

População de plantas no rendimento de óleo e proteína em soja cultivada no cerrado

Plant population yielding oil and protein in soybean cultivated in the brazilian savanna

Fredson Leal de Castro Carvalho¹, Joenes Mucci Peluzio², Celso Hackenhaar³, Domingos Bonfim Ribeiro dos Santos⁴, Ingrid Lorrane da Silva⁴, Vanessa Silveira Jorge¹

RESUMO: A população de plantas pode afetar a produtividade e a composição química dos grãos de soja, por ocorrer competição intraespecífica pelos recursos ambientais disponíveis. Assim, objetiva-se com o estudo identificar o efeito da população de plantas, em duas cultivares de soja, semeadas em dois anos agrícolas, no rendimento de óleo e de proteína em soja cultivada sob cerrado. Os experimentos foram implantados no município de Palmas, Tocantins (latitude: 10° 45 sul; longitude: 47° 14 oeste; e altitude: 220 m), um na safra 2018/19, em semeadura realizada em 08/12/2018, e outro na safra 2019/20, em semeadura efetuada em 17/12/2019. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi o de blocos casualizados (DBC), com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 x 5, representado por dois cultivares de soja (BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR) e cinco populações de plantas (200, 250, 300, 350 e 400 mil ha⁻¹). Foram avaliados os rendimentos de óleo e de proteína (Kg ha⁻¹). As populações de plantas promoveram variações nos rendimentos de óleo e proteína. Os anos agrícolas influenciaram nos rendimentos de óleo e proteína. Maiores rendimentos de proteína flutuaram entre as populações de plantas de 273,9 mil plantas ha⁻¹ (Bônus) e 306 mil plantas ha⁻¹ (NS 8383 RR), e rendimento de óleo variou entre as populações de plantas de 266,7 mil plantas ha⁻¹ (Bônus) e 310,8 mil plantas ha⁻¹ (NS 8383 RR). A cultivar NS 8383 RR apresentou os maiores rendimentos de óleo e proteína nas diferentes populações.

Palavras-chave: Arranjo populacional. *Glycine max*. Produtividade de óleo e proteína.

ABSTRACT: Plant population may affect the productivity and chemical composition of soybean grains due to intraspecies competition for available environmental resources. Current study identifies the effect of plant population on two soybean cultivars, sown in two agricultural years, on oil and protein yield of soybean cultivated in the Brazilian savanna. Experiments were carried out in the municipality of Palmas, Tocantins (10° 45 S; 47° 14 W; altitude 220 m), for the 2018-2019 crop, sown on 12/08/2018, and the other for the 2019-2020 crop, sown on 12/17/2019. Experimental design consisted of randomized blocks (DBC), with 10 treatments and four replications. Treatments were arranged in 2 x 5 factorial scheme, represented by two soybean cultivars (BONUS 8579 RSF IPRO and NS 8383 RR) and five plant populations (200,000; 250,000; 300,000; 350,000 and 400,000 ha⁻¹). Oil and protein yields (kg ha⁻¹) were also evaluated. Plant populations triggered variations in oil and protein yields, while agricultural years influenced oil and protein yields. Higher protein yields fluctuated among plant populations of 273,900 plants ha⁻¹ (Bonus) and 306,000 plants ha⁻¹ (NS 8383 RR), and oil yield varied between plant populations of 266,700 plants ha⁻¹ (Bonus) and 310,800 plants ha⁻¹ (NS 8383 RR). Cultivar NS 8383 RR provided the highest oil and protein yields in different populations.

Keywords: *Glycine max*; Population arrangements. Productivity in oil and protein.

Autor correspondente:

Fredson Leal de Castro Carvalho: fredson_tecnicoagro@hotmail.com

Recebido em: 21/09/2020

Aceito em: 13/09/2021

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PG-PV) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi (TO). Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroenergia (PPGA) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas (TO), Brasil.

² Doutor/Docente no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PG-PV) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi (TO), Brasil.

³ Doutor no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biodiversidade Amazônica pela Universidade Federal do Tocantins Rede Bionorte, Palmas (TO), Brasil.

⁴ Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroenergia (PPGA) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Palmas (TO), Brasil.



INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] é uma espécie leguminosa de elevada importância no cenário socioeconômico brasileiro, sendo o maior produtor e exportador da cultura, com produção estimada de 135,9 milhões de toneladas na safra 2020/21, com rendimento médio de 3.528 kg ha⁻¹, maior safra de soja da série histórica no país (LANGE, 2008; CONAB, 2021). Sendo uma cultura plantada 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 resultando cultivares altamente produtivos, tolerantes às pragas e doenças e adaptados às diferentes condições edafoclimáticas (ALMEIDA *et al.*, 2016; MACHADO, 2017).

Na região do MATOPIBA (região formada pelos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), o aumento da área plantada de soja ocorreu, inicialmente, nas regiões de maior altitude, como no Oeste baiano e nas chapadas do Sul e, em seguida, migrou para os Estados do Tocantins e do Piauí (BOLFE *et al.*, 2016). A área plantada de soja no Tocantins apresenta crescimento expressivo recente (ALMEIDA *et al.*, 2016). A região possui duas estações climáticas bem definidas: uma seca, de maio a setembro, e outra chuvosa, de outubro a abril, com precipitação média anual de 800 mm a 2.000 mm (ANDRADE *et al.*, 2016).

O complexo soja é composto pela soja em grãos e seus derivados como óleo e farelo de soja, que é o principal produto exportado, representando 15,7% de toda a exportação brasileira, ficando à frente de produtos importantes como minérios, petróleo e combustíveis (DALL'AGNOL *et al.*, 2012). Esse complexo envolve uma cadeia produtiva que tem início na produção interna, voltada para a exportação do produto bruto, e vai até a transformação do produto pela indústria esmagadora, que processa a soja em farelo ou óleo para a exportação ou para consumo interno (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

O crescimento dos setores envolvidos com a soja por meio de investimentos em tecnologias, novas áreas agrícolas e indústrias de processamento de grãos e refino de óleos tem promovido resultados positivos não apenas em volumes operados, mas também no desenvolvimento socioeconômico local (ABIOVE, 2020).

Os grãos de soja contêm, aproximadamente, 40% de proteína, 20% de óleo, 23% de açúcares, 4% de fibras, 5% de minerais e 8% de umidade, sendo que a expressão desses componentes (AKOND *et al.*, 2018; BELLALLOUI *et al.*, 2020; BELLALLOUI *et al.*, 2015; JARDINE; BARROS *et al.*, 2017; WENER *et al.*, 2017; PÍPOLO *et al.*, 2015) e do rendimento dos grãos (GUIMARÃES *et al.*, 2008) dependem da herança genética (tipo de cultivar), das condições ambientais (localização geográfica, época de semeadura e clima) e práticas de

manejo. Entretanto, existem poucas informações sobre os efeitos da população de plantas na composição química dos grãos e nos seus respectivos rendimentos.

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.

Mundstock e Thomas (2005) ressaltam que a sensibilidade a fatores como fotoperíodo, temperatura do ar, acamamento, retenção foliar e déficit hídrico pode afetar o crescimento da planta e o rendimento de grãos. Güllüoğlu *et al.* (2017) destacam que a densidade ótima de plantas para atingir a produtividade máxima pode variar de cultura para cultura, de genótipo para genótipo e de local para local.

Neste sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de identificar o efeito da população de plantas, em duas cultivares de soja, semeadas em dois anos agrícolas, no rendimento de óleo e de proteína em soja cultivada sob cerrado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram implantados no município de Palmas, Tocantins (latitude: 10° 45 sul; longitude: 47° 14 oeste; e altitude: 220 m), na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, um na safra 2018/19, em semeadura realizada em 08/12/2018, e outro na safra 2019/20, em semeadura efetuada em 17/12/2019. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico com textura franco arenosa, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Foi realizada análise do solo a uma profundidade de 0-40 cm, cujos resultados foram: pH (H₂O) = 5,17; M.O = 16,73 g dm⁻³; P (Mehlich I) = 16,92 mg dm⁻³; K⁺ = 0,21 cmol dm⁻³; Ca⁺⁺ = 2,61 cmolc dm⁻³; Mg⁺⁺ = 0,33 cmolc dm⁻³; V = 56,76%, bem como a 62%, 13% e 25% de areia, silte e argila, respectivamente.

Os dados de temperatura e precipitação pluviométrica, registrados no ano agrícola 2018/19 e 2019/20, foram obtidos junto ao INMET (2020), sendo apresentados, respectivamente, nas Figuras 1a e 1b.

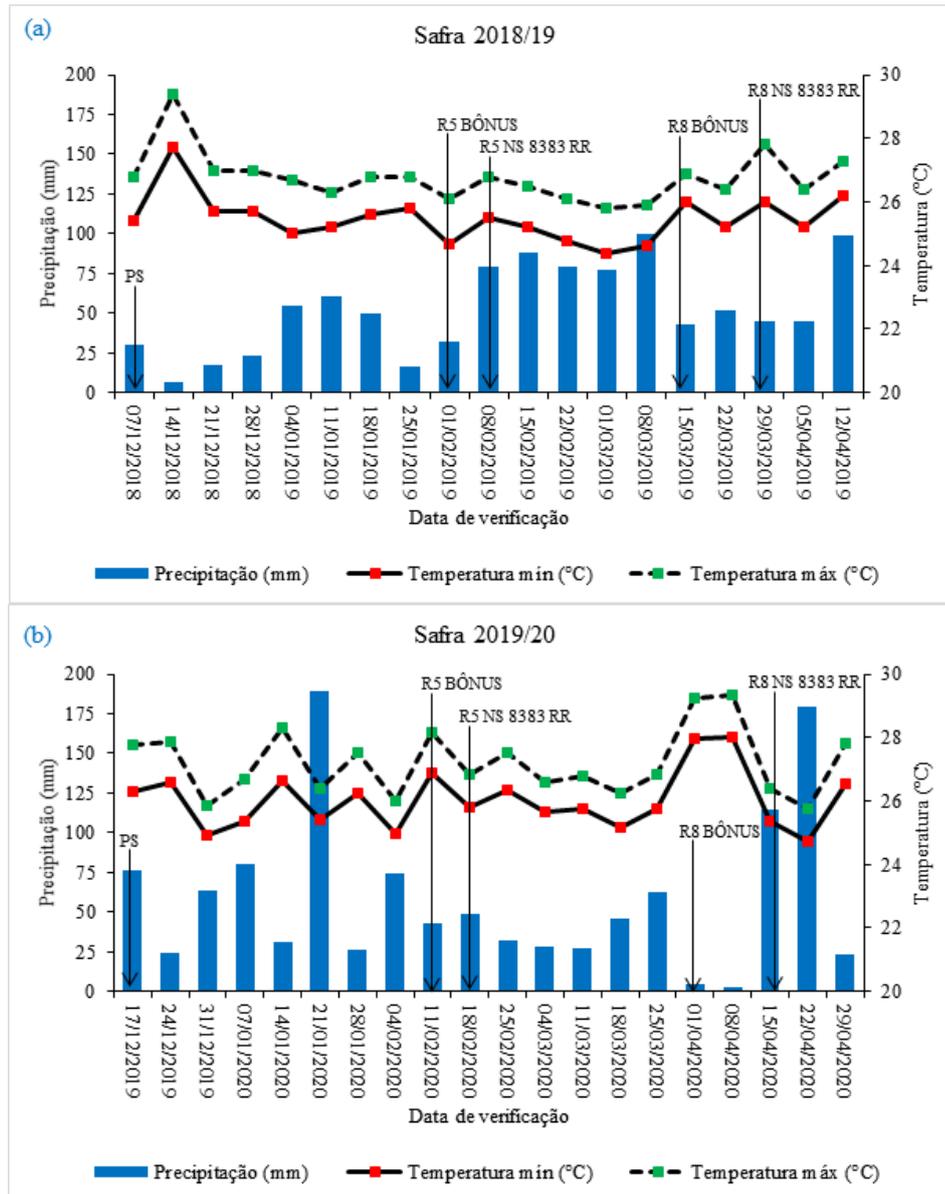


Figura 1. Precipitação pluviométrica semanal e temperaturas máximas e mínimas média referentes aos meses de dezembro de 2018 a abril de 2019 (Figura 1a) e dezembro de 2019 a abril de 2020 (Figura 1b). Palmas (TO).

Fonte: Inmet.

PS - plantio da soja, R5 - início do desenvolvimento dos grãos, R8 - maturação plena dos grãos (FEHR *et al.*, 1971).

O delineamento experimental utilizado, em cada ensaio, foi o de blocos casualizados com 10 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 2 x 5, representados por duas cultivares de soja (BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR), tradicionalmente cultivadas no Estado, e 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 0,45 m de espaçamento, sendo a área útil representada pelas duas fileiras centrais que totalizaram 3,6 m².

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).

No momento do plantio foi realizado o tratamento das sementes com fungicidas, seguido de inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura foi realizada manualmente e a densidade de semeadura foi realizada com intuito de se obter 50% a mais de sementes em relação à população desejada em cada tratamento. Aos 10 dias após a semeadura, foi realizado desbaste das plantas deixando o número de plantas por metro linear indicado para cada população.

A adubação de plantio foi realizada manualmente, com 400 Kg.ha⁻¹ de superfosfato simples (aproximadamente 80 Kg de P₂O₅ ha⁻¹). Em cobertura, foi realizada adubação a lanço com 167 Kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio (aproximadamente 100 kg K₂O ha⁻¹) no estádio V2, a lanço (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado à medida que se fez necessário (SEDIYAMA *et al.*, 2016). Para as pragas, ao longo do ciclo da cultura, foram utilizados os inseticidas: metomil (1,0 L ha⁻¹), lambdacialotrina + chlorantraniliprole (0,075 L ha⁻¹) e teflubenzurom (0,050 L ha⁻¹). Para o manejo das doenças, foram realizadas aplicações de fungicidas: trifloxistrobina + protioconazol (0,4 L ha⁻¹ e 0,3 L ha⁻¹ de éster metílico de óleo de soja) no estádio reprodutivo R2 e azoxistrobina + benzovindiflupir (0,2 Kg ha⁻¹ e 0,6 L ha⁻¹ de óleo mineral) nos estádios reprodutivo R4 e R6. As plantas daninhas identificadas foram controladas com glifosato (1,5 L ha⁻¹ e 0,5 L ha⁻¹ de óleo mineral).

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 dos teores de óleo e proteína, em percentagem.

As análises químicas dos grãos 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 utilizado o 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 g 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; OLIVEIRA, 1997). O teor de óleo na base seca foi determinado pelo método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente em processo contínuo, com três amostras por tratamento em cada um dos ensaios, cada amostra pesando de 5 g do material seco e moído (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Posteriormente, foi determinado o rendimento de óleo (Kg ha^{-1}), obtido através do produto do teor de óleo (%) pelo rendimento de grãos (Kg ha^{-1}) e o rendimento de proteína (Kg ha^{-1}), obtido através do produto do teor de proteína (%) pelo rendimento de grãos (Kg ha^{-1}).

Após a obtenção dos dados, realizou-se os testes normalidade e homogeneidade dos dados. Os dados de rendimento de óleo e proteína foram submetidos à análise de variância individual e, em seguida, a análise conjunta, sendo as médias das cultivares e anos comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Para as populações de plantas, em cada cultivar, realizou-se análise 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 (OriginLab Corporation, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância conjunta para rendimento de proteína e óleo revelou efeito significativo para todos os fatores, com exceção da interação cultivar x ano x população (Tabela 1).

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

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; BÜCHLING *et al.*, 2017).

A significância da interação entre ano x cultivar, indica que as cultivares apresentaram comportamento diferenciado em função das condições climáticas em cada ano de cultivo, decorrentes das 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) e Carmo *et al.* (2018).

Os coeficientes de variação (CV) obtidos foram de 13,3, indicando precisão na condução dos experimentos. Segundo classificação proposta por Pimentel-Gomes (2009), o CV é classificado como baixo quando menor do que 10%; médio quando de 10 a 20 %; e alto, de 20 a 30%. Os coeficientes de variação estão próximos àqueles obtidos por Lima *et al.* (2017), 16,4% para rendimento de proteína, e por Lopes *et al.* (2014), de 12,1 a 24,6%, Cavalcante, Sousa e Hamawaki (2011), de 16,0%, para o rendimento de óleo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta referente aos 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	
		Rendimento de proteína (Kg ha ⁻¹)	Rendimento de óleo (Kg ha ⁻¹)
Bloco/Ano	4	21543,216 ^{ns}	6154,969 ^{ns}
Ano	1	214704,987*	82335,342*
Cultivar	1	2370505,884*	449870,514*
População	4	86024,240*	27546,732*
Ano x Cultivar	1	156514,585*	47679,087*
Ano x População	4	69878,269*	14145,748*
Cultivar x População	4	40915,200*	19292,316*
Ano x Cultivar x População	4	14707,565 ^{ns}	6614,934 ^{ns}
Erro	54	10452,621	3312,898
MÉDIA		768,686	432,583
CV (%)		13,3	13,3

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

3.1 RENDIMENTO DE PROTEÍNA

As médias dos rendimentos de proteína das cultivares, nas duas safras (2018/19 e 2019/20) em função das cinco populações de plantas, são apresentadas na Tabela 2. A cultivar NS 8383 RR apresentou maior rendimento de proteína na safra 2019/20, sendo sempre superior à cultivar Bônus. Por outro lado, essa última não apresentou diferença significativa entre as safras.

Os valores de rendimento de proteína devem refletir a produtividade de grãos, uma vez que estes foram obtidos a partir do produto entre teor de proteína e produtividade de grãos. Assim, o maior rendimento de proteína da cultivar NS 8383 RR, em ambas as safras, pode ser oriundo tanto do maior teor de proteína, quanto da maior produtividade de grãos.

Tabela 2. 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.

Fonte: elaborado pelos autores.

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), de uma maior fixação de N₂ e de 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).

Quando comparadas as safras, o maior rendimento de proteína da cultivar NS 8383 RR na safra 2019/20 ocorreu, provavelmente, em função do: a) 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 e, também, do aumento na produtividade de grãos; b) do aumento na produtividade de grãos, que pode ter sido oriundo de uma melhor distribuição de chuvas na safra 2019/20 (Figura 1a), em relação à safra 2018/19 (Figura 1b), na fase inicial de crescimento e de florescimento, principalmente da cultivar mais tardia (NS 8383), que pode ter resultado um maior pegamento das flores, refletindo alterações nos componentes número de grãos por vagem, número de vagens por planta e massa de grãos. Assim, esse aumento no teor de proteína e o incremento na produtividade de grãos resultariam aumento no rendimento de proteína

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 pelo acúmulo de matéria seca tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva, considerando que nenhum dos outros fatores são limitantes. Nesse 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, uma vez que

a semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar uma boa germinação (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2008; SMIDERLE, 2019).

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

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 2.

Para as cultivares Bônus (Figura 2a) e NS 8383 RR (Figura 2b), 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 Kg ha⁻¹) e 306 mil plantas ha⁻¹ (1048,2 Kg ha⁻¹), respectivamente, estando entre as populações de plantas recomendadas para as cultivares na região. A partir da MET nessa população, houve uma redução no rendimento de proteína. Esses valores das populações estão dentro da faixa recomendada para a cultivar e Bônus (250 a 300 mil plantas ha⁻¹) (BRASMAX, 2018) e NS 8383 RR (240 a 320 mil plantas ha⁻¹) (NIDERA, 2015) para o Estado de Tocantins.

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 teor de proteína em função de um aumento no índice de área foliar, na interceptação de luz e em um rápido fechamento do dossel, resultando aumento nas taxas de metabolismo do nitrogênio (BALL; PURCELL; VORIES, 2000a; PÍPOLO *et al.*, 2015). Além disso, o aumento na população de plantas pode ter resultado aumento na produção de grãos em função, provavelmente, de um aumento no número, no peso, na taxa de crescimento dos grãos (EGLI, 1990) e no 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 (BELLALLOUI *et al.*, 2014), por água e pelo maior sombreamento oriundo das altas populações, reduzindo a proteína dos grãos (BALL; PURCELL; VORIES, 2000b) e reduzindo a produção de grãos, essa última em virtude da queda no peso individual das sementes (JIANG; EGLI, 1995; KNEBEL *et al.*, 2006) oriunda de uma menor atividade fotossintética e da menor translocação de assimilados para os grãos no período de enchimento dos grãos (BELLALLOUI *et al.*, 2014; JIANG; EGLI, 1995; KNEBEL *et al.*, 2006; WERNER *et al.*, 2017).

A maior produtividade obtida em algumas populações pode ser atribuída, em parte, à teoria de maior interceptação da radiação solar durante o período vegetativo (BOARD;

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 e 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 à planta explorar melhor os recursos como disponibilidade de luz, água, área de solo e interceptação da radiação solar, proporcionando dessa forma um maior incremento de massa seca em estádios de desenvolvimento mais precoces da planta.

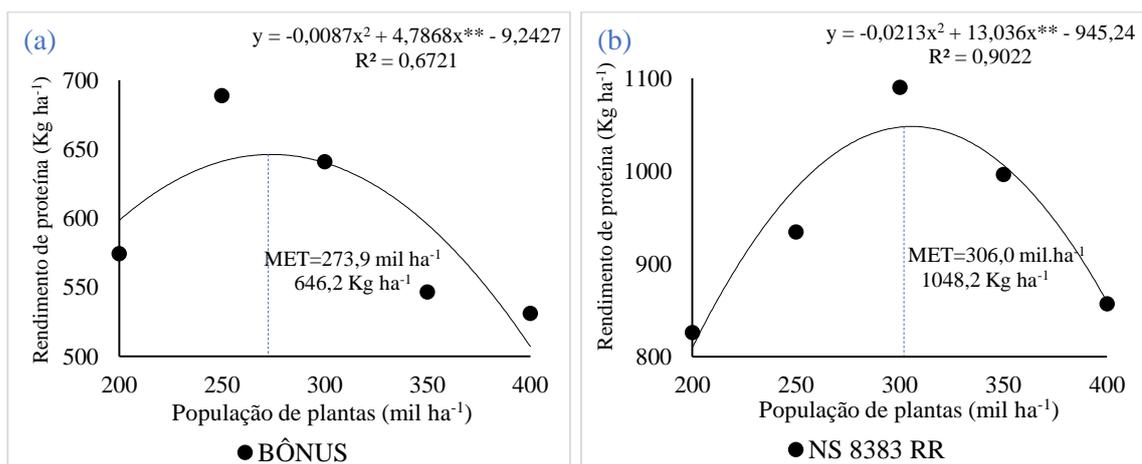


Figura 2. Rendimento médio de proteína (Kg ha⁻¹) para as cultivares BÔNUS 8579 RSF IPRO e NS 8383 RR, em função das populações de plantas (mil ha⁻¹), em Palmas (TO), Brasil, 2020. ******significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. **¹MET:** Máxima Eficiência Técnica.

3.2 RENDIMENTO DE ÓLEO

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 apresentadas na Tabela 3.

A cultivar NS 8383 RR apresentou maior rendimento médio de óleo na safra 2019/20, que foi superior à 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. Nesse sentido, o maior rendimento de óleo de NS 8383 RR, em ambas as safras, quando

comparada com Bônus, foi oriundo do aumento no teor de óleo e/ou da maior produtividade de grãos na fase de enchimento dos grãos.

Tabela 3. 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)

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.

Fonte: elaborado pelos autores.

Quando comparadas as safras, o maior rendimento de óleo na safra 2019/20 para a cultivar NS 8383 RR pode ter ocorrido em função tanto da maior produtividade de grãos quanto do maior teor de óleo nos grãos. Nesta safra, o maior teor 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 1b), em relação à safra 2018/19 (Figura 1a). Além disso, houve uma melhor distribuição de chuvas na safra 2019/20 (Figura 1b) em relação à safra 2018/19 (Figura 1a), na fase inicial de crescimento e no período de florescimento, principalmente da cultivar mais tardia (NS 8383), que pode ter resultado um maior pegamento das flores, refletindo alterações nos componentes número de grãos por vagem, número de vagens por planta e massa de grãos. Assim, esse aumento no teor de óleo e o incremento na produtividade de grãos resultariam aumento no rendimento de óleo.

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

Barbosa *et al.* (2011) associam o aumento nos teores e rendimentos de óleo às temperaturas mais altas e menores médias de precipitação, na fase de enchimento de grãos. Montaña-Velasco (1994) e Barbosa *et al.* (2011) reafirmam que cultivares com maior produtividade de grãos também apresentam maior rendimento de óleo, por ocorrer associação positiva e significativa entre os mesmos.

A regressão polinomial do rendimento de óleo (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 3.

Para as cultivares Bônus (Figura 3a) e NS 8383 RR (Figura 3b) 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 Kg ha⁻¹) e 310,8 mil plantas ha⁻¹ (569,7

Kg ha⁻¹), estando entre as populações de plantas recomendadas para as cultivares na região, respectivamente, decrescendo a partir daí. Assim como o ocorrido para o rendimento de proteína (Figuras 2a e 2b), os valores das populações encontram-se dentro da faixa recomendada para a cultivar e Bônus (250 a 300 mil plantas ha⁻¹) (BRASMAX, 2018) e NS 8383 RR (240 a 320 mil plantas ha⁻¹) (NIDERA, 2015) para o Estado de Tocantins.

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 uma maior disponibilidade de carbono (C), na fase de enchimento dos grãos, levando a um aumento no conteúdo de óleo (PROULX; 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 pode ser resultante de: 1) um menor conteúdo de óleo nos grãos, em virtude de um maior sombreamento provocado pelas altas populações, que resultou uma menor taxa fotossintética das plantas e em menor assimilação de carbono (PROULX; NAEVE, 2009); e 2) de uma queda na produção dos grãos em decorrência de redução no peso individual das sementes (JIANG; 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; EGLI, 1995; KNEBEL *et al.*, 2006; WERNER *et al.*, 2017).

O teor de óleo é dependente do metabolismo de carbono, de modo que reduções nos valores da fotossíntese líquida, associada a uma redução na expressão de proteínas relacionadas com o metabolismo de carbono, tais como a fosfoglicerato cinase, gliceraldeído 3 fosfato desidrogenase, ferredoxina NADPH redutase, ATP sintase e quinona oxidoreductase, promovem uma redução do conteúdo de óleo nas sementes (SOARES, 2013).

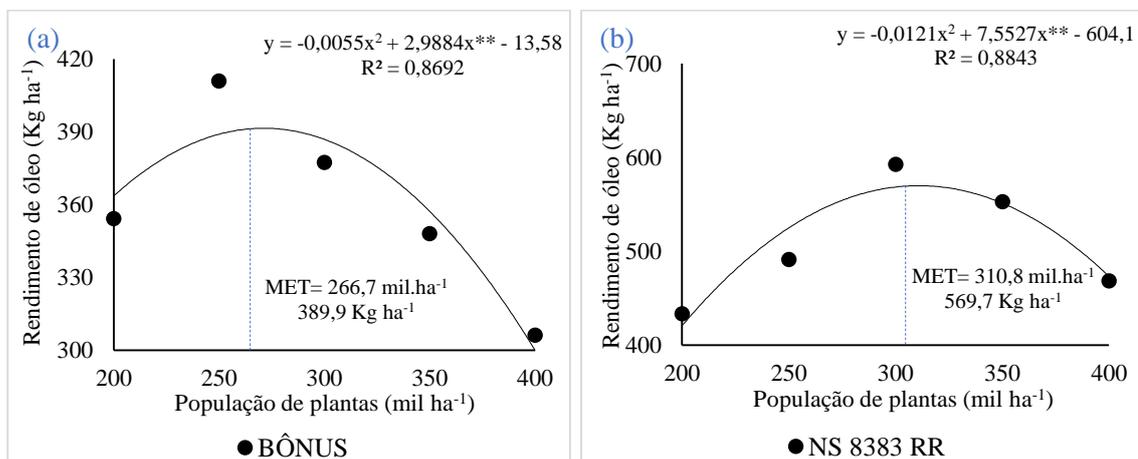


Figura 3. Rendimento médio de óleo (Kg.ha⁻¹) para as cultivares BÔNUS e NS 8383 RR, em função das populações de plantas (mil ha⁻¹), em Palmas (TO), Brasil, 2020.
**significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. ¹MET: Máxima Eficiência Técnica.

4 CONCLUSÕES

As populações de plantas promoveram variações nos rendimentos de óleo e proteína.

Os anos agrícolas influenciaram nos rendimentos de óleo e proteína.

Maiores rendimentos de proteína flutuaram entre as populações de plantas de 273,9 mil plantas ha⁻¹ (Bônus) e 306 mil plantas ha⁻¹ (NS 8383 RR), e rendimento de óleo variou entre as populações de plantas de 266,7 mil plantas ha⁻¹ (Bônus) e 310,8 mil plantas ha⁻¹ (NS 8383 RR).

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

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins (UFT) pelo suporte na realização da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que possibilitou a execução deste estudo.

REFERÊNCIAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Cadeia produtiva**. Disponível em: <https://abiove.org.br/cadeia-produtiva/>. Acesso em: 24 maio 2020.

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.]. **Can. J. Plant Sci.**, v. 98, n. 4, p. 881-888, 2018. DOI: [dx.doi.org/10.1139/cjps-2017-0204](https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0204).

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400008>.

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M.; AFFERRI, F. S. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Biosci. J.**, v. 26, n. 1, 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7044>. Acesso em: 19 out. 2020.

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. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1056532/1/CNPASA2016bpd11.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. D.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia: recuperação de pastagens no cerrado. **Agroanalysis**, v. 10, p. 30-33, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/299458426>. Acesso em: 23 set. 2019.

14

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

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. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403757x>.

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. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4041070x>.

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

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. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.07.0463>.

BELLALOU, 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. **Front. Plant Sci.**, v. 6, p. 1-14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00031>.

BELLALOU, 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. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9030378>.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow-vs. wide-row soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200010041x>.

BOLFE, É. L.; VICTÓRIA, D. D. C.; CONTINI, E.; BAYMA-SILVA, G.; SPINELLI-ARAÚJO, L.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola. Aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de política agrícola**, v. 25, n. 4, p. 38-62, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316455571>. Acesso em: 04 maio. 2021.

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.

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. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p3085>.

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. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.3931>.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p945>.

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. **Biosci. J.**, v. 27, n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7353>. Acesso em: 18 set. 2019.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/2021**. v. 8, n. 7. Brasília: Conab, 2021. 117p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/36566_871e4d2210be5fcac5a6c7bfd2b400a5. Acesso em: 18 jun. 2021.

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.

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. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/41.2.243>.

FARIA, L. A.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; 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. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i2a5518>.

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.

FERREIRA, D. F. Sisvar: computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

GREGGIO, E. A.; BONINI, E. A. Qualidade do grão de soja relacionada com o teor de acidez do óleo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 645-658, 2014. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2014v7n3p%25p>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400010>.

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. **Turk. J. Field Crops**, v. 21, n. 1, p. 59-65, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.66663>.

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. DOI: [http://dx.doi.org/10.18006/2017.5\(1\).031.037](http://dx.doi.org/10.18006/2017.5(1).031.037).

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000200010>.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2008. 1020p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 23 set. 2019.

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. 2020.

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/CONT000fbl23vmz02wx5e00sawqe3vtdl7vi.html>. Acesso 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. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.12.0683>.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. **J. Agron.**, v. 87, p. 264-267, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700020020x>.

KLEIN, C.; MEURER, C. O.; SCHNEIDER, E. L.; SOLDÁ, O.; DANELUZ, M. H. Desempenho agrônômico da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**. Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 39-48, 2018. DOI: <https://doi.org/10.35819/scientiatec.v5i2.2459>.

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.**, v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i3.962>.

LANGE, C. E. Soja. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed. Técnicos). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 779-802. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117197/1/Origem-e-Evolucao-de-Plantas-Cultivadas-Baixa.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

LEFFEL, R. C.; CREGAN, P. B.; BOLGIANO, A. P.; THIBEAU, D. J. Nitrogen metabolism of normal and high-seed protein soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 3, p. 747-750, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200030034x>.

LIMA, A. M. N.; 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 Fac. Agron. Univ. Nac. La Plata**, v. 116, 2017. Disponível em: <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/6175>. Acesso em: 18 set. 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v5i3.411>.

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. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19029/1/DiversidadeGeneticaSoja.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

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

MATTIONI, F.; CORRÊA, L. A. V.; GOMES, J. C. C.; WÜNCH, J. Arranjos espaciais, plantas concorrentes e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) merrill] em cultivo orgânico. **R. Bras. Agrociência**, v. 143, n. 4, p. 21-32, 2008. DOI: <https://doi.org/10.18539/cast.v14i3.1929>.

MELO, M. H.; GARCIA, L. C.; WEIRICH NETO, P. H.; ROCHA, C. H.; GOMES, J. A.; ARRÚA, M. E. P.; SOUZA, E. C. F.; ANTUNES, S. R. M.; DALZOTO, L. M.; MIRANDA, E. L.; SOUZA, N. Characterization of soybean cultivars for biodiesel production. **Int. j. adv. res. sci. eng. technol. Research and Science**, v. 5, p. 26-29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijaers.5.12.5>.

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesq. agropec. bras.**, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>.

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. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v91i3.143>.

MONTAÑO-VELASCO, J. C. **Análise genética de populações F3 de soja derivadas de cruzamentos em cadeia com ênfase na produção de óleo**. 1994. 115f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20200111-125846/publico/Montano-VelascoJuanCarlos.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

MONTEIRO, F. J. F.; PELUZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; DE 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. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.3836>.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31p. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/soja-fatores-que-afetam-o-crescimento-e-o-rendimento-de-graos/4760479/>. Acesso em: 18 set. 2019.

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

OLIVEIRA, F. A.; SFREDO, G. J.; CASTRO, C.; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja**. Londrina: Embrapa Soja, v. 50, 2007. 8p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 50). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470312/1/circtec50.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

ORIGINLAB CORPORATION. **OriginPro 8 SR0 versão 8.072**. 2007. Disponível em: <http://www.OriginLab.com>. Acesso em: 04 set. 020.

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 Biotechnol J.**, v. 16, n. 11, p. 1939-1953, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.12929>.

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**, v. 3, n. 3, 2011. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/download/798/1250#:~:text=Quanto%20>

%C3%A0%20produtividade%20de%20gr%C3%A3os,%2C2%25%20(PROD). Acesso em: 18 set. 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.447>.

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

PÍPOLO, 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. 15p. (Embrapa Soja. Comunicado técnico, 86). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130450/1/comunicado-tecnico-86OL.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

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. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 183-188, 1998. Disponível em: <http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/504/468>. Acesso em: 18 set. 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0222x>.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agronômico de soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2239>.

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. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.05.0240>.

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**, v. 10, n. 1, p. 22-29, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i1.2462>.

SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R. C. T.; SEDIYAMA, H. A. A soja. In: SEDIYAMA, T. (ed.). **Produtividade da Soja**. Mecenas: Londrina, 2016. p. 11-18. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117197/1/Origem-e-Evolucao-de-Plantas-Cultivadas-Baixa.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

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, 2011. Disponível em:

<https://docplayer.com.br/5255449-A-importancia-da-soja-para-o-agronegocio-brasileiro-uma-analise-sob-o-enfoque-da-producao-emprego-e-exportacao.html#:~:text=O%20aumento%20da%20produtividade%2C%20aliada,entre%20os%20maiores%20produtores%20mundiais>. Acesso em: 18 set. 2019.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.11.003>.

SMIDERLE, O. J. (org.). **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima - Exigências climáticas**. Embrapa Roraima, 2019. (Sistemas de Produção, 6ª ed.). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/210591/1/SIST-PROD-06-Soja.pdf>. Acesso em: 10 maio. 2020.

SOARES, C. Q. G. **Efeito do estresse hídrico na expressão de proteínas em duas variedades de soja contrastantes para o conteúdo de óleo e proteína**. 2013. 128f. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/2386/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

STÜLP, M.; BRACCINI, A. D. L.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I. Desempenho agronômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciênc. Agrotec.**, v. 33, n. 5, p. 1240-1248, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000500006>.

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**, v. 14, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i4a6876>.

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. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, v. 20, n. 8, p. 734-738, Aug. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p734-738>.

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. **Semin., Ciênc. Agrár.**, v. 38, n. 1, p. 85-96, jan./fev. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p85>.