha⁻¹) a 24,96% - safra 2019/20 (cultivar Bônus, 350 mil plantas.ha⁻¹).

No estudo comparativo entre as médias das cultivares, em cada safra e em cada população de planta, a cultivar Bônus obteve maior teor de óleo nas populações de 200 mil plantas.ha⁻¹ (21,58%) e 350 mil plantas.ha⁻¹ (24,96%), respectivamente, nas safras 2018/19 e 2019/20. Já a cultivar NS 8383 RR obteve maior teor de óleo nas populações de 350 mil plantas.ha⁻¹ (22,19%) e 200 mil plantas.ha⁻¹ (22,39%), respectivamente, nas safras 2018/19 e 2019/20. Nas demais populações, não foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares.

Albrecht et al. (2008), Ávila et al. (2007), Barbosa et al. (2011), Faria et al. (2018) e Minuzzi et al. (2009) verificaram que o conteúdo de óleo nos grãos é afetado por fatores genéticos intrínsecos das cultivares, que podem ser alterados principalmente pelas condições ambientais durante o período de enchimento de grãos.

Tabela 6. Teor médio de óleo (%) das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR em função das populações de plantas, nas safras 2018/19 e 2019/20, em Palmas, TO.

População de plantas (mil ha ⁻¹)	Safra 2018/19		Safra 2019/20	
	Cultivares		Cultivares	
	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR	BÔNUS 8579 RSF IPRO	NS 8383 RR
200	21,58 Aa	17,97 Bb	19,30 Bb	22,39 Aa
250	21,92 Aa	20,81 Aa	21,13 Aa	20,99 Aa
300	20,72 Ba	21,61 Ba	23,51 Aa	23,66 Aa
350	19,99 Bb	22,19 Aa	24,96 Aa	22,49 Ab
400	20,22 Aa	19,54 Ba	19,45 Ab	22,63 Aa

1/ Médias entre as cultivares, dentro da mesma safra e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra minúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.
2/ Médias entre as safras, dentro da mesma cultivar e da mesma população de plantas, seguidas de mesma letra maiúscula na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo, a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

Quando comparadas as épocas de semeadura, para cada cultivar e população de plantas, pode-se observar que, de modo geral, houve um maior teor de óleo na safra 2019/20, em virtude

da ocorrência de temperaturas mais altas e um período de menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos (estádios R5 – R6) (Figura 2), em relação à safra 2018/19 (Figura 1). Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Albrecht et al. (2008), Bellaloui e Gillen (2010), Barbosa et al. (2011), Bellaloui et al. (2012), Bellaloui et al. (2020), Bruno et al. (2015), Faria et al. (2018), Güllüoğlu, Bakal e Arioğlu (2016), Pípolo (2002) e Weber et al. (2017) que também observam o aumento no conteúdo de óleo nos grãos, em plantas cultivadas em períodos de menor disponibilidade hídrica e sob temperaturas mais altas.

A maioria dos estudos apontam as variações climáticas como o principal fator responsável pela alteração no teor de óleo nos grãos, sendo as altas temperaturas e a ocorrência de déficits hídricos os principais responsáveis em alterar a qualidade química e fisiológica dos grãos (GREGGIO e BONINI, 2014).

Segundo Bruno et al (2015), as condições ambientais durante o enchimento dos grãos de soja produzem modificações na sua composição bioquímica, principalmente nas concentrações de óleo.

Para Singer, Zou e Weselake (2016) a ocorrência de variações nos teores de óleo nos grãos entre anos e locais, indicam que a biossíntese lipídica em plantas é influenciada em grande parte por vários fatores ambientais, como temperatura, água, disponibilidade de luz e nutrientes do solo.

Yazdi-Samadi et al. (1977) destacam que a concentração de óleo aumenta desde o início do desenvolvimento do grão e alcança o máximo antes da maturação fisiológica, quando o grão atinge sua maior massa seca. Nos grãos, o óleo serve como fonte primária de carbono, sendo armazenado em corpos lipídicos como triacilglicerol (OHLROGGE e BROWSE, 1995; TAIZ e ZAIGER, 2012).

5.3.2 Regressão polinomial

Foi observada relação funcional entre as populações de plantas, para a cultivar Bônus, nas safras 2018/19, e para a cultivar NS 8383 RR, para a safra 2018/19, sendo, assim, ajustados modelos de regressão, que foram quadráticos para ambas as cultivares (Figura 4).

Para as cultivares NS 8383 RR (safra 2018/19) (Figura 4a) e Bônus (safra 2019/20) (Figura 4b), houve aumento do teor de óleo nos grãos até a máxima eficiência técnica (MET) nas populações de plantas que foram, respectivamente, de 313 mil plantas.ha⁻¹ (22%) e 310,4 mil plantas.ha⁻¹ (23,6%). A partir dessas populações, houve redução no teor de óleo.

O incremento na população de plantas, até o ponto de MET, pode ter promovido aumento de área foliar e da taxa fotossintética, resultando em uma maior disponibilidade de carbono (C) na fase de enchimento dos grãos, levando a um aumento no conteúdo de óleo. Por outro lado, após o ponto de MET, o decréscimo do conteúdo de óleo nos grãos pode ter sido oriundo de um maior sombreamento, oriundo das altas populações, que resultou uma menor taxa fotossintética das plantas e uma menor assimilação de carbono (PROULX e NAEVE, 2009).

Bellaloui e Gillen (2010) e Bellaloui et al. (2012) verificaram alterações no teor de óleo nos grãos de soja em função do sombreamento e das datas de semeadura das cultivares.

Bellaloui et al. (2014), Bellaloui et al. (2015) e Jaureguy et al. (2013) afirmam que a população de plantas pode alterar os constituintes dos grãos e esse efeito depende da cultivar e dos fatores ambientais, especialmente temperatura e déficit hídrico.

A modificação no teor de óleo em diversos arranjos e densidades de plantio foi também observado por Bellaloui et al. (2012), Jaureguy et al. (2013), Bellaloui et al. (2014), Bellaloui et al. (2015), Güllüoğlu et al. (2017) e Bellaloui et al. (2020).

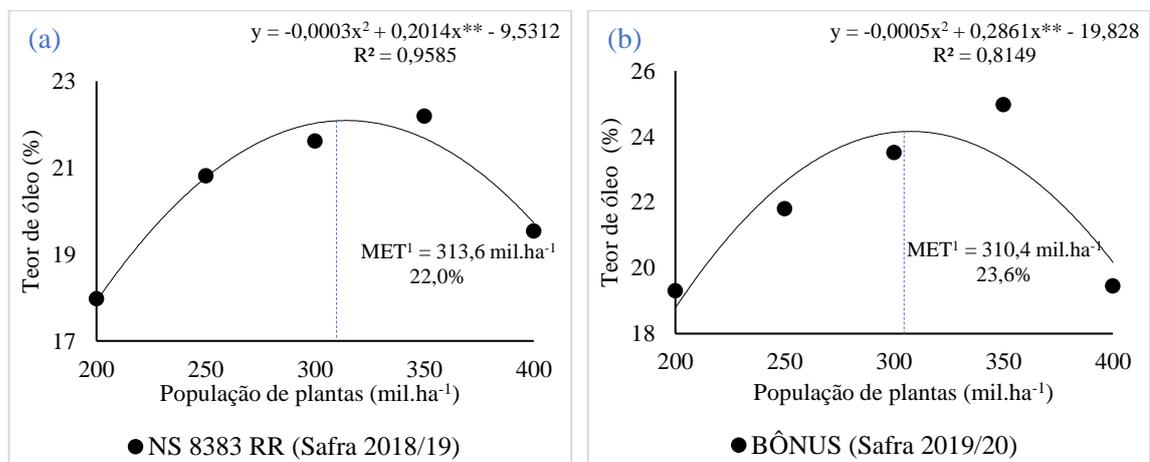


Figura 4. Teor de médio de óleo (%) das cultivares NS 8383 RR na safra 2018/19 e BÔNUS 8579 RSF IPRO na safra 2019/20 e em função das populações de plantas, em Palmas, TO.

**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

5.4 Rendimento de proteína

5.4.1 Comparação de médias

As médias com os rendimentos de proteína das cultivares, nas duas safras (2018/19 e 2109/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentados na Tabela 7.

A cultivar NS 8383 RR apresentou maior rendimento de proteína na safra 2019/20, sendo sempre superior a cultivar Bônus. Por outro lado, essa última não apresentou diferença significativa entre as safras.

Os valores de rendimento de proteína devem refletir os valores de produtividade de grãos, uma vez que foram obtidos a partir do produto entre teor de proteína e produtividade de grãos. Assim, o maior rendimento de proteína de NS 8383 RR, em ambas as safras, foi oriundo de um maior teor de proteína (Tabela 5) e de uma maior produtividade de grãos na fase de enchimento dos grãos.

Tabela 7. Rendimentos médios de proteína (Kg.ha⁻¹) nas safras 2018/19 e 2019/20 em função das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em Palmas, TO.

Cultivar	Safra 2018/19	Safra 2019/20
BÔNUS 8579 RSF IPRO	588,97 Ab	604,12 Ab
NS 8383 RR	844,79 Ba	1036,86 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Segundo Leffel et al. (1992), o maior conteúdo de proteína nas sementes de um cultivar pode estar associado a um maior acúmulo de N, oriundo de um período maior de fixação simbiótica (até estágio R6), a uma maior fixação de N₂ e uma maior remobilização do nitrogênio para o grão. Por outro lado, a maior produtividade de grãos de uma cultivar, pode estar associada aos componentes número de plantas por unidade de área, número de vagens por plantas, número de grãos por vagem e a massa de grãos (FARIA et al., 2018; PELUZIO et al., 2011). Destes, pelo fato de o número de grãos por vagem e o número de vagens serem definidos na floração (KNEBEL et al., 2006), os mesmos podem ter sido mais relevantes no presente estudo.

Quando comparadas as safras, o maior rendimento de proteína da cultivar NS 8383 RR na safra 2019/20 ocorreu, provavelmente, em função de: a) do aumento no teor de proteína nos grãos, em decorrência da menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos que, segundo Rotundo e Westgate (2010), pode ter sido oriunda de uma remobilização do nitrogênio das folhas e das paredes das vagens para os grãos; b) do aumento na produção de grãos, em decorrência de uma melhor distribuição de chuvas na safra 2019/20 (figura 2) em relação à safra 2018/19 (figura 1), na fase inicial de crescimento e de florescimento, principalmente da cultivar mais tardia (NS 8383), que pode ter resultado em um maior pagamento das flores,

refletindo em maior número de grãos por vagem e número de vagens por planta e, por fim, de um aumento na produção de grãos.

Heiffig et al. (2006), Mattioni et al. (2008) e Werner et al. (2016), destacam que a produção de grãos é determinada pela maior ou menor capacidade de interceptação da radiação solar disponível e acúmulo de matéria seca tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva, considerando que nenhum dos outros fatores são limitantes. Neste sentido, a menor disponibilidade de água para as plantas reduz as taxas fotossintéticas e o período de enchimento de grãos, ocorrendo a diminuição no acúmulo de fotoassimilados nos grãos, o que impacta negativamente os componentes de rendimento e produtividade.

A disponibilidade da água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Pois a semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação (FARIAS, NEPOMUCENO e NEUMAIER, 2008; EMBRAPA, 2009).

Almeida et al. (2010) relatam a importância de se reduzir os riscos de queda na produção de grãos, devendo-se sempre evitar a semeadura em períodos onde possa haver baixa disponibilidade de água nas fases mais críticas de desenvolvimento da planta (florescimento e enchimento de grãos).

5.4.2 Regressão polinomial

A regressão polinomial do rendimento de proteína (Kg.ha^{-1}) para as cultivares Bônus e NS 8383 RR em função das populações de plantas de soja, apresentou um modelo quadrático de resposta, como mostra a Figura 5.

Para as cultivares Bônus (Figura 5a) e NS 8383 RR (Figura 5b), houve aumento no rendimento de proteína até alcançar seu máximo de eficiência técnica (MET) na população de plantas de 273,9 mil plantas. ha^{-1} ($646,2 \text{ Kg.ha}^{-1}$) e 306 mil plantas. ha^{-1} ($1048,2 \text{ Kg.ha}^{-1}$), respectivamente. A partir da MET nessa população, houve uma redução no rendimento de proteína.

O aumento do rendimento de proteína, com o incremento na população de plantas, pode ser explicado pelo fato de que com o aumento na população de plantas, pode ter ocorrido aumento do índice de área foliar, uma maior interceptação de luz e um rápido fechamento do dossel, resultando em aumento nas taxas de metabolismo do nitrogênio e no teor proteico dos grãos (BALL, PURCELL e VORIES, 2000a; PÍPOLO et al., 2015). Além disso, o aumento na população de plantas resultou em aumento na produção de grãos, em função, provavelmente,

de um aumento do número e peso das sementes, da taxa de crescimento das sementes (EGLI, 1990) e do período de enchimento de grãos (EGLI, 1990; HEIFFIG et al., 2006; MATTIONI et al., 2008; WERNER et al., 2016).

Por outro lado, o decréscimo no rendimento de proteína, após a MET, pode ser devido à competição entre plantas por nutrientes disponíveis no solo (BELLALOUI et al., 2014), por água e pelo maior sombreamento oriundo das altas populações, reduzindo a proteína dos grãos (BALL, PURCELL e VORIES, 2000b) e a produção de grãos, essa última em virtude da queda no peso individual das sementes (JIANG e EGLI, 1995; KNEBEL et al., 2006), esta última oriunda da menor atividade fotossintética e da menor translocação de assimilados para os grãos no período de enchimento dos grãos (BELLALOUI et al., 2014; JIANG e EGLI, 1995; KNEBEL et al., 2006; WEBER et al., 2017).

A maior produtividade obtida nos espaçamentos reduzidos pode ser atribuída, em parte à teoria de maior interceptação da radiação solar durante o período vegetativo (BOARD e HARVILLE, 1992). O fechamento dos espaços entre as linhas da soja em estádios mais precoces, intercepta mais precocemente 95% da radiação incidente e pode ser avaliado como forma de expressar a capacidade da cultura em desenvolver o seu aparato fotossintético (PIRES et al., 1998).

Peter et al. (2016) estudaram o efeito da radiação fotossinteticamente ativa em diferentes densidades de plantio em soja, verificaram que nas densidades de 20 e 30 plantas·m⁻² houve os melhores resultados de eficiência de aproveitamento da radiação, além da melhor qualidade de distribuição dessa radiação no perfil do dossel.

Segundo Knebel et al. (2006), no espaçamento reduzido entre linhas (22,5 cm) em relação ao maior espaçamento (67,5 cm), houve um fechamento antecipado das entrelinhas em 20 dias, que propiciou a planta explorar melhor os recursos como disponibilidade de luz, água, área de solo e interceptação da radiação solar, proporcionando desta forma um maior incremento de massa seca em estádios de desenvolvimento mais precoces da planta.

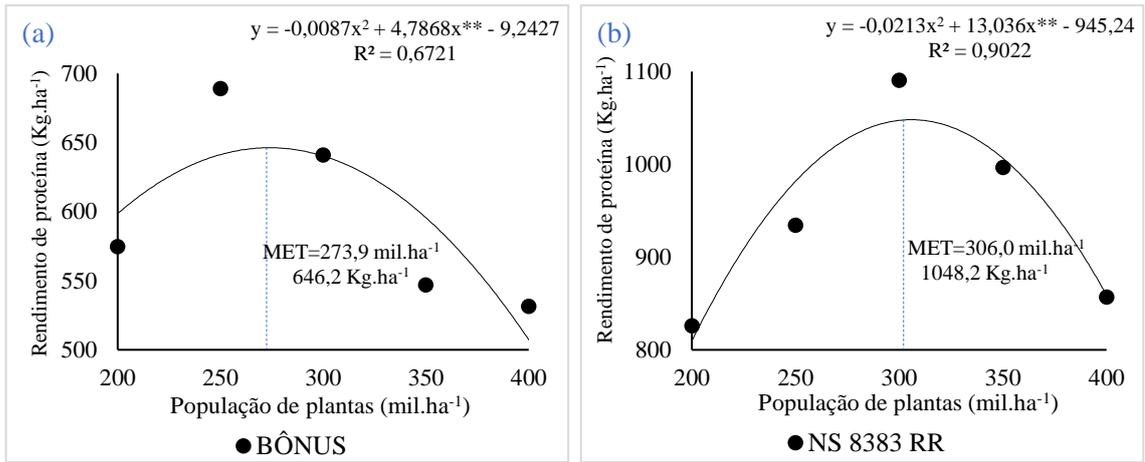


Figura 5. Rendimento médio de proteína (Kg.ha⁻¹) para as cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em função das populações de plantas (mil.ha⁻¹), em Palmas, TO.

**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

5.5 Rendimento de óleo

5.5.1 Comparação de médias

As médias com os rendimentos de óleo das cultivares, nas duas safras (2018/19 e 2019/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentados na Tabela 8.

A cultivar NS 8383 RR apresentou maior rendimento médio de óleo na safra 2019/20, que foi superior a cultivar Bônus. Por outro lado, essa última não apresentou diferença significativa entre as safras.

Os valores de rendimento de óleo devem refletir os valores de produtividade de grãos, uma vez que foram obtidos a partir do produto entre teor de óleo e produtividade de grãos. Neste sentido, o maior rendimento de óleo de NS 8383 RR, em ambas as safras, quando comparada com Bônus, foi oriundo principalmente da sua maior produtividade de grãos na fase de enchimento dos grãos, uma vez que as diferenças com relação ao teor de óleo entre as cultivares foi de baixa magnitude (Tabela 8)

Tabela 8. Rendimentos médios de óleo ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nas safras 2018/19 e 2019/20 em função das cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em Palmas, TO.

Cultivar	Safra 2018/19	Safra 2019/20
BÔNUS 8579 RSF IPRO	349,93 Ab	365,26 Ab
NS 8383 RR	451,07 Ba	564,07 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott. Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

A maior produtividade de grãos de uma cultivar pode estar associada aos componentes número de plantas por unidade de área, número de vagens por plantas, número de grãos por vagem e a massa de grãos (FARIA et al., 2018, PELUZIO et al., 2011). Destes, pelo fato de o número de grãos por vagem e o número de vagens serem definidos na floração (KNEBEL et al., 2006), os mesmos podem ter sido mais relevantes no presente estudo.

Quando comparadas as safras, o maior rendimento de óleo na safra 2019/20 para a cultivar NS 8383 RR, foi oriunda tanto da maior produtividade de grãos quanto do maior teor de óleo nos grãos. Nesta safra, o maior rendimento de óleo ocorreu, provavelmente, em função da presença de temperaturas mais altas e de um período de menor disponibilidade hídrica na fase de enchimento de grãos (estádios R5 – R6) (Figura 2), em relação à safra 2018/19 (Figura 1), que resultou em um maior teor de óleo. Além disso, houve uma melhor distribuição de

chuvas na safra 2019/20 (figura 2) em relação à safra 2018/19 (figura 1), na fase inicial de crescimento e de florescimento, principalmente da a cultivar mais tardia (NS 8383), que pode ter resultado em um maior pegamento das flores, refletindo em maior número de grãos por vagem e número de vagens por planta e, por fim, de um aumento na produção de grãos.

Pípolo (2002), Albrecht et al. (2008), Barbosa et al. (2011), Bellaloui et al. (2020), Bruno et al. (2015), Faria et al. (2018), Güllüoğlu, Bakal e Arioğlu (2016) e Weber et al. (2017) também observam aumento no conteúdo de óleo nos grãos em soja cultivada em épocas de menor disponibilidade hídrica e maiores temperaturas.

Barbosa et al. (2011) associa o aumento nos teores e rendimentos de óleo as temperaturas mais altas e menores médias de precipitação, durante a fase de enchimento de grãos. Montaño-Velasco (1994) e Ogliari et al. (2012) reafirmam que cultivares com maior produtividade de grãos também apresentam maior rendimento de óleo, por ocorrer associação positiva e significativa entre os mesmos.

5.5.2 Regressão polinomial

A regressão polinomial do rendimento de óleo ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) para as cultivares Bônus e NS 8383 RR em função das populações de plantas de soja, apresentou um modelo quadrático de resposta, como mostra a Figura 6.

Para as cultivares Bônus (Figura 6a) e NS 8383 RR (Figura 6b) foram observados aumentos no rendimento de óleo até alcançar a máxima eficiência técnica (MET) nas populações de plantas de 266,7 mil plantas. ha^{-1} ($389,9 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) e 310,8 mil plantas. ha^{-1} ($569,7 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), respectivamente, decrescendo a partir daí.

O aumento do rendimento de óleo, com o incremento na população de plantas, pode ser explicado pelo fato de que com o aumento na população de plantas, houve um aumento de área foliar e da taxa fotossintética, resultando em uma maior disponibilidade de carbono (C), na fase de enchimento dos grãos, levando a um aumento no conteúdo de óleo (PROULX e NAEVE, 2009). Além disso, ocorreu aumento na produção de grãos, em decorrência de um aumento do número e peso das sementes, da taxa de crescimento das sementes (EGLI, 1990) e do período de enchimento de grãos (EGLI, 1990; HEIFFIG et al., 2006; MATTIONI et al., 2008; WERNER et al., 2016).

Por outro lado, após o ponto de MET, o decréscimo do rendimento de óleo foi resultante de um menor conteúdo de óleo nos grãos, em virtude de um maior sombreamento provocado pelas altas populações, que resultou em uma menor taxa fotossintética das plantas e em menor

assimilação de carbono (PROULX e NAEVE, 2009). Já a queda na produção dos grãos pode ter ocorrido em decorrência de uma queda no peso individual das sementes (JIANG e EGLI, 1995; KNEBEL et al., 2006), por efeito da menor atividade fotossintética e da translocação de assimilados para os grãos no período de enchimento dos grãos (BELLALLOUI et al., 2014; JIANG e EGLI, 1995; KNEBEL et al., 2006; WEBER et al., 2017).

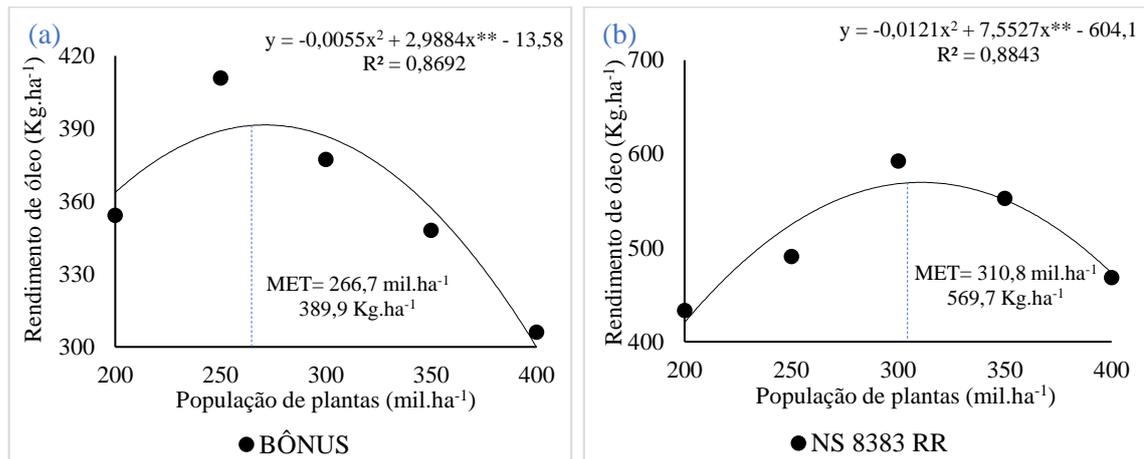


Figura 6. Rendimento médio de óleo (Kg.ha⁻¹) para as cultivares BÔNUS e NS 8383 RR, em função das populações de plantas (mil.ha⁻¹), em Palmas, TO

**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

6 CONCLUSÕES

As populações de plantas promoveram alterações nos teores e rendimentos de óleo e proteína.

Houve efeito dos anos agrícolas nos teores e rendimentos de óleo e proteína.

Populações entorno de 300 mil plantas.ha⁻¹ foram as mais propícias para maiores teores e rendimentos de óleo e proteína.

A cultivar NS 8383 RR apresentou o maior teor de proteína e os maiores rendimentos de óleo e proteína nas diferentes populações.

REFERÊNCIAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Brasil: exportações do complexo soja**. 2018. 8 p. Disponível em:

<http://abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/06072018-112745-exp_201806.pdf>; Acesso em: 15 abr. 2019.

AKOND, M.; YUAN, J.; LIU, S.; KANTARTZI, S. K.; MEKSEM, K.; BELLALOU, N.; LIGHTFOOT, D. A.; KASSEM, M. A. Detection of QTL underlying seed quality components in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 98, n. 4, p. 881-888, 2018.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. D. L.; ÁVILA, M. R.; SUZUKI, L. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da semeadura na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 865-873, 2008.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. A.; SMILJANIC, K. B. A.; PEROZINE, A. C.; MATOS, F. S. A.; SILVA, V. J. A.; OLIVEIRA, D. M. Avaliação de diferentes arranjos espaciais no cultivo da soja (*Glacyne Max* L.). **Nucleus**, Ituverava, v. 15, n. 2, p. 507-519, 2018.

ALMEIDA, B. C.; PELUZIO, J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P.; CARVALHO, E. V.; AFFÉRI, F. S.; SANTOS, W. F. Ambiente e densidade de semeadura em cultivares de soja para produção de biodiesel. **Campo Digital**, v. 13, n. 1, 2018.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, 2010.

ALMEIDA, R. E. M.; CAMPOS, L.; COSTA, R. V.; SIMON, J.; LAGO, B.; BONAFEDE, E. **Desempenho de cultivares de soja na Região Centro Norte do Estado do Tocantins na safra 2015/2016**. Embrapa Pesca e Aquicultura - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2016.

ANP - Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Produção de Biocombustíveis: processamento de matéria prima**. 2020. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

APROBIO - Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil. **Soja é a matéria-prima de 82% do biodiesel produzido no Brasil**. São Paulo, SP. 2015. Disponível em: <<https://aprobio.com.br/2015/11/24/soja-e-a-materia-prima-de-82-do-biodiesel-produzido-no-brasil/>>; Acesso em: 05 maio 2019.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, Estados Unidos, 1975. 1094p.

BALBINOT JUNIOR, A. A. B.; WERNER, F.; FERREIRA, A. S.; MANDARINO, J. M. G.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Desempenho agrônômico da soja em diferentes densidades de plantas e épocas de aplicação de nitrogênio em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 2, p. 132-137, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. D. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, set./out. 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. D. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S., WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semente influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.2, p.83-93, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.

BALL, R. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the Southern USA. **Crop Science**, v. 40, p. 757–764. 2000a.

BALL, R. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. **Crop Science**, v. 40. p. 1070–1078. 2000b.

BALLARÉ C. L. **Illuminated behaviour: phytochrome as a key regulator of light foraging and plant anti-herbivore defence**. *Plant, Cell and Environment*, 2012.

BARBOSA, V. D. S.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SIQUEIRA, G. B. D. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de sementeiras, visando a produção de biocombustível. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 742-749, 2011.

BATTISTI, R. **Calibration, uncertainties and use of soybean crop simulation models for evaluating strategies to mitigate the effects of climate change in Southern Brazil**. 2016. 188f. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

BELLALOU, N.; MENGISTU, A.; WALKER, E. R.; YOUNG, L. D. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing. **Crop Science**, v.54, p.1782-1795, 2014.

BELLALOU, N.; MENGISTU, A. Seed composition is influenced by irrigation regimes and cultivar differences in soybean. **Irrig. Sci.** 26:261–268. 2008.

BELLALLOUI, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; MENGISTU, A.; FISHER, D. K.; REDDY, K. N. Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA. **Frontiers in Plant Science**, v.6, p.1-14, 2015.

BELLALLOUI, N.; GILLEN, A. M. Soybean seed protein, oil, fatty acids, N, and S partitioning as affected by node position and cultivar differences. **Agric. Sci.** 1:110–118. 2010.

BELLALLOUI, N.; MCCLURE, A. M.; MENGISTU, A.; ABBAS, H. K. The Influence of Agricultural Practices, the Environment, and Cultivar Differences on Soybean Seed Protein, Oil, Sugars, and Amino Acids. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 378, 2020.

BELLALLOUI, N.; MENGISTU, A.; PARIS, R. L. Soybean seed composition in cultivars differing in resistance to charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*). **Journal of Agricultural Science**, v. 146, p. 667–675, 2008.

BELLALLOUI, N.; REDDY, K. N.; GILLEN, A. M.; ABEL, C. A. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by foliar boron application in soybean. **Plant and Soil**, v. 336, n. 1-2, p. 143-155, 2010.

BELLALLOUI, N.; SMITH, J. R.; GILLEN, A. M. Effect of shade on seed protein, oil, fatty acids, and minerals in soybean lines varying in seed germinability in the early soybean production system. **American Journal of Plant Sciences**, v. 3, p. 84-95, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow-vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

BORDINGNON, J. R.; MANDARINO, J. M. G. **Soja**: composição química, valor nutricional e sabor. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1994. 31 p.

BRASMAX. **BÔNUS 8579 RSF IPRO**. Portal de multiplicadores. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-cerrado/?produto=244>>; Acesso em: 18 set. 2019.

BRIM, C. A. Quantitative genetics and improved protein quantity and quality. In: World Soybean Research Conference, 3., 1984, Ames. **Proceedings**. Boulder: Westview, 1984. p. 361-367.

BRUNO, J. L.; SILVA, H. R.; MASSARO JUNIOR, F. L.; PRETE, C. E. C. Acúmulo de óleo em sementes de soja cultivadas in vitro e in vivo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3085-3090, 2015.

BÜCHLING, C.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; BOTTEGA, E. Uso da plasticidade morfológica como estratégia para a redução da população de plantas em cultivares de soja. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 22-30, 2017.

CALÇADO, J. P.; PELUZIO, J. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; SIQUEIRA, G. B.; AFERRI, F. S.; TAVARES, A. Épocas de semeadura e períodos de colheita de soja visando produção de óleo e proteínas. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 4, p. 376-382, jul./ago. 2019.

CÂMARA, G. M. S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 3, n. 5, p. 63-66, 2006.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018.

CAVALCANTE, A. K.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/2020**. v. 7, n. 9. Brasília: Conab, 2019. 69 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária 2018/2019**. v. 6, Brasília: Conab, 2018. 54 p.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.; IMORI, D. Importância dos setores agroindustriais na geração de renda e emprego para a economia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 51, n. 4, p. 787-814, 2013.

CRUZ, S. C. S.; SENA JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.1-6, 2016.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. (4a ed.), Viçosa: UFV, 514p. 2012.

DALL'AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 71 p.

DALL'AGNOL, A.; OLIVEIRA, A. B.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Importância socioeconômica da soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), 2012. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_12_271020069131.html>; Acesso em: 05 maio 2020.

DARDANELLI, J. L.; BALZARINI, M.; MARTÍNEZ, M. J.; CUNIBERTI, M.; RESNIK, S.; RAMUNDA, S. F.; HERRERO, R. BAIGORRI, H. Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. **Crop Science**, v. 46, n. 5, p. 1939-1947, 2006.

DORNBOS, D. L.; MULLEN, R. E. Soybean and oil contents and fatty acid composition adjustment by drought and temperature. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v. 59, n. 3, p. 230-232, 1992.

DOURADO, D. P.; PELUZIO, J. M.; REINA, E.; ALBERNAS, K. K.; LAZARI, T. M.; MURAIISHI, C. T. Teor de proteína em grãos de *Glycine max* influenciados pela inoculação mista de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*. **J. Bioen. Food Sci.** v. 5, n. 2, p. 32-43, 2018.

EGLI, D. B. Seed water relations and the regulation of the duration of seed growth in soybean. **J. Exp. Bot.** v. 41, p. 243–248. 1990.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A história da soja**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 10 maio 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima – Exigências climáticas**. Embrapa Roraima, 2009. (Sistemas de Produção, 1ª edição).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil - 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 265p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 261p.

FALKOSKI FILHO, J. F.; GARDIANO, C. G.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; BALAN, M. G.; SAAB, O. J. G. A. Rendimento de grãos em soja em diferentes arranjos espaciais. **Agrarian**, v.6, n.19, p. 107-109, 2013.

FARIA, L. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; DE SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRI, F. S. Oil and protein content in the grain of soybean cultivars at different sowing seasons. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, 2018

FARIA, L. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; DE SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRI, F. S. Características agronômicas de soja cultivadas na região central do Tocantins em diferentes épocas de semeadura. **J. Bioen. Food Sci.** v. 5, n. 3, p. 85-96, 2018

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa Soja - Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007. 9 p.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Necessidades climáticas soja**. Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_20_271020069131.html>; Acesso em: 10 maio 2019.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development description for soybeans, *Glycine max* (L.). Merrill. **Crop Science**. v. 11, p. 929–931. 1971.

FERREIRA JÚNIOR, J. A.; ESPÍNDOLA, 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 em Revista**, v.7, n.1, p.13-21, 2010.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 362-370, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

FISS, G.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; CASTELLANOS, C. I. S.; MENEGHELLO, G. E.; AUMONDE, T. Z. Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na semeadura. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 61, 2018.

FONTES, L. G.; FILHO, J. A.; SEDIYAMA, C. S. Conteúdo de óleo e proteína bruta nos grãos de algumas linhagens e variedades de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.118, p.500-505, 1974.

FREIRIA, G. H.; GONÇALVES, L. S. A.; GOMES, G. R.; FURLA, F. F.; LIMA, W. F.; PRETE, C. E. C. Yield, proteins, bioactive compounds and minerals in food-type soybean grains in different environments. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 15, n. 2, 2020.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I.; PORTUGAL, F. A. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. Embrapa Soja - Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

GIRALDI, F. **Produtividade de soja em diferentes populações de plantas e sítios específicos de manejo em semeadura após a época indicada**. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C.; RIBEIRO, G. P.; SEIBEL, N. F. Composição química e propriedades tecnológicas de duas cultivares de soja. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.

GREGGIO, E. A.; BONINI, E. A. Qualidade do grão de soja relacionada com o teor de acidez do óleo. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**. v. 7, n. 3, p. 645-658, 2014.

GUIMARÃES, F. S.; REZENDE, P. M.; CASTRO, E. M.; CARVALHO, E. A.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1099-1106.

GÜLLÜOĞLU, L.; BAKAL, H.; ARIOĞLU, H. The effects of twin-row planting pattern and plant population on seed yield and yield components of soybean at late double-cropped planting in Cukurova region. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 21, n. 1, p. 59-65, 2016.

GÜLLÜOĞLU, L.; BAKAL, H.; EL SABAGH, A.; ARIOĞLU, H. Soybean managing for maximize production: plant population density effects on seed yield and some agronomical traits in main cropped soybean production. **J. of Experimental Biology & Agric. Sci**, v. 5, n. 1, p. 31-37, 2017.

HANSON, W. D. Modified seed maturation and seed yield potentials in soybean. **Crop Science**, Madison, v.32, n.4, p.972- 976, 1992

HAYATI, R.; EGLI, D. B.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Carbon and nitrogen supply during seed filling and leaf senescence in soybean. **Crop Science**, v.35, p.1063-1069, 1995.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. S. M. Plasticidade da cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em diferentes arranjos Espaciais. **Brazilian Journal Of Agriculture-Revista de Agricultura**, v. 80, n. 2, p. 188-212, 2005.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja - Documentos (INFOTECA-E), 2014.

HOLTZ, V.; COUTO, R. F.; OLIVEIRA, D. G.; REIS, E. F. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, 2014.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 4ª ed., 2005. 1018p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola 2020**. Lspa – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (Jun. de 2020). 20220. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/>>; Acesso em: 10 jun. 2020.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. 2020. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>; Acesso em: 10 maio de 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.533.

JARDINE, J. G.; BARROS, T. D. **Soja**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC) 2017. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe3vtdl7vi.html>>. Acessado em: 04 jun. 2020.

JAUREGUY, L. M.; RODRIGUEZ, F. L.; ZHANG, L.; CHEN, P.; BRYE, K.; OOSTERHUIS, D.; MAUROMOUSTAKOS, A.; CLARK, J. R. Planting date and delayed harvest effects on soybean seed composition. **Crop Science**, v. 53, n. 5, p. 2162-2175, 2013.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. **Agron. J.** v. 87, p. 264–267. 1995.

KAGAWA, A. **Standard table of food composition in Japan**. Tokyo: University of Nutrition for women, 1995. p. 104-105.

KLEIN, C.; MEURER, C. O.; SCHNEIDER, E. L.; SOLDÁ, O.; DANELUZ, M. H. Desempenho agrônomo da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Scientia Tec**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 39-48, 2018.

KNEBEL, J. L.; GUIMARAES, 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 Sci. Agron.** Maringá, v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006

KUSS, R. C. R.; KÖNIG, O.; DUTRA, L. M. C.; BELLÉ, R. A.; ROGGIA, S.; STURNER, G. R. Populações de plantas e estratégias de manejo da irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v.38, p.1133-1137, 2008.

LEFFEL, R. C.; CREGAN, P. B.; BOLGIANO, A. P.; THIBEAU, D. J. Nitrogen metabolism of normal and high-seed protein soybean. **Crop Science**, Madison, V.32, n.3, p.747-750, 1992

LIU, K. **Soybeans chemistry, technology and utilization**. Gaithersburg: Aspen Publisher, 1999. 532 p.

LOPES, J. A. M.; PELUZIO, J. M.; MARTINS, G. S. Teor de proteína e óleo em grãos de soja, em diferentes épocas de plantio para fins industriais. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. v. 10, n. 3, p. 49-53. 2016.

LOPES, L. A.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V. Variabilidade genética entre cultivares de soja, quanto ao rendimento de óleo, no estado do Tocantins. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 279-285, 2014.

LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. **Efeito da densidade de plantio em soja na nutrição da planta e qualidade dos grãos**. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34., 2013, Florianópolis. Ciência do solo, para que e para quem? Anais. Florianópolis: SBCS: EPAGRI, 2013., 2013.

LUIZ, M. C. P. **Efeito da época de semeadura e população de plantas sobre o potencial produtivo e caracteres agronômicos em soja**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2018.

MACHADO, B. Q. V. **Diversidade genética em soja com diferentes níveis de resistência ao *Sclerotinia sclerotiorum*, correlações, análise de trilha e população de plantas**. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MANDARINO, J. M. G. **Composição química média da soja e valor nutricional das suas proteínas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/>>; Acesso em: 05 maio 2019.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 5ª ed. Piracicaba: FEALQ, 495p. (2005).

MATTIONI, F.; CORRÊA, L. A. V.; GOMES, J. C. C.; WÜNCH, J. Arranjos espaciais, plantas concorrentes e características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) merril] em cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 143, n. 4, p. 21-32, 2008.

MELO, M. H. **Potencial de cultivares de soja para produção de biocombustível**. 2018. 53 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2018.

MENDES, W. S.; SILVA, I. J.; FONTES, D. O.; RODRIGUEZ, N. M.; MARINHO, P. C.; SILVA, F. O.; SILVA, F. C. O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e

submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 2, p. 207-213, 2004.

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

MIYASHIRO, C. S.; OLIVEIRA, C.; CAMPOS, E.; TELEKEN, J. G. Produção de biodiesel a partir da transesterificação de óleos residuais. **Revista brasileira de energias renováveis**, Curitiba, v. 2, n. 3, 2013.

MODOLO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **Brazilian Journal of Agriculture-Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 216-229, 2016.

MONTAÑO-VELASCO, J. C. **Análise genética de populações F3 de soja derivadas de cruzamentos em cadeia com ênfase na produção de óleo**. 1994. 115 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MONTEIRO, F. J. F.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, W. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja para produtividade de óleo nos grãos. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 18-21, 2017.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 2006. 640 p.

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

NAKAYAMA, F. T.; SILVA, L. D. S.; SANTOS, G. X. L.; CORDEIRO JUNIOR, P. S.; DONA, S.; FINOTO, E. L.; BRANDÃO, R. P.; OLIVEIRA, L. J.; CORDEIRO, C. Produtividade de cultivares de soja submetidas a diferentes populações de plantas na região da Nova Alta Paulista. **Nucleus**, p. 129-135, 2019.

NAOE, A. M. N. L.; PELUZIO, J. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; OLIVEIRA JUNIOR, W. P. Efeito do déficit hídrico e época de semeadura sobre os teores e rendimentos de óleo e proteína em cultivares de soja no Tocantins. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, Argentina, v. 116, 2017.

NIDERA. **NS 8383 RR**. Nidera Sementes. 2015. Disponível em: <<http://www.niderasementes.com.br/produto/ns-8383-rr.aspx>>; Acesso em: 18 set. 2019.

OHLROGGE, J.; BROWSE, J. Lipid biosynthesis. **The Plant Cell**, v.7, p. 957-970, 1995.

OLIVEIRA, S. V.; REYS, M. A. Estruturação e consolidação da produção do biodiesel de soja no Rio Grande do Sul. **Extensão Rural**, Santa Maria, n. 17, p. 93-116, 2009.

PATIL, G.; VUONG, T. D.; KALE, S.; VALLIYODAN, B.; DESHMUKH, R.; ZHU, C.; KUMPATLA, S. Dissecting genomic hotspots underlying seed protein, oil, and sucrose content in an interspecific mapping population of soybean using high-density linkage mapping. **Plant biotechnology journal**, v. 16, n. 11, p. 1939-1953, 2018.

PELUZIO, J. M.; VAZ-DE-MELO, A.; COLOMBO, G. A.; SILVA, R. R.; AFFÉRI, F. S.; PIRES, L. P. M.; BARROS, H. B. Efeito da época e densidade de semeadura na produtividade de grãos de soja na região Centro-Sul do estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 3, n. 3, 2011.

PEREIRA, C. C. A.; LADEIRA, L. A.; BORGES NETO, P. C.; COSTA, A. S. V. A influência do biodiesel na produção de soja. **Revista Vozes dos Vales**, Vale do Jequitinhonha, n. 12, a. VI, 2017.

PERKINS, E. G. Composition of soybeans and soybeans products. In: ERICKSON, D. R. (Ed.). **Practical handbook of soybean processing and utilization**. Champaign: AOCS Press, 1995. p. 9-28.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A. D.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. D. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p.

PINTO, R. S.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S. C. C.; ANGELI, A. M. Qualidade de grãos de soja em diferentes épocas de colheita. **Nativa**, Sinop, v.5, esp., p. 463-470, 2017.

PIPER, E. L.; BOOTE, K. J. Temperature and cultivar effects on soybean seed oil and protein concentration. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.76, p.1233-1242, 1999.

PÍPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PIPOLO, A. E.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 15 p. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 86).

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesq. Agropecu.** Gaúcha, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 183- 188, 1998.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A. B.; DEBIASI, H.; SANTOS, J. C. F.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

PROULX, R. A.; NAEVE, S. L. Pod removal, shade, and defoliation effects on soybean yield, protein, and oil. **Agronomy Journal**. v. 101, p. 971-978. 2009.

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**, Santa Maria, v.33, n.3, p. 405-411. 2003.

RAMOS, M. L. G.; PARSONS, R., SPRENT, J. I. Differences in ureide and amino acid content of water stressed soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v.40, p.453-458, 2005.

RANGEL, M. A. S.; MINUZZI, A.; DE LUCCA, A.; SCAPIM, C. A.; CARDOSO, P. C. Efeito do genótipo, ambiente e da interação no rendimento de grãos e nos teores de proteína de cultivares de soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 351-354, 2007.

RANGEL, M. A. S.; CAVALHEIRO, L. R.; CAVICHIOLLI, D.; CARDOSO, P. C. **Efeito do genótipo e do ambiente sobre os teores de óleo e proteína nos grãos de soja, em quatro ambientes da Região Sul de Mato Grosso do Sul, safra 2002/ 2003**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 17)

REZENDE, P. M.; GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; TOURINO, M. C. C.; BOTREL, E. P. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.501-507, maio/jun., p.501-507, 2004.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20p. (Special Report, 53).

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension, 1982. 20 p. (Special Report, n. 53).

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

ROTUNDO, J. L.; BORRÁS, L.; WESTGATE, M. E.; ORF, J. H. Relationship between assimilate supply per seed during seed filling and soybean seed composition. **Field Crops Research**, v. 112, n. 1, p. 90-96, 2009.

ROTUNDO, J. L.; WESTGATE, M. E. Rate and duration of seed component accumulation in water-stressed soybean. **Crop Science**, v. 50, p. 676–684, 2010.

SALES, V. H. G.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; JUNIOR, W. P. O.; SALES, P. V. G. Teor de óleo e proteína em grãos de soja em diferentes posições da planta. **Revista Agro@ambiente (On-line)**, v. 10, n. 1, p. 22-29, 2016.

SANTOS, G. X. L.; FINOTO, E. L.; CORDEIRO JÚNIOR, P. S.; TOKUDA, F. S.; MARTINS, M. H. Efeito da densidade de plantas nas características agronômicas de dois genótipos de soja no noroeste paulista. **Nucleus**, Ituverava, p. 115-124, 2018.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, p.507-512, 1974.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (Ed.) **Produtividade da Soja**. Mecenas: Londrina, 2016. p. 11-18.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R. **Clima e produtividade da soja: efeitos nas produtividades potencial, atingível e real**. In: Fundação MT (Org.). Boletim de pesquisa 2015/2016, 17. ed. Rondonópolis: Fundação MT, 2015. p. 18-43.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil: magnitude, causes and possible solution. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 158, p. 1394-1411, 2015.

SEPLAN – Secretária da Fazenda e Planejamento. **Zoneamento**. 2012. Disponível em: <<http://www.sefaz.to.gov.br/zoneamento/>>; Acesso em: 21 de maio de 2020.

SILVA, A. C.; LIMA, E. P. C.; BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. In: V ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 2011. **Anais...** Florianópolis, SC, 2011.

SILVA, A. F. A. D.; SILVA, R. G.; SILVA, L. S. D.; MOURA, M. D. C. C. L.; VALADARES, R. D. N. Seleção de variedades de soja em função da densidade de plantio, na microrregião de chapadinha, nordeste maranhense. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 06, n. 02 p. 07-14, 2010.

SILVA, J. A. D. Avaliação do programa nacional de produção e uso do biodiesel no Brasil–PNPB. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 18-31, 2013.

SINGER, S. D.; ZOU, J.; WESELAKE, R. J. Abiotic factors influence plant storage lipid accumulation and composition. **Plant Science**, v. 243, p. 1-9, 2016.

SOBKO, O.; HARTUNG, J.; ZIKELI, S.; CLAUPEIN, W.; GRUBER, S. Effect of sowing density on grain yield, protein and oil content and plant morphology of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Plant, Soil and Environment**, v. 65, n. 12, p. 594-601, 2019.

SOUZA, L. C. F.; ZANON, G. D.; PEDROSO, F. F.; ANDRADE, L. H. L. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 6. 2009.

SOUZA, V. Q.; BELLÉ, R.; FERRARI, M.; PELEGRIN, A. J.; CARON, B. O.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R. Componentes de rendimento em combinações de fungicidas e inseticidas e análise de trilha em soja. **Global Science and Technology**, v.8, n. 1, p. 167-176., v. 8, n. 1, 2015. DOI: :10.14688/1984-3801/gst.v8n1p167-176.

SPAETH, S. C.; SINCLAIR, T. R. Soybean Seed Growth. I. Timing of Growth of Individual Seeds 1. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 1, p. 123-127, 1984.

STÜLP, M.; BRACCINI, A. D. L.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I. Desempenho agrônomo de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 5, p. 1240-1248, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2012. 820 p.

THOMAS, J. M.; BOOTE, G. K.; ALLEN JR, J. L.; GALLO-MEAGHER, H. M.; DAVIS, J. M. Seed Physiology and Metabolism: Elevated Temperature and Carbon Dioxide Effects on Soybean Seed Composition and Transcript Abundance. **Crop Science**, Vol. 43, No. 4, p. 1548-1557. 2003,

TIBOLLA, B. L.; SCHWERZ, F.; SGARBOSSA, J.; ELLI, F. E.; NARDINI, C.; MEDEIROS, S. L. P.; CARON, B. O. Effect of artificial shading on soybean growth and yield. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, 2019.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

TURNER, R. E.; EBELHAR, M. W.; GOLDEN, B. R.; IRBY, T.; WILKERSON, T.; MARTIN, S. Determining Proper Row Orientation and Seeding Population for Soybean Production. **Journal of Strategic Innovation and Sustainability**, v. 14, n. 5, 2019.

UBRABIO – União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB**. 2020. Disponível em: <<https://ubrablo.com.br/pnpb/>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

VILELA, G.; PEREIRA, M.; KLEPKER, D.; MOREIRA, J.; VIEIRA, P. D. M.; RABELO, C.; BEZERRA, J. W. T.; PEREIRA, A. F.; SILVA NETO, S. P. **Cultivares de soja**:

macrorregiões 4 e 5 norte e nordeste do Brasil. Embrapa Soja - Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2016.

WALKER, E. R.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; KOGER, C. H.; ROBERTS, R. K.; LARSON, J. A. Plant population and row-spacing effects on maturity group III soybean. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 3, p. 821-826, 2010.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; SILVA, M. A. A.; MANDARINO, J. M. G.; ZUCARELI, C. Size, chlorophyll retention and protein and oil contents of grains from soybean plants grown in different spatial arrangements. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 85-96, jan./fev. 2017.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; SILVA, M. A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20 n. 8, p. 734-738, Aug. 2016.

WIJewardana, C.; REDDY, K. R.; ALSAJRI, F. A.; IRBY, J. T.; KRUTZ, J.; GOLDEN, B. Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. **Irrigation Science**, v. 36, n. 4-5, p. 241-255, 2018.

YAZDI-SAMADI, B.; RINNE, R. W.; SEIF, R. D. Components of developing soybean seeds: oil, protein, starch, organic acid and amino acids. **Agronomy Journal**, v. 69, p. 481-486, 1977.

ZHANG, M.; KANG, M. S.; REESE, P. F.; BHARDWAJ, H. L. Soybean cultivar evaluation via GGE biplot analysis. **Journal of New Seeds**, v. 7, p. 37-50.