



SILVESTRE PAULINO DA SILVA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM E SEM
DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Teresina – PI

2021

SILVESTRE PAULINO DA SILVA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO
NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Dissertação apresentada a Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador

Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior

TERESINA - PI

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

S586c Silva, Silvestre Paulino da

Crescimento e produtividade da soja em resposta a adubação nitrogenada com e sem deficiência hídrica / Silvestre Paulino da Silva - 2021

80. f. : il.

1. *Glycine max* (L.) Merrill 2. Déficit hídrico 3. Nitrogênio I. Título

SILVESTRE PAULINO DA SILVA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO
NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA.**

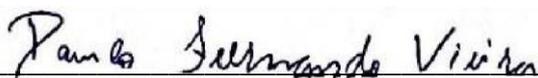
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADA em 15 de janeiro de 2021

Comissão Julgadora:



Pesq. Dr. Henrique Antunes de Souza – EMBRAPA Meio-Norte



Pesq. Dr. Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira – EMBRAPA Meio-Norte



Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior – UESPI



Pesq. Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior – EMBRAPA Meio-Norte
(Orientador)

TERESINA-PI

2021

Dedico a minha mãe, Maria dos
Remédios Paulino da Silva (*in memoriam*)
que sempre me inspirou a ter forças para
enfrentar os desafios.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar nos meus caminhos.

À minha esposa, Elizete Vidal de Sousa, por me apoiar e dar a força necessária para enfrentar os desafios.

Aos meus Pais, José Cazusa da Silva e Maria dos Remédios Paulino da Silva (*in memoriam*), mesmo sem ter avançado nos seus estudos, terem trabalhado diuturnamente para garantir a educação da família.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

À Embrapa Meio-Norte, por toda estrutura e apoio dado para realização do experimento.

À Universidade Estadual do Piauí, a qual faço parte, por fomentar a qualificação dos seus servidores.

Ao meu orientador Dr. Aderson Soares Andrade Júnior, pelo apoio e incentivo.

A todos os meus professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFPI.

Ao pesquisador Dr. Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira e aos professores Dr. Luís Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior e Dr. Henrique Antunes de Souza, pela disponibilidade em participar desta banca.

Às minhas colegas Ingrid e Neide, e a todos que de alguma forma ajudaram a tornar esse trabalho possível.

À toda a minha família e amigos, pelo apoio e incentivo

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1. Características agronômicas da soja.....	10
2.2. Demanda hídrica da soja.....	11
2.3. Demanda de nitrogênio na soja.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO 1.....	17
3. CRESCIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA.....	17
Resumo.....	17
Abstract.....	18
Lista de Tabelas.....	19
Lista de Figuras.....	20
3.1. Introdução.....	21
3.2. Material e Métodos.....	23
3.3. Resultados e Discussão.....	29
3.3.1. Lâminas de irrigação e umidade do solo.....	29
3.3.2. Altura de planta.....	33
3.3.3. Diâmetro do caule.....	36
3.3.4. Número de trifólios.....	38
3.3.5. Área Foliar.....	41
3.3.6. Matéria seca total.....	43
3.4. Conclusões.....	47
Referências bibliográficas.....	48
CAPÍTULO 2.....	51
4. DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA.....	51
Resumo.....	51
Abstract.....	52
Lista de Tabelas.....	53

Lista de Figuras	54
4.1. Introdução	55
4.2. Material e Métodos	57
4.3. Resultado e Discussão	63
4.3.1. Lâmina de irrigação e umidade do solo.....	63
4.3.2. Número de plantas.....	67
4.3.3. Número de vagens por planta.....	68
4.3.4. Peso de mil grãos.....	71
4.3.5. Produtividade de grãos.....	74
4.4. Conclusões	76
Referências bibliográficas	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das maiores fontes de proteína vegetal da humanidade. O aumento da produção no Brasil tem sido impulsionado por estudos que avaliam o crescimento e a produção de cultivares em diversas regiões do país. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade da soja, submetida a dois regimes hídricos e duas doses de fertilização com nitrogênio. O experimento foi realizado com duas cultivares de soja (BRASMAX BONUS e BRS 8980), na área experimental da Embrapa Meio Norte, em Teresina, Piauí, Brasil. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em que as parcelas se constituíram de dois níveis de irrigação: reposição de 50% e 100% da ETc e as subparcelas de dois níveis de nitrogênio: sem N e com 1000 kg ha⁻¹ de N, cuja combinação resultou em quatro tratamentos. Ambas as cultivares de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e a fertilização foi realizada de acordo com os atributos químicos do solo. Para os tratamentos que receberam fertilização com N, utilizou-se como fonte ureia (46%), cuja dose utilizada foi de 1000 kg N ha⁻¹, dividida em doses de 20, 80, 100, 200, 300 e 300 kg ha⁻¹, nas fases: semeadura, V2, V4, R2, R3 e R5, respectivamente. Os tratamentos com 50% ETc foram submetidos à deficiência hídrica do estágio V4 a R5. Os resultados são apresentados em dois capítulos, o primeiro capítulo consiste nas avaliações dos atributos biométricos e da biomassa: altura da planta (AP); número de trifólios (NT); diâmetro do caule (DC); área foliar (AF) e matéria seca total (MST), avaliadas nos estádios fenológicos R1, R5 e R8. No segundo capítulo, foram avaliados os parâmetros de rendimento e os demais componentes da produção: número de plantas por metro (NP), número de vagens por planta (NVP), Peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey aos níveis de probabilidade até 5%, utilizando o software estatístico 'ExpDes.pt' em R. No primeiro capítulo o déficit hídrico (50% da ETc) promoveu redução de crescimento nas duas cultivares de soja em todos os parâmetros avaliados: AP, DC, NT, AF e MST, quando comparados a 100% da ETc. O uso de nitrogênio suplementar com 1000 kg ha⁻¹, na cultivar BRASMAX BONUS, não influenciou no acúmulo de MST ao final do ciclo (R8). Na cultivar BRS 8980, o uso de nitrogênio suplementar favoreceu o crescimento da soja para a maioria dos parâmetros avaliados: DC, NT, AF e MST. No segundo capítulo. O déficit hídrico (50% da ETc) reduziu o NVP e PG em ambas as cultivares de soja, quando comparado a 100% da ETc. Na cultivar BRASMAX BONUS, o uso de nitrogênio suplementar não favoreceu a produção de nenhum dos parâmetros avaliados. Na cultivar BRS 8980, o uso de nitrogênio suplementar favoreceu o maior NVP, mas não influenciou o PMG e PG, em comparação aos tratamentos sem nitrogênio.

Palavras-chave: Déficit hídrico, nitrogênio, *Glycine max* (L.) Merrill.

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN IN RESPONSE TO NITROGENATED FERTILIZATION WITH AND WITHOUT WATER DEFICIENCY

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of humanity's greatest sources of vegetable protein. The increase of production in Brazil has been boosted by studies which evaluate the growth and production of cultivars in several regions of the country. Thus, the objective of this work was to evaluate growth and productivity of soybean, submitted to two water regimes and two levels of nitrogen fertilization. The experiment was carried out with two soybean cultivars (BRASMAX BONUS and BRS 8980), at the experimental area of the Embrapa Middle North, in Teresina, Piauí State, Brazil. The experimental design adopted was in randomized blocks, with subdivided plots, in which the plots consisted of two levels of irrigation: replacement of 50% and 100% ET_c and the subplots the two levels of nitrogen: without N and with 1000 kg ha⁻¹ of N, whose combination resulted in four treatments. Both soybean cultivars were inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and the fertilization was carried out according to the chemical attributes of the soil. For the treatments that received fertilization with N, urea (46%) was used as source, whose dose used was 1000 kg N ha⁻¹, divided into doses of 20, 80, 100, 200, 300 and 300 kg ha⁻¹, in the phases: sowing, V2, V4, R2, R3 and R5, respectively. The treatments with 50% ET_c were submitted to water deficit from stage V4 to R5. The results are presented in two chapters, the first chapter consists of evaluations of biometric attributes and biomass: plant height (AP); number of trifoliolate leaves (NT); stem diameter (DC); leaf area (AF) and total dry matter (MST), which were evaluated at the phenological stages R1, R5 and R8. In the second chapter, the parameters of yield and the other components of production were evaluated: number of plants per meter (NP), number of pods per plant (NVP), weight of a thousand grains (PMG) and grain yield (PG). The results were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the averages were compared by the Tukey test to the probability levels of up to 5%, using the statistical software 'ExpDes.pt' in R. In the first chapter the water deficit (50 % of ET_c) promoted growth reduction in both soybean cultivars in all evaluated parameters: AP, DC, NT, AF and MST, when compared to 100% of ET_c. The use of supplementary nitrogen with 1000 kg ha⁻¹, in the cultivar BRASMAX BONUS, did not influence the accumulation of MST at the end of the cycle (R8). In the cultivar BRS 8980, the use of supplementary nitrogen favored soybean growth for most of the evaluated parameters: DC, NT, AF and MST. In the second chapter. The water deficit (50% of ET_c) reduced NVP and PG in both soybean cultivars, when compared to 100% of ET_c. In the cultivar BRASMAX BONUS, the use of supplementary nitrogen did not favor the production of any of the evaluated parameters. In the cultivar BRS 8980, the use of supplementary nitrogen favored the highest NVP, but did not influence the PMG and PG, compared to treatments without nitrogen.

Keywords: Water deficit, nitrogen, *Glycine max* (L.) Merrill

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max (L) Merrill*) é um dos produtos mais importantes da pauta de exportação brasileira. No ano de 2019 foi o produto mais exportado com participação de 11,57% do total das exportações, seguido pelo petróleo (10,74%), minério de ferro (10,06 %), celulose (3,32%) e milho (3,23%) (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020). As expectativas brasileiras para a produção de soja na safra 2020/2021 são da ordem de 133,67 milhões de toneladas, e desses, 65% sejam exportados, em sua maioria para a China (CONAB, 2020).

O destaque do Brasil na produção mundial de soja, deve-se, principalmente, à disponibilidade de área para produção e sua elevada produtividade por hectare. Na safra 2018/2019 a média da produtividade mundial foi da ordem de 2.870 kg ha⁻¹, enquanto, dos cinco maiores produtores, o Brasil foi o 3º em produtividade (3.310 kg ha⁻¹) ficando abaixo dos Estados Unidos (3.400 kg ha⁻¹) e Argentina (3.330 kg ha⁻¹), porém muito acima dos outros produtores, como a China (1.700 kg ha⁻¹) e a Índia (960 kg ha⁻¹) (USDA, 2020).

A produtividade potencial da soja vai muito além da produtividade média atual. Segundo La Menza et al. (2017) o potencial produtivo da soja é determinado pela radiação solar, temperatura, grupo de maturidade das variedades, sementes e outros fatores que influenciam o período de tempo durante o qual a cultura foi cultivada, podendo chegar de 6-8 Mg ha⁻¹.

Um dos fatores restritivos ao aumento da produtividade da soja, é o déficit hídrico. Segundo Vivan et al. (2013) a produtividade da soja está condicionada a aleatoriedade climática, sendo o déficit hídrico o principal agente limitador produtivo. Adiciona-se a este contexto, conforme Moura et al. (2018), a precipitação a qual apresenta grande variabilidade espacial e temporal, cuja estimativa constitui-se uma das principais fontes de erro e incertezas em planejamentos agropecuários.

Outro fator importante é a adubação, e ao longo dos anos, tem havido interesse no uso da fertilização com N como forma de aumentar a produtividade da soja devido ao reconhecimento da grande necessidade de N pela soja para alta produtividade (HELLAL; ABDELHAMID, 2013). Contudo, a soja raramente recebe a aplicação de fertilizantes nitrogenados (N), tendo em vista que as cultivares podem atender a demanda de N apenas com a fixação biológica de N, quando as sementes são

inoculadas (LA MENZA et al., 2017). Entretanto este é um assunto é contraditório, segundo Petter et al. (2012) a fixação biológica de nitrogênio pode não ser suficiente para atender a demanda exigida pela cultura e a adubação nitrogenada tardia pode ser usada de forma complementar na cultura da soja, proporcionando ganhos em produtividade.

Apesar da cultura da soja já ter sido amplamente estudada, através de trabalhos com adubação nitrogenada e estresse hídrico, ainda se faz necessário estudos locais visando esclarecer questões como: o crescimento e a produtividade de grãos da soja são alterados em função da disponibilidade de água no solo? A adubação suplementar com nitrogênio (N) favorece o crescimento e a produtividade de grãos da soja? A interação entre a disponibilidade de água no solo e o nitrogênio suplementar altera o crescimento e a produtividade de grãos de soja? Nesse contexto, objetiva-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a produtividade de grãos da soja em resposta a disponibilidade de água no solo e suplementação nitrogenada nas condições de solo e clima de Teresina, PI.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características agronômicas da soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill), é uma das maiores fontes de proteína vegetal da humanidade, sendo usada na alimentação humana e animal e como matéria-prima industrial, para fabricação de óleos, adesivos e plásticos, além de outros itens processados (FARIAS; CHAVES, 2008).

A soja é originária da China, da família Fabacea, a planta é de ciclo anual, o caule é herbáceo, ereto, pubescente, ramificado, as flores são completas e ocorrem em racemos terminais ou axilares, o fruto é um legume comumente chamado de vagem (TEJO et al., 2019). As folhas da soja se desenvolvem no caule a partir dos nós, sendo o primeiro nó cotiledonar (sem folhas verdadeiras opostas no caule e podendo ou não desprender-se), o segundo nó tem folhas unifoliadas opostas pelo caule, e a partir do terceiro nó, todos os outros são com folhas trifoliadas e alternadas entre si (FARIAS et al., 2007). As raízes da soja estão concentradas nos primeiros 15 cm da camada do solo (QUEIROZ et al., 2000).

As cultivares de soja podem apresentar hábitos de crescimento determinado, indeterminado, semideterminado ou semi-indeterminado. No crescimento determinado a planta cessa a emissão nós após o florescimento, podendo ainda crescer devido ao alongamento dos entre nós, no crescimento indeterminado a planta cresce e emite novos nós após o florescimento, e nos hábitos de crescimento semideterminado ou semi-indeterminado, o aumento do nº de nós no caule depois do florescimento é igual ou menor que o nº de nós até o início do florescimento (THOMAS, 2018).

A soja tem dois estádios de desenvolvimentos bem definidos, o vegetativo e o reprodutivo. O estágio vegetativo é subdividido nas fases: VE (emergência); VC (folhas unifolioladas, bordas não tocantes); V1 (folhas totalmente desenvolvidas em nós unifoliolados); V2 (Folha completamente desenvolvida no primeiro nó acima do nó unifoliar); V3 (três nós no caule principal com folhas totalmente desenvolvidas); Vn (“n” nós no caule principal com folhas totalmente desenvolvidas) (FEHR; CAVINES, 1977). O estágio reprodutivo é sub-dividido em: R1 (floração inicial); R2 (floração total); R3 (formação de vagem); R4 (vagem completa); R5 (início da formação semente); R6 (formação completa da semente); R7 (início da maturidade do grão) e R8 (maturidade plena do grão) (FEHR; CAVINES, 1977).

No Brasil, apesar do rendimento médio da soja na safra 2018-2019 ter alcançado 3.310 kg ha⁻¹ (USDA, 2020). Segundo Barth et al. (2018) agricultores que utilizam variedades e melhores práticas de manejo, estão alcançando de 4,5 a 6,0 Mg ha⁻¹, sem irrigação. Estudos realizados pelo mesmo autor, avaliando uma cultivar moderna de soja (NA 5909RG), que obteve produtividade de grão de 6,6 Mg ha⁻¹, verificaram que a para cada hectare de soja produzidos, foram acumulados: 429 kg; 34 kg; 177 kg; 100 kg; 43 kg; 19 kg; 250 g; 100 g; 1095 g; 793 g; 344 g de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, respectivamente.

Segundo Hellal e Abdelhamid (2013) a soja pode produzir tanto em solos quase neutros, quanto em solos ácidos (quando corrigidos o pH). No Piauí os tipos de solo indicados para o cultivo da soja através do zoneamento agroclimático são: Tipo 1 (solos com textura arenosa com teor de argila ≥10% e < 15% da argila), Tipo 2 (solos com textura média com teor de argila ≥15% < 35%) e Tipo 3 (solos com textura argilosa com teor de argila ≥ 35%), conforme MAPA (2008).

2.2. Demanda hídrica da soja

A necessidade hídrica da soja é definida a partir da evapotranspiração da cultura (ETc), que é a evapotranspiração de referência (ETo) multiplicada pelo coeficiente da cultura (Kc). Segundo Allen et al., (1998) o Kc da soja pode variar de 0,5 a 1,15. Estudos realizados por Bastos et al., (2007) propuseram coeficientes de cultivo (Kc) da soja irrigada por aspersão, no Vale do Guruguéia, PI, nos seguintes valores: 0,38 no estágio inicial (0 a 20 dias) ; 0,93 no estágio de crescimento (21 a 45 dias) ; 1,04 no estágio intermediário (46 a 70 dias) ; 1,29 no estágio final e 0,8 na maturidade fisiológica.

De forma geral, a necessidade hídrica da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante o período de floração e enchimento dos grãos (7-8 mm/dia), decrescendo após esse período, sendo que o acumulado da ETc, pode variar de 450 a 800 mm, para obtenção do máximo rendimento da soja (FARIAS et al, 2007). Estudos realizados por Irmak et al. (2014), em Nebraska nos Estados Unidos no ano de 2007, verificaram que a necessidade hídrica da soja em regime irrigado, com reposição de 100 % da ETc foram de 592 mm, enquanto em regime de sequeiro a necessidade hídrica foi de 452 mm.

No Brasil, diversas pesquisas realizadas, têm demonstrado que o rendimento das culturas é influenciado por fatores climáticos, dentre eles, o estresse hídrico (SOUZA et al., 2016). Segundo Taiz et al. (2017) o déficit de água ocorre na maioria dos habitats naturais ou agrícolas e é causado principalmente por períodos intermitentes até contínuos sem precipitação induzindo a acumulação de ácido abscísico (ABA), que promove o fechamento estomático, reduzindo as trocas gasosas e inibindo a fotossíntese.

Na soja, vários estudos demonstram que durante o ciclo total da cultura, o período do início da floração até o enchimento dos grãos é a fase mais sensível ao déficit hídrico (GIMÉNEZ et al., 2017). De acordo com Gava et al. (2016) a ocorrência de déficit hídrico apenas no enchimento de grãos representa o mesmo risco de perdas em relação à ocorrência no ciclo total da cultura da soja. Estudos realizados por Simeão et al. (2015) indicam que a ocorrência de déficit hídrico nas fases fenológicas II e III (23-48 e 49-89 dias após o plantio) afetam o crescimento e a produtividade de grãos da soja.

A irrigação pode ser uma alternativa para mitigar os efeitos do déficit hídrico. Estudos realizados na região do Mato Grosso do Sul demonstraram que uso da irrigação é fundamental para permitir que a soja expresse todo seu potencial produtivo (FLUMIGNAM et al., 2015).

2.3. Demanda de nitrogênio na soja

O nitrogênio (N) é o principal nutriente requerido pela cultura da soja, o grão tem um teor médio de 6,5 % de N, sendo que para produção de 3000 kg ha⁻¹ de soja, são necessários 240 kg de N (HUNGRIA et al., 2001). A concentração de proteínas nas sementes de soja é cerca de quatro a cinco vezes maior que a do arroz, trigo e milho, sendo que a composição nutritiva da semente de soja (por 100 g) produzidas no Japão é a seguinte: água 12,5 g, proteína 35,3 g, lipídios 19,0 g, carboidratos 28,2 g e minerais 5 g (OHYAMA et al., 2016).

As fontes de N para planta de soja são: o solo, com decomposição da matéria orgânica; a fixação abiótica, resultante de descargas elétricas, vulcanismo e combustão; os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio - FBN (HUNGRIA et al., 2001). Segundo a mesma autora, apesar do fertilizante nitrogenado ser a forma mais rápida de assimilação do N pela planta, a sua eficiência reside em torno de 50%, sendo perdido principalmente por lixiviação¹, desnitrificação² e volatilização³, além disso, a decomposição da matéria orgânica fornece apenas de 10-15 kg de N para cultura e a fixação abiótica é pequena e variável, sendo que no Brasil a necessidade de N da soja pode ser suprida integralmente pela FBN, através de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (HUNGRIA et al., 2001).

Segundo Ohyama et al. (2016) na fixação biológica de nitrogênio, as plantas de soja produzem nódulos radiculares com rizobia, e a rizobia pode fixar o N² atmosférico e fornecer o N fixo para as plantas hospedeiras de soja. Segundo La Menza et al. (2017) existe interesse em saber se as culturas de soja podem atender a necessidade de N, para rendimentos de 6-8 Mg ha⁻¹ apenas com a FBN. Segundo Schefer et al. (2016) que analisou a eficiência de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja verificaram que a adubação nitrogenada em cobertura apresentou resposta significativa sobre a produtividade e viabilidade econômica.

¹ Lixiviação: lavagem do perfil do solo por percolação ou escoamento superficial.

² Desnitrificação: redução pela ação dos microrganismos, para formas gasosas, N₂ e N₂O.

³ Volatilização: perdas gasosas na forma de NH₃.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage Paper FAO-56, Rome, 1998.
- BARTH, G.; FRANCISCO, E.; SUYAMA, J.T.; GARCIA, F. Nutrient uptake illustrated for modern, high-yielding soybean, *Better Crops*, v.102, n.1, p. 11-14, 2018.
- BASTOS, E.A.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; SILVA, C.R.; DEL AGUILA, R.M.; CAMPECHE, L.F.M.S.; SOUZA, C. Coeficiente de cultivo da soja no vale do Gurguéia, PI. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, 2007, Aracaju, SE. Anais [....]. Aracajú: SBAGRO, 2007. p. 4.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos: Primeiro levantamento, Outubro, 2020 – safra 2020/2021: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. Disponível em< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> > Acesso em: 22 de out. 2020.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).
- FARIAS, P.C.M.; CHAVES, A.L.S. Avanços na transformação genética de plantas mediada por *Agrobacterium* com ênfase em soja, *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.65, n.1, p. 95-106, jan.-fev. 2008.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology. Special Report, n.80, p. 11, 1977.
- FLUMIGNAM, D.L.; ALMEIDA, A.C.S.; GARCIA, R.A. Necessidade de irrigação complementar da soja na região sul de Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 34).
- GAVA, R.; FRIZZONE, J.A.; SNYDER, R.L.; ALMEIDA, B.M.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, L. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v.9, n.6, p. 349 - 359, 2016.
- GIMÉNEZ, L.; PAREDES, P.; PEREIRA, L.S. Water use and yield of soybean under various irrigation regimes and severe water stress. Application of AquaCrop and SIMDualKc models. *Journal Water*, v.9, n.392, p. 1-18, 2017.
- HELLAL, F.A.; ABDELHAMID, M. T. Prácticas de gestión de nutrientes para mejoramiento en la producción de soja (*Glycine max L.*). *Acta Biológica Colombiana*, Bogotá, v.18, n.2, p. 239-250, mai- ago. 2013.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Soja. Circular técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular técnica,13).

IRMAK, S.; SPECHT, J.E.; ODHIAMBO, L.O.; REES, J.M.; CASSMAN, K.G. Soybean yield, evapotranspiration, water productivity, and soil water extraction response to subsurface drip irrigation and fertigation. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, vol. 57, n.3, p. 729-748, mai. 2014.

MAPA-Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa Nº 2 de 9 de outubro de 2008. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2008. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br> > Acesso: 25 de outubro de 2020.

LA MENZA, N.C.; MONZON, J.P.; SPECHT, J.E.; GRASSINI, P. Is soybean yield limited by nitrogen supply? *Field crops research*, ELSEVIER, v. 213, p.204- 212, 2017.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Balança comercial consolidada e series históricas. 2020. Brasília: Ministério da Economia. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/comercio-exterior/estatisticas/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>> Acesso 03 de Fevereiro de 2021.

MOURA, M.N.; VITORINO, M.I.; ADAMI, M. Análise de componentes principais da precipitação pluvial associada à produtividade de soja na Amazônia legal. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.22, n.14, p. 574- 588, jan.-jun. 2018.

OHYAMA, T.; TEWARI, K.; ISHIKAWA, S.; TANAKA, K.; KAMIYAMA, S.; ONO, Y.; HATANO, S.; OHTAKE, N.; SUEYOSHI, HASEGAWA, H.; SATO, T.; TANABATA, S.; NAGUMO, Y.; FUJITA, Y.; TAKAHASHI, Y. Role of nitrogen on growth and seed yield of soybean and a new fertilization technique to promote nitrogen fixation and seed yield. *INTECH*, Chapter 9, p.152-185, mai. 2017.

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

QUEIROZ, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.5, p. 929-938, maio, 2000.

SCHEFER, A.; CIPRIANI, K.; CERICATO, A.; SORDI, A.; RESCHKE LAJÚS, C. Eficiência técnica e econômica da cultura da soja submetida à aplicação de fertilizantes nitrogenados em semeadura e cobertura. *Scientia Agrária*, Curitiba, v.17, n.2, p. 14-20, abr.-mai. 2016.

SIMEÃO, M. Crescimento e produtividade de grãos de soja sob déficit hídrico no solo. 2015. Dissertação. (Mestrado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI, 2015.

SOUZA, P.J.O.P.; FARIAS, S.O.; ROCHA, E.J.P.; SOUSA, A.M.L.; SOUZA, E.B. Consumo hídrico da soja no nordeste paraense. *Irriga*, Botucatu, v.1, n.1, p. 218-231, ago. 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEJO, D.P.; FERNANDES, C.H.S.; BURATTO, J.S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF, v.35, n.1, p. 1-9, jul. 2019.

THOMAS, A.L. Soja: Tipos de crescimento da planta. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, 2018.

USDA-United States Department of Agriculture, World agricultural production, Circular Series WAP 6-20 June 2020. Disponível em < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> > acesso 30 de junho de 2020.

VIVAN, G.A.; PIETER, M.X.; ROBAINA, A.D.; BARBOZA, F.S.; BUSKE, T.C. Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação. Irriga, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 282-292, abr.-jun. 2013.

CAPÍTULO 1

3. CRESCIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Resumo

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das maiores fontes de proteína vegetal da humanidade. O avanço da produção desta oleaginosa no Brasil vem sendo impulsionada por estudos que avaliam o desenvolvimento, adaptação e a produção das cultivares nas várias regiões do país, visando dentre outros, mitigar efeitos do déficit hídrico, bem como suprir a necessidade de nutrientes para alto desempenho produtivo da cultura. Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento de duas cultivares de soja (BRASMAX BONUS e BRS 8980), submetidas a dois regimes hídricos (100% da ETc e 50% da ETc) e dois níveis de adubação nitrogenada (sem nitrogênio e com nitrogênio). O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. O delineamento adotado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas consistiram em dois níveis de irrigação: I0 (50% ETc) e I1 (100% ETc), nos estádios V4 a R5, e as subparcelas os dois níveis de nitrogênio: sem N (N0) e com 1000 kg ha⁻¹ de N (N1), cuja combinação resultou em quatro tratamentos: I0N0 (50% da ETc, sem N); I0N1 (50% da ETc com N); I1N0 (100% da ETc, sem N) e I1N1 (100% da ETc, com N), com cinco repetições. Ambas as cultivares de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e a adubação realizada de acordo com os atributos químicos do solo. Para os tratamentos que receberam adubação com N, empregou-se como fonte a ureia (46%) cuja dose utilizada foi de 1000 kg N ha⁻¹, parcelados em doses de 20, 80, 100, 200, 300 e 300 kg ha⁻¹, nas fases: semeadura, V2, V4, R2, R3 e R5, respectivamente. Avaliou-se, nos estádios fenológicos R1, R5 e R8, os parâmetros: altura de planta (AP); número de trifólios (NT); diâmetro do caule (D); área foliar (AF) e matéria seca total (MST). Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nos tratamentos com déficit hídrico (50% da ETc) houve redução no crescimento em ambas as cultivares de soja, para todos os parâmetros avaliados (AP, DC, NT, AF e MST), quando comparado aos tratamentos com 100% da ETc. O uso do nitrogênio suplementar com 1000 kg ha⁻¹ favoreceu a maior AP na cultivar BRASMAX BONUS quando empregada a reposição de 100% da ETc; contudo a adubação nitrogenada não influenciou o acúmulo de MST no final do ciclo (R8). Na cultivar BRS 8980, o uso do N favoreceu o crescimento da soja para maioria dos parâmetros avaliados DC, NT, AF e MST.

Palavras-chave: Déficit hídrico, nitrogênio, *Glycine max* (L.) Merrill.

3. GROWTH OF SOY IN RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZATION WITH AND WITHOUT WATER DEFICIENCY

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of humanity's greatest sources of vegetable protein. The increase of the production of this oilseed in Brazil has been driven by studies that evaluate the development, adaptation and production of cultivars in the various regions of the country, aiming, among others, to mitigate the effects of water deficit, as well as to supply the need for nutrients for high performance of the culture. The objective of this work was to evaluate the growth of two soybean cultivars (BRASMAX BONUS and BRS 8980), submitted to two water regimes (100% ETc and 50% ETc) and two levels of nitrogen fertilization (without nitrogen and with nitrogen). The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. The design adopted was in randomized blocks, in a subdivided plot scheme, in which the plots consisted of two levels of irrigation: I0 (50% ETc) and I1 (100% ETc), in stages V4 to R5, and the subplots the two levels of nitrogen: without N (N0) and with 1000 kg ha⁻¹ of N (N1), the combination of which resulted in four treatments: I0N0 (50% of ETc, without N); I0N1 (50% of the ETc with N); I1N0 (100% of ETc, without N) and I1N1 (100% of ETc, with N), with five repetitions. Both soybean cultivars were inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and the fertilization was carried out according to the chemical attributes of the soil. For treatments that received fertilization with N, urea (46%) was used as source, whose dose used was 1000 kg N ha⁻¹, divided into doses of 20, 80, 100, 200, 300 and 300 kg ha⁻¹, in the phases: sowing, V2, V4, R2, R3 and R5, respectively. In the phenological stages R1, R5 and R8, the parameters were evaluated: plant height (AP); number of trifoliolate leaves (NT); stem diameter (D); leaf area (AF) and total dry matter (MST). The results were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Tukey test at 5% probability. In treatments with water deficit (50% of ETc) there was a reduction in growth in both soybean cultivars, for all evaluated parameters (AP, DC, NT, AF and MST), when compared to treatments with 100% of ETc. The use of supplementary nitrogen with 1000 kg ha⁻¹ favored the highest PA in the cultivar BRASMAX BONUS when the replacement of 100% of the ETc was used; however, nitrogen fertilization did not influence the accumulation of MST at the end of the cycle (R8). In the cultivar BRS 8980, the use of N favored the growth of soybeans for most of the parameters evaluated DC, NT, AF and MST.

Keywords: Water deficit; nitrogen, *Glycine max* (L.) Merrill

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores da análise química do solo do local do experimento na camada de 0,0 – 0,4 m. Teresina, PI, 2019.....	23
Tabela 2- Características das cultivares de soja BRASMAX BONUS IPRO e BRS 8980 IPRO. Teresina, PI, 2019.....	24
Tabela 3- Valores da adubação com macro e micronutrientes na cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980. Teresina, PI, 2019.....	26
Tabela 4- Estádio de desenvolvimento da soja.....	28
Tabela 5- Quadrado médio (QM) para altura de planta (AP) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....	33
Tabela 6- Quadrado médio (QM), para diâmetro do caule (DC) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....	37
Tabela 7- Quadrado médio (QM), para número de trifólios (NT) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....	39
Tabela 8- Quadrado médio (QM), para área foliar (AF) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....	41
Tabela 9- Quadrado médio (QM), para matéria seca total (MST) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....	44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Localização (A) e detalhe da área experimental (B). Teresina, PI, 2019...24
- Figura 2- Detalhe da parcela experimental. A) Cultivar BRASMAX BÔNUS. B) Cultivar BRS 8980. Teresina, PI, 2019.....25
- Figura 3- Lâminas de irrigação acumuladas durante o ciclo da soja em resposta aos regimes hídricos aplicados. Teresina, PI, 2019. IT: início da aplicação dos RH diferenciados (40 DAS); TT: término da aplicação dos RH diferenciados (72 DAS) na cultivar BRASMAX BÔNUS e (84 DAS) na cultivar BRS 8980.....30
- Figura 4- Variação da umidade do solo durante o ciclo de cultivo da soja, nas camadas de 0,0-0,3 m e de 0,3-0,6 m, em resposta aos regimes hídricos aplicados. Teresina, PI, 2019.....32
- Figura 5- Médias da altura de planta (cm) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019.....34
- Figura 6- Médias do diâmetro do caule (mm) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019.....38
- Figura 7- Médias do número de trifólios (NT) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019.....40
- Figura 8- Médias da área foliar (cm²) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019.....42
- Figura 9- Médias da matéria seca total (g) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019.....45

3.1. Introdução

A soja (*Glycine max (L.) Merrill*) é uma das maiores fontes de proteína vegetal da humanidade, com utilização na nutrição humana e animal e com potencial de produção de biocombustíveis. Na safra 2019/2020 a produção mundial de soja foi estimada em 336,11 milhões de Mg, sendo o Brasil responsável por 37% deste total, seguido pelos Estados Unidos (29%), e Argentina (15%) (USDA, 2020). No Brasil, a região Centro-Oeste é a maior produtora de soja com 49% da produção brasileira; porém, outras regiões dos pais estão em ascensão, como o MATOPIBA⁴ que foi responsável por 13% da produção de soja na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

O cultivo da soja em áreas marginais está aumentando nos últimos anos devido a restrições para a abertura de novas áreas e à crescente demanda por óleo e farelo de soja (CORDEIRO et al., 2019). Por outro lado, o avanço da produção de soja no Brasil vem sendo impulsionada por estudos que avaliam o desenvolvimento, adaptação e a produção dos cultivares de soja nas várias regiões do país, além de sua tolerância ao déficit hídrico; e ao adequado suprimento de suas demandas nutricionais.

Na soja, sem limitações de água e nutrientes, a taxa de crescimento é determinada pela radiação solar, temperatura, CO₂ atmosférico, características genéticas e práticas agronômicas (GRASSINI et al., 2015). Vários estudos demonstram que o déficit hídrico tem sido um dos fatores que mais causam perdas nas safras agrícolas. Para Souza et al. (2013) a necessidade de água na soja aumenta com o desenvolvimento das plantas, atingindo o pico durante o estágio de enchimento dos grãos de floração (7-8 mm dia⁻¹) e diminuindo posteriormente.

Alguns produtores têm usado a irrigação para mitigar os efeitos do déficit hídrico na soja. Estudos realizados por Ruviano et al. (2011), verificaram que o uso de irrigação suplementar na cultura da soja aumentou a produtividade de grãos e a receita líquida, na região de Fronteira-Oeste/RS. Para Montoya et al. (2017) a margem de lucro mostrou que a irrigação suplementar é útil em condições nas quais o preço da soja era superior a US\$ 350 por tonelada, na região noroeste do Uruguai. Porém, a diminuição da irrigação pode levar à redução da atividade fotossintética e induzir

⁴ Área localizada entre os Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

relações desequilibradas entre os hormônios vegetais e processos biológicos nos órgãos da planta como um todo (KHARABASI et al., 2017).

Além do fornecimento adequado de água, outro fator importante no crescimento da soja é a nutrição da planta, e nesse contexto o nitrogênio é o macronutriente requerido em maior quantidade e importante na formação de proteínas. As plantas de soja assimilam o nitrogênio (N) de três fontes, N derivado da fixação simbiótica de N_2 por nódulos radiculares, N absorvido pelo N mineralizado do solo e N derivado de fertilizante quando aplicado (Ohyama et al., 2016).

A prática da inoculação nas sementes de soja, com bactérias que fixam o nitrogênio (N) atmosférico é amplamente utilizada por dispensar a adubação mineral; entretanto ainda há questionamentos sobre a eficiência da prática em suprir a demanda do nutriente para as cultivares atuais, mais produtivas e exigentes nutricionalmente (PARENTE et al., 2015).

Segundo Cerezini et al. (2017) a fixação biológica de nitrogênio-FBN é essencial para a viabilidade econômica da cultura da soja no Brasil, mas a seca pode prejudicar esse processo. Por outro lado, a aplicação de fertilizantes minerais com nitrogênio geralmente deprime a formação de nódulos e a fixação de nitrogênio (OHYAMA et al., 2016).

O uso excessivo dos fertilizantes nitrogenados resulta em efeitos ambientais adversos, altera o equilíbrio ecológico do solo e torna as plantas ainda mais suscetíveis a esse estresse abiótico e biótico (POPOVIC et al. (2018). No entanto, estudos realizados por La Menza et al. (2017) verificaram que a produção de soja é limitada pelo suprimento de N em ambientes com potencial de rendimento, em até 2,5 Mg ha⁻¹, sendo que acima desse valor, para cada Mg de soja produzida, serão necessários 250 kg de N. As plantas de soja assimilam apenas 20% do total de N até o estágio inicial de floração (R1), portanto a assimilação contínua de nitrogênio após o estágio inicial da floração é essencial para um bom crescimento e alto rendimento de sementes de plantas de soja (OHYAMA et al., 2016).

Neste sentido, as avaliações do crescimento da soja durante os seus estádios fenológicos são importantes para definir as melhores estratégias de produção. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento de duas cultivares de soja de diferentes ciclos de crescimento submetidas a dois regimes hídricos e dois níveis de adubação nitrogenada.

3.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (05°05'S, 42°49'W e altitude 74,4 m), no período de julho a novembro de 2019. As médias anuais de temperatura e precipitação acumulada foram de 27,4°C e 1.325 mm, respectivamente, com precipitações concentradas sobretudo, nos meses de janeiro a maio (INMET, 2020). Durante o período de realização do experimento as médias de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação acumulada foram: 29,44°C; 27,6°C e 0,11 mm, respectivamente (INMET, 2020). O clima da região é definido como Aw segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (MEDEIROS et al., 2020). O solo no local do experimento é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (MELO et al., 2014). Na análise física, o solo foi classificado como de textura franco-arenosa de 0,0-0,2 m e franco argilo-arenosa de 0,2-0,4 m, com 14,61% e 23,89 % de argila, respectivamente. A análise química foi realizada nas camadas de 0,0– 0,2 m e de 0,2 – 0,4 m, conforme valores médios de 0,0- 0,4 m observados na tabela 1.

Tabela 1. Valores da análise química do solo do local do experimento na camada de 0,0 – 0,4 m. Teresina, PI, 2019.

P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	M.O	V%	pH (CaCl ₂)
mg/dm ³	cmolc/dm ³					dag/kg			
7,78	0,22	2,51	0,83	1,26	3,57	4,82	0,97	73,89	5,44

P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; M.O: matéria orgânica; V%: saturação de bases; pH (CaCl₂): pH em cloreto de cálcio.

O experimento foi conduzido com duas cultivares de soja: A cultivar BRASMAX BONUS, com hábito de crescimento indeterminado e a cultivar BRS 8980, com hábito de crescimento determinado, conforme características apresentadas na Tabela 2.

O delineamento adotado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas consistiram em dois níveis de irrigação; deficitária (50% da ETc) e plena (100 % da ETc) e as subparcelas foram dois níveis de adubação nitrogenada; sem nitrogênio e com nitrogênio (1000 kg ha⁻¹), totalizando quatro tratamentos: I0N0 (50% da ETc , sem N); I0N1(50% da ETc, com N); I1N0 (100% da

ETc, sem N) e I1N1(100% da ETc, com N), com cinco repetições e vinte parcelas experimentais.

Tabela 2. Características das cultivares de soja BRASMAX BONUS IPRO e BRS 8980 IPRO. Teresina, PI, 2019.

Cultivares	POP (mil plantas/ha ⁻¹)	GM	NDF (dias)	HC	NDM (dias)	PMS (g)	CLO (dias)
BRASMAX BÔNUS	260-280	7,9	38	I	105	190	105-122
BRS 8980 IPRO	180-200	8,9	45	D	124	138	125-136

POP: população de plantas recomendada; GM: grupo de maturação; NDF: média do número de dias até a floração; HC-Hábito de crescimento: determinado (D) e indeterminado (I); NDM: número de dias para maturidade fisiológica; PMS: peso de mil sementes e CLO: ciclo total em dias. Fonte: CAMPOS et al. (2019).

A área total do experimento foi de 0,324 ha, subdividida em três faixas de 0,108 ha cada, denominadas: (a) faixa 1, cultivada com ambas cultivares de soja e irrigação deficitária (50 % da ETc); (b) faixa 2, área livre onde foi plantada soja para preenchimento e evitar o contato dos regimes hídricos adjacentes e (c) faixa 3, com ambas cultivares de soja e irrigação plena (100% da ETc) (Figura 1).

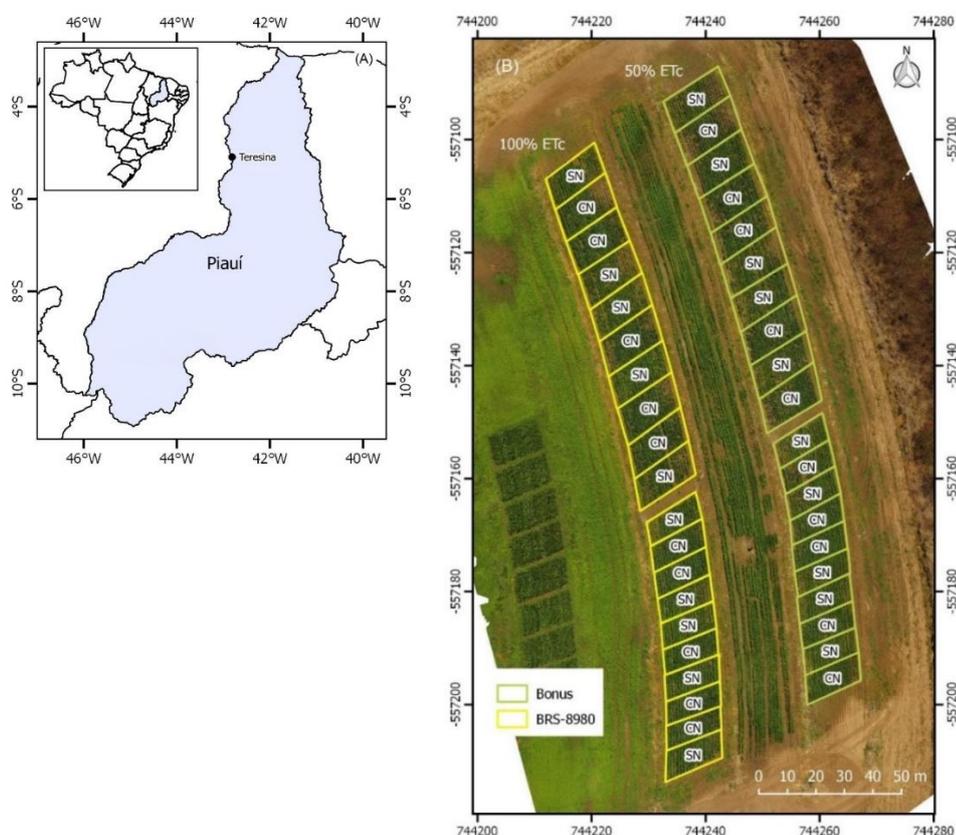
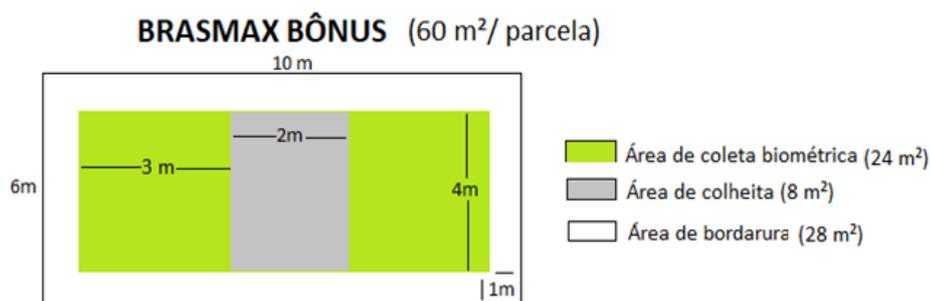


Figura 1. Localização (A) e detalhe da área experimental (B). Teresina, PI, 2019.

Nesse experimento a cultivar BRASMAX BONUS contou com 20 parcelas experimentais (10 parcelas na faixa 1; 10 parcelas na faixa 3), cada parcela com 20 fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre linhas, com área de 60 m² e área útil para avaliações biométricas de 24 m² (Figura 2). Na cultivar BRS 8980 foram 20 parcelas experimentais (10 parcelas na faixa 1; 10 parcelas na faixa 3), cada parcela com 20 fileiras de 4,5 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre linhas, com área de 45 m² e área útil para avaliações biométricas de 18 m² (Figura 2).

A semeadura foi realizada no dia 23/07/2019 de forma manual com distribuição de 20 sementes por metro no sulco, sendo que em ambas as cultivares foram inoculadas *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando na proporção de 100 mL de para 7 kg de sementes. Após a germinação procedeu-se ao desbaste de plântulas no cultivar BRS 8980, deixando-se de 10 a 12 plantas por metro. Não foi necessário a realização de desbaste da cultivar BRASMAX BÔNUS, tendo em vista que não houve excesso no número de plantas por metro.

A



B

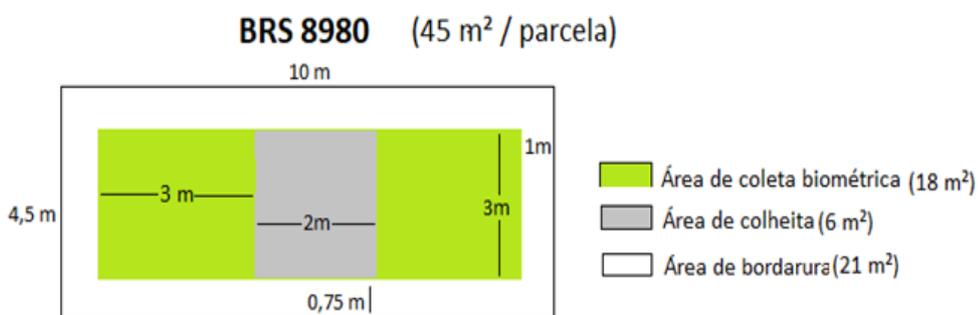


Figura 2. Detalhe da parcela experimental. A) Cultivar BRASMAX BÔNUS. B) Cultivar BRS 8980. Teresina, PI, 2019.

O manejo da adubação foi realizado com base nos atributos químicos do solo. Na adubação de fundação foram utilizados 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 96 kg ha⁻¹ de KCl (cloreto de potássio). A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura (DAS) com 96 kg ha⁻¹ de KCl (cloreto de potássio). Os micronutrientes foram disponibilizados através de adubação foliar: manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), cobalto (Co), molibdênio (Mo), níquel (Ni), boro (B) e magnésio (Mg) com doses de 450, 200, 50, 4, 40, 4, 150 e 600 g ha⁻¹, respectivamente. Para a adubação nitrogenada empregou-se como fonte a ureia (46%) cuja dose utilizada foi de 1000 kg N ha⁻¹, parcelados em doses de 20, 80, 100, 200, 300 e 300 kg ha⁻¹, nas fases: semeadura, V2, V4, R2, R3 e R5, respectivamente, conforme tabela 3.

Optou-se por utilizar a dose de 1000 kg ha⁻¹, visando suprir a necessidade de N da soja, ao longo de todo ciclo, para que pudesse expressar o máximo potencial produtivo para ambas cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980), com expectativa de produtividade de 6 Mg ha⁻¹. Considerando que para cada Mg de soja produzidos são necessários 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio, e que a eficiência da adubação nitrogenada é estimada 50% (HUNGRIA et al., 2001).

Tabela 3. Valores da adubação com macro e micronutrientes na cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980. Teresina, PI, 2019.

Estádios	Tratamentos com	Macronutrientes			Micronutrientes (g ha ⁻¹)							
	N (kg ha ⁻¹)	(Kg ha ⁻¹)			Mn	Zn	Cu	Co	Mo	Ni	B	Mg
	N (Ureia 45%)	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)									
Semeadura	20	120	96									
V2	80											
V3					75	40		4	40	4		
V4	100											
V7					150	80	25				50	300
V8			96									
R1					150	80	25				50	
R2	200											
R3	300				75						50	300
R5	300											
Total	1000	120	192		450	200	50	4	40	4	150	600

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Mn: manganês; Zn: zinco; Cu: cobre; Mo: molibdênio; Ni: níquel; B: boro; Mg: magnésio.

O manejo da irrigação foi realizado com base na reposição da evapotranspiração da cultura (ET_c). Para tanto, a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foi realizada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), baseado nas características climáticas (radiação solar global (MJ m⁻²), temperatura do

ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m s^{-1}) obtidas de estação agrometeorológica automática localizada a 500 m da área experimental. Para a estimativa da ETc , utilizou-se os coeficientes de cultivo para a soja propostos pela FAO (ALLEN et al., 1998). A aplicação da irrigação foi realizada através de sistema de aspersão convencional fixo, com 24 aspersores espaçados em $12\text{m} \times 12\text{m}$. O turno de irrigação foi fixo, com irrigações realizadas sempre as 2as, 4as e 6as feiras, repondo-se sempre a ETc do período anterior. O controle da lâmina de irrigação foi feito por meio da instalação de uma bateria de 16 coletores espaçados de 3m entre as linhas laterais de aspersores, no centro da faixa experimental. Para aplicação dos regimes hídricos diferenciados e avaliações biométricas foram considerados os estádios de desenvolvimento da soja (Tabela 4).

Desde a semeadura até a fase V3 a irrigação foi plena para ambos os tratamentos, sendo que após essa fase houve aplicação dos regimes hídricos diferenciados do estágio V4 a R5 através da reposição de 50 e 100 % da ETc e após a fase R5 retornou a lâmina com reposição de 100% da ETc para todos os tratamentos.

O monitoramento da umidade do solo foi realizado através de sondas de umidade do solo, modelo CS616, da Campbell, três hastes em cada regime hídrico, sendo duas de 0,0-0,3 m e uma de 0,3-0,6 m de profundidade, com aquisição e registro contínuo dos dados de umidade por meio de um datalogger CR1000.

O controle de ervas invasoras foi realizado de forma preventiva, com aplicação de 750 mL de Dual Gold, dois dias após a semeadura, para controle da tiririca (*Cyperus rotundus*) e 320 mL de Glifosato (N-fosfometil glicina) 30 dias após a semeadura. Na área foram aplicados 32 dias após a semeadura os inseticidas de NOMOLT (100 ml) e FASTAC (200 ml). Além do controle químico, foi realizado a capina manual aos 68 DAS para controle da invasora corda de viola (*Ipomoea acuminata*). Aos 95 DAS da soja BRS 8980 IPRO foi constatado a incidência de fungo (*Macrophomina phaseolina*). Após a constatação do fungo, houve a suspensão da irrigação no início do estágio R7, visando reduzir a umidade e acelerar a maturação fisiológica dos grãos.

A colheita foi realizada em dois momentos distintos. Na variedade BRASMAX BÔNUS IPRO a colheita foi realizada 103 DAS, no período de maturação fisiológica (R8), procedendo-se o corte das plantas rente ao colo das quatro fileiras centrais com 4 m de comprimento e espaçadas 0,5 m entre fileiras, no total de 8 m^2 .

Tabela 4. Estádios de desenvolvimento da soja. Teresina, PI, 2019.

EV	Descrição	Imagem*	ER	Descrição	Imagem*
VE	Emergência, cotilédones acima do solo		R1	Uma flor em qualquer nó	
VC	Cotilédones completamente abertos		R2	Flor em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida	
V1	Folha completamente desenvolvida, nó unifoliar		R3	Vagem com 0,5 cm em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida.	
V2	Folha completamente desenvolvida no primeiro nó acima do nó unifoliar		R4	Vagem com 2 cm em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida.	
V3	Três nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R5	Grão começando a se desenvolver (0,3 cm) em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida	
V4	Quatro nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R6	Vagens contendo grãos verdes completamente desenvolvidos em um dos quatro últimos nós da haste principal.	
V5	Cinco nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R7	Vagens amarelando; 50% das folhas amarelas.	
Vn	N nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R8	95% das vagens com cor marrom, Maturação.	

Estádio Vegetativo: EV; Estádio Reprodutivo: ER; Fonte: (THOMAS, 2018), Adaptado: (FEHR; CAVINESS, 1977). *Imagem: (SYNGENTA, 2020), (DUPONT PIONEER, 2019).

Na cultivar BRS 8980 IPRO a colheita foi realizada 113 DAS no início da fase R8, com corte das plantas rente ao colo das quatro fileiras centrais com 3 m de comprimento e espaçadas 0,5 m entre fileiras, no total de 6 m² por parcela.

Para a análise de crescimento das plantas nas duas cultivares foram avaliadas as seguintes características: a) altura de planta (AP), medida em cm, considerada como a máxima distância vertical da planta; b) número de trifólios (NT) através de contagem manual; c) diâmetro do caule (DC), medida em mm através de paquímetro digital; d) área foliar (AF), medida em cm² com auxílio do integrador de área foliar LICOR 3100; matéria seca total (MST) da parte aérea, por meio da secagem das folhas, ramos, flores e vagens em estufa de circulação forçada de ar a 60°C e medida em gramas (g).

Para avaliação dos parâmetros, foram colhidas cinco plantas por parcela, em cada estágio fenológico (R1, R5 e R8), avaliando-se os parâmetros e efetuando-se as médias por parcela. Nos parâmetros de AP, NT e DC foram consideradas as médias de cinco plantas em cada parcela e para AF e MST foram considerados os totais de cinco plantas por parcela em cada estágio avaliado.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5% através do pacote estatístico 'ExpDes.pt' do R (Ferreira et al., 2018).

3.3. Resultados e Discussão

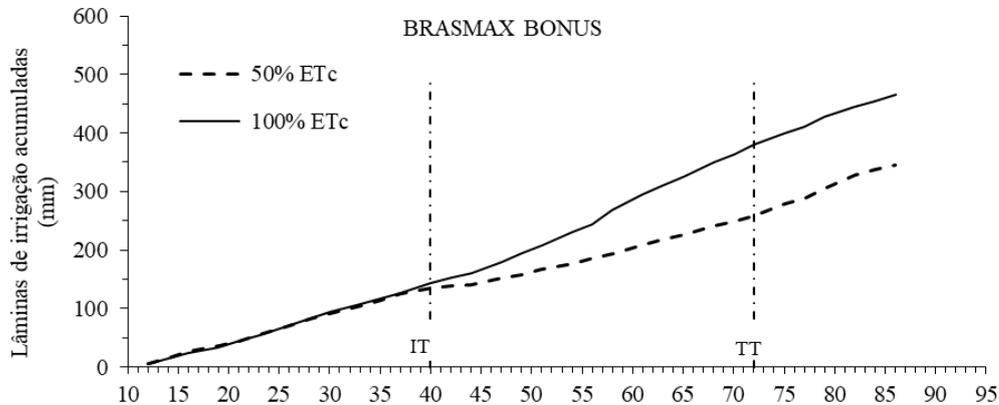
3.3.1. Lâminas de irrigação e umidade do solo

Do início da irrigação até a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (IT) foram aplicadas lâminas de irrigação de 125,3 e 127,1 mm nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c, em ambas as cultivares (BRASMAX BONUS e BRS 8980), confirmando que os dois fatores (50% e 100% da ET_c) receberam lâminas de irrigação similares em ambas as cultivares durante o período inicial (Figura 3).

Durante os RH diferenciados (IT-TT) nos tratamentos com 50% da ET_c, foram aplicadas lâminas de irrigação 132,9 e 174,6 mm e nos tratamentos com 100% da ET_c, foram aplicados 252,8 e 326,5 mm para cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980, respectivamente. Esses resultados demonstram que durante o período de RH diferenciado as lâminas de irrigação deficitária (50% da ET_c) corresponderam a 47%

da irrigação plena (100% da ETc) para ambas as cultivares de soja, ratificando a diferenciação das lâminas de irrigação dentro dos RH (Figura 3).

A



B

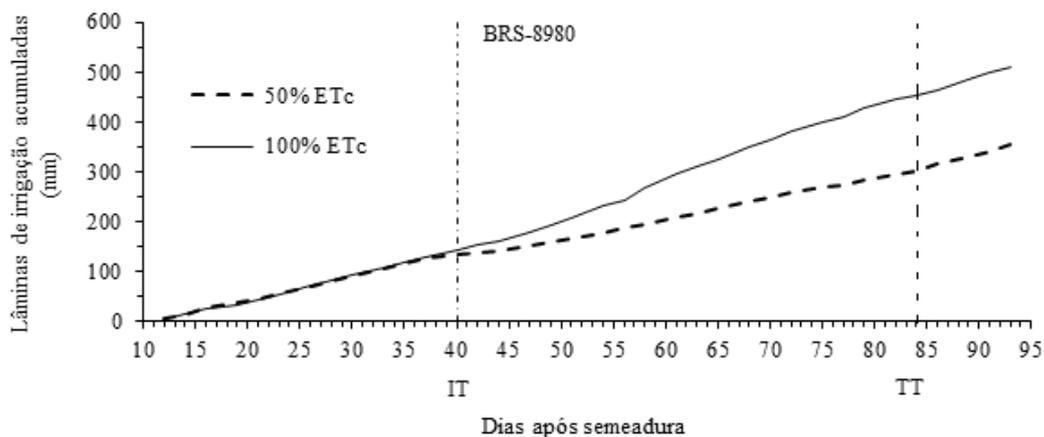


Figura 3. Lâminas de irrigação acumuladas durante o ciclo da soja em resposta aos regimes hídricos aplicados. Teresina, PI, 2019. IT: início da aplicação dos RH diferenciados; TT: término da aplicação dos RH diferenciados. A) Cultivar BRASMAX BÔNUS; IT (40 DAS); TT (72 DAS). B) Cultivar BRS 8980; IT (40 DAS); TT (84 DAS).

Após a aplicação dos regimes diferenciados até o término da irrigação (TT-TI) nos tratamentos com 50% da ETc, foram aplicados 87,6 mm na cultivar BRASMAX BONUS e 56,1 mm na BRS 8980 e nos tratamentos com 100% da ETc foram aplicados 85,3 mm na cultivar BRASMAX BONUS, e 57,7 mm na BRS 8980 (Figura 3).

No total, durante todo o ciclo das duas cultivares de soja, os tratamentos com 50% da ETc, receberam lâminas de irrigação de 345,8 mm na cultivar BRASMAX BONUS e 356 mm na BRS 8980, e nos tratamentos com 100% da ETc foram aplicadas lâminas de 465,2 mm na cultivar BRASMAX BONUS e 511,3 mm na BRS

8980 (Figura 3). Essa diferença entre as lâminas de irrigação está relacionada ao grupo de maturação de cada cultivar na BRASMAX BONUS (7.9) e na BRS 8989 (8.9).

A umidade do solo foi quantificada em percentual (%) do volume de solo, sendo definidos valores da capacidade de campo⁵, ponto de murcha permanente⁶ e umidade crítica, que é a umidade mínima que a cultura pode ser submetida sem afetar significativamente sua produtividade (BERNARDO et al., 2011).

Do início da irrigação até a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (IT), a umidade média do solo na camada de 0,0-0,3 m variou entre 13,0 % e 14,2 % nos tratamentos com 50% e 100% da ETc, e na camada 0,3-0,6 m a variação foi de 8,6% e 10,3% nos tratamentos com 50% e 100% da ETc, respectivamente (Figura 4). Esses resultados demonstram que antes dos regimes diferenciados na camada de 0,0-0,3 m, as médias de umidade do solo nos dois tratamentos (50% e 100% da ETc) estavam próximas e acima da umidade crítica (12,5%), favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura da soja.

Durante a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (IT-TT), a umidade média do solo, na camada 0,0-0,3 m, foi de 9,9 % e 14,7 % nos tratamentos com 50 e 100% da ETc, e na camada 0,3-0,6 m, a variação foi de 7,7 % e 12,7 % nos tratamentos com 50% e 100% da ETc, respectivamente (Figura 4).

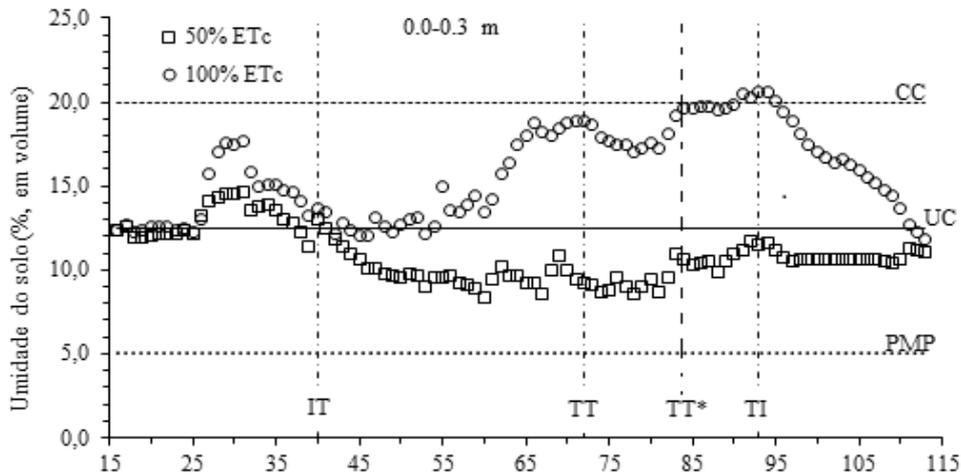
Os resultados demonstram que tanto na camada de 0,0-0,3 m quanto na camada 0,3-0,6 m, os tratamentos com 100% da ETc mantiveram médias de umidade do solo, em níveis superiores a umidade crítica, permitindo com isso, que a cultura da soja expressasse todo seu potencial produtivo. Por outro lado, nos tratamentos com 50% da ETc foram registrados valores abaixo da umidade crítica e acima do ponto de murcha permanente durante o período avaliado, sendo um fator limitante para o desenvolvimento da cultura. Depois da aplicação dos RH diferenciados até o término da irrigação (IT), a umidade média do solo, variou de 9,9 % e 18,8 %, na camada de 0,0-0,3 m nos tratamentos com 50% e 100% da ETc e de 8,8% e 16,6% na camada de 0,3-0,6 m nos tratamentos com 50% e 100% da ETc, respectivamente (Figura 4). Estes resultados demonstram que mesmo após o término dos RH diferenciados e aplicando lâminas de irrigação com reposição de 100% da ETc até o término da

⁵ Capacidade de campo: capacidade máxima do solo em reter água, acima do qual ocorrem perdas por percolação ou escoamento superficial.

⁶ Ponto de murcha permanente: teor de umidade no qual a planta não consegue mais retirar água do solo.

irrigação, a umidade no solo dos tratamentos com 50% da ETc permaneceram abaixo da umidade crítica, prolongando os efeitos do déficit de umidade do solo mesmo após reestabelecida as condições de lâminas de irrigação com 100% da ETc.

A



B

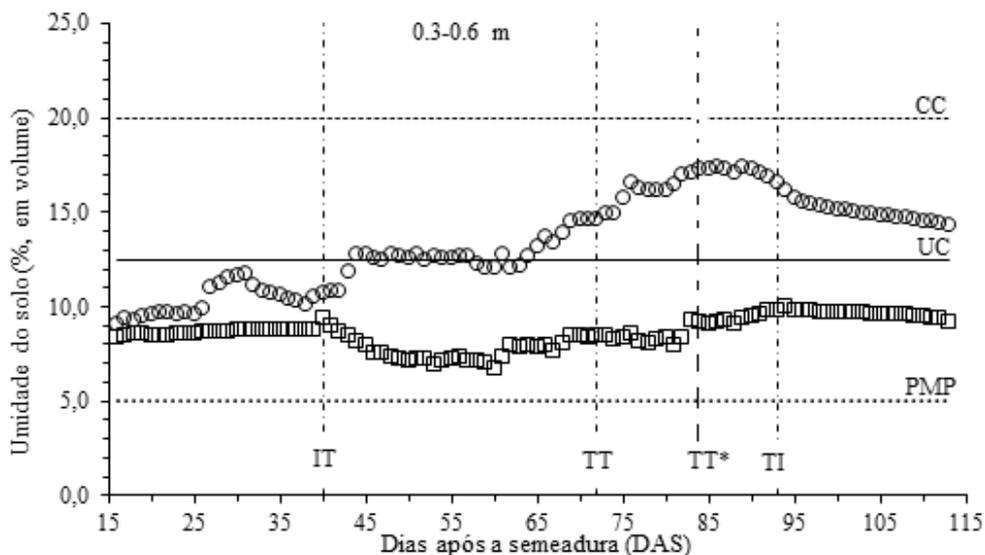


Figura 4. Variação da umidade do solo durante o ciclo de cultivo da soja, em resposta aos regimes hídricos aplicados (50 e 100% da ETc). Teresina, PI, 2019. A) camadas de 0,0-0,3 m. B) camadas de 0,3-0,6 m. CC: capacidade de campo; UC: umidade crítica; PMP: ponto de murcha permanente; IT: início da aplicação dos RH diferenciados (40 DAS); TT: término da aplicação dos RH diferenciados (72 DAS) na cultivar BRASMAX BÔNUS; TT* término da aplicação dos RH diferenciados (84 DAS) na cultivar BRS 8980; TI: término da aplicação da irrigação (93 DAS).

Como planejado, os níveis de umidade do solo oscilaram em consonância com a aplicação dos regimes hídricos, notadamente na fase de diferenciação dos regimes hídricos, promovendo alterações no crescimento das cultivares de soja.

3.3.2. Altura de planta

Houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) para altura de plantas (AP) apenas no estágio R8, para ambas as cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980) (Tabela 5). As cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980 responderam de forma isolada a aplicação dos RH em todos os estádios avaliados, enquanto para os níveis de nitrogênio (NN) somente houve diferença significativa no estágio R5 para a cultivar BRASMAX BÔNUS (Tabela 5).

Tabela 5. Quadrados médio (QM) para altura de planta (AP) das cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.

QM- Altura de Planta									
FV	GL	BRASMAX BÔNUS			BRS 8980				
		R1	R5	R8	R1	R5	R8		
RH	1	176,359 *	1283,520 **	1875,020 ***	398,190 *	889,780 ***	634,610 *		
Bloco	4	6,233 ns	83,760 ns	80,620 ns	34,940 ns	104,370 **	33,940 ns		
Erro a	4	18,665	53,980	16,940	22,470	2,880	44,770		
NN	1	1,008 ns	520,810 *	6,420 ns	59,440 ns	39,760 ns	7,760 ns		
RH x NN	1	0,836 ns	61,320 ns	768,180 **	4,690 ns	27,280 ns	85,950 *		
Erro b	8	4,123	64,550	42,350	15,230	48,080	15,230		
Total	19								
CV1 (%)		11,4	10,1	5,8	7,1	1,9	7,8		
CV2 (%)		5,4	11,0	9,1	5,8	7,9	4,5		

FV: fonte de variação; RH: regime hídrico; NN: níveis de nitrogênio. BRASMAX BÔNUS: estágio R1 (37 DAS); estágio R5 (65 DAS); estágio R8 (92 DAS). BRS 8980: estágio R1 (51 DAS); estágio R5 (78 DAS); estágio R8 (108 DAS). CV1: coeficiente de variação para RH; CV2: coeficiente de variação para NN. Níveis de significância pelo teste F: ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1%.

Quando comparadas as médias de AP, nos tratamentos com interação significativa (R8), verificou-se que na cultivar BRASMAX BÔNUS o tratamento I0N1 (55,0 cm) apresentou redução (-37%) na AP em relação ao tratamento I1N1 (86,7 cm) e na cultivar BRS 8980 o tratamento I0N0 (77,6 cm) apresentou redução (-17%) na AP em relação ao tratamento com I1N0 (93,0 cm) (Figura 5A).

Esses resultados demonstram que tanto nos tratamentos com N quanto nos sem N, houve redução na AP nos tratamentos com irrigação deficitária (50% da Etc) em relação a irrigação plena (100% da ETC).

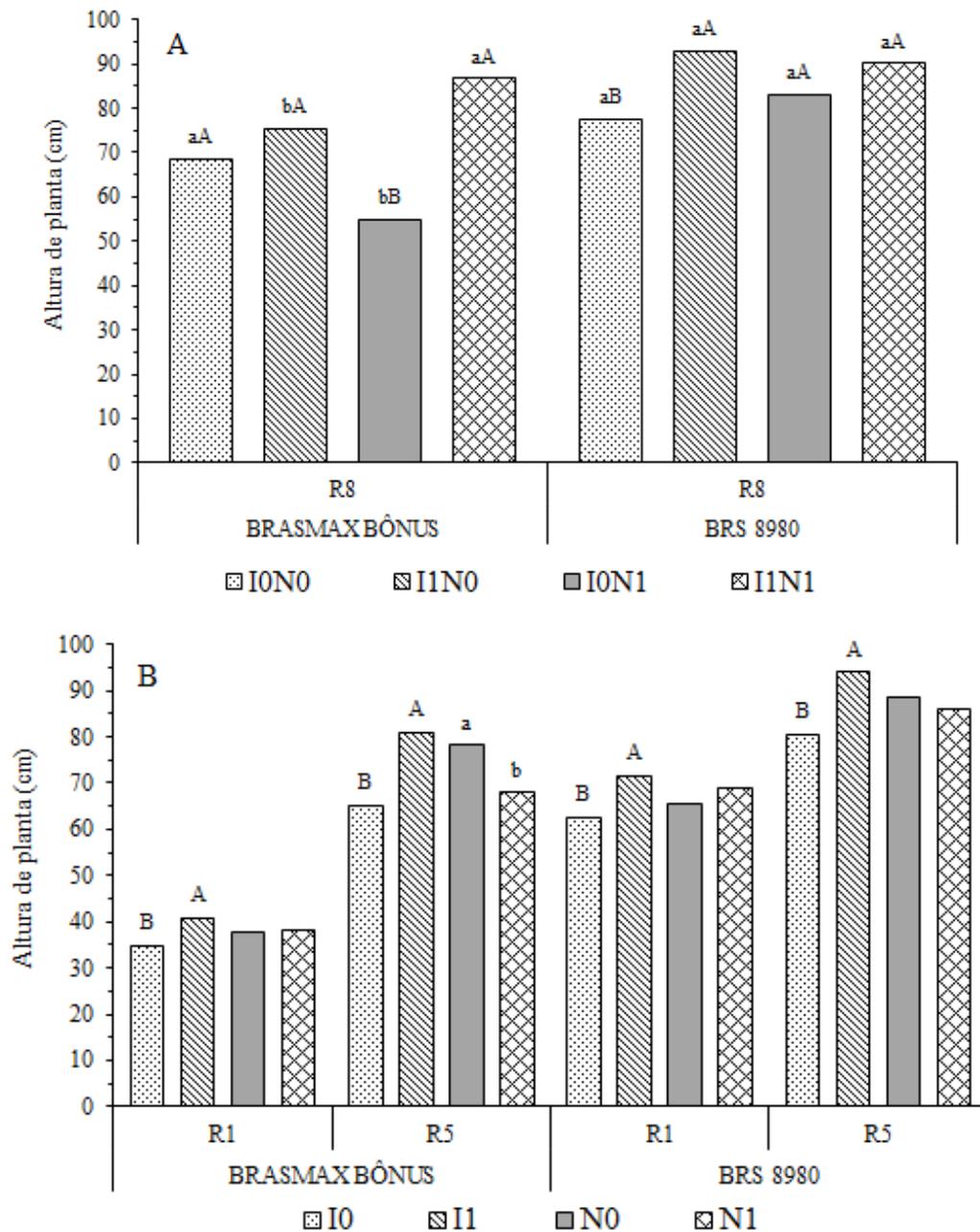


Figura 5. Médias da altura de planta (cm) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com 1000 kg de nitrogênio por ha⁻¹ (com N). **A)** compara as médias entre os tratamentos I0N0 (50% ETc, sem N), I1N0 (100% ETc, sem N), I0N1(50% ETc, com N), I1N1(100% ETc, com N). **B)** compara as médias dentro dos RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

Quando comparadas as médias dos efeitos isolados para AP dentro do RH, verifica-se que no estádio R1 os tratamentos com irrigação deficitária-I1(34,9 e 62,6 cm) apresentaram reduções de -15% e -12 % nas cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980, em relação a irrigação plena-I1(40,8 e 71,5 cm), respectivamente (Figura 5B). E no estádio R5 os tratamentos com irrigação deficitária-I1(65,0 e 80,6 cm) apresentaram reduções de -20% e -14% nas cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980, em relação a irrigação plena-I1(81,0 e 93,9 cm), respectivamente (Figura 5B).

Esses resultados evidenciam que o déficit hídrico provocou redução da AP em todos os estádios avaliados em ambas as cultivares de soja, BRASMAX BÔNUS (R1, R5 e R8) e BRS 8980 (R1 e R5).

A explicação para redução na AP nos tratamentos com irrigação deficitária (I0) pode estar relacionada a uma estratégia da planta para maximizar o uso dos recursos disponíveis (água e nutrientes), ocasionando a alocação desses nutrientes para outras partes da planta. As plantas respondem diretamente a mudanças no ambiente, alterando sua fisiologia ou morfologia para melhorar a sobrevivência e a reprodução (TAIZ et al., 2017).

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Gava et al. (2016) que verificaram que houve redução na altura de planta, da cultivar de soja (BMX Potência RR) quando submetida a déficit hídrico com 50% da ETc, durante o ciclo total da cultura e no tratamento realizado apenas no período dos estádios R1 a R3. O autor ainda destaca que quando a soja foi submetida a déficit hídrico de 70% da ETc houve redução da altura de planta no tratamento para o ciclo total da cultura e apenas quando submetidos nos estádios V2 a V12.

Foi observado ainda, que a maior redução de AP ocorreu na cultivar BRASMAX BÔNUS (hábito de crescimento indeterminado), nos tratamentos que receberam adubação suplementar nitrogenada (1000 kg ha⁻¹). A explicação pode estar relacionada ao hábito de crescimento cultivar, pois na cultivar BRASMAX BÔNUS (ciclo indeterminado) as plantas continuam crescendo mesmo após o início do florescimento, com grande demanda de nutrientes, sendo que o déficit hídrico pode ter prejudicado a absorção dos nutrientes pela planta.

Resultados semelhantes foram obtidos por Wijewardana et al. (2017), que quantificaram os efeitos do déficit hídrico no rendimento de soja. Estes autores verificaram que a redução da altura média das plantas para Asgrow AG5332 (hábito de crescimento indeterminado) foi de -24%, enquanto na cultivar Progeny P5333RY

(hábito de crescimento determinado) foi reduzida em -22%, quando a umidade do solo reduziu de 0,15 para 0,11 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$. Para Ruviano et al. (2011) a altura de planta habitualmente varia em função da população de plantas; porém, quando a disponibilidade de água no solo fica restrita nas fases iniciais da cultura, ocorre redução na altura das plantas de soja

Além disso, na cultivar BRASMAX BÔNUS, no final do ciclo vegetativo (estádio R8), quando comparados os tratamentos dentro do mesmo regime hídrico (100 % da ETc), o tratamento I1N1 (86,7 cm) foi superior (13%) em relação ao tratamento I1N0 (75,5 cm) (Figura 5A). Os resultados demonstram que ao final do ciclo, no estágio R8 os tratamentos com aplicação de N e reposição de 100% ETc da soja, influenciaram positivamente a maior AP na cultivar BRASMAX BONUS.

Estes resultados estão de acordo com os trabalhos realizados por Popovic et al. (2018), nos quais verificaram que o uso do nitrato de cálcio e amônio-CAN, na dose de 100 kg ha^{-1} foi benéfico para o aumento da altura de planta. Segundo Parente et al. (2015), que avaliou doses de N (0,10, 20 e 40 kg ha^{-1}) em duas épocas em soja (semeadura e R1), a adubação nitrogenada no início do florescimento proporcionou valores de altura de planta maiores em relação à adubação nitrogenada de base.

Apesar do benefício do N suplementar na cultivar BRASMAX BONUS, no estágio R8, quando comparadas as médias dos efeitos isolados para NN, foi verificado que no estágio R5, para essa cultivar, as médias dos tratamentos com nitrogênio-N1(67,9), apresentaram redução de (-15%) na AP em relação aos tratamentos sem nitrogênio-N0 (78,1 cm). A explicação pode estar relacionada a perdas de N, devido processos de volatilização, considerando que nesse estágio (R5), os tratamentos com N receberam doses de 300 kg ha^{-1} , porém o nitrogênio aplicado pode não ter sido absorvido pelas plantas de soja, devido ao processo de volatilização. Segundo Guelfi (2017) a ureia apresenta elevada perda de N por volatilização, sendo que cerca de 39% do N aplicado é perdido por volatilização.

3.3.3. Diâmetro do caule

Para diâmetro do caule (DC) não houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN), para ambas as cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980) (Tabela 6).

A cultivar BRASMAX BONUS respondeu de forma isolada a aplicação dos RH no estágio R8, não apresentando resposta aos níveis de nitrogênio (NN) em nenhum dos estádios avaliados (Tabela 6). A cultivar BRS 8980 IPRO respondeu de forma isolada a aplicação dos RH no estágio R1, apresentando resposta isolada aos NN nos estádios R1, R5 e R8 (Tabela 6).

Quando comparado as médias dos efeitos isolados da aplicação dos RH na cultivar BRASMAX BÔNUS, foi verificado que as médias do tratamento com irrigação deficitária-I0 (7,1 mm) sofreram uma redução (-18%) no diâmetro do caule no estágio R8 em relação a irrigação plena-I1 (8,7 mm) (Figura 6).

Tabela 6. Quadrado médio (QM), para diâmetro do caule (DC) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.

		QM- Diâmetro do Caule					
FV	GL	BRASMAX BÔNUS			BRS 8980		
		R1	R5	R8	R1	R5	R8
RH	1	0,576 ns	4,988 ns	13,299 ***	1,084 *	3,239 ns	4,587 ns
Bloco	4	0,145 ns	0,136 ns	1,093 *	0,708 *	1,962 ns	0,892 ns
Erro a	4	0,458	1,921	0,096	0,065	1,132	1,129
NN	1	0,787 ns	0,901 ns	3,857 ns	2,345 **	2,189 *	1,050 *
RH x NN	1	0,141 ns	0,508 ns	0,308 ns	0,150 ns	0,879 ns	0,007 ns
Erro b	8	0,664	0,702	0,910	0,173	0,316	0,145
Total	19						
CV1 (%)		11,0	18,2	3,9	3,8	14,9	13,3
CV2 (%)		13,3	11,0	12,0	6,1	7,9	4,8

FV: fonte de variação; RH: regime hídrico; NN: níveis de nitrogênio. BRASMAX BÔNUS: estágio R1 (37 DAS); estágio R5 (65 DAS); estágio R8 (92 DAS). BRS 8980: estágio R1 (51 DAS); estágio R5 (78 DAS); estágio R8 (108 DAS). CV1: coeficiente de variação para RH; CV2: coeficiente de variação para NN. Níveis de significância pelo teste F: ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1%.

Quando comparado as médias dos efeitos isolado dos RH na cultivar BRS 8980, verificou-se que os tratamentos com irrigação deficitária-I0 (6,5 mm) apresentaram redução no diâmetro do caule no estágio R1 (-7%) em relação a irrigação plena-I1 (7,0 mm) (Figura 6).

Os resultados demonstram que o déficit hídrico reduziu o DC nas duas cultivares avaliadas, BRASMAX BÔNUS (R8) e BRS 8980 (R1).

Esses resultados diferem dos achados por Ohashi et al. (2009) que concluíram que o crescimento do diâmetro do caule na soja foi mantido durante o tratamento de estresse hídrico, que induziu a retenção de mais água no caule como reserva de crescimento reduzindo a distribuição da água do caule para as vagens.

Quando comparado as médias dos efeitos isolados dos NN, na cultivar BRS 8980, observa-se que no estágio R1, R5 e R8 os tratamentos com nitrogênio-N1 (7,1; 7,5 e 8,2 mm) foram superiores em 11%, 10% e 5% em relação aos tratamentos sem nitrogênio-N0 (6,4; 6,8 e 7,8 mm), respectivamente.

Esses resultados demonstram que o nitrogênio suplementar (1000 kg ha^{-1}) favoreceu o aumento do DC na cultivar BRS 8980 em todos os estádios avaliados.

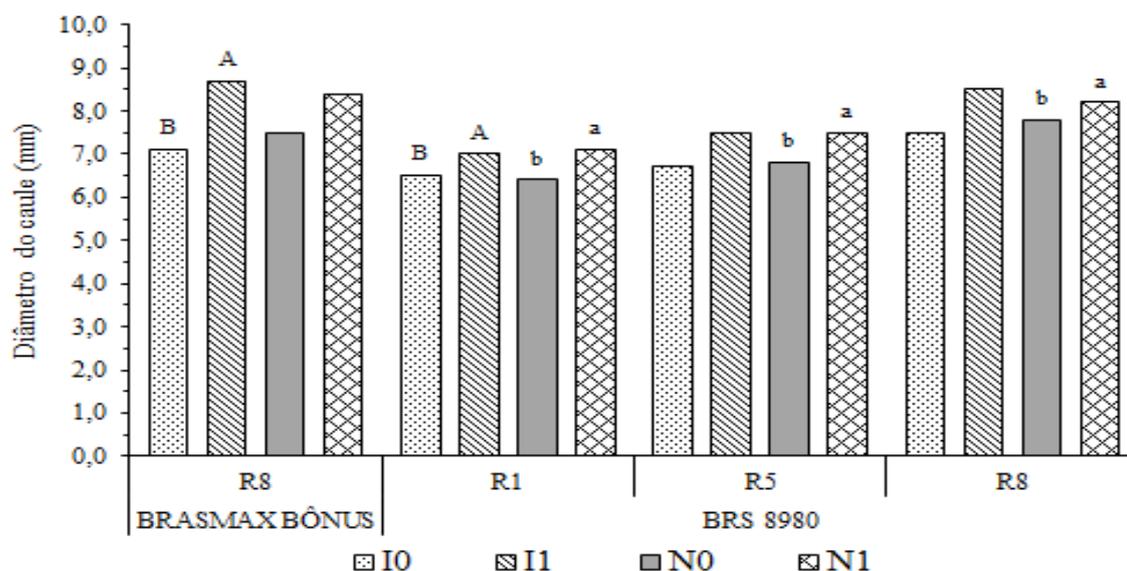


Figura 6. Médias do diâmetro do caule (mm) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com $1000 \text{ kg de nitrogênio por ha}^{-1}$ (com N). Compara as médias dentro dos RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

3.3.4. Número de trifólios

Para número de trifólios (NT) houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) no estágio R8, apenas para cultivar BRASMAX BONUS (Tabela 7).

Quando comparada as médias dos efeitos isolados a cultivar BRASMAX BONUS respondeu a aplicação dos RH no estágio R8, não apresentando resposta aos níveis de nitrogênio (NN) em nenhum dos estádios avaliados (Tabela 7). A cultivar BRS 8980 IPRO respondeu de forma isolada a aplicação dos RH nos estádios R1 e R8, apresentando resposta aos níveis de nitrogênio nos estádios R5 e R8 (Tabela 7).

Na cultivar BRASMAX BONUS, no estágio R8, verifica-se que dentro dos tratamentos sem N, o tratamento I0N0 (8,1), apresentou redução (-35%) no NT relação a I1N0 (12,4) e quando comparamos dentro dos tratamentos com N (1000 Kg ha⁻¹) observa-se que no estágio R8 o tratamento I0N1 (9,5) apresentou redução (-12 %) em relação a I1N1(9,5) (Figura 7A). Esses resultados demonstram que o déficit hídrico provocou redução no NT tanto nos tratamentos com N, quanto nos sem N.

Quando comparadas as médias dos efeitos isolados na cultivar BRS 8980 para RH, observa-se que nos estádios R1 e R8 os tratamentos com irrigação deficitária-I0 (11,9 e 14,5) apresentaram redução (-18% e -41%) do NT em relação a irrigação plena-I1 (14,5 e 7,0), respectivamente (Figura 7 B).

Tabela 7. Quadrado médio (QM), para número de trifólios (NT) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.

QM- Numero de Trifólios													
FV	GL	BRASMAX BÔNUS			BRS 8980								
		R1	R5	R8	R1	R5	R8						
RH	1	0,098	ns	27,613	ns	39,200	**	35,378	**	3,200	Ns	40,328	**
Bloco	4	2,109	ns	1,618	ns	2,420	ns	4,877	ns	4,257	*	1,207	ns
Erro a	4	1,227		9,741		0,645		1,653		0,621		0,833	
NN	1	9,800	ns	11,401	ns	0,098	ns	5,202	ns	26,450	**	12,168	**
RH x NN	1	5,202	ns	4,141	ns	10,658	*	0,722	ns	2,888	Ns	1,568	ns
Erro b	8	3,216		3,817		1,188		5,077		1,834		0,708	
Total	19												
CV1 (%)		8,3		20,2		7,9		9,7		4,9		16,4	
CV2 (%)		13,4		12,6		10,7		17,1		8,4		15,1	

FV: fonte de variação; RH: regime hídrico; NN: níveis de nitrogênio. BRASMAX BÔNUS: estágio R1 (37 DAS); estágio R5 (65 DAS); estágio R8 (92 DAS). BRS 8980: estágio R1 (51 DAS); estágio R5 (78 DAS); estágio R8 (108 DAS). CV1: coeficiente de variação para RH; CV2: coeficiente de variação para NN. Níveis de significância pelo teste F: ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1%.

Esses resultados demonstram que em ambas as cultivares de soja (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980, houve redução do NT ocasionada pela redução da umidade do solo (item 3.1), ocasionada pela irrigação deficitária (50% da ETc) no período do déficit hídrico (estádios V5 a R4).

Essa redução pode ter ocorrido devido a menor altura da planta (item 4.3.2) e a partição de biomassa, sendo que quando a planta é submetida ao estresse hídrico aloca carbono para outras partes da planta (raiz e caule), como estratégia de maximizar os recursos disponíveis.

Esses resultados estão de acordo com estudos realizados por Wijewardana et al. (2017), que avaliando efeitos do déficit de umidade do solo no rendimento de soja,

verificou que o estresse hídrico do solo leve ($0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) ou severo ($0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) reduziu o número e o tamanho das folhas.

Quando comparadas as médias dos efeitos isolados dos NN na cultivar BRS 8980 nos estádios R5 e R8 os tratamentos com nitrogênio-N1 (17,2 e 6,3) foram superiores em 13% e 24% em relação aos tratamentos sem nitrogênio-N0 (14,9 e 4,8), respectivamente (Figura 6B).

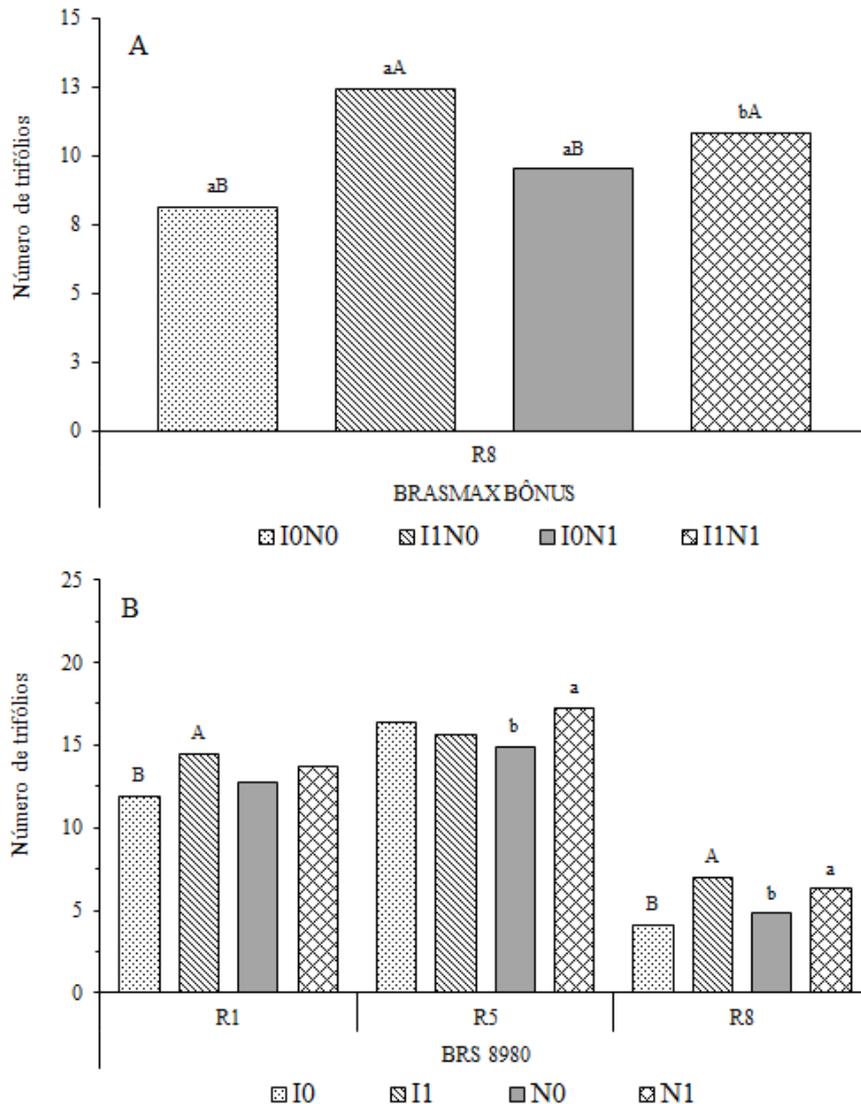


Figura 7. Médias do número de trifólios (NT) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com 1000 kg de nitrogênio por ha^{-1} (com N). **A)** compara as médias entre os tratamentos I0N0 (50% ETc, sem N), I1N0 (100% ETc, sem N), I0N1(50% ETc, com N), I1N1(100% ETc, com N). **B)** compara as médias dentro do RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

Esses resultados demonstram que o nitrogênio suplementar (1000 kg ha⁻¹) foi benéfico para o aumento no NT na cultivar BRS 8980.

3.3.5. Área Foliar

Para área foliar (AF), houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) apenas no estágio R8 para cultivar BRS 8980 (Tabela 8).

Tabela 8. Quadrado médio (QM), para área foliar (AF) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.

		QM- Área Foliar											
FV	GL	BRASMAX BÔNUS						BRS 8980					
		R1		R5		R8		R1	R5	R8			
RH	1	8418414	*	15768358	ns	3232377	ns	6142210	ns	700836	ns	6165618	**
Bloco	4	286758	ns	599085	ns	315846	ns	4456576	ns	1342710	ns	530643	ns
Erro a	4	558434		2261301		691107		2037604		767031		85876	
NN	1	856748	ns	2666296	ns	846163	ns	31625949	*	19981984	**	5184990	***
RH x NN	1	1680782	ns	235055	ns	32417	ns	4328	ns	2389485	ns	959338	**
Erro b	8	457632		1120364		414389		3161701		1380541		74544	
Total	19												
CV1 (%)			15,2		18,9		32,2		17,8		12,2		12,3
CV2 (%)			13,7		13,3		24,9		22,1		16,4		11,5

FV: fonte de variação; RH: regime hídrico; NN: níveis de nitrogênio. BRASMAX BÔNUS: estágio R1 (37 DAS); estágio R5 (65 DAS); estágio R8 (92 DAS). BRS 8980: estágio R1 (51 DAS); estágio R5 (78 DAS); estágio R8 (108 DAS). CV1: coeficiente de variação para RH; CV2: coeficiente de variação para NN. Níveis de significância pelo teste F: ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1%.

Quando avaliado os fatores de forma isolada a cultivar BRASMAX BONUS respondeu a aplicação dos RH no estágio R1; porém, não apresentou resposta aos níveis de nitrogênio (NN) em nenhum dos estádios avaliados (Tabela 8). A cultivar BRS 8980 IPRO respondeu de forma isolada a aplicação dos RH no estágio R8, e apresentou resposta aos níveis de nitrogênio nos estádios R1, R5 e R8 (Tabela 8).

Quando comparadas as médias dos tratamentos com interação significativa, na cultivar BRS 8980, no estágio R8, verifica-se que dentro dos tratamentos que não receberam doses de N, o tratamento I0N0 (1535,4 cm²) apresentou redução (-35%) na AF relação a I1N0 (2207,8 cm²), e quando comparadas as médias entre os tratamentos que receberam doses de N (1000 Kg ha⁻¹), observa-se que o tratamento I0N1 (2115,7 cm²) apresentou redução (-42 %) em relação a I1N1(3664 cm²) (Figura 8A).

Quando comparadas as médias dos efeitos isolados de RH na cultivar BRASMAX BÔNUS, no início do período reprodutivo (R1) observa-se que na irrigação deficitária-I0 (4277,3 cm²) houve redução de (-23%), para AF em relação a irrigação plena-I1 (5574,9 cm²).

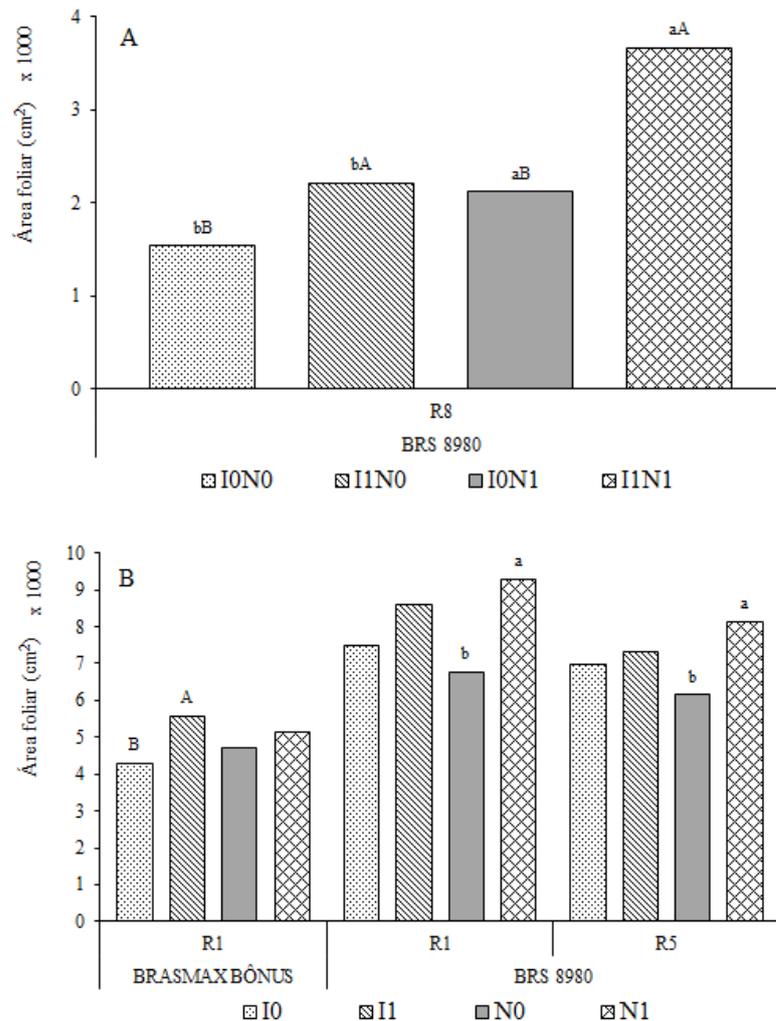


Figura 8. Médias da área foliar (cm²) das cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com 1000 kg de nitrogênio por ha⁻¹ (com N). **A)** compara as médias entre os tratamentos I0N0 (50% ETc, sem N), I1N0 (100% ETc, sem N), I0N1 (50% ETc, com N), I1N1 (100% ETc, com N). **B)** compara as médias dentro do RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

Os resultados demonstram que em ambas as cultivares de soja (BRASMAX BONUS e BRS 8980) o déficit hídrico proporcionou redução de AF, notadamente para cultivar BRS 8980 no estágio R8. Além disso, na cultivar BRS 8980 o déficit hídrico provocou redução de AF tanto nos tratamentos com N, quanto nos sem N, porém a diferença foi maior nos tratamentos com N.

Esses resultados estão de acordo estudos realizados por Montoya et al, (2017) onde verificaram que a irrigação suplementar durante o estágio reprodutivo (R1 – R8) teve um efeito positivo no crescimento e desenvolvimento da soja, e que o índice de e área foliar foi 40% maior nos tratamentos de irrigação em comparação com as condições de sequeiro.

Na cultivar BRS 8980, quando comparadas as médias dos tratamentos com interação significativa para AF no estágio R8, dentro dos tratamentos com irrigação deficitária (50% ETc), verifica-se que o tratamento I0N1 foi superior em 27% em relação a I0N0, e quando comparadas as médias entre os tratamentos que receberam irrigação plena (100% da ETc), observa-se que o tratamento I1N1 apresentou diferença significativa e foi superior em 40% em relação a I1N0 (Figura 8A).

Além disso, quando comparadas as médias dos efeitos isolados de NN na cultivar BRS 8980, observa-se que os tratamentos que receberam adubação suplementar nitrogenada (N1) foram superiores nos estádios R1(27%) e R5(25%) em relação aos tratamentos sem N.

Esses resultados demonstram que o nitrogênio suplementar (1000 kg ha^{-1}) foi benéfico, para o aumento da AF em todos os estádios avaliados (R1, R5 e R8) na cultivar BRS 8980.

A explicação para o aumento da AF na cultivar BRS 8980, nos tratamentos que receberam doses de N pode estar relacionada ao aumento do NT nos estádios R5 e R8 (item 3.3.4).

3.3.6. Matéria seca total

Para matéria seca total- MST, não houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) para nenhuma das cultivares estudadas.

Quando avaliados os fatores de forma isolada, a cultivar BRASMAX BONUS respondeu a aplicação dos RH nos estádios R5 e R8, e para níveis de nitrogênio (NN),

apenas no estádio R1 (Tabela 9). A cultivar BRS 8980 IPRO respondeu de forma isolada a aplicação dos RH nos estádios R1 e R8, e apresentou resposta aos níveis de nitrogênio aplicados em todos os estádios avaliados (Tabela 9).

Tabela 9. Quadrado médio (QM), para matéria seca total (MST) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.

QM- Matéria Seca Total													
FV	GL	BRASMAX BÔNUS						BRS 8980					
		R1		R5		R8		R1		R5		R8	
RH	1	35,67	ns	3585,30	*	140539,00	***	728,42	*	1286,10	ns	6476,40	**
Bloco	4	7,09	ns	70,90	ns	639,00	ns	225,93	ns	116,10	ns	71,70	ns
Erro a	4	7,91		448,10		445,00		70,30		231,30		124,20	
NN	1	149,55	***	89,60	ns	444,00	ns	2030,11	*	3825,90	**	3521,90	***
RH x NN	1	2,99	ns	2,20	ns	124,00	ns	26,22	ns	625,90	ns	115,70	ns
Erro b	8	3,68		214,50		567,00		207,81		164,20		103,50	
Total	19												
CV1 (%)		9,0		25,6		10,9		13,5		16,9		14,8	
CV2 (%)		6,2		17,7		12,3		23,2		14,3		13,5	

FV: fonte de variação; RH: regime hídrico; NN: níveis de nitrogênio. BRASMAX BÔNUS: estádio R1 (37 DAS); estádio R5 (65 DAS); estádio R8 (92 DAS). BRS 8980: estádio R1 (51 DAS); estádio R5 (78 DAS); estádio R8 (108 DAS). CV1: coeficiente de variação para RH; CV2: coeficiente de variação para NN. Níveis de significância pelo teste F: ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1%.

Quando comparadas as médias dos efeitos isolados de RH na cultivar BRASMAX BÔNUS, para matéria seca total, observa-se que a irrigação deficitária-I0 (56,2 e 57,2 g) apresentou reduções de (-28% e - 60%) nos estádios R5 e R8, em relação a irrigação plena-I1 (68,3 g e 93,2 g), respectivamente (Figura 9). Na cultivar BRS 8980, quando comparadas as médias dos efeitos isolados de RH, a irrigação deficitária-I0 (56,2 e 57,2 g) apresentou reduções de (-18% e 39%) nos estádios R1 e R8, em relação a irrigação plena-I1 (68,3 e 93,2 g), respectivamente (Figura 9).

Estes resultados demonstram que o déficit hídrico ocasionado pela irrigação deficitária reduziu significativamente a MST em ambas as cultivares (BRASMAX BONUS e BRS 8980).

Segundo Cerezini et al. (2017), a diminuição do peso seco da parte aérea na soja é uma resposta clara à deficiência hídrica no solo, condição sob a qual as plantas diminuem a condutância estomática, resultando em taxas mais baixas de trocas gasosas, com reduções gerais na fixação de carbono. Segundo Kharabasi et al. (2017), o fornecimento adequado de água é considerado como um fator muito importante por afetar o acúmulo de matéria seca na planta. A diminuição na MST

ocorre no início da formação de grãos e vagens, quando a demanda por água, nutrientes e fotoassimilados aumenta (GLIER et al., 2015).

No final do ciclo da soja (R8), dentro dos RH, os tratamentos com irrigação deficitária (50% da ETc) sofreram as maiores reduções de MST, sendo -60% na BRASMAX BÔNUS e -39% na cultivar BRS 8980. E isso se deve principalmente pela redução nos tratamentos com irrigação deficitária (I0), de todos os atributos biométricos (AP, DC, NT e AF) avaliados.

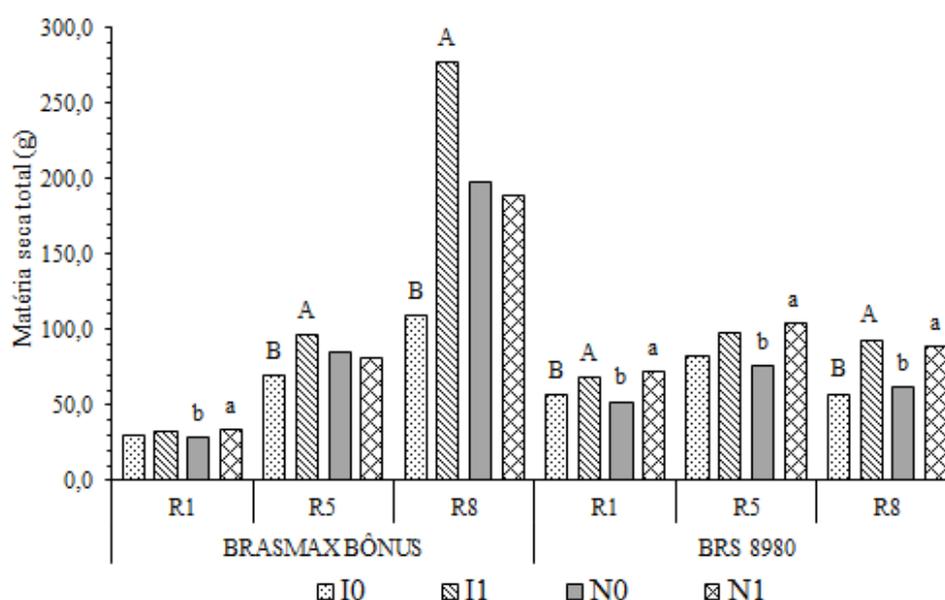


Figura 9. Médias da matéria seca total (g) das cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN), nos estádios fenológicos R1; R5 e R8. Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com 1000 kg de nitrogênio por ha⁻¹ (com N). Compara as médias dentro do RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

Resultados semelhantes foram obtidos por Wijewardana et al. (2017) que verificaram declínio da matéria seca total, no tratamento com menos de $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de umidade em comparação com o tratamento controle ($0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), de - 43% no Asgrow AG5332 e - 54% no Progeny P5333RY. Segundo Mundstock & Thomas (2005), a falta de água no florescimento e início da formação das vagens, faz com que

a planta tenha abortamento de flores e vagens além de posteriormente diminuir o tamanho dos grãos.

Quando comparadas as médias dos efeitos isolados de NN na MST, para cultivar BRS 8980, observa-se que em todos os estádios avaliados, os tratamentos que receberam adubação suplementar nitrogenada (1000 kg ha^{-1}) foram superiores aos sem N. Nos estádios R1, R5 e R8 as médias dos tratamentos com nitrogênio-N1 (72,3; 103,6 e 88,5 g) foram superiores em 28%, 27% e 30% em relação aos tratamentos sem nitrogênio-N0(52,2; 76,0 e 61,9 g), respectivamente (Figura 9). Na cultivar BRASMAX BÔNUS, no estádio R1, as médias dos tratamentos com nitrogênio-N1 (33,9 g) foram superiores 16% em relação aos tratamentos sem nitrogênio-N0(28,4 g).

Os resultados demonstraram que para MST os tratamentos que receberam adubação suplementar nitrogenada (1000 kg ha^{-1}) foram superiores no estádio R1 para cultivar BRASMAX BONUS e ao longo de todos os estádios avaliados na cultivar BRS 8980, demonstrando que o uso do N favoreceu o aumento de MST, sobretudo na cultivar BRS 8980. Estes resultados estão de acordo com experimentos conduzidos por La Menza et al. (2017), onde verificaram que o tratamento com N total gerou matéria seca total de plantas 9% maior que a do tratamento sem N.

Apesar da boa resposta da cultivar BRS 8980 ao uso do nitrogênio suplementar para MST, foi verificado uma interrupção do acúmulo de MST a partir do estádio R5 (Figura 9), no início da formação do grão, que contribuiu para o declínio da MST no estádio R8. Segundo Ohyama et al. (2016), um suprimento elevado de N proveniente de fertilizantes ou do solo, na soja, causa o crescimento excessivamente exuberante da parte aérea, resultando em alojamento e má formação das vagens.

Além disso, no final do ciclo da BRS 8980 foi verificado um ataque de *Macrophomina phaseolina* a qual pode ter prejudicado o enchimento das vagens, antes da maturação fisiológica dos grãos, o que pode ter contribuído para redução do peso dos grãos e conseqüentemente da MST. Segundo Ishikawa et al. (2018), a *Macrophomina phaseolina* resulta em maturação precoce e desuniforme, além de incompleto enchimento de grãos, levando a perdas de rendimento.

Neste estudo, não foi verificado benefício do uso do nitrogênio suplementar (1000 kg ha^{-1}) para cultivar BRASMAX BÔNUS no final do ciclo de produção (R8). Esse resultado está de acordo com outros estudos conduzidos na cultura da soja. Trabalhos realizados por Werner et al (2016) concluíram que o efeito da adubação

com N mineral sobre o crescimento das plantas é variável entre as estações de crescimento, mas não aumenta o rendimento de grãos, mesmo considerando uma ampla variação na taxa de semeadura. Trabalhos realizados por Aratani et al. (2008) concluíram que a adubação nitrogenada na cultura da soja, independente da época de aplicação, não proporciona aumento de produtividade de grãos em relação ao tratamento sem N.

3.4. Conclusões

O déficit hídrico (50% da ETc) promoveu redução no crescimento nas duas cultivares de soja, BRASMAX BONUS e BRS 8980, em todos os parâmetros avaliados: altura de planta, diâmetro do caule, número de trifólios, área foliar e matéria seca total, quando comparado aos tratamentos com 100% da ETc;

Na cultivar BRASMAX BONUS o uso de nitrogênio suplementar com 1000 kg ha⁻¹, não influenciou o acúmulo de matéria seca total no final do ciclo (R8). Na cultivar BRS 8980, o uso de nitrogênio suplementar favoreceu o crescimento da soja para maioria dos atributos biométricos avaliados: diâmetro do caule, número de trifólios, área foliar e a matéria seca total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage Paper FAO-56, Rome, 1998.
- ARATANI, R.G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R.R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema de plantio direto. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 31-38, Jul.-Set. 2008.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2011.
- CAMPOS, L.J.M.; COSTA, R.V.; ALMEIDA, R.E.M.; EVANGELISTA, B.A.; SIMON.J.; SILVA, K.J.N.; PEREIRA, A.A.; EVARISTO, A.B. Produtividade de cultivares de soja em três ambientes do Tocantins. Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Embrapa Soja. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).
- CEREZINI, P.; FAGOTTI, D.S.L.; PÍPOLO, A.E.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.A. Restrição hídrica e características fisiológicas em genótipos de soja contrastantes para tolerância à seca por fixação de nitrogênio, Scientia Agricola, Piracicaba, v.74, n.2, mar.-abr. 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos: Nono levantamento, junho, 2020 – safra 2019/2020: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2020. Disponível em< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/gaos/boletim-da-safra-de-gaos>> Acesso em: 30 de jun. 2020.
- CORDEIRO, C.F.S.; ECHER, F.R. Interactive effects of nitrogen-fixing bacteria inoculation and nitrogen fertilization on soybean yield in unfavorable edaphoclimatic environments. Scientific Reports, v. 9, n.15606, out. 2019.
- DUPONT PIONEER. Dessecação para colheita antecipada da soja e cuidados com percevejo na safrinha. Dez. 2019. Disponível em: < <http://www.pioneersementes.com.br/blog/11/dessecao-para-colheita-antecipada-da-soja-e-cuidados-com-percevejos-na-safrinha?fale=1> > Acesso: 20 de set. 2020.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology. Special Report, n.80, p. 11, 1977.
- FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. Package 'ExpDes.pt', mai.2018. Disponível em:< <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf> > Acesso em: 28 de setembro 2020.
- GAVA, R.; FRIZZONE, J.A.; SNYDER, R.L.; ALMEIDA, B.M.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, L. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.9, n.6, p. 349 - 359, 2016.
- GLIER, C.A.S.; DUARTE JUNIOR, J.B.; FACHIN, J.M.; COSTA, A.C.T.; GUIMARÃES, V.F.; MROZINSKI, C.R. Defoliation percentage in two soybean

cultivars at different growth stages. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.6, p.567-573, mai. 2015.

GRASSINI, P.; TORRION, J.A.; YANG, H.S.; REES, J.; ANDRERSEN, D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E. Soyber yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. *ENSEVIER*, n.179, p.150-163, ago. 2015.

GUELFY, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada, *Informações agrônômicas*, Piracicaba, n.157, p.1- 4, mar. 2017.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Soja. Circular técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular técnica,13).

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados históricos: 2019. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia. 2019. Disponível em: <
<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> > acesso em: 30 de abr. 2020.

ISHIKAWA, M.S.; RIBEIRO, N.R.; OLIVEIRA, E.C.; ALMEIDA, A.A; BALBI-PEÑA, M.I. Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*). *Summa Phytopathol*, Botucatu, v. 44, n. 1, p. 38-44, 2018.

KHARABASI, J.E.P.; GALAVI, M.; RAMROUD GRASSINI, P.I, M. Effects of spraying with methanol on qualitative characteristics, yield and yield components of soybean (*Glycine max L.*) under water stress conditions. Ed. Ferdowsi University of Mashhad, *Pizhūhishhā-yi zirāī-i Īrān*, v.15, n.3, p.511-521, 2017.

MEDEIROS, M.R.; CAVALCANTI, E.P.; DUARTE, J.F.M. Classificação climática de Köppen para o Estado do Piauí- Brasil. *Revista Equador (UFPI)*, v. 9, n. 3, p.82 - 99, jul. 2020.

MELO, F.B.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; PESSOA, B.L.O. Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 231).

LA MENZA, N.C.; MONZON, J.P.; SPECHT, J.E.; GRASSINI, P. Is soybean yield limited by nitrogen supply? *Field crops research*, ELSEVIER, v. 213, p.204- 212, 2017.

MONTOYA, F.; GARCIA, C.; PINTOS, F.; OTERO, A. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soyben in temperate humid climatic conditions. *ENSEVIER*, *Agricultural Water Management*, n.193, p. 30-45, ago. 2017.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

OHASHI, Y.; NAKAYAMA, N.; SANEOKA, H.; MOHAPATRA, P. Differences in the responses of stem diameter and pod thickness to drought stress during the grain filling stage in soybean plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, ed.31, p. 271-277, mar. 2009.

OHYAMA, T.; TEWARI, K.; ISHIKAWA, S.; TANAKA, K.; KAMIYAMA, S.; ONO, Y.; HATANO, S.; OHTAKE, N.; SUEYOSHI, HASEGAWA, H.; SATO, T.; TANABATA, S.; NAGUMO, Y.; FUJITA, Y.; TAKAHASHI, Y. Role of nitrogen on growth and seed yield of soybean and a new fertilization technique to promote nitrogen fixation and seed yield. INTECH, Chapter 9, p.152-185, mai. 2017.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R.S.; SOUZA, L.G.M.; BOSSOLANI, J.W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. Recife, v.10, n.2, p.249-255, abr. 2015.

POPOVIC, V.; TATIC, M.; ESPALEVIC, V.; RAJICIC, V.; FILIPOVIC, V.; TODOSIJEVIC, L.S.; STEVANOVIC, P. Effect of nitrogen fertilization on soybean plant height in arid year. *Research Gate, Soil and food, N soil*, p. 64-73, fev. 2018.

RUVIANO, C.; DORNELES, J.G.L.; SILVA, A.M.; BEN, C.A.V. Comportamento da soja submetida a diferentes regimes hídricos e viabilidade da irrigação suplementar na região do vale do Jaguari-RS. *Perspectiva, Erechim*, v.35, n.131, p. 79-90, set. 2011.

SOUZA, G.M.; CATUCHI, T.A.; BERTOLLI, S.C.; SORATTO, R.P. Soybean under water deficit: physiological and yield responses. *Open science, Open minds, INTEC*, p. 273- 298, 2013.

SYNGENTA. PORTAL SYNGENTA, Semente soja- estágios de evolução, 2020. Disponível em: < <https://portalsyngenta.com.br/sementes-soja-estagios-de-evolucao>> Acesso em: 20 de set. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

THOMAS, A.L. *Soja: Tipos de crescimento da planta*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, 2018.

USDA-United States Department of Agriculture, World agricultural production, Circular Series WAP 6-20 June 2020. Disponível em < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> > acesso 30 de junho de 2020.

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 Ambiental, Campina Grande*, v.20, n.8, p.734-738, jul. 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*, n.36, p.241-255, jun. 2018.

CAPÍTULO 2

4. DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO NITROGENADA COM E SEM DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Resumo

A soja é uma das principais commodities do mercado mundial de grãos e foi o quarto grão mais produzido do mundo na safra 2019 (360,26 milhões Mg). O aumento da produtividade é importante para elevar a produção mundial, de forma racional. O objetivo desse estudo foi avaliar a produtividade de duas cultivares de soja (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980) submetidas a dois níveis de irrigação e dois níveis de nitrogênio. O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte no município de Teresina, Piauí, Brasil. O delineamento foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas consistiram em dois níveis de irrigação; deficitária com 50% da ETc (I0) e plena, com 100 % da ETc (I1) e as subparcelas foram os dois níveis de adubação nitrogenada: sem nitrogênio (N0) e com nitrogênio (N1), no total de quatro tratamentos. Ambas as cultivares de soja foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e a adubação realizada de acordo com os atributos químicos do solo. Para os tratamentos que receberam adubação com N, empregou-se como fonte a ureia (46%) cuja dose utilizada foi de 1000 kg N ha⁻¹, parcelados em doses de 20, 80, 100, 200, 300 e 300 kg ha⁻¹, nas fases: semeadura, V2, V4, R2, R3 e R5, respectivamente. O desempenho produtivo da soja foi avaliado a partir de quatro parâmetros: número de plantas por metro (NP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PG). A irrigação deficitária (50% da ETc) provocou redução do NVP e PG em ambas as cultivares de soja (BRASMAX BONUS e BRS 8980), quando comparado aos tratamentos com 100% da ETc. Na cultivar BRASMAX BONUS o uso de nitrogênio suplementar com 1000 kg ha⁻¹, não favoreceu a produção de nenhum dos parâmetros avaliados (NP, NVP, PMG e PG) em comparação aos tratamentos sem nitrogênio. Na cultivar BRS 8980, o uso de nitrogênio suplementar favoreceu ao maior NVP, porém não beneficiou o PMG e a PG em comparação aos tratamentos sem nitrogênio.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, produtividade, regime hídrico, nitrogênio.

4. PERFORMANCE PRODUCTIVE OF SOY IN RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZATION WITH AND WITHOUT WATER DEFICIENCY

ABSTRACT

Soybean is one of the main commodities in the world grain market and was the fourth most produced grain in the world in the 2019 harvest (360.26 million Mg). The increase in productivity is important to raise world production, in a rational way. The objective of this study was to evaluate the productivity of two soybean cultivars (BRASMAX BÔNUS and BRS 8980) submitted to two levels of irrigation and two levels of nitrogen. The experiment was conducted in the experimental area of Embrapa Meio-Norte in the municipality of Teresina, Piauí, Brazil. The design was in randomized blocks, in a split plot scheme, in which the plots consisted of two levels of irrigation; deficient with 50% of ET_c (I0) and full, with 100% of ET_c (I1) and the subplots were the two levels of nitrogen fertilization: without nitrogen (N0) and with nitrogen (N1), in the total of four treatments. Both soybean cultivars were inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and the fertilization was carried out according to the chemical attributes of the soil. For the treatments that received fertilization with N, urea (46%) was used as source, whose dose used was 1000 kg N ha⁻¹, divided into doses of 20, 80, 100, 200, 300 and 300 kg ha⁻¹, in the phases: sowing, V2, V4, R2, R3 and R5, respectively. The productive performance of soybeans was evaluated based on four parameters: number of plants per meter (NP), number of pods per plant (NVP), mass of a thousand grains (MMG) and grain productivity (PG). Deficient irrigation (50% of ET_c) reduced NVP and PG in both soybean cultivars (BRASMAX BONUS and BRS 8980), when compared to treatments with 100% ET_c. In the cultivar BRASMAX BONUS, the use of supplementary nitrogen with 1000 kg ha⁻¹, did not favor the production of any of the evaluated parameters (NP, NVP, PMG and PG) compared to treatments without nitrogen. In the BRS 8980 cultivar, the use of supplementary nitrogen favored the highest NVP, but it did not benefit PMG and PG compared to treatments without nitrogen.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, productivity, water regime, nitrogen.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores da análise química do solo do local do experimento na camada de 0,0 – 0,4 m. Teresina, PI, 2019.....	57
Tabela 2 - Características das cultivares de soja BRASMAX BONUS IPRO e BRS 8980 IPRO. Teresina, PI, 2019.....	58
Tabela 3- Valores da adubação com macro e micronutrientes na cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980. Teresina, PI, 2019.....	60
Tabela 4- Estádio de desenvolvimento da soja.....	62
Tabela 5- Quadrado médio (QM) para número de plantas por metro (NP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) das cultivares BRS 8980 IPRO e BRASMAX BONUS em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....	67

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Localização (A) e detalhe da área experimental (B). Teresina, PI, 2019.....58
- Figura 2- Detalhe da parcela experimental. A) Cultivar BRASMAX BÔNUS. B) Cultivar BRS 8980. Teresina, PI, 2019.....59
- Figura 3- Lâminas de irrigação acumuladas durante o ciclo da soja em resposta aos regimes hídricos aplicados. Teresina, PI, 2019. IT: início da aplicação dos RH diferenciados (40 DAS); TT: término da aplicação dos RH diferenciados (72 DAS) na cultivar BRASMAX BÔNUS e (84 DAS) na cultivar BRS 8980.....64
- Figura 4- Variação da umidade do solo durante o ciclo de cultivo da soja, nas camadas de 0,0-0,3 m e de 0,3-0,6 m, em resposta aos regimes hídricos aplicados. Teresina, PI, 2019.....66
- Figura 5- Médias do número de vagens por planta (NV) das cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....70
- Figura 6- Médias do peso de mil grãos (PMG) da cultivar BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....72
- Figura 7- Médias da produtividade de grãos (PG) das cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.....74

4.1. Introdução

A soja (*Glycine max (L.) Merril*) é uma das principais commodities do mercado mundial de grãos e foi o quarto grão mais produzido do mundo na safra 2018/ 2019, com produção estimada em 360,26 milhões de Mg ao lado do arroz (496,46 milhões de Mg), trigo (730,84 milhões de Mg) e milho (1.123,34 milhões de Mg) (USDA, 2020).

A soja é uma importante fonte de proteína vegetal da humanidade e atualmente os maiores produtores mundiais são os Estados Unidos (112 milhões de Mg), Brasil (131 milhões de Mg) e Argentina (54 milhões de Mg), representando 82 % da produção mundial (USDA, 2020). No Brasil, nos últimos 10 anos, a área de cultivo de soja teve uma ampliação de 36%, variando de 23.467,9 em 2009 para 36.847,6 mil hectares em 2019 e a produção teve um aumento de 43% passando de 68,69 para 120,50 milhões de Mg. Essa diferença só foi possível, porque além da ampliação da área, a produtividade brasileira no período, teve um acréscimo de 12%, sendo que na safra 2019/2020 essa produtividade foi de 3.379 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021).

O aumento da produtividade da soja está associado a vários fatores tais como: investimentos em tecnologias, introdução de sistemas de produção, plantio direto, melhoramento de plantas e manejo do solo e de pragas (EVANGELISTA et al., 2019). Entre os principais fatores de redução da produtividade na soja estão o déficit hídrico e a deficiência na nutrição mineral.

Na soja as estiagens são os principais responsáveis pelas perdas de produtividade de grãos (FLUMIGNAM, 2015). Segundo Faria et al. (2018), a semeadura tardia aliada a veranicos prolongados, proporciona perdas significativas no potencial produtivo das cultivares de soja. E o estresse hídrico do solo é o principal fator de estresse abiótico que causa extensas perdas à produção de soja em todo o mundo (WIJEWARDANA et al., 2018). O consumo hídrico da soja varia com o desenvolvimento vegetal e em função das condições ambientais, com impactos relevantes em seu rendimento quando esta demanda não é atendida (SOUZA et al., 2016).

Com relação ao ciclo de cultivo, o maior consumo hídrico da soja está relacionado ao final do estágio vegetativo (V5) até o enchimento completo do grão (R7) e o uso da irrigação suplementar, durante esse período, pode ser uma alternativa para mitigar os efeitos do déficit hídrico. Em geral, nos cultivos irrigados, a diminuição da irrigação pode levar à redução da atividade fotossintética e induzir relações

desequilibradas entre os hormônios vegetais e processos biológicos nos órgãos da planta como um todo (KHARABASI et al., 2017). Alguns estudos indicam que o déficit hídrico é um fator limitante para cultura da soja e para atenuar seus efeitos é recomendado a inoculação de semente mais a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada (POPOVIC et al., 2017).

Por outro lado, o nitrogênio (N) é um nutriente requerido em maior quantidade pela da soja, pois é responsável pelo crescimento da cultura e produção de novas células e tecidos (MARCON et al., 2017). Segundo Ohyama et al. (2017), as sementes de soja contêm uma alta porcentagem de proteína em torno de 35 a 40% e requerem uma grande quantidade de nitrogênio em comparação com outras culturas.

Na maioria de vezes a soja supre a necessidade de N, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN); porém, em cultivares modernas ainda existem dúvidas se apenas a FBN pode suprir o N para altas produtividades (MENDES et al., 2008). A quantidade total de nitrogênio assimilado na parte aérea é proporcional ao rendimento dos grãos de soja, seja pela fixação do nitrogênio, seja pela absorção do nitrogênio no solo (OHYAMA et al., 2017).

Segundo Zuffo et al. (2018) o uso de N mineral, associado à inoculação de bactérias *Bradyrhizobium japonicum*, não se mostrou consistente, quanto aos seus efeitos sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja. Segundo Hungria et al. (2001), a soja é bastante sensível a adubação nitrogenada, podendo até prejudicar a nodulação em baixas doses, reduzindo a produtividade. Para Tamagno et al. (2018) a soja atingiu o custo da FBN por uma redução no rendimento de sementes mediada por um índice de colheita mais baixo, particularmente em ambientes estressantes.

Por outro lado, alguns autores sugerem que o uso do N mineral pode trazer ganhos em produtividade. Segundo Cordeiro et al. (2019) o rendimento de grãos de plantas de soja cultivadas em áreas pós-pastagem pode aumentar, através da aplicação de doses moderadas de N combinadas com altas doses de inoculantes mesmo em ambientes edafoclimáticos desfavoráveis.

Nesse contexto, ainda existem divergências sobre o efeito do N mineral na produtividade de soja, bem como seu desempenho sob estresse hídrico. Portanto, objetivou-se avaliar a produtividade de duas cultivares de soja de diferentes ciclos de crescimento submetidas a dois regimes hídricos e dois níveis de adubação nitrogenada.

4.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (05°05'S, 42°49'W e altitude 74,4 m), no período de julho a novembro de 2019. As médias anuais de temperatura e precipitação acumulada foram de 27,4°C e 1.325 mm, respectivamente, com precipitações concentradas sobretudo, nos meses de janeiro a maio (INMET, 2020). Durante o período de realização do experimento as médias de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação acumulada foram: 29,44°C; 27,6°C e 0,11 mm, respectivamente (INMET, 2020). O clima da região é definido como Aw segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (MEDEIROS et al., 2020). Na análise física, o solo foi classificado como de textura franco-arenosa de 0,0-0,2 m e franco argiloarenosa de 0,2-0,4 m, com 14,61% e 23,89 % de argila, respectivamente. A análise química foi realizada nas camadas de 0,0– 0,2 m e de 0,2 – 0,4 m, conforme valores médios de 0,0- 0,4 m observados na tabela 1.

Tabela 1. Valores da análise química do solo do local do experimento na camada de 0,0 – 0,4 m. Teresina, PI, 2019.

P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	M.O	V%	pH (CaCl ₂)
mg/dm ³	cmolc/dm ³					dag/kg			
7,78	0,22	2,51	0,83	1,26	3,57	4,82	0,97	73,89	5,44

P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; M.O: matéria orgânica; V%: saturação de bases; pH (CaCl₂): pH em cloreto de cálcio.

O experimento foi conduzido com duas cultivares de soja: A cultivar BRASMAX BONUS, com hábito de crescimento indeterminado e a cultivar BRS 8980, com hábito de crescimento determinado, conforme características apresentadas na Tabela 2.

O delineamento adotado foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas consistiram em dois níveis de irrigação; deficitária (50% da ETc) e plena (100 % da ETc) e as subparcelas foram dois níveis de adubação nitrogenada; sem nitrogênio e com nitrogênio (1000 kg ha⁻¹), totalizando quatro tratamentos: I0N0 (50% da ETc, sem N); I0N1(50% da ETc, com N); I1N0 (100% da ETc, sem N) e I1N1(100% da ETc, com N), com cinco repetições e vinte parcelas experimentais.

Tabela 2. Características das cultivares de soja BRSMAX BONUS IPRO e BRS 8980 IPRO. Teresina, PI, 2019.

Cultivares	POP (mil plantas/ha ⁻¹)	GM	NDF (dias)	HC	NDM (dias)	PMS (g)	CLO (dias)
BRSMAX BÔNUS	260-280	7,9	38	I	105	190	105-122
BRS 8980 IPRO	180-200	8,9	45	D	124	138	125-136

POP: população de plantas recomendada; GM: grupo de maturação; NDF: média do número de dias até a floração; HC-Hábito de crescimento: determinado (D) e indeterminado (I); NDM: número de dias para maturidade fisiológica; PMS: peso de mil sementes e CLO: ciclo total em dias. Fonte: CAMPOS et al. (2019).

A área total do experimento foi de 0,324 ha, subdividida em três faixas de 0,108 ha cada, denominadas: (a) faixa 1, cultivada com ambas cultivares de soja e irrigação deficitária (50 % da ETc); (b) faixa 2, área livre onde foi plantada soja para preenchimento e evitar o contato dos regimes hídricos adjacentes e (c) faixa 3, com ambas cultivares de soja e irrigação plena (100% da ETc) (Figura 1).

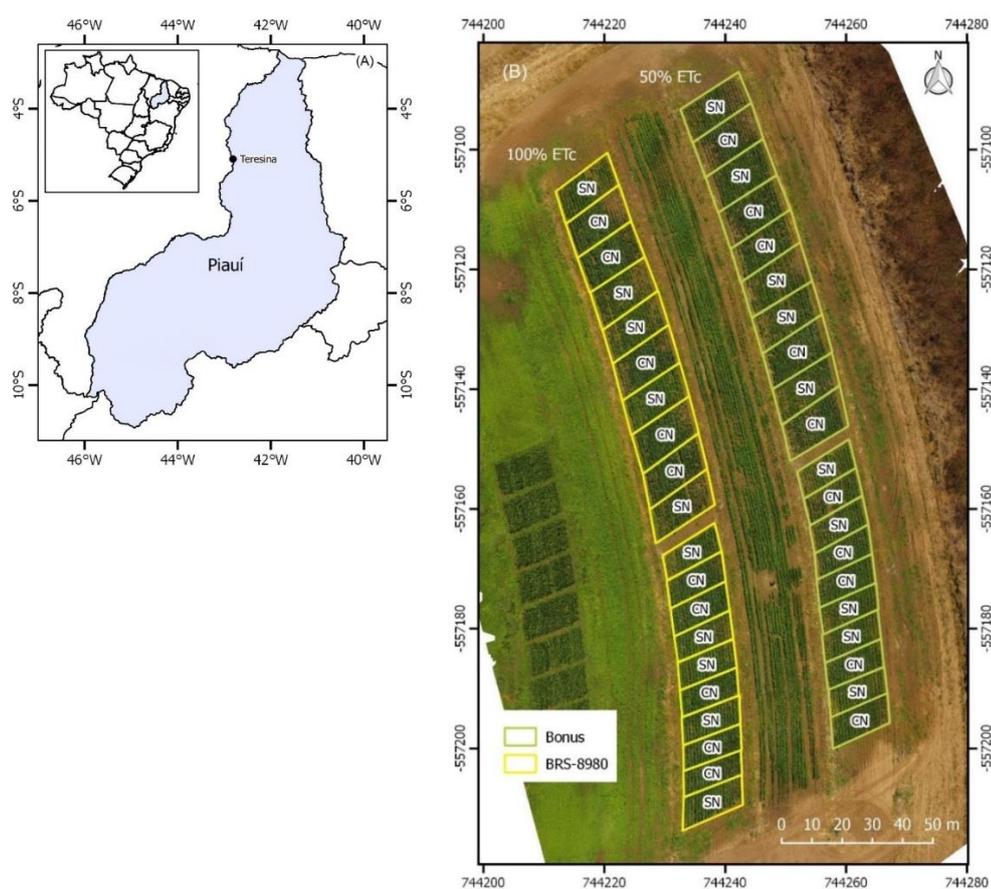
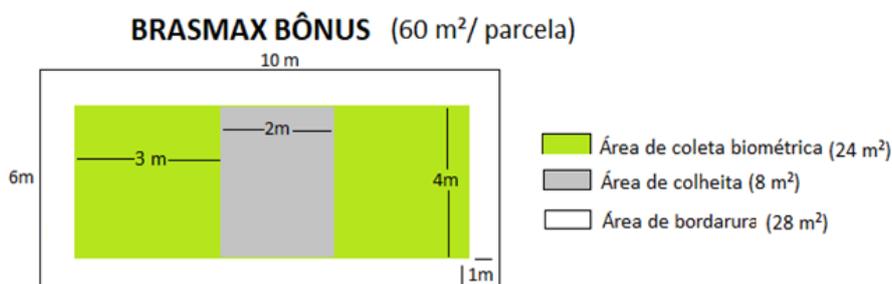


Figura 1. Localização (A) e detalhe da área experimental (B). Teresina, PI, 2019.

Nesse experimento a cultivar BRASMAX BONUS contou com 20 parcelas experimentais (10 parcelas na faixa 1; 10 parcelas na faixa 3), cada parcela com 20 fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre linhas, com área de 60 m² e área útil para avaliações biométricas de 24 m² (Figura 2). Na cultivar BRS 8980 foram 20 parcelas experimentais (10 parcelas na faixa 1; 10 parcelas na faixa 3), cada parcela com 20 fileiras de 4,5 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre linhas, com área de 45 m² e área útil para avaliações biométricas de 18 m² (Figura 2).

A semeadura foi realizada no dia 23/07/2019 de forma manual com distribuição de 20 sementes por metro no sulco, sendo que em ambas as cultivares foram inoculadas *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando na proporção de 100 mL de para 7 kg de sementes. Após a germinação procedeu-se ao desbaste de plântulas no cultivar BRS 8980, deixando-se de 10 a 12 plantas por metro. Não foi necessário a realização de desbaste da cultivar BRASMAX BÔNUS, tendo em vista que não houve excesso no número de plantas por metro.

A



B

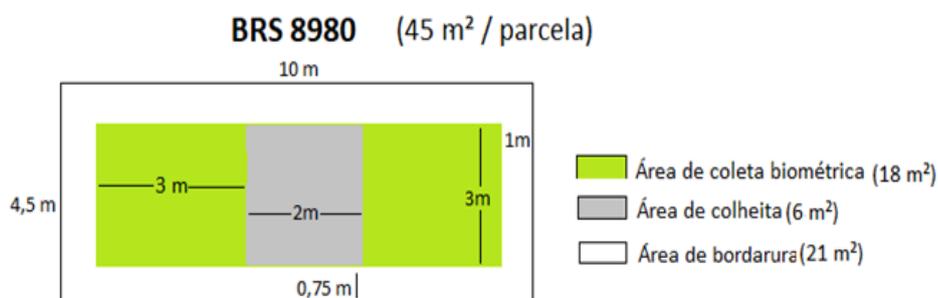


Figura 2. Detalhe da parcela experimental. A) Cultivar BRASMAX BÔNUS. B) Cultivar BRS 8980. Teresina, PI, 2019.

O manejo da adubação foi realizado com base nos atributos químicos do solo. Na adubação de fundação foram utilizados 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e 96 kg ha⁻¹ de KCl (cloreto de potássio). A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura (DAS) com 96 kg ha⁻¹ de KCl (cloreto de potássio). Os micronutrientes foram disponibilizados através de adubação foliar: manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu), cobalto (Co), molibdênio (Mo), níquel (Ni), boro (B) e magnésio (Mg) com doses de 450, 200, 50, 4, 40, 4, 150 e 600 g ha⁻¹, respectivamente. Para a adubação nitrogenada empregou-se como fonte a ureia (46%) cuja dose utilizada foi de 1000 kg N ha⁻¹, parcelados em doses de 20, 80, 100, 200, 300 e 300 kg ha⁻¹, nas fases: semeadura, V2, V4, R2, R3 e R5, respectivamente, conforme tabela 3.

Optou-se por utilizar a dose de 1000 kg ha⁻¹, visando suprir a necessidade de N da soja, ao longo de todo ciclo, para que pudesse expressar o máximo potencial produtivo para ambas cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980), com expectativa de produtividade de 6 Mg há⁻¹. Considerando que para cada Mg de soja produzidos são necessários 80 kg há⁻¹ de nitrogênio, e que a eficiência da adubação nitrogenada é estimada 50% (HUNGRIA et al., 2001).

Tabela 3. Valores da adubação com macro e micronutrientes na cultivares BRASMAX BÔNUS e BRS 8980. Teresina, PI, 2019.

Estádios	Tratamentos com	Macronutrientes			Micronutrientes (g ha ⁻¹)							
	N (kg ha ⁻¹)	(Kg ha ⁻¹)			Mn	Zn	Cu	Co	Mo	Ni	B	Mg
	N (Ureia 45%)	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)									
Semeadura	20	120	96									
V2	80											
V3					75	40		4	40	4		
V4	100											
V7					150	80	25				50	300
V8			96									
R1					150	80	25				50	
R2	200											
R3	300				75						50	300
R5	300											
Total	1000	120	192		450	200	50	4	40	4	150	600

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Mn: manganês; Zn: zinco; Cu: cobre; Mo: molibdênio; Ni: níquel; B: boro; Mg: magnésio.

O manejo da irrigação foi realizado com base na reposição da evapotranspiração da cultura (ET_c). Para tanto, a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foi realizada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), baseado nas características climáticas (radiação solar global (MJ m⁻²), temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%)) e velocidade do vento (m s⁻¹) obtidas de estação

agrometeorológica automática localizada a 500 m da área experimental. Para a estimativa da ET_c, utilizou-se os coeficientes de cultivo para a soja propostos pela FAO (ALLEN et al., 1998). A aplicação da irrigação foi realizada através de sistema de aspersão convencional fixo, com 24 aspersores espaçados em 12m x 12m. O turno de irrigação foi fixo, com irrigações realizadas sempre as 2as, 4as e 6as feiras, repondo-se sempre a ET_c do período anterior. O controle da lâmina de irrigação foi feito por meio da instalação de uma bateria de 16 coletores espaçados de 3m entre as linhas laterais de aspersores, no centro da faixa experimental. Para aplicação dos regimes hídricos diferenciados e avaliações biométricas foram considerados os estádios de desenvolvimento da soja (Tabela 4).

Desde a semeadura até a fase V3 a irrigação foi plena para ambos os tratamentos, sendo que após essa fase houve aplicação dos regimes hídricos diferenciados do estágio V4 a R5 através da reposição de 50 e 100 % da ET_c e após a fase R5 retornou a lâmina com reposição de 100% da ET_c para todos os tratamentos.

O monitoramento da umidade do solo foi realizado através de sondas de umidade do solo, modelo CS616, da Campbell, três hastes em cada regime hídrico, sendo duas de 0,0-0,3 m e uma de 0,3-0,6 m de profundidade, com aquisição e registro contínuo dos dados de umidade por meio de um datalogger CR1000.

O controle de ervas invasoras foi realizado de forma preventiva, com aplicação de 750 mL de Dual Gold, dois dias após a semeadura, para controle da tiririca (*Cyperus rotundus*) e 320 mL de Glifosato (N-fosfometil glicina) 30 dias após a semeadura. Na área foram aplicados 32 dias após a semeadura os inseticidas de NOMOLT (100 ml) e FASTAC (200 ml). Além do controle químico, foi realizado a capina manual aos 68 DAS para controle da invasora corda de viola (*Ipomoea acuminata*). Aos 95 DAS da soja BRS 8980 IPRO foi constatado a incidência de fungo (*Macrophomina phaseolina*). Após a constatação do fungo, houve a suspensão da irrigação no início do estágio R7, visando reduzir a umidade e acelerar a maturação fisiológica dos grãos.

A colheita foi realizada em dois momentos distintos. Na variedade BRASMAX BÔNUS IPRO a colheita foi realizada 103 DAS, no período de maturação fisiológica (R8), procedendo-se o corte das plantas rente ao colo das quatro fileiras centrais com 4 m de comprimento e espaçadas 0,5 m entre fileiras, no total de 8 m².

Tabela 4. Estádios de desenvolvimento da soja. Teresina, PI, 2019.

EV	Descrição	Imagem*	ER	Descrição	Imagem*
VE	Emergência, cotilédones acima do solo		R1	Uma flor em qualquer nó	
VC	Cotilédones completamente abertos		R2	Flor em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida	
V1	Folha completamente desenvolvida, nó unifoliar		R3	Vagem com 0,5 cm em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida.	
V2	Folha completamente desenvolvida no primeiro nó acima do nó unifoliar		R4	Vagem com 2 cm em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida.	
V3	Três nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R5	Grão começando a se desenvolver (0,3 cm) em um dos quatro últimos nós da haste principal com folha desenvolvida	
V4	Quatro nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R6	Vagens contendo grãos verdes completamente desenvolvidos em um dos quatro últimos nós da haste principal.	
V5	Cinco nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R7	Vagens amarelando; 50% das folhas amarelas.	
Vn	N nós no caule principal, começando do nó unifoliar		R8	95% das vagens com cor marrom, Maturação.	

Estádio Vegetativo: EV; Estádio Reprodutivo: ER; Fonte: (THOMAS, 2018), Adaptado: (FEHR; CAVINESS, 1977). *Imagem: (SYNGENTA, 2020), (DUPONT PIONEER, 2019).

Na cultivar BRS 8980 IPRO a colheita foi realizada 113 DAS no início da fase R8, com corte das plantas rente ao colo das quatro fileiras centrais com 3 m de comprimento e espaçadas 0,5 m entre fileiras, no total de 6 m².

Para análise de produtividade nas duas cultivares, foram avaliadas as seguintes características: a) estande, contagem do número de plantas/metro (NP), onde na colheita foram contadas todas as plantas colhidas por linha, efetuando-se as médias ; b) número de vagens/planta (NVP), onde foram colhidas cinco plantas por parcela, 7 dias antes da colheita, procedendo-se a contagem das vagens por planta e efetuando-se as médias por parcela; c) Peso de mil grãos (PMG), com base na contagem e na massa de mil grãos, corrigidos para umidade de 13% (g); d) produtividade de grãos (PG) kg ha⁻¹, com base na massa média dos grãos colhidos por tratamento, corrigidos para umidade de 13%.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5% através do pacote estatístico 'ExpDes.pt' do R (Ferreira et al., 2018).

4.3. Resultado e Discussão

4.3.1. Lâminas de irrigação e umidade do solo

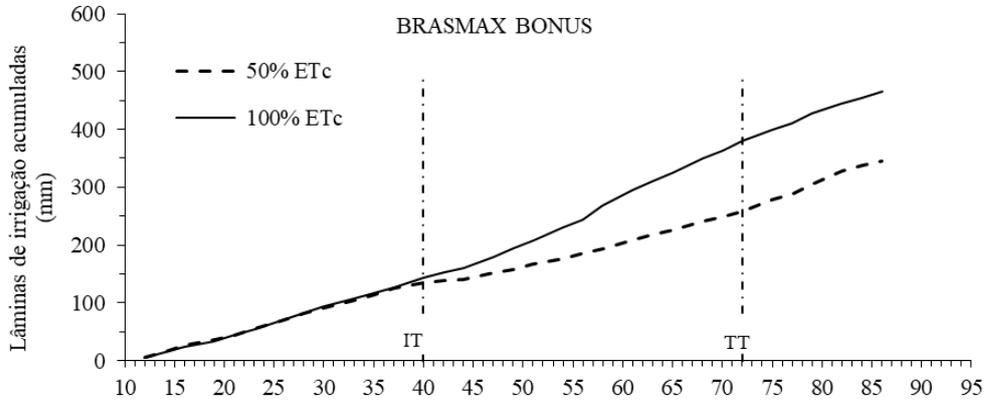
Do início da irrigação até a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (IT) foram aplicadas lâminas de irrigação de 125,3 e 127,1 mm nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c, em ambas as cultivares (BRASMAX BONUS e BRS 8980), confirmando que os dois fatores (50% e 100% da ET_c) receberam lâminas de irrigação similares em ambas as cultivares durante o período inicial (Figura 3).

Após a aplicação dos regimes diferenciados até o término da irrigação (TT-TI) nos tratamentos com 50% da ET_c, foram aplicados 87,6 mm na cultivar BRASMAX BONUS e 56,1 mm na BRS 8980 e nos tratamentos com 100% da ET_c foram aplicados 85,3 mm na cultivar BRASMAX BONUS, e 57,7 mm na BRS 8980 (Figura 3).

No total, durante todo o ciclo das duas cultivares de soja, os tratamentos com 50% da ET_c, receberam lâminas de irrigação de 345,8 mm na cultivar BRASMAX BONUS e 356 mm na BRS 8980, e nos tratamentos com 100% da ET_c foram aplicadas lâminas de 465,2 mm na cultivar BRASMAX BONUS e 511,3 mm na BRS

8980 (Figura 3). Essa diferença entre as lâminas de irrigação está relacionada ao grupo de maturação de cada cultivar na BRASMAX BONUS (7.9) e na BRS 8989 (8.9)

A



B

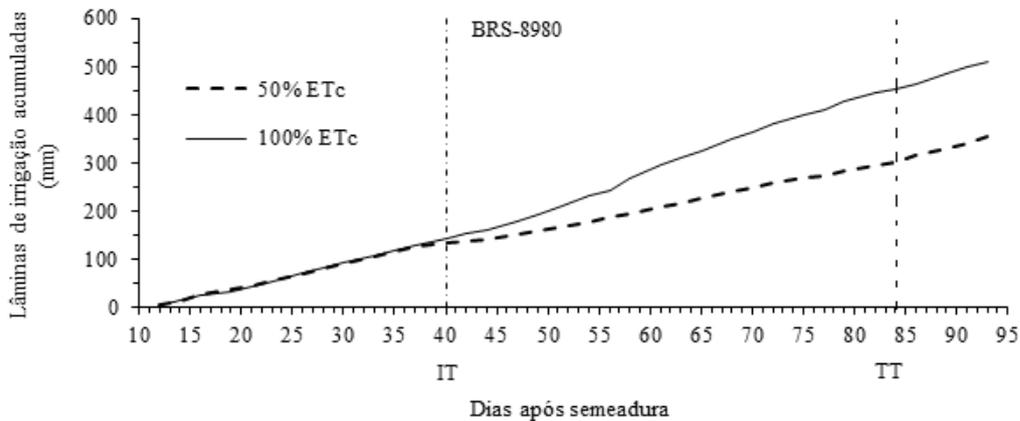


Figura 3. Lâminas de irrigação acumuladas durante o ciclo da soja em resposta aos regimes hídricos aplicados. Teresina, PI, 2019. IT: início da aplicação dos RH diferenciados; TT: término da aplicação dos RH diferenciados. A) Cultivar BRASMAX BÔNUS; IT (40 DAS); TT (72 DAS). B) Cultivar BRS 8980; IT (40 DAS); TT (84 DAS).

Durante os RH diferenciados (IT-TT) nos tratamentos com 50% da ETc, foram aplicadas lâminas de irrigação 132,9 e 174,6 mm e nos tratamentos com 100% da ETc, foram aplicados 252,8 e 326,5 mm para cultivares BRASMAX BONUS e BRS 8980, respectivamente. Esses resultados demonstram que durante o período de RH diferenciado as lâminas de irrigação deficitária (50% da ETc) corresponderam a 47% da irrigação plena (100% da ETc) para ambas as cultivares de soja, ratificando a diferenciação das lâminas de irrigação dentro dos RH (Figura 3).

A umidade do solo foi quantificada em percentual (%) do volume de solo, sendo definindo valores da capacidade de campo⁷, ponto de murcha permanente⁸ e umidade crítica, que é a umidade mínima que a cultura pode ser submetida sem afetar significativamente sua produtividade (BERNARDO et al., 2011).

Do início da irrigação até a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (IT), a umidade média do solo na camada de 0,0-0,3 m variou entre 13,0 % e 14,2 % nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c, e na camada 0,3-0,6 m a variação foi de 8,6% e 10,3% nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c, respectivamente (Figura 4). Esses resultados demonstram que antes dos regimes diferenciados na camada de 0,0-0,3 m, as médias de umidade do solo nos dois tratamentos (50% e 100% da ET_c) estavam próximas e acima da umidade crítica (12,5%), favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura da soja.

Durante a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (IT-TT), a umidade média do solo, na camada 0,0-0,3 m, foi de 9,9 % e 14,7 % nos tratamentos com 50 e 100% da ET_c, e na camada 0,3-0,6 m, a variação foi de 7,7 % e 12,7 % nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c, respectivamente (Figura 4).

Os resultados demonstram que tanto na camada de 0,0-0,3 m quanto na camada 0,3-0,6 m, os tratamentos com 100% da ET_c mantiveram médias de umidade do solo, em níveis superiores a umidade crítica, permitindo com isso, que a cultura da soja expressasse todo seu potencial produtivo.

Por outro lado, nos tratamentos com 50% da ET_c foram registrados valores abaixo da umidade crítica e acima do ponto de murcha permanente durante o período avaliado, sendo um fator limitante para o desenvolvimento da cultura. Depois da aplicação dos RH diferenciados até o término da irrigação (IT), a umidade média do solo, variou de 9,9 % e 18,8 %, na camada de 0,0-0,3 m nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c e de 8,8% e 16,6% na camada de 0,3-0,6 m nos tratamentos com 50% e 100% da ET_c, respectivamente (Figura 4).

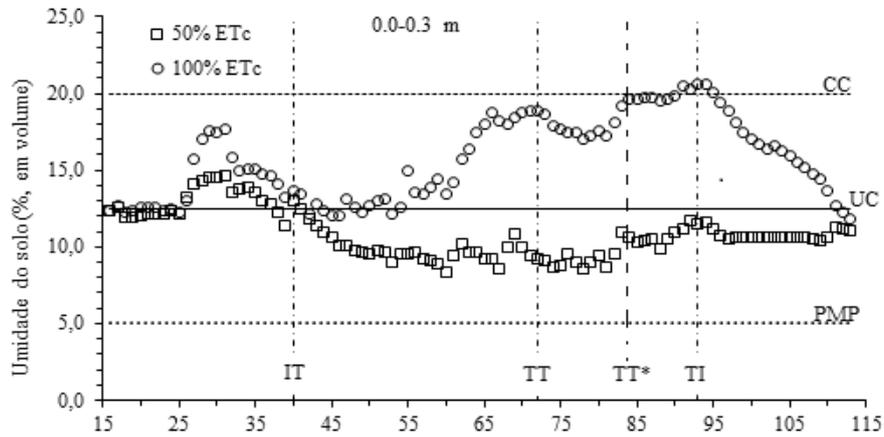
Estes resultados demonstram que mesmo após o término dos RH diferenciados e aplicando lâminas de irrigação com reposição de 100% da ET_c até o término da irrigação, a umidade no solo dos tratamentos com 50% da ET_c permaneceram abaixo

⁷ Capacidade de campo: capacidade máxima do solo em reter água, acima do qual ocorrem perdas por percolação ou escoamento superficial.

⁸ Ponto de murcha permanente: teor de umidade no qual a planta não consegue mais retirar água do solo.

da umidade crítica, prolongando os efeitos do déficit de umidade do solo mesmo após reestabelecida as condições de lâminas de irrigação com 100% da ETc.

A



B

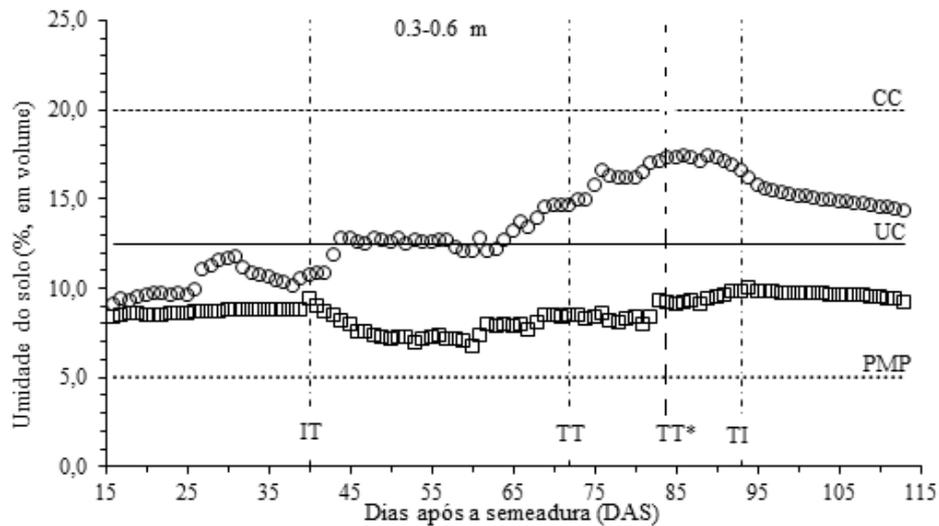


Figura 4. Variação da umidade do solo durante o ciclo de cultivo da soja, em resposta aos regimes hídricos aplicados (50 e 100% da ETc). Teresina, PI, 2019. A) camadas de 0,0-0,3 m. B) camadas de 0,3-0,6 m. CC: capacidade de campo; UC: umidade crítica; PMP: ponto de murcha permanente; IT: início da aplicação dos RH diferenciados (40 DAS); TT: término da aplicação dos RH diferenciados (72 DAS) na cultivar BRASMAX BÔNUS; TT* término da aplicação dos RH diferenciados (84 DAS) na cultivar BRS 8980; TI: término da aplicação da irrigação (93 DAS).

Como planejado, os níveis de umidade do solo oscilaram em consonância com a aplicação dos regimes hídricos, notadamente na fase de diferenciação dos regimes hídricos, promovendo alterações na produção das plantas conforme será discutido posteriormente.

4.3.2. Número de plantas por metro

Para número de plantas por metro (NP) não houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN), para ambas as cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980) (Tabela 5). Além disso, as duas cultivares de soja não responderam de forma isolada a aplicação dos RH e NN em nenhum dos estádios avaliados (Tabela 5).

Esses resultados indicam que as diferenças observadas nos tratamentos nas duas cultivares não ocorreram em função da população de plantas. Segundo Mwamlima et al. (2020) a densidade e a uniformidade são importantes, pois interferem diretamente na interceptação da radiação solar ativa, influenciando na produtividade e nutrição das plantas.

Além disso, foi verificado que a cultivar BRASMAX BONUS apresentou densidade de plantas, que variaram entre 180 a 224 mil plantas ha^{-1} e na cultivar BRS 8980 as densidades variaram de 224 a 228 mil plantas ha^{-1} . Trabalhos realizados por Campos et al., (2019), no estado do Tocantins, recomendam densidades que variam de 260 a 280 mil plantas ha^{-1} para cultivar BRASMAX BÔNUS e 180 a 200 mil plantas ha^{-1} na cultivar BRS 8980.

Na cultivar BRASMAX BÔNUS, apesar da menor densidade de plantas em comparação aos estudos de Campos et al., (2019) não foi constatado redução de produtividade de grãos, nos tratamentos com irrigação plena (100% da ETc) (item 4.3.5). Segundo Werner et al. (2016), na soja há um efeito da compensação da menor quantidade de plantas pelo maior crescimento de cada indivíduo.

Na cultivar BRS 8980, embora tenha sido realizado desbaste após o plantio, a densidade ficou um pouco acima da recomendada por Campos et al. (2019) e apesar de não ter sido verificado “acamamento”, pode ter ocorrido uma maior competição intraespecífica. Segundo Mundstock e Thomas (2005), em densidades de 20.000 plantas ha^{-1} a pequena área ocupada no solo, faz com que a planta de soja interfira

com as que a rodeiam, ocasionando competição intraespecífica, principalmente na parte aérea, através da distribuição da radiação solar.

Tabela 5. Quadrado médio (QM) para número de plantas por metro (NP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos (PG) das cultivares BRS 8980 IPRO e BRASMAX BONUS em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019.

QM										
BRASMAX BÔNUS										
FV	GL	NP	NVP	PMG	PG					
RH	1	6,1 ns	5181 ***	878,9 ns	21621040 ***					
Bloco	4	7,7 ns	28,6 ns	163,5 ns	51410 ns					
Erro a	4	2,8	34,1	547,6	132410					
NN	1	6,1 ns	0,4 ns	2,5 ns	269424 ns					
RH x NN	1	0,1 ns	0,1 ns	126,1 ns	60007 ns					
Erro b	8	5,8	75,3	73,7	96459					
Total	19									
CV1 (%)		16,5	10,3	12,7	12,7					
CV2 (%)		23,7	15,3	4,7	10,9					
BRS 8980										
FV	GL	NP	NVP	PMG	PG					
RH	1	0,1 ns	5517,2 ***	27,7 ns	4911000 ***					
Bloco	4	0,3 ns	17,1 ns	52,7 ns	106883 *					
Erro a	4	0,7	31	148,7	16294					
NN	1	0,1 ns	864,6 ***	279,2 ns	564097 ***					
RH x NN	1	0,1 ns	174,6 *	510,2 *	536648 ***					
Erro b	8	0,3	21,7	55,2	19044					
Total	19									
CV1 (%)		7,2	9,2	9,2	6,5					
CV2 (%)		4,8	7,7	5,6	7,1					

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; RH: regime hídrico; NN: níveis de nitrogênio; NP: número de plantas por metro; NVP: número de vagens por planta; PMG: peso de mil grãos; PG: produtividade de grãos a 13% de umidade; CV1: coeficiente de variação para RH; CV2: coeficiente de variação para NN. Níveis de significância pelo teste F: ns – não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; *** significativo a 0,1%.

4.3.3. Número de vagens por planta

Para número de vagens por planta (NVP), houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) apenas para cultivar BRS 8980 e quando comparada as médias dos efeitos isolados, a cultivar respondeu a

aplicação dos RH e NN (Tabela 5). A cultivar BRASMAX BONUS respondeu de forma isolada apenas a aplicação dos RH para NVP (Tabela 5).

Na cultivar BRS 8980, dentro dos tratamentos que receberam adubação suplementar nitrogenada, I0N1 (47,5) apresentou redução (-45%) no NVP em relação ao tratamento I1N1 (86,6) e dentro dos tratamentos sem nitrogênio, I0N0 (40,2) apresentou redução (-40%) no NVP em relação a I1N0 (67,5), evidenciando os efeitos do déficit hídrico na redução da NVP tanto nos tratamentos com N, quanto nos sem N (Figura 5A).

Na cultivar BRASMAX BÔNUS, quando comparadas as médias para os efeitos isolados de RH para NVP, verificou-se que a média dos tratamentos com 100% da ETc - I1(72,9) apresentaram maior NVP (44%) em relação aos tratamentos com 50% da ETc - I1(40,7), demonstrando que o NVP foi influenciado diretamente pelo regime hídrico (Figura 5B).

Os resultados demonstram que o déficit hídrico na soja com 50% da ETc, no período de V4 a R5, reduziu o NVP em ambas as cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980). Estes resultados estão de acordo com encontrados por Wijewardana et al. (2018), no qual o rendimento de vagens de duas cultivares de soja Asgrow AG5332 e Progeny P5333RY cultivados com 100% ETc foram 49% e 50% maior, respectivamente, que o rendimento de vagens de soja sob estresse hídrico severo ($0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Estudos realizados por Gava et al. (2016) verificaram que houve redução no número de vagens por planta na cultivar de soja (BMX Potência RR) quando submetida a déficit hídrico com 50% da ETc durante todo o ciclo total da cultura e apenas quando submetido a déficit hídrico com 50% da ETc do início da floração ao início da frutificação (R1 a R3). O autor ainda destaca que no período de R1 a R3 a planta tinha quantidade de água disponível até o momento de formação das vagens, quando então houve o déficit hídrico.

Na cultivar BRS 8980, quando comparamos os tratamentos com irrigação deficitária (50% da ETc), observa-se que o tratamento I0N1(47,5) foi superior (15%) no NVP em relação ao tratamento I0N0(40,2) (Figura 5A). E dentro da irrigação plena com 100% da ETc, o tratamento I1N1(86,6) foi superior (22%) no NVP em relação a I1N0(67,5). Esses resultados demonstram o benefício do N suplementar no maior NVP, nos dois RH (50% e 100% da ETc) para cultivar BRS 8980 (Figura 5A).

Além disso, observamos que na cultivar BRS 8980, o tratamento com maior NVP foi I1N1 (86,6), confirmando o melhor desempenho nas plantas que receberam

1000 kg ha⁻¹ de N associada a irrigação plena (100% da ETc). Segundo Kumagai et al. (2015), o aumento da produtividade em cultivares de soja é melhor explicado pelo aumento da biomassa acima do solo e número de vagens por planta.

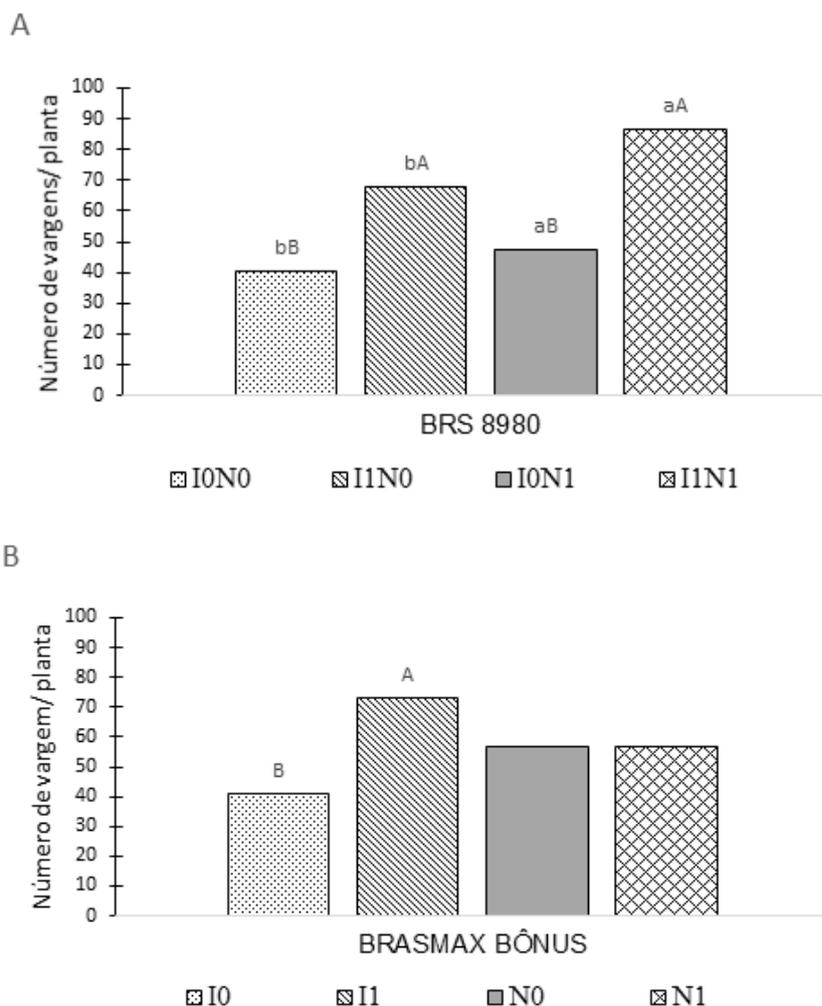


Figura 5. Médias do número de vagens por planta (NV) da cultivar BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com 1000 kg de nitrogênio por ha⁻¹ (com N). **A**) compara as médias entre os tratamentos I0N0 (50% ETc, sem N), I1N0 (100% ETc, sem N), I0N1(50% ETc, com N), I1N1(100% ETc, com N). **B**) compara as médias dentro dos RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

Na cultivar BRASMAX BÔNUS, foi observado que embora a densidade de plantas tenha ficado abaixo do recomendado para cultura (item 4.3.2), a média do NVP (72,9) nos tratamentos com 100% da ETc ficou acima da média encontrada em outros estudos para a mesma cultivar. Segundo Almeida et al. (2018), que avaliou 36

genótipos de soja a média do NVP na cultivar BRASMAX BÔNUS foi de 53,28 vagens. Esse desempenho do NVP na cultivar BRASMAX BÔNUS pode estar relacionado a plasticidade fenotípica da soja.

A plasticidade fenotípica da soja, é a capacidade da cultura em baixas densidades de semeadura, compensar o menor número de plantas por maior crescimento vegetativo (FERREIRA, A. et al., 2018). Estudos realizados pelo mesmo autor, indicam que em baixas densidades de semeadura, a soja aumenta o número de vagens por planta, devido a plasticidade fenotípica.

Além disso, esses resultados estão associados ao hábito de crescimento indeterminado da cultivar BRASMAX BÔNUS, onde a planta cresce e ramifica mesmo depois do início do florescimento (R1) (THOMAS, 2018). Segundo Wijewardana et al. (2018), a cultivar de soja com hábito de crescimento indeterminado (Asgrow AG5332) mostrou maiores rendimentos devido ao aumento do número de nós, vagens e sementes, peso seco das sementes e eficiência na produção de sementes em comparação com o cultivar determinado (Progeny P5333RY). Estudos conduzidos por Zanon et al. (2015) observaram que na soja o período de sobreposição entre as fases vegetativa e reprodutiva, o crescimento em estatura e a emissão de nós de R1 até R8 foram maiores para as cultivares com tipo de crescimento indeterminado em comparação com as de tipo determinado.

4.3.4. Peso de mil grãos

Para peso de mil grãos (PMG), houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) apenas para cultivar BRS 8980. (Tabela 5).

Na cultivar BRS 8980, quando comparadas as médias do peso de mil grãos (PMG), dentro dos tratamentos com reposição de 100% da ET_c, observou-se que o tratamento I1N1(123,3 g) apresentou redução (-14%) em relação a I1N0(140,8 g), demonstrando que o N suplementar aplicado no tratamento I1N1 não proporcionou aumento no peso do grão (Figura 6).

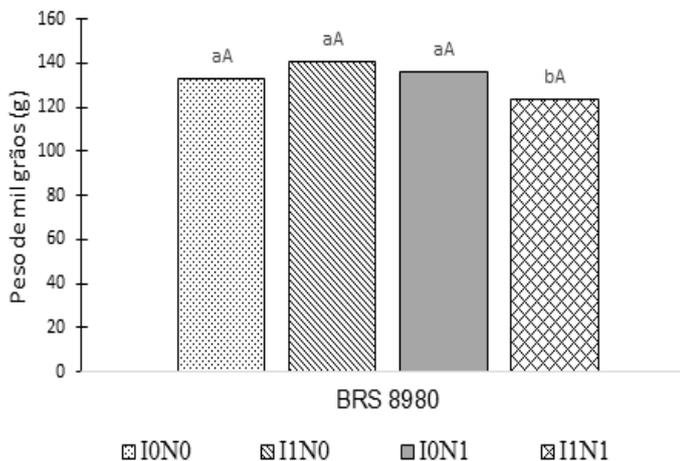


Figura 6. Médias do peso de mil grãos (PMG) da cultivar BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019. Compara as médias entre os tratamentos I0N0 (50% ETc, sem N), I1N0 (100% ETc, sem N), I0N1(50% ETc, com N), I1N1(100% ETc, com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

Estes resultados estão de acordo com trabalhos realizados por Aratani et al. (2008) que avaliou os efeitos e épocas de aplicação do N na soja, sendo que a adubação nitrogenada não proporcionou aumento de produtividade em relação ao tratamento sem nitrogênio. Segundo Werner et al. (2016), o efeito da adubação com N mineral sobre o crescimento das plantas é variável entre as estações de crescimento, mas não aumenta o rendimento de grãos, mesmo considerando uma ampla variação na taxa de semeadura.

Além disso, o PMG indicado para cultivar BRS 8980 pelo o obtentor foi de 138g (CAMPOS et al., 2019). No entanto a média do PMG no tratamento I1N1 foi 123,3g, sendo 11% abaixo do indicado pelo obtentor para cultivar BRS 8980. Esse desempenho do tratamento I1N1, reduziu significativamente a produtividade de grãos (item 4.3.5).

A redução do PMG no tratamento I1N1 pode estar relacionado a partição de biomassa e um efeito compensatório, tendo em vista que o tratamento I1N1 produziu maior NVP, porém o PMG foi menor em relação aos demais tratamentos. Segundo Cordeiro et al. (2019), que avaliou o rendimento de grãos de soja submetidos a doses de inoculante e nitrogênio mineral, os incrementos das doses de N proporcionaram aumento do número de vagens por planta, porém reduziram de forma linear o peso do grão.

Além disso, a suspensão total da irrigação no início do estágio (R7) associada a problemas com a incidência de *Macrophomina phaseolina*, que foi verificada no final do ciclo reprodutivo da cultura podem ter contribuído para redução do peso do grão. Para Ishikawa et al (2018) a *Macrophomina phaseolina* resulta em maturação precoce e desuniforme, além de incompleto enchimento de grãos, levando a perdas de rendimento. Segundo Henning et al. (2014) a doença, que é causada pelo fungo, pode ocorrer após o florescimento sob déficit hídrico, atacando principalmente plantas com raízes superficiais.

4.3.5. Produtividade de grãos

Para produtividade de grãos (PG), houve interação significativa entre os regimes hídricos (RH) e os níveis de nitrogênio (NN) apenas para cultivar BRS 8980 e quando comparada as médias dos efeitos isolados, a cultivar respondeu a aplicação dos RH e NN (Tabela 5). A cultivar BRASMAX BONUS respondeu de forma isolada apenas a aplicação dos RH para PG (Tabela 5).

Na cultivar BRS 8980 observou-se que dentro dos tratamentos com N, o tratamento I0N1 (1.457 kg ha⁻¹) apresentou redução (-31%) na PG em relação ao tratamento I1N1 (2.120 kg ha⁻¹), e para dos tratamentos sem nitrogênio, I0N0 (1.465 kg ha⁻¹) a redução foi de (-47%) na PG em relação a I1N0 (2.784 kg ha⁻¹), evidenciando os efeitos do déficit hídrico na redução da PG tanto nos tratamentos com adubação com N, quanto nos sem N (Figura 7A).

Na cultivar BRASMAX BÔNUS, quando comparado a média dos efeitos isolados, para RH, os tratamentos com irrigação deficitária-I0 (1.818 kg ha⁻¹), apresentaram redução (-53%) da PG em relação aos tratamentos com irrigação plena-I1 (3.898 kg ha⁻¹), demonstrando que a PG, foi influenciada pelo regime hídrico (Figura 7B).

Os resultados demonstram que o déficit hídrico reduziu drasticamente a PG em ambas as cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980). Estes resultados corroboram com estudos realizados por Gava et al. (2016), onde a produtividade de grãos na soja foi afetada pela ocorrência de déficit hídrico no período fenológico que compreende entre a completa formação de vagens e a formação da produção.

Além disso, nos tratamentos com déficit hídrico, a redução na PG foi afetada diretamente pelo menor NVP em ambas as cultivares (BRASMAX BÔNUS e BRS 8980) (item 4.3.3). Segundo Mundstock e Thomas, (2005), na soja a deficiência hídrica afeta o crescimento da planta, restringindo a disponibilidade de fotoassimilados, reduzindo a estatura, número de nós, número de legumes férteis por planta e peso do grão. Segundo Vivan et al. (2013), a produtividade da soja aumenta à medida que se aproxima da lâmina ideal requerida pela cultura.

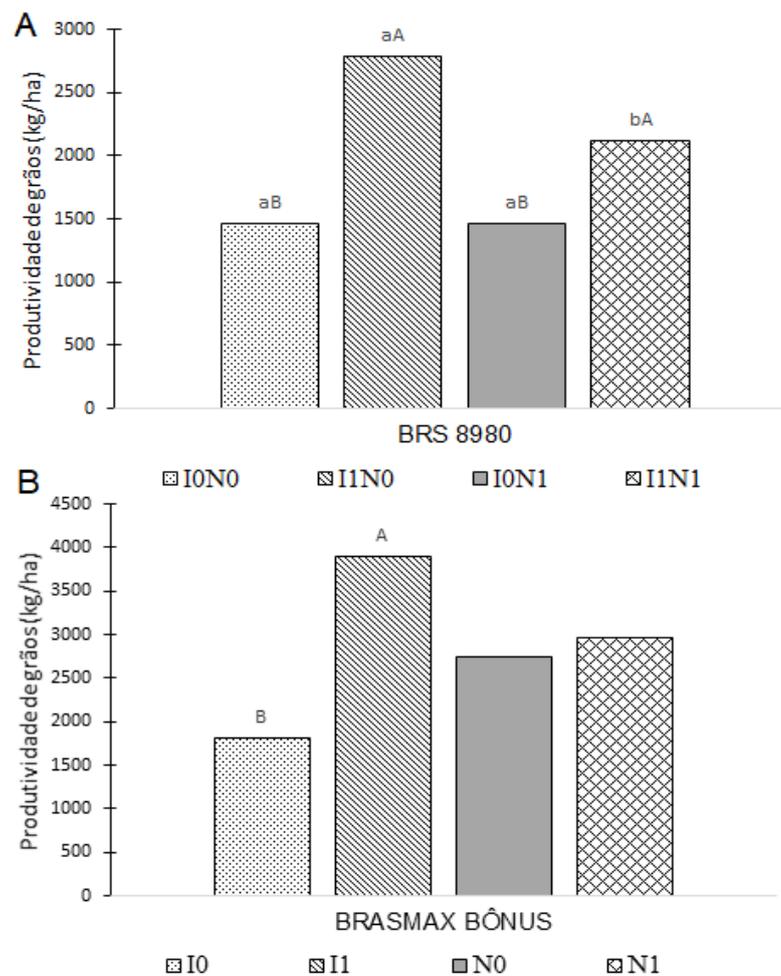


Figura 7. Médias da produtividade de grãos (PG) da cultivar BRS 8980 em resposta a aplicação de regimes hídricos (RH) e níveis de nitrogênio (NN). Teresina, PI, 2019. Evapotranspiração da cultura (ETc). Fator principal (RH): irrigação deficitária (50% da ETc); Irrigação plena-I1 (100% da ETc). Fator secundário (NN): sem nitrogênio (sem N); com 1000 kg de nitrogênio por ha⁻¹ (com N). **A**) compara as médias entre os tratamentos I0N0 (50% ETc, sem N), I1N0 (100% ETc, sem N), I0N1(50% ETc, com N), I1N1(100% ETc, com N). **B**) compara as médias dentro do RH (50 e 100% ETc) e dentro dos NN (sem N e com N). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, $p \leq 0,05$; Letras maiúsculas comparam diferentes RH; Letras minúsculas comparam NN.

A explicação para redução na PG na cultivar BRS 8980 está relacionada a diminuição no peso do grão ocorridos nos tratamentos que receberam doses de N e irrigação plena (item 4.3.4).

Na cultivar BRASMAX BÔNUS quando comparada as médias dos efeitos isolados para NN, não foi verificado benefícios do nitrogênio suplementar (1000 kg ha^{-1}) na produtividade de grãos (figura 7 B). Estes resultados corroboram com os obtidos por Parente et al. (2015), que avaliou doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura da soja, observou que para a cultivar BMX potência RR, a adubação suplementar com nitrogênio não promoveu nenhum benefício a produtividade da soja. Segundo Ohyama et al. (2017) o suprimento com elevadas doses de N geralmente diminui o desenvolvimento de nódulos e a atividade de fixação de N_2 e acelera a senescência dos nódulos, o que também resulta na redução do rendimento de sementes.

Na cultivar BRASMAX BÔNUS, para PG, o tratamento com melhor desempenho I1N1 obteve $4.069,2 \text{ kg ha}^{-1}$, ficando acima da média nacional na safra 2019/2020 (3.379 kg ha^{-1}), (CONAB, 2021). Além disso, o tratamento I1N1 recebeu lâmina total de irrigação de $465,2 \text{ mm}$ (item 5.3.1) e obteve produtividade por mm de água na ordem de $8,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Esses valores estão próximos aos encontrados por Grassini et al (2015), onde a produtividade estimada de água atingível pela soja no Cinturão Ocidental do Milho dos EUA foi de $9,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, demonstrando que, a irrigação plena com reposição de 100% da ETc, reflete em ganhos de produtividade de grãos na cultura da soja.

4.4. Conclusões

O déficit hídrico (50% da ETc) promoveu redução do número de vagens por planta e produtividade de grãos em ambas as cultivares de soja, BRASMAX BONUS e BRS 8980, quando comparado aos tratamentos com 100% da ETc.

Na cultivar BRASMAX BONUS o uso de nitrogênio suplementar com 1000 kg ha^{-1} , não favoreceu a produção de nenhum dos parâmetros avaliados (número de plantas por metro, número de vagens por planta, peso de mil grão e produtividade de grãos), em comparação aos tratamentos sem nitrogênio.

Na cultivar BRS 8980, o uso de nitrogênio suplementar favoreceu ao maior número de vagens por planta, porém não influenciou o peso de mil grãos e a produtividade de grãos, em comparação aos tratamentos sem nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage Paper FAO-56, Rome, 1998.

ALMEIDA, L.G.B.; OLIVEIRA, R.; MATOS, D.J.C.; SOUZA, J.E.B.; RIBEIRO, V.A. Variação fenotípica de caracteres agronômicos em genótipos de soja. *Ipê Agronomic Journal*, v.2, n.2, p.58-67, nov. 2018.

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

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2011.

CAMPOS, L.J.M.; COSTA, R.V.; ALMEIDA, R.E.M.; EVANGELISTA, B.A.; SIMON.J.; SILVA, K.J.N.; PEREIRA, A.A.; EVARISTO, A.B. Produtividade de cultivares de soja em três ambientes do Tocantins. Londrina: Embrapa Soja, 2019. (Embrapa Soja. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica das safras: fev. 2021 – safra 2019/2020: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30> > Acesso em: 07 de mar. 2021.

CORDEIRO, C.F.S.; ECHER, F.R. Interactive effects of nitrogen-fixing bacteria inoculation and nitrogen fertilization on soybean yield in unfavorable edaphoclimatic environments. *Scientific Reports*, v. 9, n.15606, out. 2019.

DUPONT PIONEER. Dessecação para colheita antecipada da soja e cuidados com percevejo na safrinha. Dez. 2019. Disponível em: < <http://www.pioneersementes.com.br/blog/11/dessecao-para-colheita-antecipada-da-soja-e-cuidados-com-percevejos-na-safrinha?fale=1> > Acesso: 20 de set. 2020.

EVANGELISTA, B.A.; VALE, T.M.; CAMPOS, L.J.M.; RIBEIRO, I.L.; CUADRA, S.V. Estimativa do índice de área foliar da cultura da soja cultivada em área de cerrado do Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 21, 2019, Catalão, GO. Anais [...].Catalão: UFG, 2019. p.1381-1386.

FARIA, L.A.; PELÚZIO, J.M.; SANTOS, W.F.; SOUZA, C.M.; COLOMBO, G.A.; AFFÉRI, F.S. Características agronômicas de soja cultivadas na região central do Tocantins em diferentes épocas de semeadura, *Journal of bioenergy and food science*. v.5, n.3, p. 85-96, 2018.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology. Special Report, n.80, p. 11, 1977.

FERREIRA, A.S.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; WERNER, F.; FRANCHINI, J.C.; ZUCARELI, C. Soybean agronomic performance in response to seeding rate and phosphate and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.22, n.3, p.151-157, 2018.

FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. Package 'ExpDes.pt', mai.2018. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf> > Acesso em: 28 de setembro 2020.

FLUMIGNAM, D.L.; ALMEIDA, A.C.S.; GARCIA, R.A. Necessidade de irrigação complementar da soja na região sul de Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 34).

GAVA, R.; FRIZZONE, J.A.; SNYDER, R.L.; ALMEIDA, B.M.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, L. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v.9, n.6, p. 349 - 359, 2016.

HENNING, A.A.; ALMEIDA, A.M.R.; GODOY, C.V.; SEIXAS, C.D.S.; YORINORI, J.T.; COSTAMILAN, L.M.; FERREIRA, L.P.; MEYER, M.C.; SOARES, R.M.; DIAS, W.P. Manual de identificação de doenças de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

GRASSINI, P.; TORRION, J.A.; YANG, H.S.; REES, J.; ANDRERSEN, D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. *ENSEVIER*, n.179, p.150-163, ago. 2015.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Embrapa Soja. Circular técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular técnica,13).

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados históricos: 2019. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia. 2019. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> > acesso em: 30 de abr. 2020.

ISHIKAWA, M.S.; RIBEIRO, N.R.; OLIVEIRA, E.C.; ALMEIDA, A.A; BALBI-PEÑA, M.I. Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*). *Summa Phytopathol*, Botucatu, v. 44, n. 1, p. 38-44, 2018.

ISHIKAWA, M.S.; RIBEIRO, N.R.; OLIVEIRA, E.C.; ALMEIDA, A.A; BALBI-PEÑA, M.I. Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*). *Summa Phytopathol*, Botucatu, v. 44, n. 1, p. 38-44, 2018.

KHARABASI, J.E.P.; GALAVI, M.; RAMROUD GRASSINI, P.I, M. Effects of spraying with methanol on qualitative characteristics, yield and yield components of soybean (*Glycine max L.*) under water stress conditions. Ed. Ferdowsi University of Mashhad, Pizhūhishhā-yi zirāī-i Īrān, v.15, n.3, p.511-521, 2017.

KUMAGAI, E.; AOKI, N.; MASUYA, Y.; SHIMONO, H. Phenotypic plasticity conditions the response of soybean seed yield to elevated atmospheric CO² concentration. *Plant Physiol*, v. 169, p. 2021-2029, 2015.

MARCON, E.C.; ROMIO, S.C.; MACCARI, V.M.; KLEIN, C.; LÁJUS, C.R. USO de diferentes fontes de nitrogênio na cultura da soja. *Revista Thema*, Santa Catarina, v. 14, n.2, p.298-308, 2017.

MEDEIROS, M.R.; CAVALCANTI, E.P.; DUARTE, J.F.M. Classificação climática de Köppen para o Estado do Piauí- Brasil. *Revista Equador (UFPI)*, v. 9, n. 3, p.82 - 99, jul. 2020.

MELO, F.B.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; PESSOA, B.L.O. Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 231).

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

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

MWAMLIMA, L.H.; OUMA, J.P.; CHERUIYOT, E. K. Leaf gas exchange and root nodulation respond to planting density in soybean [*Glycine max (L) Merrill*]. *Hindawi*, v.2020, p. 1-7, jan. 2020.

OHYAMA, T.; TEWARI, K.; ISHIKAWA, S.; TANAKA, K.; KAMIYAMA, S.; ONO, Y.; HATANO, S.; OHTAKE, N.; SUEYOSHI, HASEGAWA, H.; SATO, T.; TANABATA, S.; NAGUMO, Y.; FUJITA, Y.; TAKAHASHI, Y. Role of nitrogen on growth and seed yield of soybean and a new fertilization technique to promote nitrogen fixation and seed yield. *INTECH*, Chapter 9, p.152-185, mai. 2017.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R.S.; SOUZA, L.G.M.; BOSSOLANI, J.W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. Recife, v.10, n.2, p.249-255, abr. 2015.

POPOVIC, V.; TATIC, M.; ESPALEVIC, V.; RAJICIC, V.; FILIPOVIC, V.; TODOSIJEVIC, L.S.; STEVANOVIC, P. Effect of nitrogen fertilization on soybean plant height in arid year. *Research Gate, Soil and food, N soil*, p. 64-73, fev. 2018.

SOUZA, P.J.O.P.; FARIAS, S.O.; ROCHA, E.J.P.; SOUSA, A.M.L.; SOUZA, E.B. Consumo hídrico da soja no nordeste paranaense. *Irriga, Botucatu*, v.1, n.1, p. 218-231, ago. 2016.

SYNGENTA. PORTAL SYNGENTA, Semente soja- estágios de evolução, 2020. Disponível em: < <https://portalsyngenta.com.br/sementes-soja-estagios-de-evolucao>> Acesso em: 20 de set. 2020.

TAMAGNO, S.; SANDRAS, V.O.; HAEGELE, J.W.; ARMSTRONG, P.R.; CIAMPITTI, I.A. Interplay between nitrogen fertilizer and biological nitrogen fixation in soybean: implications on seed yield and biomass allocation. *Scientific Reports*, n.8, p. 1-11, nov. 2018.

THOMAS, A.L. Soja: Tipos de crescimento da planta. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS, 2018.

USDA-United States Department of Agriculture, World agricultural production, Circular Series WAP 6-20 June 2020. Disponível em < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> > acesso 30 de junho de 2020.

VIVAN, G.A.; PIETER, M.X.; ROBAINA, A.D.; BARBOZA, F.S.; BUSKE, T.C. Rendimento relativo da cultura da soja em função da lâmina de irrigação. *Irriga, Botucatu*, v. 18, n. 2, p. 282-292, abr.-jun. 2013.

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 Ambiental*, Campina Grande, v.20, n.8, p.734-738, jul. 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*, n.36, p.241-255, jun. 2018.

ZANON, A.J.; WINCK, J.E.M.; STRECK, N.A.; ROCHA, T.S.M.; CERA, J.C.; RICHTER, G.L.; LAGO, I.; SANTOS, P.M.; MACIEL, L.R.; GUEDES, J.V.C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. *Revista Bragantia*, Campinas, mai. 2015.

ZUFFO, A.M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; ZUFFO JUNIOR, J.M.; MENDES, A.E.S.; OLIVEIRA, N.T.; ZAMBIAZZI, E.V. Quality of soybean seeds in response to nitrogen fertilization and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*. *Revista Pesquisa Agropecuaria Tropical*, Goiânia, v. 48, n. 3, p. 261-270, Jul.-Set. 2018.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo, constatamos que o crescimento e a produtividade de grãos da soja são alterados em função da disponibilidade de água no solo, sendo que a reposição de apenas 50% da evapotranspiração da cultura a partir do quarto nó trifoliar (V4) até o início do enchimento de grãos (R5), proporcionou redução em ambas as cultivares de soja, da altura de planta, número de trifólios, área foliar e número de vagens por planta, o que ocasionou a redução drástica na produtividade grãos, chegando a -53% na cultivar BRASMAX BÔNUS e -47% na cultivar BRS 8980, em relação aos tratamentos que receberam reposição de 100% da ETc.

A adubação suplementar com nitrogênio (N) favoreceu o crescimento da cultivar BRS 8980, porém não resultou em aumento da produtividade de grãos para nenhuma das cultivares avaliadas (BRS 8980 e BRASMAX BÔNUS).

A interação entre regime hídrico e níveis de nitrogênio, deu-se principalmente nos parâmetros de crescimento, favorecendo a maior altura de planta, área foliar e número de trifólios, e sempre associada a irrigação plena com reposição de 100% da ETc, notadamente na cultivar BRS 8980. Além disso, nesse estudo não foi verificado benefício do N suplementar para mitigar efeitos do déficit hídrico, indicando que para estudos futuros, visando averiguar os benefícios do N suplementar na soja é importante considerar a reposição de 100% da ETc.