

Influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20 na região central do RS

Influence of supplementary irrigation on the productivity of soybean cultivars for the 2018-19 and 2019-20 harvest in the central region of RS

DOI:10.34117/bjdv7n2-263

Recebimento dos originais: 10/01/2021

Aceitação para publicação: 10/02/2021

Zanandra Boff de Oliveira

Dra. Em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul, Curso de Engenharia Agrícola, Rodovia Taufik Germano, 3013, Passo D'Areia CEP. 96503-205, Cachoeira do Sul/RS, Brasil,

E-mail: zanandra.oliveira@ufsm.br

Alberto Eduardo Knies

Dr. Em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Rio grande do Sul, Unidade de Cachoeira o Sul, Rua Sete de Setembro, 1040, Centro, CEP. 96508-010, Cachoeira do Sul/RS, Brasil

E-mail: albertoeck@gmail.com

Eduardo Leonel Bottega

Dr. Em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul, Curso de Engenharia Agrícola, Rodovia Taufik Germano, 3013, Passo D'Areia, CEP. 96503-205, Cachoeira do Sul/RS, Brasil

E-mail: bottega.elb@gmail.com

Clarissa Moraes da Silva

Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 3º andar, sala 3325, Campus Universitário, CEP.9105-900, Santa Maria/RS, Brasil,

E-mail: clarissamoraes37@outlook.com

Jose Ismael Texeira Gomes

Estudante de agronomia, Universidade Estadual do Rio grande do Sul, Unidade de Cachoeira o Sul, Rua Sete de Setembro, 1040, Centro, CEP. 96508-010, Cachoeira do Sul/RS, Brasil

E-mail: jose-teixeirauergs.edu.br

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja de distintos grupos de maturidade relativa (GMR's), para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20, na região central do RS. Foram instalados experimentos de campo com a cultura da soja nos anos agrícolas 2018-19 e 2019-20, em área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Cachoeira do Sul, RS. O fator “A” constituiu de duas datas de semeadura da soja: 21 de novembro de 2018

(safra) e 11 de janeiro de 2019 (safrinha), para o ano agrícola 2018-19; 19 de novembro de 2019 (safra) e 16 de janeiro de 2020 (safrinha), para o ano agrícola 2019-20. O fator “B” constitui de dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro. O fator “C” de três cultivares de soja com distintos GMR: 6.9, 5.9 e 4.8 para o ano agrícola 2018-19 e 6.3, 5.4, e 5.0 para o ano agrícola 2019-20. A maior disponibilidade hídrica pelas chuvas no ano agrícola 2018-19 resultou em uma produtividade média da soja em torno de 15% superior à do agrícola 2019-20. A produtividade média na safra foi de 4475,5 kg ha⁻¹ para a soja irrigada e de 3690 kg ha⁻¹ para a soja de sequeiro. A produtividade média da soja na safrinha foi reduzida em 57% (irrigada) e 64 % (sequeiro). As cultivares de ciclo mais precoce (GMR 5.0 e 4.8), sob irrigação, apresentaram produtividades mais elevadas (3450,4 kg ha⁻¹).

Palavras Chave: Disponibilidade hídrica, produtividade, *Glycine max*.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the influence of supplementary irrigation on the productivity of soybean cultivars from different groups of relative maturity (GMR's), for the 2018-19 and 2019-20 harvest, in the central region of RS. Field experiments with soybean culture were installed in the agricultural years 2018-19 and 2019-20, in an experimental area of the State University of Rio Grande do Sul - Cachoeira do Sul, RS. Factor “A” consisted of two soybean sowing dates: November 21, 2018 (harvest) and January 11, 2019 (off-season), for the 2018-19 agricultural year; November 19, 2019 (harvest) and January 16, 2020 (off-season), for the 2019-20 agricultural year. Factor “B” consists of two water regimes: irrigated and rainfed. The “C” factor of three soybean cultivars with different GMR: 6.9, 5.9 and 4.8 for the 2018-19 agricultural year and 6.3, 5.4, and 5.0 for the 2019-20 agricultural year. The increased water availability due to the rains in the 2018-19 agricultural year resulted in an average soybean productivity of around 15% higher than that of the agricultural 2019-20. The average yield in the harvest was 4475.5 kg ha⁻¹ for irrigated soybeans and 3690 kg ha⁻¹ for rainfed soybeans. The average productivity of soybean in the off-season was reduced by 57% (irrigated) and 64% (rainfed). The early cycle cultivars (GMR 5.0 and 4.8), under irrigation, showed higher yields (3450.4 kg ha⁻¹).

Keywords: Water availability, productivity, *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial como líder na produção de soja. Na safra 2019-20 foram produzidas em torno de 337,298 milhões de toneladas em uma área de 122,647 milhões de hectares (EMBRAPA SOJA, 2020). O estado do Rio Grande do Sul aparece em quarto lugar no ranking entre os estados que mais produzem soja no Brasil (EMBRAPA SOJA, 2020).

A produtividade da soja no estado do RS está condicionada a variabilidade das chuvas durante o ciclo da cultura. O estado apresenta forte sinal do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), sendo a principal causa da variabilidade climática (MONTECINOS et al., 2000; BERLATO et al., 2005). Esse fenômeno apresenta duas

fases extremas: uma fase quente denominada El Niño e uma fase fria denominada La Niña (BERLATO & FONTANA, 2003). No caso, o El Niño produz anomalias positivas de precipitação pluvial e La Niña anomalias negativas, especialmente na primavera–início de verão do ano de início do fenômeno (FONTANA & BERLATO, 1996; PUCHALSKI, 2000).

Segundo Bergamaschi et al. (2004), o déficit hídrico é o maior causador da redução na produção das culturas de primavera-verão no RS, sendo causado pela distribuição irregular das chuvas e elevada demanda evaporativa da atmosfera (ZIPPER et al. 2016). Ainda, Matzenauer et al. (2003), ressaltam que é frequente a ocorrência de deficiência hídrica durante o período crítico da soja, podendo-se esperar uma redução no rendimento de grãos de soja em nove a cada vinte safras. Berlato & Fontana (2003), estimaram que 93% das perdas na safra de soja ocorram em razão do déficit hídrico.

Segundo Thomas & Costa (2010), a demanda por água aumenta progressivamente com o desenvolvimento da cultura da soja, atingindo o máximo no florescimento até o início da formação de legumes e se mantém alta até a maturação. Farias et al. (2001), define que a cultura da soja tem dois períodos críticos com relação à falta de água, na fase inicial de estabelecimento da cultura (semeadura à emergência) e no enchimento dos grãos.

Farias et al. (2017), analisando uma série histórica (1976 a 2008) de dados meteorológicos para o RS verificaram que mesmo com elevados valores de chuva acumulados durante o ciclo da soja, a má distribuição das mesmas no período reprodutivo da cultura, impacta e reduções na produtividade. Vivian (2010), identificou a importância de complementação hídrica para a cultura da soja na região de Passo Fundo - RS, com de irrigação variando de 54,1 a 429,9 mm, em função do ano e da duração do ciclo da cultura. Oliveira et al. (2020), observaram lâminas de irrigação suplementar variando entre 60 e 135 mm para a região central do RS, afirmando que a necessidade de irrigação suplementar na soja é variável em função da época de semeadura, da distribuição das chuvas e do manejo de irrigação previsto (maior ou menor esgotamento da água no solo).

Ademais, a escolha da época de semeadura baseada na compreensão dos padrões meteorológicos responsáveis pela variabilidade das chuvas na região (ZANON et al., 2016; ZANON et al., 2018). Assim como, o posicionamento de cultivares baseado em resultados de produtividade regionais (adaptabilidade da cultivar ao local) e em seu grupo de maturidade relativa (GMR). O GMR representa a duração do ciclo de desenvolvimento

da soja (ALLIPRANDINI et al., 2009), são formas de minimizar possíveis efeitos da variabilidade do clima na produtividade da soja.

Desse modo, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja de distintos GMR's, para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20, na região central do RS

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados experimentos de campo com a cultura da soja nos anos agrícolas 2018-19 e 2019-20, em área experimental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, localizada no distrito de Três Vendas no município de Cachoeira do Sul - RS (29°53' S e 53° 00' W, altitude de 125 m). O clima da região é classificado por Köppen como subtropical úmido, Cfa, predominante na região Sul. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

Os experimentos foram conduzidos no delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, no esquema fatorial (2x2x2), com quatro repetições. O fator "A" constituiu de duas datas de semeadura da soja: 21 de novembro de 2018 (safra) e 11 de janeiro de 2019 (safrinha), para o ano agrícola 2018-19; 19 de novembro de 2019 (safra) e 16 de janeiro de 2020 (safrinha), para o ano agrícola 2019-20. O fator "B" constitui de dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro. O fator "C" de três cultivares de soja com distintos GMR: 6.9, 5.9 e 4.8 para o ano agrícola 2018-19 e 6.3, 5.4, e 5.0 para o ano agrícola 2019-20.

A semeadura foi realizada com um conjunto trator-semeadora, no sistema de plantio direto com espaçamento entrelinhas de cultivo de 0,50 m, na densidade de semeadura de 280.000 planta ha⁻¹. Os demais manejos e tratamentos culturais, seguiram as recomendações agronômicas para a cultura da soja.

O método de irrigação utilizado foi a aspersão convencional, em que os aspersores (modelo Plona Pa 150 - 5 x 12 Mn) foram instalados no espaçamento de 6 x 6 m, com uma taxa de aplicação de 12 mm h⁻¹. A cultura foi irrigada para manter o armazenamento de água do solo próximo a 60% da capacidade de água disponível (CAD) - umidade entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente - na camada de 0 a 60 cm de profundidade de perfil do solo. Tal fração de água disponível é denominada da CAD real. O resultado da caracterização físico-hídrica do solo pode ser observado na Tabela 1.

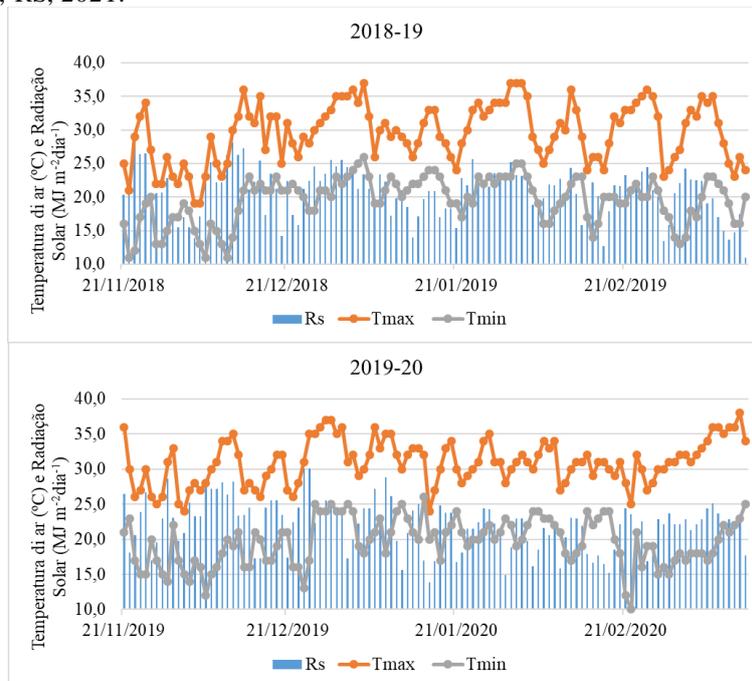
Tabela 1. Resultado da caracterização físico-hídrica do solo da área experimental realizada em 2019. Cachoeira do Sul, 2021.

Camadas (m)	Granulometria (%)			Densidade do solo (g cm ⁻³)	CAD (mm)
	Areia	Silte	Argila		
0,0 – 0,2	51,6	36,0	12,4	1,51	30
0,2 – 0,4	44,3	42,8	13,0	1,46	34
0,4 – 0,6	38,7	43,6	17,7	1,33	34

Fonte: Autor.

A metodologia para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) foi a proposta por Allen et al. (1998). Os dados meteorológicos necessários para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) foram obtidos de uma estação meteorológica automática situada próxima ao local do experimento. Os dados de radiação solar e temperatura do ar podem ser visualizados na figura 1.

Figura 1. Resultado de temperatura e radiação solar global para o período de condução dos experimentos. Cachoeira do Sul, RS, 2021.



Fonte: Autor.

Para o ajuste da curva do Kc (simples) utilizou-se a metodologia proposta por Allen et al. (1998) com a fração de cobertura do dossel (Fc). A Fc foi estimada por meio de uma grade quadriculada de 0,50 x 0,50 m com malha de 0,10 x 0,10 cm, em que se obteve a cobertura do dossel em relação ao máximo que pode ocupar para aquele espaçamento entrelinha e entre plantas.

Medidas do conteúdo volumétrico de água no solo foram realizadas por meio de sensores FDR (0-60 cm), nas parcelas irrigadas e não irrigadas. A CAD atual foi calculada

pela subtração da umidade no dia da leitura e a umidade no ponto de murcha permanente multiplicando-se pela profundidade da camada (mm).

As avaliações de fenologia foram realizadas em duas plantas por parcela, uma vez por semana. Na tabela 3 observa-se a duração dos subperíodos vegetativo (emergência a floração - R1 a R8), reprodutivo (floração a maturidade fisiológica – R1 a R8) e do total do ciclo.

Tabela 2. Duração, em dias, dos subperíodos (vegetativo e reprodutivo) e do total do ciclo, para as cultivares estudadas na safra e safrinha 2018-19 e 2019-20. Cachoeira do Sul, RS, 2021.

Ano agrícola 2018-19						
Cultivar	Safrinha			Safrinha		
	EM-R1	R1-R8	Total	EM-R1	R1-R8	Total
GMR 6.3	56	67	123	40	64	104
GMR 5.4	54	67	121	40	64	104
GMR 5.0	44	67	111	33	64	97
Ano agrícola 2019-20						
Cultivar	Safrinha			Safrinha		
	EM-R1	R1-R8	Total	EM-R1	R1-R8	Total
GMR 6.3	56	69	125	39	69	108
GMR 5.4	51	69	120	34	69	103
GMR 5.0	43	67	110	31	63	94

Em que: EM-R1= emergência a floração; R1-R8 = floração a maturação plena.

Fonte: Autor.

A área foliar e a altura de plantas foram medidas na fase reprodutiva (estádio fenológico de R3). Para isso, foram coletadas duas uma planta por parcela experimental, das quais mediu-se o maior comprimento e a maior largura do folíolo central do trifólio, de forma manual com o auxílio de uma régua. A área foliar foi estimada pela equação proposta Richter et al (2014). O índice de área foliar (IAF) foi calculado pela razão entre a área foliar total da planta e a área de solo ocupada pela planta. A altura da planta foi medida da superfície do solo até o último nó.

Para a análise da produtividade, realizou-se a colheita manual das plantas da área central de cada parcela experimental (3 m²) e procedeu-se a trilha, a limpeza, a determinação da umidade dos grãos e a pesagem. O peso obtido foi corrigido para uma umidade de 13% e extrapolado para hectare (kg ha⁻¹). Para a análise dos componentes do rendimento: número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, peso de mil grãos (PMG) (g), foram selecionadas aleatoriamente quatro plantas por parcela, que foram processadas manualmente. Para a determinação do PMG mediu-se a umidade e o peso obtido foi corrigido para uma umidade de 13%

As variáveis repostas obtidas foram submetidas a análise da variância pelo teste “f” e análise complementar pelo teste “Tukey”, em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o software Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de parâmetros de balanço hídrico apresentados na tabela 3 demonstram que o ano agrícola 2018-19 teve maior disponibilidade hídrica que o ano agrícola 2019-20. Segundo o INMET (2018), a previsão para o verão (2018-19) apontava para El Niño fraco, impactando no aumentando as chuvas, especialmente na parte oeste e norte do RS durante a primavera e começo do verão. Já, na safra 2019/2020 ocorreram chuvas muito abundantes durante boa parte da primavera e, da metade de novembro em diante, houve escassez de chuvas, caracterizando uma das maiores estiagens do estado (IRGA, 2020). De acordo com a Emater/RS-Ascar (2020), no município de Cachoeira do Sul, segundo maior produtor do grão no RS com 105.000 ha cultivadas, a estimativa de perdas médias de produtividade em função do déficit hídrico de 55% para o ano agrícola 2019-20.

Observa-se a variação negativa no armazenamento de água no solo na área de sequeiro, ou seja, redução na disponibilidade hídrica à cultura, no período reprodutivo, tanto na safra quanto na safrinha para os dois anos agrícolas. Essa redução no armazenamento de água no solo na fase reprodutiva da cultura deve-se ao aumento da demanda evapotranspirométrica e a irregularidade das chuvas, mesmo que em anos com boas quantidades de chuvas aculadas, como na safra 2018-19 (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros do balanço hídrico da cultura da soja para safra e safrinha 2018-19 e 2019-20. Cachoeira do Sul, RS, 2021.

Etapa do ciclo	ETc (mm)	Irrigação (mm)	Chuva (mm)	Varição no armaz. sequeiro (mm)	Varição no armaz. irrigado (mm)
Ano agrícola 2018-19					
Safra					
Vegetativa (EM-R1)	123	15	299	17	21,5
Reprodutiva (R1 - colheita)	277	121	340	-7	-2
Safrinha					
Vegetativa (EM-R1)	104	12	268	13	23
Reprodutiva (R1 - colheita)	181	40	201	-1,5	6
Ano agrícola 2019-20					

	Saфра				
Vegetativa (EM-R1)	111	51	116	-8	9
Reprodutiva (R1 - colheita)	214	78	196	-19	-13
	Safrinha				
Vegetativa (EM-R1)	98	12	145	-7	14
Reprodutiva (R1 - colheita)	162	145	17	-22	-5

Em que: EM = emergência; R1 = floração.; ETc = evapotranspiração da cultura.
Fonte: Autor.

Na safrinha 2019-20, no período reprodutivo choveu apenas 17 mm, comprometendo a produtividade da cultura em áreas de sequeiro (Tabela 5). De acordo com Gajić et al. (2018), neste período é importante que não ocorra nenhum déficit hídrico, uma vez que esta é a fase em que serão definidos os componentes de produtividade. A quantidade e distribuição das chuvas durante janeiro e março pode ser o principal fator limitante à produtividade da soja no RS (BERLATO & FONTANA, 1999; FERREIRA, 2006; ZANON et al., 2016).

O resumo da análise da variância (Tabela 4) demonstra que os tratamentos promoveram diferenças estatísticas significativas nas variáveis respostas, com interação entre fatores, mas sem interação tripla. Assim, apresenta-se os resultados das interações duplas nas tabelas 5, 6 e 7.

Tabela 4. Resumo da análise da variância (ANOVA) para as diferentes variáveis respostas. Cachoeira do Sul, RS, 2021.

	Quadrado médio					
	Alt.de Plantas (cm)	IAF	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
F.V	Ano agrícola 2018-19					
A	329,3*	65,99*	1,63 ^{ns}	56,38*	640,39*	1163,30*
B	0,69*	4,92*	10,95*	5,18*	7,93*	6,55*
C	8,12*	0,74 ^{ns}	0,073 ^{ns}	38,49*	11,81*	25,26*
A* B	3,9 ^{ns}	1,54 ^{ns}	1,04 ^{ns}	2,14 ^{ns}	2,56 ^{ns}	3,24 ^{ns}
A*C	48,92 ^{ns}	0,38 ^{ns}	43,29*	14,75*	16,04*	25,42*
B*C	14,53 ^{ns}	2,89*	1,57 ^{ns}	7,06*	1,57*	0,31 ^{ns}
A* B*	106,90 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,702 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C						
Rep.	95,85 ^{ns}	2,06 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,03 ^{ns}	2,59 ^{ns}	0,57 ^{ns}
CV (%)	18,48	27,4	9,81	3,71	4,9	8,8
	Ano agrícola 2019-20					
A	906,64*	136,76*	86,08*	38,86*	5,86*	501,76*
B	150,96*	25,42*	57,81*	0,03*	88,94*	185,45*
C	31,91*	14,54*	19,27 ^{ns}	6,15*	1,10 ^{ns}	4,14*
A* B	15,34*	3,52*	11,63*	0,32 ^{ns}	0,97*	2,70*
A*C	8,43*	9,60*	3,60*	7,18*	1,42 ^{ns}	8,17*
B*C	2,94 ^{ns}	0,52 ^{ns}	3,21 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,92 ^{ns}
A* B*	2,67 ^{ns}	0,07 ^{ns}	5,033 ^{ns}	1,89 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}
C						
Rep.	0,04 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,93 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,98 ^{ns}

CV (%)	9,86	25,75	15,68	5,18	7,85	13,36
--------	------	-------	-------	------	------	-------

Em que: F.V = fonte de variação; Rep.= repetições; A = data de semeadura; B = fator regime hídrico; C= cultivares; IAF = índice de área foliar; PMG = peso de mil grãos; CV = coeficiente de variação; * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste “F” em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor.

A irrigação suplementar proporcionou incrementos significativos nos parâmetros de crescimento de plantas (altura e IAF) e em todos os componentes de rendimento da cultura (vagens plantas⁻¹, grãos vagem⁻¹ e PMG) para a safra 2018-19 e, safra e safrinha 2019-20. Para ano agrícola 2018-19, a irrigação incrementou a produtividade em 8% para a semeadura na safra. Já, para a semeadura de safrinha não se evidencia benefícios da irrigação, em razão da elevada disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura (Tabela 3).

Para o ano agrícola 2019-20, o déficit hídrico presente durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, tanto na safra como na safrinha (Tabela 3), mas principalmente na safrinha, em que se observa uma redução de 48% no número de vagem planta⁻¹ e de 21% no PMG, fez com que a irrigação suplementar proporcionasse incrementos de produtividade da soja em média de 34 e 58% para safra e safrinha, respectivamente.

A produtividade média da soja irrigada na safra foi de 4475,5 kg ha⁻¹. Gajić et al. (2018) avaliando diferentes estratégias de irrigação: irrigação total (100%), 0, 65% e 40% da irrigação total e controle (sem irrigação), observaram produtividades máximas de 3690 kg ha⁻¹ no tratamento de 0,65%. Já, a produtividade média da soja de sequeiro na safra foi de 3548,30 kg ha⁻¹. Segundo a Emater/RS-Ascar (2020), a produtividade média da soja no município de Cachoeira do Sul foi de 2250 e 1560 kg ha⁻¹ para a safra 2018-19 e 2019-20, respectivamente.

A redução na produtividade é de aproximadamente 60% com a semeadura de safrinha (Tabelas 5 e 7), podendo ser explicada pela redução natural da disponibilidade de radiação solar que ocorre a partir de dezembro (Figura 1), que passa a ser um fator limitante às altas produtividades.

No ano agrícola 2019-20, por haver menos dias de chuva em comparação ao ano anterior, impactou em maior disponibilidade de radiação solar (Figura 1), contribuindo para o aumento na produtividade da soja irrigada de 324 kg ha⁻¹ a mais que na safrinha 2018-19. Já, para a soja de sequeiro o déficit hídrico é o fator limitante, explicando a produtividade de apenas 871,4 kg ha⁻¹ na safrinha 2019-20. Semeaduras na época de

safrinha podem causar perdas de até 70% em relação à época recomendada (BRACCINI et al., 2004; RODRIGUES et al., 2008; STÜLP et al., 2009).

Tabela 5. Resultado da interação entre os fatores data de semeadura (A) e regime hídrico (B) para as diferentes variáveis analisadas (altura de plantas, IAF, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹, PMG e produtividade) para os anos agrícolas 2018-19 e 2019-20. Cachoeira do Sul, RS, 2021.

	Ano agrícola 2018-19				Ano agrícola 2019-20			
	Safrã		Safrinha		Safrã		Safrinha	
Altura de plantas (cm)								
Irigado	67,3	aA	21,0	aB	92,1	aA	38,3	aB
Sequeiro	64,7	bA	23,0	aB	66,5	bA	25,1	bB
IAF								
Irigado	7,0	aA	3,4	aB	8,7	aA	4,6	aB
Sequeiro	5,6	bA	3,0	aB	7,3	bA	1,7	bB
Vagens planta ⁻¹								
Irigado	57,2	aA	53,0	aA	57,6	aA	46,0	aB
Sequeiro	50,7	bA	50,3	aA	49,4	bB	23,9	bB
Grãos vagem ⁻¹								
Irigado	2,4	aA	2,1	aB	2,3	aA	2,1	aB
Sequeiro	2,3	bA	2,1	aB	2,2	bA	2,0	bB
PMG (g)								
Irigado	177,7	aA	121,7	aB	185,5	aA	179,7	aA
Sequeiro	168,3	bA	119,1	aB	153,0	bA	140,8	bB
Produtividade (kg ha ⁻¹)								
Irigado	4492,6	aA	1739,6	aB	4458,4	aA	2063,8	aB
Sequeiro	4158,2	bA	1681,3	aB	2938,3	bA	871,4	bB

Números seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de “Tukey” em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor.

Na tabela 6, visualiza-se para o agrícola 2019-20 incrementos significativos no número de vagem planta⁻¹ pela irrigação suplementar para a cultivar de ciclo mais longo com GMR 6.3 (Tabela 2), em média 10 vagem a mais planta⁻¹ que as outras duas cultivares (GMR 5.4 e GMR 5.0). O número de vagem planta⁻¹ foi mais influenciado pelo déficit hídrico, com uma redução média de 5 e 15 vagem planta⁻¹ para os anos agrícolas 2018-19 e 2019-20, respectivamente. Déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o murchamento de folhas e, como consequência, aumentam a queda prematura de flores e ocasionam o abortamento de vagens (STRECK, 2004; TAIZ & ZAIGER, 2013).

O número de grãos vagem⁻¹ teve incremento pequeno (0,1), mas significativo, com a irrigação suplementar nas cultivares de ciclo médio/tardio com GMR >5.4 (Tabelas 2 e 6), em ambos os anos agrícolas, para a soja irrigada. O número de grãos vagem⁻¹, dentre os demais componentes diretos, é o que apresenta menor variação (MUNDSTOCK & THOMAS, 2005).

O PMG da soja irrigada teve um acréscimo médio de 6,7 g nas cultivares de ciclo mais precoce (GMR 5.0 e 4.8), que impactou em maiores produtividades de 3442,3 e 3458,5 kg ha⁻¹ para os anos agrícolas 2018-19 e 2019-20, respectivamente. Correa et al. (2019), observaram que a irrigação por aspersão promoveu aumento no PMG na média das cultivares em estudo, na ordem de 20 g em relação ao tratamento sem irrigação.

Para a soja de sequeiro, no ano agrícola 2018-19, houve diferenças entre as cultivares para o número de grãos vagem⁻¹ e PMG sendo a cultivar de ciclo mais precoce (GMR 4.8) a que apresentou maior PMG e foi a mais produtiva com 3329,9 kg ha⁻¹. Entretanto, no ano agrícola 2019-20, não se observa diferenças entre as cultivares, possivelmente pelo déficit hídrico (Tabela 3) ter sido o fator limitante.

Na tabela 7 observa-se as diferenças entre as cultivares para os diferentes parâmetros avaliados para a semeadura na safra e na safrinha. Para o ano agrícola 2018-19 as diferenças entre as cultivares nos componentes de rendimento (vagem planta⁻¹, grão vagem⁻¹ e PMG) impactaram na produtividade da soja. Sendo a cultivar mais precoce, com GMR 4.8 (Tabela 2), a que se destacou em relação as outras duas cultivares (GMR 6.9 e 5.9), com 9 g a mais de PMG e 6 vagem a mais planta⁻¹, resultando em produtividade mais alta de 4852,7 e 1839,6 kg ha⁻¹ para a safra e safrinha, respectivamente.

Tabela 6. Resultado da interação entre os fatores regime hídrico (B) e cultivares (C) para as diferentes variáveis analisadas (altura de plantas, IAF, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹, PMG e produtividade) para os anos agrícolas 2018-19 e 2019-20. Cachoeira do Sul, RS, 2021.

	Ano agrícola 2018-19						Ano agrícola 2019-20					
	GMR 6.9		GMR 5.9		GMR 4.8		GMR 6.3		GMR 5.4		GMR 5.0	
Altura de plantas (cm)												
Irigado	37,4	aB	50,5	aA	44,3	aAB	76,56	aA	48,12	aB	61	aB
Sequeiro	37,0	bA	46,5	bA	43,6	bA	52,31	bA	43,25	bB	41,8	bB
IAF												
Irigado	4,7	aA	5,6	aA	5,2	aA	7,5	aA	6,4	aA	5,8	aA
Sequeiro	4,6	aA	3,5	bA	4,9	aA	5,7	bA	3,7	bB	4,1	bAB
Vagens planta ⁻¹												
Irigado	53,7	aA	57,2	aA	55,5	aA	56,1	aA	46,2	aB	47,3	aB
Sequeiro	52,0	aA	49,5	bA	49,8	bA	42,6	bA	38,1	bA	39,3	bA
Grãos vagem ⁻¹												
Irigado	2,4	aA	2,2	aAB	2,3	aB	2,2	aA	2,2	aA	2,1	aB
Sequeiro	2,3	aA	2,0	bC	2,2	aB	2,2	aA	2,2	aA	2,1	aA
PMG (g)												
Irigado	150,5	aB	144,7	aC	155,5	aA	179,4	aB	179,6	aB	185,1	aA
Sequeiro	140,7	aB	134,3	bB	149,1	aA	148,9	bA	149,4	bA	150,2	bA
Produtividade (kg ha ⁻¹)												
Irigado	2847,6	aB	3058,4	aB	3442,3	aA	3045,2	aB	2978,6	aB	3458,5	aA
Sequeiro	2623,1	aB	2806,3	aB	3329,9	aA	1758,7	bA	1870,0	bA	2085,4	bA

Números seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de “Tukey” em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor.

Na safrinha (2018-19), a cultivar de ciclo intermediário com GMR 5.9 (Tabela 2) apresentou uma produtividade 23% inferior as outras duas (GMR 4.8 e 6.9), em função dos menores valores de PMG e de vagem planta⁻¹. Observa-se essa mesma tendência para a safra 2019-20, mas para esse ano, não há diferenças significativas entre as cultivares na produtividade da soja, tanto na safra quanto na safrinha, com uma produtividade média de 3931,7 e 1467,66 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 7).

A cultivar de GMR 6.9 (ano agrícola 2018-19) foi a que apresentou menor redução na produtividade da safra para a safrinha, ainda sim, foram 1827,5 kg ha⁻¹ a menos com o atraso da semeadura. Enquanto, as outras duas cultivares tiveram reduções próximas a 3000 kg ha⁻¹ para esse ano agrícola. Para o ano agrícola 2019-20, a redução média na produtividade com a semeadura tardia foi em média de 2464, 1 kg ha⁻¹. A diferença ambiental do período safrinha em relação ao período safra, está relacionada com a redução do fotoperíodo que afeta a maturação, a altura de plantas e o peso de sementes (SEDIYAMA et al., 2015).

Tabela 7. Resultado da interação entre os fatores data de semeadura (A) e cultivares (C) para as diferentes variáveis analisadas (altura de plantas, IAF, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹, PMG e produtividade) para os anos agrícolas 2018-19 e 2019-20. Cachoeira do Sul, RS, 2021.

	Ano agrícola 2018-19						Ano agrícola 2019-20					
	GMR 6.9		GMR 5.9		GMR 4.8		GMR 6.3		GMR 5.4		GMR 5.0	
Altura de plantas (cm)												
Safra	56,9	aB	71,4	aA	63,8	aAB	92,1	aA	74,7	aB	71,1	aB
Safrinha	27,5	aA	25,6	bA	26,6	bA	36,8	bA	26,6	bB	31,7	bAB
IAF												
Safra	6,2	aA	6,3	aA	6,4	aA	10,3	aA	6,8	aB	6,8	aB
Safrinha	3,2	bA	2,8	bA	3,7	bA	3,5	bA	3,4	bA	3,1	bA
Vagens planta ⁻¹												
Safra	58,3	aB	59,8	aB	63,6	aA	58,8	aA	45,6	aB	56,2	aA
Safrinha	42,7	bB	43,0	bB	51,7	aA	45,8	bA	28,7	bB	30,4	bB
Grãos vagem ⁻¹												
Safra	2,5	aA	2,2	aB	2,3	aB	2,4	aA	2,3	aA	2,1	aB
Safrinha	2,2	bA	2,0	bB	2,2	aA	2,0	bA	2,1	aA	2,0	bA
PMG (g)												
Safra	165,0	aB	162,2	aB	173,5	aA	168,8	aA	166,5	aA	172,6	aA
Safrinha	116,2	bB	115,9	bB	126,1	bA	162,5	aA	155,5	aB	162,7	bA
Produtividade (kg ha ⁻¹)												
Safra	3658,2	aC	4465,4	aB	4852,7	aA	3957,5	aA	3781,9	aA	4055,7	aA
Safrinha	1830,6	bA	1399,3	bB	1839,6	bA	1592,6	bA	1322,0	bA	1488,2	bA

Números seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo teste de “Tukey” em nível de 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autor.

De acordo com Follmann et al. (2017), nesse cenário ambiental menos favorável da safrinha em relação à safra, é importante selecionar plantas com maior altura para a obtenção de cultivares mais produtivos para serem cultivados em período de safrinha. No

caso desse estudo, não há diferença estatística entre as cultivares na altura de plantas, embora a duas mais produtivas (GMR 6.9 e 4.8) tenham apresentando altura um pouco superior à da cultivar de GMR 5.9 (ano agrícola 2018-19). No ano 2019-20, em que há diferenças significativas na altura de plantas entre cultivares (safrinha), não se observa diferença na produtividade, embora essa seja um pouco mais elevada para as cultivares de maior altura (GMR 6.3 e GMR 5.0).

4 CONCLUSÃO

A maior disponibilidade hídrica pelas chuvas no ano agrícola 2018-19 resultou em uma produtividade média da soja em torno de 15% superior à do agrícola 2019-20.

A produtividade média na safra foi de 4475,5 kg ha⁻¹ para a soja irrigada e de 3690 kg ha⁻¹ para a soja de sequeiro. A produtividade média da soja na safrinha foi reduzida em 57% (irrigada) e 64 % (sequeiro).

As cultivares de ciclo mais precoce (GMR 5.0 e 4.8), sob irrigação, apresentaram produtividades mais elevadas de 3442,3 kg ha⁻¹ (2018-19) e 3458,5 kg ha⁻¹ (2019-20).

Para o ano agrícola 2018-19 a cultivar mais precoce (GMR 4.8) se destacou em relação as outras duas cultivares (GMR 6.9 e 5.9) com produtividade mais alta de 4852,7 kg ha⁻¹ (safra) e 1839,6 kg ha⁻¹ (safrinha).

Para o ano agrícola 2019-20 não houve diferenças significativas entre as cultivares na produtividade da soja, sendo está de 3931,7 kg ha⁻¹ (safra) e de 1467,66 kg ha⁻¹ (safrinha).

REFÊRENCIAS

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M. N.; OLIVEIRA, M. A. R. de; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in brazil: environment, cultivar classification and stability. **Crop Science**, Madison, v.49, mai-jun, p.801-808, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998, 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.

BERLATO, M.A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.423-432, 2005.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 110p, 2003.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, p.119-125, 1999.

BRACCINI, A. L.; MOTTA, I.S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; ÁVILA, M.R.; MESCHEDÉ, D.K. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 81-92, 2004.

EMATER/RS-ASCAR. **Informativo conjuntural**. N 1600, 2 de abril de 2020. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_02042020.pdf. Acesso em: 06 set. 2020.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Editora:Embrapa, 3ed., p.353, 2013.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Soja em número (safra 2019/20). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 13 jan. 2021.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIR, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de Risco de

Déficit Hídrico nas Regiões Produtoras de Soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.415-421, 2001.

FERREIRA, P. A.; BORGES JÚNIRO, J.C.F.; HEDDEN-DUNKHORST, B.; ANDRADE, C, L.T. Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas. Parte II: testes e aplicação. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**. Campina Grande, v. 10, n.4, p. 783-791,2006.

FOLLMANN, D.; CARGNELUTTI FILHO, 1.; SOUZA, V.Q.; NARDINO, M.; CARVALHO, I. R.; DEMARI, G.H.; FERARI, M.; PELEGRIN, A.J. ; SZARESKI, V.J . Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 1, p. 213-221, mar. 2017.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), precipitação e rendimento do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.2, p.39-46, 1996.

GAJIĆ, B.; KRESOVIC, B.; TAPANAROVA, A.; ZIVOTIC, L.; TODOROVIC, M. Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. **Agricultural Water Management**, Elsevier, v. 210 (c), p. 224-23, 2018.

INSITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Inmet prevê episódio de El Niño no fim da primavera. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/inmet-preve-episodio-de-el-nino-no-fim-da-primavera>. Acesso: 10 jan. 2021.

IRGA – INSTITUTO RIOGRANDESE DO ARROZ. Divulgado relatório do Irga sobre a safra 2019/2020. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/relatorio-da-safra-2019-20-e-publicado>. Acesso 11 de jan. 2021.

MATZENAUER, R.; BARNI, N. A.; MALUF, J. R. T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1013-1019, 2003.

MONTECINOS, A.; DÍAZ, A.; ACEITUNO, P. Seasonal diagnostic and predictability of rainfall in subtropical South America based on Tropical Pacific SST. **Journal of Climate, Boston**, v.13, p.746-758, 2000.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31p.

OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A.E.; BOTTEGA, E.L.; SILVA, C.M. Estimativa da demanda hídrica da soja utilizando modelo de balanço hídrico do solo e dados da previsão do tempo. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 492-507, julho-setembro, 2020.

PUCHALSKI, L. A. Efeitos associados ao El Niño e La Niña na temperatura média, precipitação pluvial e o déficit hídrico no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000. 83p. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia, área de concentração em

Agrometeorologia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RODRIGUES, O. et al. **Rendimentos de grãos de soja em semeadura tardia.** [S.l.]: Embrapa Trigo, p. 26 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 66), 2008.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F. & BORÉM, A. **Soja do plantio à colheita.** UFV, Viçosa. p. 9-26, 2015.

STRECK, N.A. Do we know how plants sense a drying soil?. **Ciência Rural.** Santa Maria, v. 34, p.581-584. 2004.

STÜLP, M. et al. Desempenho agrônômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 33, p. 1240-1248, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, p. 954, 2013.
THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Desenvolvimento da planta de soja e o potencial de rendimento de grãos.** In: THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. (Ed.) Soja: manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre: Evangraf, 2010, p.13-33, 248p.

VIVAN, G. A. **Resposta da irrigação suplementar em diferentes cenários para a cultura da soja na microrregião de Passo Fundo, RS.** 2010. 87 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.

ZANON, A. J.; SILVA, M. R., TAGLIAPIETRA, E.L.; CERA, J.C **Ecofisiologia da soja- Visando altas produtividades.** 1° ed. Santa Maria: [n.s.],2018, 136p.

ZANON, A. J.; STRECK, N.A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal,** v. 108, p.1447-1454, 2016.