

Manejo de irrigação na cultura da soja em sistema de semeadura direta, sobre restos culturais de *Brachiaria ruziziensis*

Irrigation management in soybean culture under no-tillage system, on *Brachiaria ruziziensis* cultural remains

Manejo de riego en cultivo de soja bajo sistema de labranza cero, en restos culturales de *Brachiaria ruziziensis*

Recebido: 02/04/2020 | Revisado: 05/04/2020 | Aceito: 08/04/2020 | Publicado: 15/04/2020

Victor Tobal da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0771-6525>

Nome da instituição onde atua, País

E-mail: victor_tobal@hotmail.com

Ricardo Gava

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6268-5728>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: ricardo.gava@ufms.br

Mayara Fávero Cotrim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0878-4922>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: mayaracotrim5@gmail.com

Carlos Roberto Wassolowski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5472-7905>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: betowassolowski@gmail.com

Paulo Eduardo Teodoro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-542X>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: paulo.teodoro@ufms.br

Richard Leslie Snyder

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9050-746X>

University of California, Estados Unidos

E-mail: rlsnyder@ucdavis.edu

Resumo

No cenário da agricultura atual, um dos principais fatores limitantes na produtividade de soja, é a ocorrência de verânicos durante o ciclo da cultura. O uso de coberturas vegetais, associado a prática do plantio direto, vem sendo amplamente utilizado, para a melhoria dos solos e, principalmente em áreas de textura arenosa, reduzir os efeitos ocasionados pela baixa disponibilidade de água. Sob a hipótese de que apenas a cobertura vegetal não é suficiente para sanar os efeitos de déficit hídrico, objetivou-se avaliar o efeito combinado de diferentes manejos de irrigação em sistema de plantio direto sobre restos culturais de braquiária, em diferentes cultivares de soja. A pesquisa de campo foi conduzida sob pivô central, na Fundação Chapadão, em área sobre restos vegetais de braquiária, onde foram implementadas cinco lâminas de irrigação suplementar e seis cultivares de soja. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de faixas. Foram avaliadas as seguintes variáveis quantitativas: altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), número de plantas (NP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de cem grãos (MCG), temperatura do dossel (DOSSEL) e produtividade (PROD), a irrigação apresenta efeito principalmente na variável massa de cem grãos (MCG), obtendo um crescimento linear nos valores à medida em que há o aumento da disponibilidade hídrica no solo.

Palavras-chave: Déficit hídrico; Irrigação; Restos vegetais; *Brachiaria ruziziensis*; *Glycine Max* (L) Merrill.

Abstract

In the current agriculture one of the main limiting factors in soybean yield is the occurrence of dry seasons during the crop cycle. The use of cover crops associated with a no-tillage practice, has been widely used for the improvement of soils and especially in areas of sandy soils, to reduce the effects caused by the low availability of water. Concerning the hypothesis that only the vegetation cover is not enough to solve the effects of water deficit, the objective was to evaluate the combined effect of different irrigation management in a no-tillage system on cultural remains of *Brachiaria* in different soybean cultivars. The field research was carried out under a center pivot at the Chapadao Foundation, in an area on *Braquiaria* vegetable residues, where five irrigation depths were implemented and six soybean cultivars in a randomized block design. The following quantitative variables were evaluated: plant height (AP), height of insertion of the first pod (AIV), number of plants (NP), number of pods per

plant (NVP), number of grains per pod (NGV), number of grains per plant (NGP), one hundred grain mass (MCG), canopy temperature (DOSSEL) and productivity (PROD), irrigation has an effect mainly on the mass variable of one hundred grains (MCG), obtaining a linear growth in the values as there is an increase in water availability in the soil.

Keywords: Water deficit; Irrigation; Cover crops; *Brachiaria ruziziensis*; *Glycine Max* (L) Merrill.

Resumen

En el escenario agrícola actual, uno de los principales factores limitantes en la productividad de la soja es la aparición de cultivos de verano durante el ciclo del cultivo. El uso de cubiertas vegetales, asociado con la práctica de la siembra directa, se ha utilizado ampliamente para mejorar los suelos y, especialmente en áreas con textura arenosa, para reducir los efectos causados por la baja disponibilidad de agua. Bajo la hipótesis de que solo la cubierta vegetal no es suficiente para remediar los efectos del déficit hídrico, el objetivo fue evaluar el efecto combinado de la gestión de riego diferente en el sistema de labranza cero en restos culturales de brachiaria, en diferentes cultivares de soja. La investigación de campo se realizó bajo un eje central, en la Fundación Chapadão, en un área sobre restos de plantas de brachiaria, donde se implementaron cinco hojas de riego suplementarias y seis cultivares de soja. El diseño utilizado fueron los bloques aleatorizados en un esquema de tira. Se evaluaron las siguientes variables cuantitativas: altura de la planta (AP), altura de inserción de la primera vaina (AIV), número de plantas (NP), número de vainas por planta (NVP), número de granos por vaina (NGV), número de granos por planta (NGP), masa de cien granos (MCG), temperatura del dosel (DOSSEL) y productividad (PROD), el riego tiene un efecto principalmente en la masa variable de cien granos (MCG), obteniendo un crecimiento lineal en los valores a ya que hay un aumento en la disponibilidad de agua en el suelo.

Palabras clave: Déficit de agua; Riego; Restos vegetales; *Brachiaria ruziziensis*; *Glycine Max* (L) Merrill.

1. Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é pertencente à família Leguminosae e subfamília Fabaceae. É considerada uma das mais importantes leguminosas, em função da sua composição, constituída por 20% de óleo, 38% de proteína, 34% de carboidratos, além de

fibras e constituintes inorgânicos (Sediyama et al., 2005 e EMBRAPA, 2011). É a cultura agrícola brasileira que mais cresceu em área cultivada nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada de grãos do país (CONAB, 2018). O complexo soja tornou-se, no Brasil e no mundo, fundamental no agronegócio, devido a sua ampla utilidade na alimentação humana e animal, assim como em vários processos industriais com acentuada importância para a economia. Tal importância também está ligada ao alto potencial produtivo da cultura. Na safra 2016/17, a produção de grãos ocupou uma área de 60,9 milhões de hectares no país, confirmando a maior área semeada da história. Essa área está concentrada em duas culturas, soja e milho, que corresponde a 85% da área total de grãos (CONAB, 2016).

A utilização de estratégias de irrigação como o déficit hídrico controlado, pode otimizar a utilização de água e de energia elétrica sem prejudicar a produtividade. Com a prática da irrigação é possível aumentar a produção sem necessidade de aumentar as áreas de plantio. Isso pode contribuir, inclusive, para diminuir desmatamentos como é o caso da Floresta Amazônica, na qual as principais causas de desmatamento são aberturas de novas áreas para produção de soja (Gava et al., 2015). A disponibilidade hídrica é atualmente o principal fator ambiental que limita o crescimento e a produtividade de plantas em todo mundo, e as mudanças climáticas globais provavelmente contribuirão para que a falta de água, se torne um fator de restrição ainda maior da produção em diversas áreas (Souza, 2012). A falta de água pode causar prejuízos a produção de grãos de soja mesmo em baixa intensidade, dependendo do estágio fenológico em que a cultura se encontra. Mesmo em regiões com alta precipitação pluviométrica, podem ocorrer falta de chuvas em períodos específicos do ciclo, fazendo com que áreas irrigadas tornem-se importantes para garantir a produtividade esperada.

Com a consolidação do sistema plantio direto (SPD), uma ferramenta utilizada, é o cultivo de plantas de cobertura, visando a amenização dos efeitos proporcionados pela ocorrência de verânicos durante o ciclo da cultura. No SPD a manutenção da cobertura do solo reduz significativamente as perdas de água por evaporação e escoamento superficial, devido a ação protetora do material vegetal, além de melhorar a capacidade de infiltração naquele local (EMBRAPA, 2009). O aumento do teor de matéria orgânica do solo, associado à menor intensidade de revolvimento, melhora a estrutura do solo, o que favorece o desenvolvimento radicular da soja através das galerias formadas após a decomposição da massa de raízes provenientes da braquiária, aumentando assim a capacidade de exploração no solo. Além disso, as melhorias na estrutura do solo proporcionadas, favorecem o fluxo da

água das camadas subsuperficiais para a camada superficial, onde há a maior concentração de raízes da cultura (EMBRAPA, 2009).

Diante do contexto, objetivou-se avaliar o efeito combinado de diferentes manejos de irrigação em sistema de plantio direto sobre restos culturais de braquiária, em diferentes cultivares de soja.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido sob pivô central, na área experimental da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão, na cidade de Chapadão do Sul - MS, sob as coordenadas geográficas, latitude 18°46'49" Sul e longitude 52°38'51" Oeste, com uma altitude de 810 metros. O clima da região é definido como tropical com estação seca (Aw) segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 25 °C e precipitação média anual entre 1600 à 1800 mm.

A textura do solo utilizado foi classificada como Latossolo Vermelho distrófico (argiloso) no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia (UFMS/CPCS). No mesmo laboratório foram obtidas as características físico-hídricas necessárias para o correto manejo de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Análise físico-hídrica do solo Chapadão do Sul-MS, 2018.

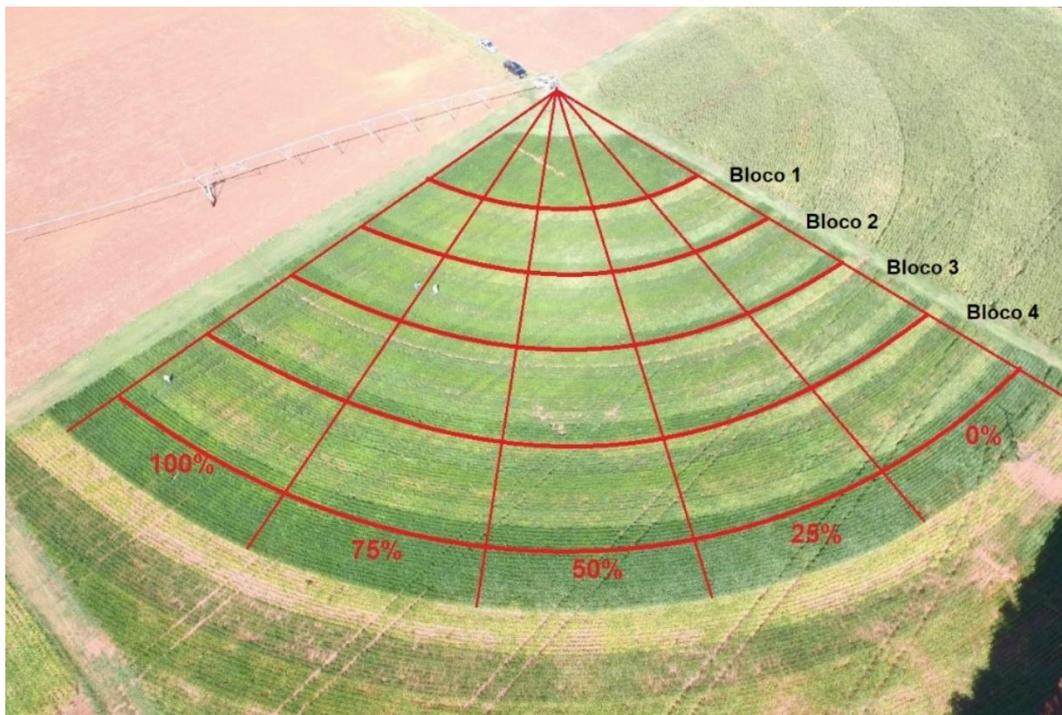
Camada (cm)	CC (cm ³ cm ⁻³)	PMP	CAD (mm cm ⁻¹)	Ds (g cm ⁻³)	Dp* (%)	PT (%)	Frações			Classe Textural
							Granulométricas	Areia	Silte Argila (%)	
0 – 15	0,413	0,282	1,76	1,34	2,65	53,6	39,24	6,68	54,08	Argiloso
15 – 30	0,383	0,262	1,74	1,44	2,65	48,4	36,76	4,56	58,68	

CC – Umidade na capacidade de campo ao potencial mátrico (Ψ_m) de 0,3 atm; PMP – Ponto de murcha permanente em Ψ_m de 15 atm; CAD – Capacidade de água disponível; Ds – Densidade do solo; PT – Porosidade total do solo; *Dp

Conforme Tabela 1 o solo da área experimental foi classificado como argiloso, portanto, um solo com características mais favoráveis à retenção de água.

O delineamento utilizado foi o de Blocos Casualizados em esquema de faixas constituídas pelas cultivares BRS1003 IPRO, BONUS IPRO, NA 5909 RR, DESAFIO RR, CD2737 RR, TMG 7067 IPRO, com aplicação de cinco lâminas de irrigação suplementar (0, 25, 50, 75 e 100% da Evapotranspiração da cultura - E_{Tc}), conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1. Delimitação em faixas e com as respectivas lâminas de irrigação suplementar.



Fonte: Autores.

É possível visualizar na imagem aérea da Figura 1 menor turgor das plantas da esquerda para a direita, resultado do gradiente de umidade imposto pelas lâminas de irrigação.

O detalhamento das características de cada cultivar é apresentado na Tabela 2, com as empresas detentoras, nome comercial, ciclo de cultivo em classificação de precocidade e sua respectiva duração em dias, bem como a população recomendada.

Tabela 2. Características das cultivares utilizadas no experimento.

Cultivar	Nome Comercial	Ciclo	Dias	População recomendada
				plantas ha ⁻¹
C1	BRS1003 IPRO	Precoce	98	300.000
C2	BONUS IPRO	Intermediário	110	350.000
C3	NA 5909 RR	Precoce	100	511.000
C4	DESAFIO RR	Intermediário	115	510.000
C5	CD 2737 RR	Intermediário	120	500.000
C6	TMG 7067 IPRO	Precoce	105	450.000

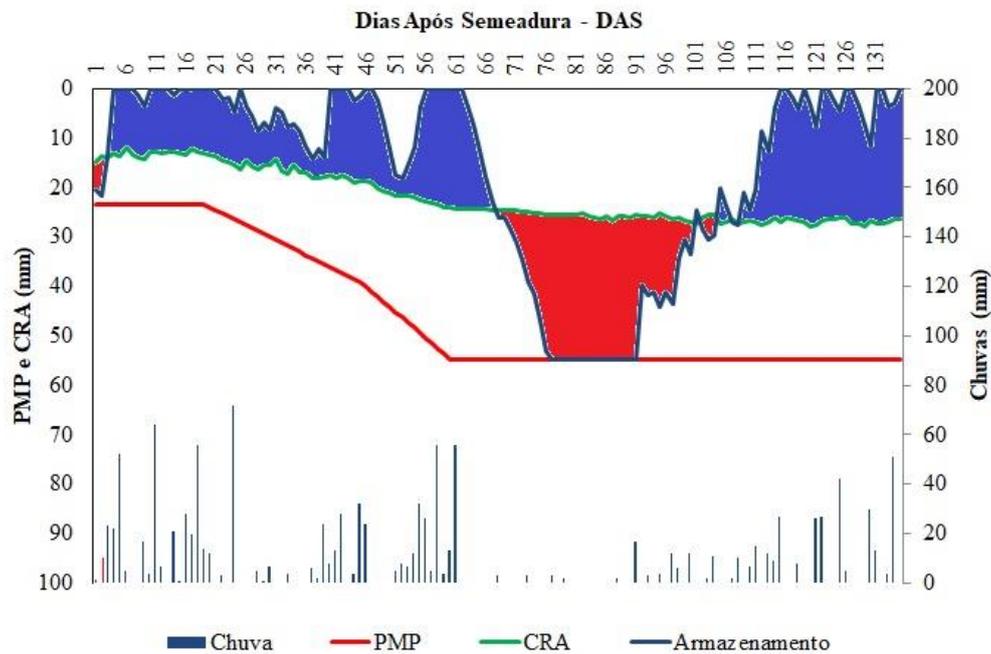
Fonte: Autores.

Observe na Tabela 2 que os cultivares tinham diferentes ciclos e por tanto foi necessário manejá-las de maneira individualizada durante todo o período.

As sementes de soja foram tratadas com fungicida com ingredientes ativos Fluazinam e Tiofanato metílico (120 mL ha⁻¹), e inseticida com ingredientes ativos Imidacloprido e Tiodicarbe (180 mL ha⁻¹). A semeadura ocorreu no dia 25 de Setembro de 2018, em sistema de semeadura direta com espaçamento de 0,45 m entre linha de plantio. adubação foi realizada com 150 kg ha⁻¹ de Fosfato Monoamônico (MAP) (11-52-00) em sulco de semeadura, e 150 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl) em cobertura.

O manejo da irrigação foi realizado via dados meteorológicos, onde a ETc foi obtida pelo produto da Evapotranspiração de Referência (ETo) e o Coeficiente de Cultivo (Kc). As estimativas de ETo foram obtidas pelo método Penman-Monteith-FAO, conforme Allen et al. (1998), utilizando dados de uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada próximo ao experimento. As irrigações eram realizadas através do balanço hídrico (Figura 2), apenas quando a cultura atingia o limite inferior da Capacidade Real de Água do solo (CRA).

Figura 2. Balanço hídrico durante o ciclo da cultura da soja na safra 2018/2019, para condição de sequeiro, apresentando o ponto de murcha permanente (PMP), bem como a capacidade real de água do solo (CRA), armazenamento e chuvas.

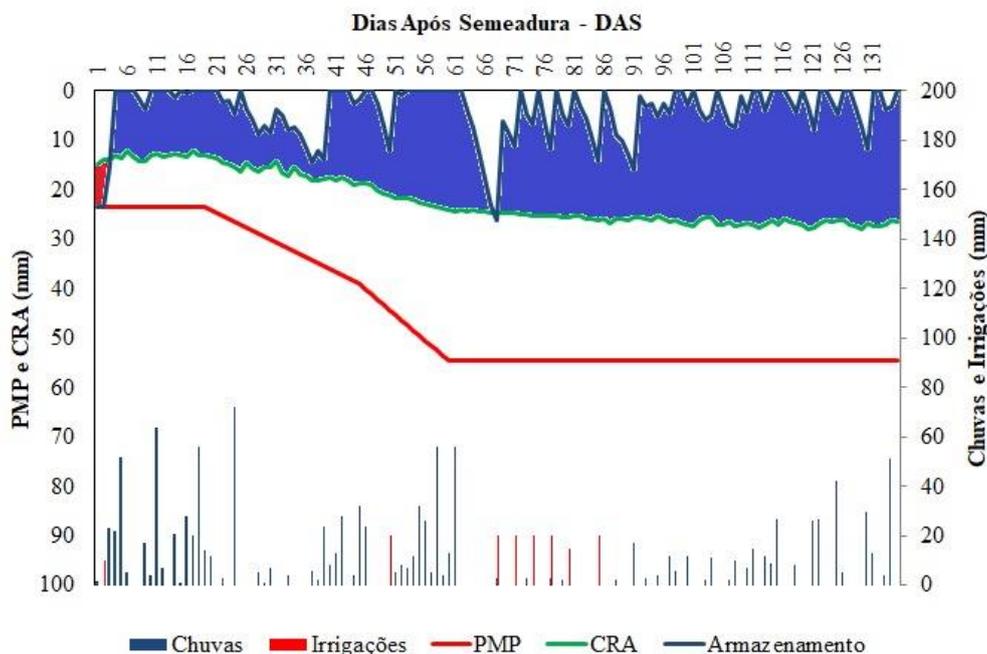


Fonte: Autores.

O gráfico da Figura 2 mostra o que a água disponível no solo aumenta proporcionalmente em relação ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A CRA separa as fases I e II em que quando o armazenamento está acima da mesma, a umidade do solo está facilmente disponível para as plantas. Assim, ocorreu déficit hídrico entre 69 e 102 DAS, diminuindo o potencial produtivo da cultura. É importa ainda analisarmos o momento em que isso ocorreu para cada cultivar, visto que seus ciclos eram diferentes.

Assim, a irrigação foi realizada nesse período, mantendo a umidade do solo em condições ótimas para o desenvolvimento potencial da cultura no tratamento de 100% de suplementação (Figura 3), e nas demais lâminas formando um gradiente até chegar no balanço hídrico do sequeiro apresentado na figura anterior.

Figura 3. Balanço hídrico durante o ciclo da cultura da soja na safra 2018/2019, para condição de irrigação, apresentando o ponto de murcha permanente (PMP), bem como a capacidade real de água do solo (CRA), armazenamento, chuvas e irrigações.



Fonte: Autores.

Na Figura 3 é possível verificar que as irrigações foram realizadas no período citado acima, para então manter a umidade na faixa favorável.

Os coeficientes de cultivo e a profundidade do sistema radicular de cada subperíodo foram definidos conforme recomendações de Doorenbos & Kassam (1994) e Mantovani et al. (1997), respectivamente.

A colheita foi realizada individualmente para cada cultivar, no momento em que as mesmas atingiam a maturação fisiológica, as parcelas foram constituídas por cinco linhas de semeadura, onde as duas externas foram descartadas como bordadura, utilizando-se as três linhas internas como parcela útil, totalizando 3,6 m². Foram analisadas as variáveis resposta, altura de plantas (ALT), medindo-se a distância vertical entre o solo e o final da haste principal; altura de inserção vagem (AIL), medindo-se a distância vertical entre o solo e a primeira vagem; número de plantas (NP), com contagem do número total de plantas; número de vagens por planta (NVP); número de grãos por planta (NGP) e número de grãos por vagem (NGV), por contagem manual de vinte plantas coletadas, massa de cem grãos (MCG), através da pesagem de cem grãos e produtividade de grãos (PROD) colhendo duas linhas de quatro metros lineares ao centro da parcela. As variáveis MCG e PROD tiveram suas massas

corrigidas para a umidade padrão de armazenagem de 14%, determinada por um amostrador eletrônico no momento da avaliação. Foi ainda analisada a temperatura do dossel (DOSSEL) com a utilização de termômetro infravermelho, durante o período do enchimento de grãos.

3. Resultados e Discussão

Resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 3 para número de planta (NP), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), massa de cem grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP), número de grão por planta (NGP), número de grão por vagem (NGV), produtividade (PROD) e temperatura do dossel (DOSSEL) de cultivares de soja cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar na safra de soja 2018/19.

De acordo com a Tabela 3 houve interação entre os manejos de irrigação e cultivares, apenas para massa de cem grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP) e número de grão por plantas (NGP).

Tabela 3. Resumo da análise de variância de número de planta (NP), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), massa de cem grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP), número de grão por planta (NGP), número de grão por vagem (NGV), produtividade (PROD) e temperatura do dossel (DOSSEL) de cultivares de soja cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar na safra de soja 2018/19.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio								
		NP	AP	AIV	MCG	NVP	NGP	NGV	PROD	DOSSEL
Bloco	2	2,24E+2 ^{ns}	5,38E+1 ^{ns}	6,26E-1 ^{ns}	1,24E+ ^{ns}	1,45E+2 ^{**}	7,49E+2 ^{**}	4,09E-3 ^{ns}	6,00E+4 ^{ns}	4,84E+0 ^{ns}
Irrigação (I)	4	2,86E+1 ^{ns}	1,21E+2 ^{ns}	2,68E+0*	2,73E+ ^{**}	1,70E+2 ^{**}	6,95E+2*	1,27E-2 ^{ns}	1,90E+6 ^{**}	1,27E+2 ^{**}
Cultivar (C)	5	1,41E+4 ^{**}	1,93E+3 ^{**}	1,56E+1 ^{**}	8,00E+1 ^{**}	3,16E+3 ^{**}	1,12E+4 ^{**}	4,29E-1 ^{**}	5,92E+6 ^{**}	1,07E+2 ^{**}
I * C	20	4,12E+2 ^{ns}	3,00E+1 ^{ns}	1,41E+0 ^{ns}	1,11E+1*	9,19E+1 ^{**}	4,99E+2*	8,89E-3 ^{ns}	3,78E+5 ^{ns}	2,63E+1 ^{ns}
Erro 1	8	1,78E+2	2,15E+1	5,84E-1	3,06E+0	1,30E+1	1,32E+2	2,30E-2	2,64E+5	1,83E+1
Erro 2	10	1,40E+2	2,32E+1	2,07E+0	1,05E+0	6,76E+1	3,03E+2	2,93E-3	6,14E+5	2,05E+2
Erro 3	40	1,28E+2	1,94E+1	6,29E-1	7,60E+0	3,55E+1	1,92E+2	6,61E-3	1,73E+5	1,61E+1
CV (%) 1		12,15	8,69	9,50	9,94	8,85	12,76	6,81	14,92	4,81
CV (%) 2		10,78	9,03	17,88	5,82	20,22	19,32	2,43	22,76	16,07
CV (%) 3		10,28	8,26	9,86	4,95	14,66	15,38	3,65	12,09	2,25

^{ns}, * e **: não significativo, significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente; CV: coeficiente de variação.

Averigua-se ainda através da Tabela 3 que para o cultivar (C), quando analisado de forma isolada, tem efeito para todas as variáveis resposta analisadas. A irrigação (I) teve

efeito semelhante com excessão apenas das variáveis número de plantas (NP), altura de planta (AP), e número de grãos por vagem (NGV).

A Tabela 4 apresenta as médias das variáveis resposta quantitativas MCG, NVP e NGP correlacionadas com as lâminas de irrigação.

Tabela 4. Valores médios de altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), massa de cem grãos (MCG) e número de vagens por planta (NVP) de cultivares de soja cultivadas sob lâminas de irrigação suplementar na safra de soja 2018/19

Cultivares	Lâminas de Suplementação (%ETc)					Equação	R ²
	0	25%	50%	75%	100%		
MCG (g)							
BRS 1003 IPRO	13,9 ab	14,7 c	13,3 c	18,3 a	19,2 ab	0,06I+13,05	69,8
BÔNUS IPRO	14,6 ab	18,1 b	17,8 b	18,9 a	19,6 ab	0,04I+15,62	79,2
NA 5909 RR	14,9 ab	15,4 bc	17,6 b	17,8 a	17,5 b	0,03I+15,09	77,2
DESAFIO RR	15,4 b	16,5 bc	18,7 b	19,4 a	19,7 ab	0,05I+15,64	92,3
CD 2737 RR	12,1 c	14,5 c	16,3 bc	17,8 a	17,5 b	0,06I+12,79	89,5
TMG 7067 IPRO	25,6 a	21,8 a	21,9 a	18,8 a	21,5 a	-0,05I+24,14	52,7
NVP							
BRS 1003 IPRO	36,4 b	30,2 b	28,8 b	32,3 b	28,4 c	Sem ajuste	-
BÔNUS IPRO	62,2 a	69,3 a	56,9 a	82,3 a	70,4 a	Sem ajuste	-
NA 5909 RR	18,7 b	24,9 b	28,8 b	30,3 b	31,9 bc	0,13I+20,54	90,7
DESAFIO RR	39,8 b	34,7 b	41,4 ab	40,9 b	50,9 ab	Sem ajuste	-
CD 2737 RR	37,6 b	44,5 b	40,2 ab	35,6 b	38,5 bc	Sem ajuste	-
TMG 7067 IPRO	30,4 b	35,8 b	32,9 b	44,8 b	40,4 bc	Sem ajuste	-
NGP							
BRS 1003 IPRO	86,3 ab	70,9 bc	66,2 b	72,5 b	64,9 b	Sem ajuste	-
BÔNUS IPRO	124,6 a	140,6 a	116,5 a	161,6 a	134,8 a	Sem ajuste	-
NA 5909 RR	36,4 c	51,7 c	60,5 b	63,1 b	68,5 b	0,30I+40,87	90,8
DESAFIO RR	92,7 ab	84,6 bc	102,1 ab	95,8 b	125,9 a	0,31I+84,69	61,4
CD 2737 RR	89,8 ab	107,4 ab	94,7 ab	82,2 b	92,8 ab	Sem ajuste	-
TMG/ 7067 IPRO	66,7 bc	79,6 bc	73,7 ab	102,5 b	92,3 ab	0,30I+68,12	66,1

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Ao analisarmos os resultados da massa de cem grãos (MCG) na Tabela 4 é possível notar que a irrigação influenciou positivamente essa variável, promovendo um acréscimo linear de acordo com o aumento da lâmina de irrigação. A MCG é uma característica geneticamente determinada, porém, é influenciada pelo ambiente, como por exemplo a disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura, e principalmente durante a floração e enchimento de vagens (Navarro Júnior & Costa 2002). A massa de grãos foi superior na área irrigada, resultados esses que corroboram estudos feitos por Gava (2014) e Rambo et al. (2003) que obtiveram massa de grãos superiores em área irrigada, concluindo que o déficit hídrico afeta negativamente a formação dos mesmos. Assim, o peso de grãos é afetado em maior intensidade quando ocorre déficit hídrico na fase de enchimento dos grãos (Gava, 2014), explicando as médias superiores da área irrigada em relação ao cultivo em sequeiro. Thomas e Costa (1994), no Sul do Brasil, verificaram que a massa das sementes de soja provenientes de plantas irrigadas foi maior do que o peso das sementes oriundas de plantas não irrigadas, concluindo que o déficit hídrico provocou a diminuição do tamanho da MCG.

A cultivar TMG 7067 IPRO obteve a menor massa de cem grãos para as maiores lâminas de irrigação, contrariando os demais resultados, entretanto, Simeão (2015) afirma que maiores valores de peso médio de grãos em condições de sequeiro, podem ser atribuídos à tolerância de alguns genótipos ao déficit hídrico. Estas diferenças podem ser também atribuídas a características genéticas da cultivar, bem como a intensidade do déficit hídrico durante o ciclo da cultura. Neste contexto, Kuss et al. (2008), verificaram que a menor média da massa de grãos, foi obtida para as condições de irrigação, os autores argumentam que em decorrência do déficit hídrico ocorrido durante o florescimento e enchimento de grãos, houve maior abortamento de flores e vagens, fazendo com que legumes que permaneceram na planta acumulassem maior massa seca de grão, em relação as plantas com maior número de estruturas reprodutivas, que conseqüentemente demandariam mais fotoassimilados.

Casagrande et al., (2001) , afirma que este comportamento é um mecanismo de tolerância a escassez de água, onde a planta direciona o fluxo de fotoassimilados para as vagens que estão mais adiantas no processo de desenvolvimento, as quais teoricamente teriam mais chances de produzir sementes viáveis. Ainda nesse sentido, Navarro Júnior & Costa (2002) afirmam que durante a formação dos legumes, a massa dos cem grãos pode ser prejudicada em razão da competição por assimilados com as vagens formadas mais cedo, podendo limitar fisicamente o tamanho potencial do grão das vagens formadas tardiamente.

Entre os componentes de produção, destacam-se o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e a massa de 100 grãos, outros autores verificaram que o número de legumes por planta, é a variável mais importante por estar diretamente relacionada à produção final (Carpentieri-Pípolo et al., 2005). Cabe ressaltar que a quantidade de vagens está diretamente relacionada à altura das plantas, onde plantas de maior porte formam maior quantidade de nós reprodutivos, e como consequência maior número de legumes.

Apenas a cultivar NA 5909 RR sofreu influência da irrigação para a variável NV, apresentando aumento do número de estruturas reprodutivas à medida em que há maior disponibilidade de água no solo, tendo sua maior quantidade de vagens para a lâmina suplementar de 100%. As demais cultivares não apresentaram resultado significativo com a irrigação, fato observado pela ausência de ajuste da equação. A cultivar BÔNUS IPRO diferenciou-se das demais em todos os tratamentos, apresentando assim as melhores médias de número de vagens por planta. Entretanto existe uma tendência de aumento do número de vagens de acordo com o aumento da disponibilidade hídrica promovida através da irrigação complementar.

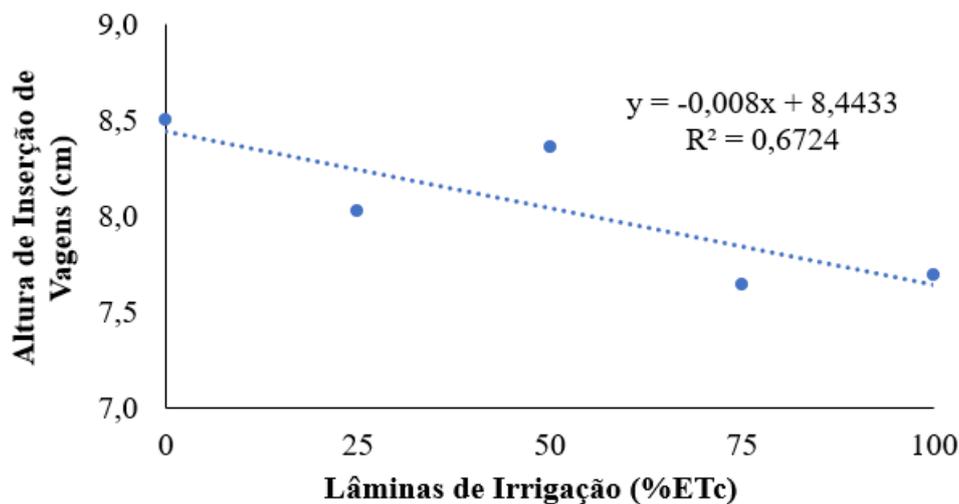
Em sequeiro, observa-se a tendência de apresentar menor número de vagens por planta devido ao abortamento de flores e vagens promovidos pela deficiência hídrica nessa fase da cultura, assim como afirma Bruening & Egli (2000) em que a diminuição das vagens se dá provavelmente em função do maior índice de abortamento de flores e vagens quando o déficit hídrico ocorre no início dessas fases fenológicas. Resultados semelhantes foram encontrados por Maehler et al. (2003) que estudando o potencial de rendimento da soja, em razão da irrigação e arranjo de plantas, constataram que a irrigação teve grande importância, pois a deficiência hídrica prejudicou o número de vagens por planta, em consequência do menor suprimento de água e assimilados.

O número de vagens foi inferior para o tratamento sem irrigação, podendo ser justificado pela hipótese de que houve um maior abortamento de flores e legumes ocasionado pela deficiência hídrica, promovendo menor formação de vagens e grãos, podendo concentrar os fotoassimilados nas vagens mais adiantadas, garantindo a perpetuação da espécie. Corroborando à isso, Bredan & Egli (2003), observaram em seus estudos avaliando efeitos do déficit hídrico, no período de enchimento de grãos, um aumento no abortamento de vagens e grãos, resultando em menor número de vagem por planta, devido ao menor pegamento sob condições de estresse hídrico.

Quanto ao número de grãos por planta, podemos notar que as cultivares NA 5909 RR, DESAFIO RR, TMG 7067 IPRO obtiveram diferença estatística significativa, fato comprovado a partir da equação de ajuste da lâmina. Em sequeiro e em ambiente irrigado, a cultivar BÔNUS IPRO apresentou as melhores médias, diferindo estatisticamente das demais cultivares. Justificando o fato da redução no número de grãos em plantas sob condição de déficit hídrico, Karam et al. (2005) e Rosadi et al. (2005), também verificaram efeitos significantes promovidos pelo estresse, onde houve redução do número de grãos por planta de acordo com a intensidade do intempere.

A Figura 4 mostra a correlação entre altura de inserção de vagens (AIV) e lâminas de irrigação.

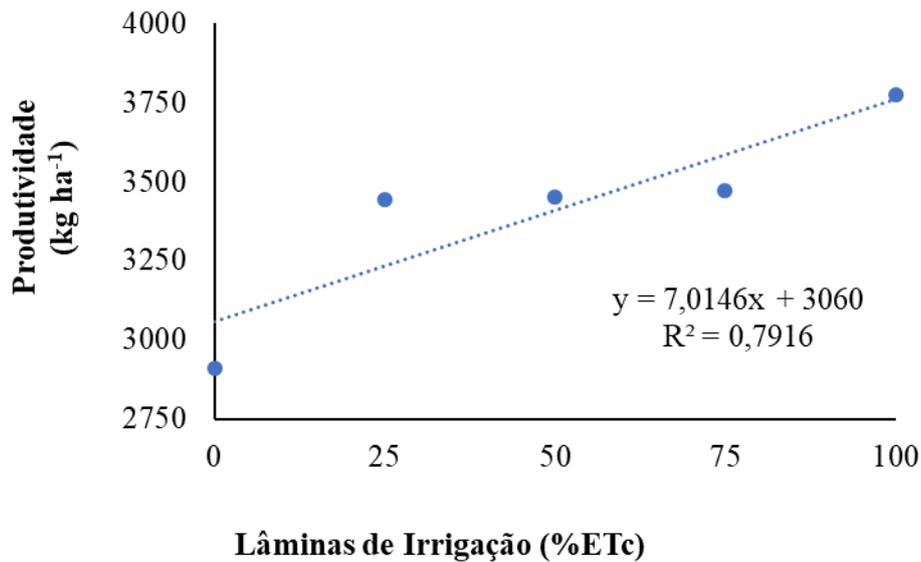
Figura 4. Correlação entre altura de inserção de vagens (AIV) e lâminas de irrigação.



A variável altura de inserção da primeira vagem (AIV), apresentada na Figura 4, correlaciona-se diretamente com o aproveitamento de luz na parte inferior do dossel, ou seja, quanto mais luz atingir a camada inferior do dossel, mais baixo será o nó do primeiro legume e, conseqüentemente, a altura de inserção do primeiro legume (Zabot, 2009). De acordo com o gráfico AIV, a disponibilidade hídrica em faixa ótima para a cultura da soja, ocasiona vagens mais próximas ao solo, o que justifica-se sob a hipótese de que as primeiras vagens das plantas submetidas a estresse hídrico, tenham sido abortadas com a falta de água no período reprodutivo, interferindo na medição realizada.

A Figura 5 apresenta a correlação entre as lâminas de irrigação com a produtividade, mostrando-se diretamente proporcionalidade.

Figura 5. Análise de correção para variável produtividade (PROD).

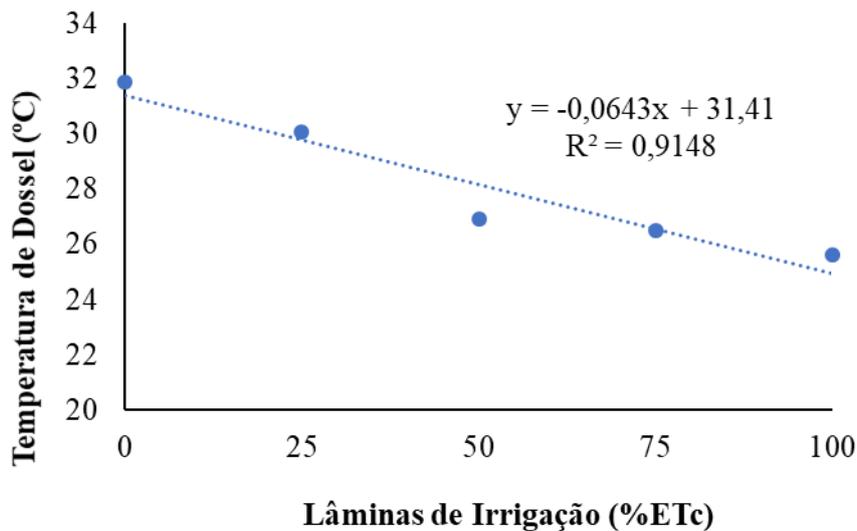


Fonte: Autores.

Com relação a produtividade, evidenciada na Figura 5, houve um crescimento linear de acordo com o aumento da lâmina de irrigação, onde as plantas submetidas às condições ótimas de umidade no solo, apresentaram maiores produtividades. Resultados que estão de acordo com Mundstock & Thomas (2005), que afirmam que o déficit hídrico em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, altera a quantidade de massa produzida, afetando o balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo, o que reflete sobre o número de nós férteis e legumes na planta, diminuindo o rendimento de grãos.

O déficit hídrico apresenta relação direta com a temperatura de dossel devido à redução do fluxo de água no interior dos tecidos das plantas (Figura 6).

Figura 6. Análise de correção para temperatura de dossel (DOSSEL).



Fonte: Autores.

A partir dos resultados apresentados na Figura 6, por meio da medição da temperatura do dossel (DOSSEL), através do termômetro infravermelho, cabe à conclusão de que plantas sob efeitos de estresse hídrico, tendem a apresentar maiores temperaturas. Isso pode ser explicado pela redução na abertura estomática das plantas sob deficiência hídrica, visando reduzir a evapotranspiração excessiva. Ainda neste sentido, Tardieu (2013) afirma que o fechamento estomático reduz a perda de água pela planta, mas também ocasiona aumento da temperatura foliar. O mesmo autor afirma ainda que o aumento excessivo na temperatura foliar, pode levar ao estresse térmico, causando danos aos fotossistemas.

Segundo a EMBRAPA, (2011), a soja se adapta melhor a temperatura variando entre 20 e 30 °C, sendo a última a temperatura ideal para o desenvolvimento das plantas. A tolerância máxima suportada pela planta de soja é em torno de 40 °C. Acima dessa temperatura ocorrerá efeitos adversos na taxa de crescimento, provocando distúrbios na floração e diminuição da capacidade de retenção de vagens, fato esse que explica as baixas produtividades em ambientes com elevadas temperaturas. Quando a temperatura é menor ou igual a 10 °C, o crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo.

Pode-se observar na Tabela 5 o comportamento dos diferentes cultivares em relação ao número de planta (NP), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), massa de cem grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP), número de grão por planta (NGP), número de grão por vagem (NGV), produtividade (PROD) e temperatura do dossel (DOSSEL) das cultivares.

Tabela 5. Valores médios de número de planta (NP), altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIV), massa de cem grãos (MCG), número de vagens por planta (NVP), número de grão por planta (NGP), número de grão por vagem (NGV), produtividade (PROD) e temperatura do dossel (DOSSEL) de cultivares de soja cultivadas na safra de soja 2018/19

Cultivar	NP	AP	AIV	NGV	PROD	DOSSEL
BRS 1003 IPRO	156,3 a	43,7 c	8,1 bc	2,30 a	3010,3 bc	32,5 a
BÔNUS IPRO	89,6 c	45,4 c	6,7 c	1,99 c	2646,2 c	29,3 b
NA 5909 RR	117,0 b	63,1 b	8,1 bc	2,06 bc	3729,2 b	29,2 b
DESAFIO RR	88,6 c	46,8 c	7,1 cd	2,40 a	3221,4 bc	26,8 c
CD 2737 RR	131,9 b	49,4 c	8,8 ab	2,38 a	3345,0 b	26,0 c
TMG 7067 IPRO	76,0 c	71,7 a	9,4 a	2,23 ab	4512,1 a	25,4 c

Médias seguidas de letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Ao observarmos a Tabela 5, em relação as médias do número de plantas, observamos grande diferença entre os valores obtidos, justificados pelas características de cada cultivar, que apresentam recomendações individuais de suas populações. A cultivar BRS 1003 IPRO apresentou o maior número de plantas, diferindo estatisticamente das demais. Os cultivares NA5909 RR e CD 2737 RR não diferiram entre si, mas diferiram das demais. Já a BONUS IPRO, DESAFIO RR e TMG 7067 IPRO não diferiram entre si, apresentando médias inferiores às demais.

A altura de plantas (AP) é um parâmetro de crescimento das culturas, sendo obtida pela distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal (Heiffig, 2002). Geralmente varia em função da população de plantas, porém quando a disponibilidade de água no solo fica restrita nas fases iniciais da cultura, esta expressa uma menor altura. É uma característica importante para indicação de cultivar a ser introduzida em uma região, uma vez que está relacionada com o rendimento de grãos, controle de plantas daninhas e com as perdas durante a colheita mecanizada (Rocha et al. 2012).

De acordo com Larcher (2006), há uma redução na altura de plantas submetidas ao estresse hídrico, devido a redução da turgescência, inibindo a fotossíntese e, conseqüentemente, o processo de crescimento durante o desenvolvimento. Ainda neste sentido, Petry (2000), Thomas e Costa (1994), mostram uma redução na altura das plantas

quando em condições de déficit hídrico, devido à diminuição do número de nós e comprimento de entrenós.

A cultivar TMG 7067 IPRO apresentou a maior média de altura, diferindo estatisticamente das demais. Apresentando assim altura favorável à colheita mecanizada, que segundo Fiorese (2013), está em torno de 70 a 80 cm.

A cultivar NA5909 RR apresentou a segunda maior média de altura, diferindo das demais. Já as cultivares BRS1003 IPRO, BONUS IPRO, DESAFIO RR e CD 2737 RR, obtiveram as menores alturas, diferindo dos demais cultivares em questão. A AP é influenciada pela densidade de plantas, que quando elevada promove maior competição por luz, e consequente alongação do caule (Linzmeier Junior et al., 2008; Mauad et al., 2010).

Para a altura de inserção da primeira vagem (AIV), a cultivar TMG 7067 IPRO apresentou diferença significativa para as demais, exceto para a CD2737, onde ambas obtiveram as maiores médias. A cultivar BONUS IPRO apresentou a menor altura de inserção, assim sendo, apenas a cultivar TMG 7067 IPRO com altura de inserção de 9,7 cm, apresentou altura próxima a ideal, que segundo Carvalho et al. (2010), é de 10 cm do solo, facilitando a colheita mecanizada.

Analisando o número de grãos por vagem (NGV), observamos pouca variação entre as cultivares, isso demonstra uma uniformidade do melhoramento genético na busca por plantas com produção de, em média, dois grãos por legume (Navarro Júnior & Costa, 2002). Corroborando à isso, Comlekcioglu & Simsek (2011) e Demirtas et al. (2010), concluem que o número de sementes por legume, relaciona-se com a taxa de fertilização dos óvulos, e que o estresse hídrico não afeta significativamente este processo, estando relacionado diretamente ao genótipo da planta. Os cultivares DESAFIO RR, BRS1003 IPRO, CD 2737 RR e TMG7067 apresentaram as maiores médias de grãos por vagem, diferindo estatisticamente dos demais cultivares.

Em relação a produtividade, a cultivar TMG 7067 IPRO apresentou a maior média, com 4.512 kg/ha, superando a média de produtividade do estado de Mato Grosso do sul com 3.580 kg.ha¹ e a média nacional que foi de 3.359 kg.ha, segundo a CONAB (2018). A cultivar BONUS IPRO, apresentou a menor média de produtividade, no entanto, não diferiu estatisticamente dos cultivares DESAFIO RR e BRS1030 IPRO.

Quanto a variável temperatura de dossel, os cultivares DESAFIO RR, CD 3737 RR e TMG7067 IPRO apresentaram as menores médias de temperatura, não diferindo

estatisticamente entre si, porém diferindo dos demais cultivares. A cultivar BRS1003 IPRO obteve a maior média de temperatura lida, diferindo dos demais.

4. Considerações Finais

A irrigação proporciona incremento significativo na massa dos grãos e produtividade da soja, além de contribuir com a redução da temperatura de dossel.

A resposta à irrigação está diretamente relacionada a sensibilidade da cultivar ao déficit hídrico.

São necessários trabalhos futuros como este em diferentes regiões e cultivares, visto que para cada região existe um genótipo mais indicado, bem como são introduzidos novos cultivares comerciais em cada safra.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS

Referências

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raers, D. & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration*. Rome: FAO. 301, p. (FAO. Irrigation Paper, 56).

Brevedan, R.E. & Egli, D.B. (2003). Short periods of water stress during seed filing, leaf senescence and yield of soybean. *Crop Science*, Hoboken, 43(1): 2083-2088.

Bruening, W.P. & Egli, D.B. (2000). Leaf etarch accumulation and seed at phloemisolated nodes in soybean. *Field Crops Research*, Amsterdam, 68(2): 113-120.

Carpentieri-Pípolo, V.; Gastaldi, L. F.; Pípolo, A. E (2005). Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina. Paraná, 26(1): 11-16.

Carvalho, E. R.; Rezende, P. M.; Ogoshi, F. G. A.; Botrel, E. P.; Alcantara, H. P.; Santos, J. P. (2010). Desempenho de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 34: 892-899.

Casagrande, E.C.; Farias, J.R.B.; Neumaier, N. Oya, T.; Pedroso, J.; Martins, P.K.; Breton, M.C.; Nepomuceno, A.L. (2001). Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, 13(2): 168-184.

Comlekcioglu, N. & Simsek, M. (2011). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of vegetable soybean (*Glycine max* L. Merrill) in semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, Nairobi, 10(33): 6227-6234.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). Cana-de-açúcar, Safra. 2006/2007. Primeiro levantamento, maio de 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2017/2018, 9º levantamento, Junho/2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 05 jun. 2019.

Demirtas, Ç.; Yazgan, S.; Candogan. B.N.; B.N.; Sincik, M.; Buyukcangaz, H.; Gokosoy, A.T. (2010). Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L. Merrill) to drought stress in sub- humid environment. *African Journal of Biotechnology*, Nairobi, 9(41): 6873-6881.

Doorenbos, J.& Kassam, A.H. (1994). Efeito da água no rendimento das culturas. Tradução de, H.R. Ghey et al. Campina Grande: UFPB. 306 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2011). Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2009). Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.314).

Fiorese, K.F. (2013). Avaliação das características agrônômicas e produtividade de cultivares soja em diferentes sistemas de semeadura. 2013. 24 F. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília.

Fioreze, A.H. & Hay, R.K.M. (1987). *Environmental physiology of plants*. New York: Academic Press. 422 p.

Gava, R.; Frizzone, J. A.; Snyder, R. L.; Jose, J. V.; Fraga Junior, E. F.; Perboni, A. (2015). Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, 9: 349-359.

Gava, Ricardo. (2014). Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (*Glycine Max*, (L.) Merrill.). 123 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

Heiffig, L.S. (2002). Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Karam, F.; Massaad, R.; Sfeir, T.; Mounzer, O.; Roupael, Y. (2005). Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under difict irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, Griffin, 75: 226-244.

Kuss, R. C. P.; Konig, O.; Dutra, L. M. C.; Bellé, R. A.; Roggia, S.; Stuner, G. R. (2008). Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. *Ciência Rural*, 38(4): 1133-1137.

Larcher, W. *Ecofisiologia Vegetal*. (2006). São Carlos: RIMA, p531.

Linzmeier Junior, R.; Guimarães, V. F.; Santos, D.; Bencke, M. H. (2008). Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 30: 373-379.

Maehler, A.R.; Pires, J.L.F.; Costa, J. A.; Ferreira, F.G. (2003). Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 38(2): 225-231.

Mantovani, E.C.; Costa, L.C.; Leal, B.G. (1997). SISDA – Sistema de suporte a decisão agrícola. In: congresso de informática aplicada à agropecuária e agroindústria, 1.; workshop on supply chain management in agribusiness, Belo Horizonte. *Agrosoft 97*. Juiz de Fora: Softex- Agrosoft, 1997. 1 CD-ROM.

Mauad, M.; Silva, T. L. B.; Almeida Neto, A. I.; Abreu, V. G. (2010). Influência da densidade de sementeira sobre características agronômicas na cultura da soja. *Revista Agrarian*, Dourados, 3: 175-181.

Mundstock, C.M. & Thomas, A.L. (2005). 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, p. 31.

Navarro Júnior, H. M. & Costa, J. A. (2002). Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37(3): 269-274.

Petry, M. T. (2000). Interação solo-planta e disponibilidade de água no solo às plantas de sorgo e soja. 2000. 127f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Rambo, L.; Costa, J. A.; Pires Fernandes, J. L.; Parcianel, G.; Ferreira, F.G. (2003). Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. *Ciência Rural*, Santa Maria, 33(3): 405-411.

Rocha, R. S; Silva, J. A. L; Neves, J. A; Sediyaama, T; Teixeira, R. C. (2012). Desempenho agronômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, 43(1): 154-162.

Rosadi, R.A.B.; Afandi, M.S.; Senge, M.; Ito, K.; Adomako, J.T. (2005). Critical water content and water stress coefficient of soybean (*Glycine max* L. Merrill) under deficit irrigation. *Paddy Water Environmental*, Heidelberg, 3: 219-233.

Sediyama, T.; Teixeira, R de C.; Reis, M. S. (2005). Melhoramento da Soja. In: Borém, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: ed. UFV, p. 553-604.

Simeão, Marcelo. (2015). Crescimento e Produtividade de grãos de soja sob deficit hídrico no solo. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus.

Thomas, A. L. & Costa, J. A. (1994). Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 29(9): 1389- 1396.

Zabot, L. Caracterização agrônômica de cultivares transgênicas de soja cultivadas no Rio Grande do Sul. 2009. 280 f. Teses (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Victor Tobal da Silva – 20%

Ricardo Gava – 20%

Mayara Fávero Cotrim – 20%

Carlos Roberto Wassolowski – 10%

Paulo Eduardo Teodoro – 20%

Richard Leslie Snyder – 10%