

Produtividade de cultivares de soja com e sem irrigação suplementar para a safra e safrinha de 2019/20 na região central do RS**Yield of soybean cultivars with and without supplementary irrigation for the 2019/20 harvest and off-season in the central region of RS**

DOI:10.34117/bjdv6n10-520

Recebimento dos originais: 19/09/2020

Aceitação para publicação: 23/10/2020

Zanandra Boff de Oliveira

Dra. Em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul, Curso de Engenharia Agrícola

Endereço: Rodovia Taufik Germano, 3013, Passo D'Areia, CEP. 96503-205, Cachoeira do Sul/RS, Brasil

Email: zanandra.oliveira@ufsm.br

Alberto Eduardo Knies

Dr. Em Engenharia Agrícola

Instituição: Universidade Estadual do Rio grande do Sul, Unidade de Cachoeira o Sul

Endereço: Rua Sete de Setembro, 1040, Centro, CEP. 96508-010, Cachoeira do Sul/RS, Brasil
email: albertoek@gmail.com.**Jose Ismael Texeira Gomes**

Estudante de agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Rio grande do Sul, Unidade de Cachoeira o Sul, Endereço: 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 produtividade de cultivares de soja de diferentes grupos de maturidade relativa (GMR), com e sem irrigação suplementar, na safra e safrinha, para a região edafoclimática de Cachoeira do Sul – RS. Foi realizado um experimento de campo em delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, no esquema fatorial (2x2x2). fator “A” constituiu de duas datas de semeadura: 23 de outubro de 2019 (safra) e 16 de janeiro de 2020 (safrinha). O fator “B” constitui de dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro. O fator “C” de três cultivares de soja: BMX GARRA (GMR 6.3), ND 5445 (GMR 5.4) e BMX RAI0 (GMR 5.0). A produtividade média das cultivares foi incrementada com a irrigação suplementar de 3516,2 kg ha⁻¹ para 4309,3 kg ha⁻¹ na safra e de 871,4 kg ha⁻¹ para 2063,8 kg ha⁻¹ na safrinha. A semeadura na safrinha reduziu a produtividade média da soja irrigada em 52% e de sequeiro em 75%. Diferença na produtividade entre as cultivares foi observada apenas para a semeadura de safrinha no regime hídrico de sequeiro, em que a cultivar BMX GARRA se sobressaiu (300 kg ha⁻¹ a mais).

Palavras Chave: Fatores de produção, rendimento de grãos, *Glycine max*.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the productivity of soybean cultivars from different groups of relative maturity (GMR), with and without supplementary irrigation, in the harvest and off-season, for the edaphoclimatic region of Cachoeira do Sul - RS. A field experiment was carried out in a randomized block design with subdivided plots, in the factorial scheme (2x2x2). "A" factor consisted of two sowing dates: October 23, 2019 (harvest) and January 16, 2020 (off-season). Factor "B" consists of two water regimes: irrigated and rainfed. The "C" factor of three soybean cultivars: BMX GARRA (GMR 6.3), ND 5445 (GMR 5.4) and BMX RAI0 (GMR 5.0). The average productivity of the cultivars was increased with the supplementary irrigation from 3516.2 kg ha⁻¹ to 4309.3 kg ha⁻¹ in the harvest and from 871.4 kg ha⁻¹ to 2063.8 kg ha⁻¹ in the off-season. Sowing in the off-season reduced the average productivity of irrigated soybeans by 52% and rainfed by 75%. Difference in productivity between cultivars was observed only for the sowing of safrinha in rainfed water regime, in which the cultivar BMX GARRA stood out (300 kg ha⁻¹ more).

Keywords: Factors of production, grain yield, *Glycine max*.

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das principais commodities agrícolas exportadas pelo Brasil. Na safra de 2019-20 a produção foi estimada em 120,9 milhões de toneladas (CONAB, 2020). No Rio Grande do Sul é a principal cultura de verão e na safra 2019-20 foi implantada em 5.964,516 hectares). O município de Cachoeira do Sul destaca-se na produção da soja, com 105.000 hectares cultivadas (EMATER/RS-ASCAR, 2020). Dentre as contribuições da cadeia produtiva da soja para o desenvolvimento regional, destaca-se a industrialização agrícola, em especial no setor de maquinários e insumos e rações, com ampla utilização no processo produtivo, entre outras (MELLO & BRUM, 2020).

O clima é o principal fator responsável pelas oscilações de produtividade e frustrações da cultura da soja no estado (MATZENAUER et al., 2018). Apesar da quantidade média das chuvas no RS ser bem distribuída nas quatro estações do ano, em geral, são insuficientes para atender às necessidades hídricas das culturas no verão. Isso ocorre em razão da maior demanda evaporativa da atmosfera nesse período, determinada especialmente pela maior densidade de fluxo energético e maior temperatura do ar (BERLATO, 1992).

Estima-se que 93% das perdas na safra de soja ocorram em razão das estiagens (BERLATO & FONTANA, 2003). O requerimento hídrico da soja varia de 450-700 mm de água durante seu ciclo de crescimento (DOORENBOS & KASSAM, 1994; GRASSINI et al., 2015). Segundo Farias et al. (2001), a soja tem dois períodos críticos bem definidos com relação à falta de água: da semeadura à emergência e no enchimento dos grãos.

Os efeitos da deficiência hídrica sobre o potencial de rendimento de soja dependerão da intensidade, duração, época de ocorrência e interação com outros fatores determinantes do rendimento

de grãos (CUNHA et al., 2001). As perdas de rendimento potencial por deficiência hídrica aumentam da região do Planalto do RS em direção ao Sul do estado (SENTELHAS et al., 2015; MATZENAUER, 2000).

Mesmo com os conhecidos prejuízos ocasionados pelo déficit hídrico na produtividade da soja, a maioria das áreas cultivadas com a cultura no RS são no regime de sequeiro (SENTELHAS et al., 2015), assim como na maior parte do mundo (HEINEMANN et al., 2016). O RS possui cerca de 2617 pivôs centrais, totalizando uma área irrigada por esse equipamento de 178.050 hectares (RIBEIRO et al., 2018), essa área representa apenas 2,98% do total de área cultivada com a soja no estado na safra 2019-20.

Portanto, a irrigação suplementar pode aumentar significativamente a produtividade da soja (MONTROYA et al., 2017) e estabilizar a produção agrícola, especialmente durante anos de escassez hídrica. Além disso, a escolha da época de semeadura baseada na compreensão dos padrões meteorológicos responsáveis pela variabilidade das chuvas na região, é uma das formas de minimizar possíveis efeitos da variabilidade do clima na produtividade das culturas agrícolas (ZANON et al., 2016; ZANON et al., 2018).

No Rio Grande do Sul, o calendário de semeadura da soja estende-se de outubro a janeiro (CONAB, 2019). Mesmo com produtividades inferiores à da safra por limitações de disponibilidade de radiação solar, característica climática da região, a semeadura em janeiro (safrinha), é uma opção normalmente realizada em sucessão à cultura do milho (época preferencial), que vem sendo adotada pelos produtores como uma terceira safra, para otimização de suas áreas agriculturáveis. Semeaduras na época de safrinha podem causar perdas de até 70% em relação à época recomendada (RODRIGUES et al., 2001; BRACCINI et al., 2004; RODRIGUES et al., 2008; STÜLP et al., 2009).

As cultivares de soja estão agrupadas em diferentes grupos de maturidade relativa (GMR), os quais representam a duração do ciclo de desenvolvimento da soja (ALLIPRANDINI et al., 2009). Essa duração é influenciada pela resposta ao fotoperíodo, práticas de manejo e adaptação das cultivares de soja (ZANON et al., 2018). A irrigação suplementar, o escalonamento da semeadura e a utilização de cultivares de distintos grupos de maturidade podem reduzir os riscos causados pela deficiência hídrica (MATZENAUER et al., 2003). Assim, esse estudo tem como objetivo avaliar a produtividade de cultivares de soja de diferentes GMR, com e sem irrigação suplementar, na safra e safrinha, para a região edafoclimática de Cachoeira do Sul – RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um experimento de campo com a cultura da soja 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).

O experimento foi conduzido 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: 23 de outubro de 2019 (safra) e 16 de janeiro de 2020 (safrinha). O fator "B" constitui de dois regimes hídricos: irrigado e sequeiro. O fator "C" de três cultivares de soja com distintos GMR: BMX GARRA (GMR 6.3), ND 5445 (GMR 5.4) e BMX RAI0 (GMR 5.0).

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 tratos culturais, seguiram as recomendações agrônômicas 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.

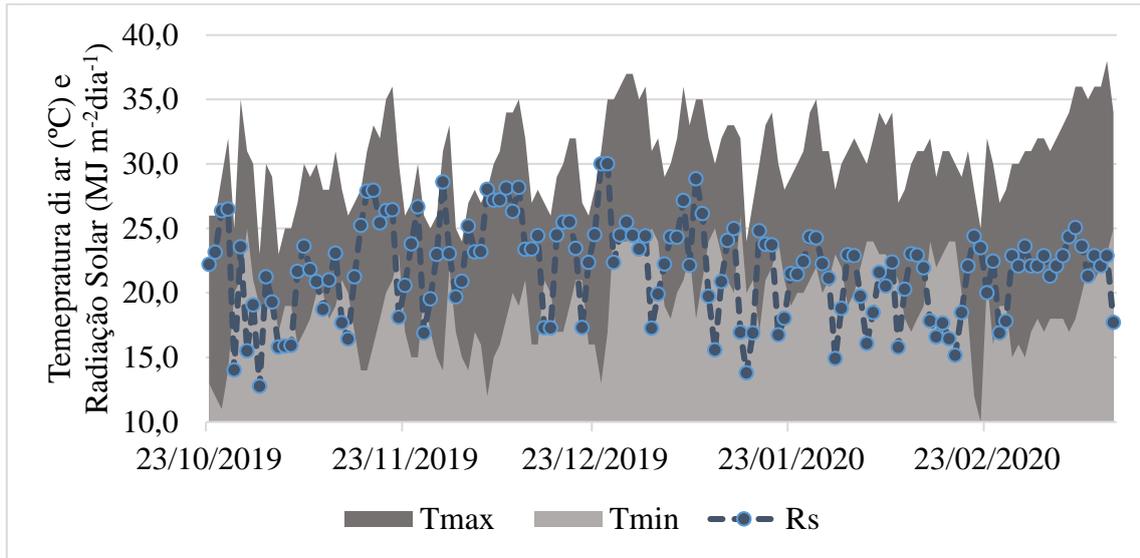
A metodologia para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi a proposta por Allen et al. (1998). Os dados meteorológicos necessários para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) foram obtidos de uma estação meteorológica automática situada próxima ao local do experimento. Os dados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

Tabela 1. Resultado da caracterização físico-hídrica do solo da área experimental realizada em 2019. Cachoeira do Sul, 2020.

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.

Figura 1. Resultado de temperatura e radiação solar global para o período de condução do experimento. Cachoeira do Sul, RS, 2020.



Fonte: Autor.

Para o ajuste da curva do K_c (simples) utilizou-se a metodologia proposta por Allen et al. (1998) com a fração de cobertura do dossel (F_c). A F_c 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 2 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 três cultivares estudadas em duas datas de semeadura. Cachoeira do Sul, RS, 2020.

Cultivar	Safrã			Safrinha		
	EM-R1	R1-R8	Total	EM-R1	R1-R8	Total
BMX GARRA	69	85	154	39	69	108
ND 5445	56	86	142	34	69	103
BMX RAI0	56	86	142	31	63	94

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.

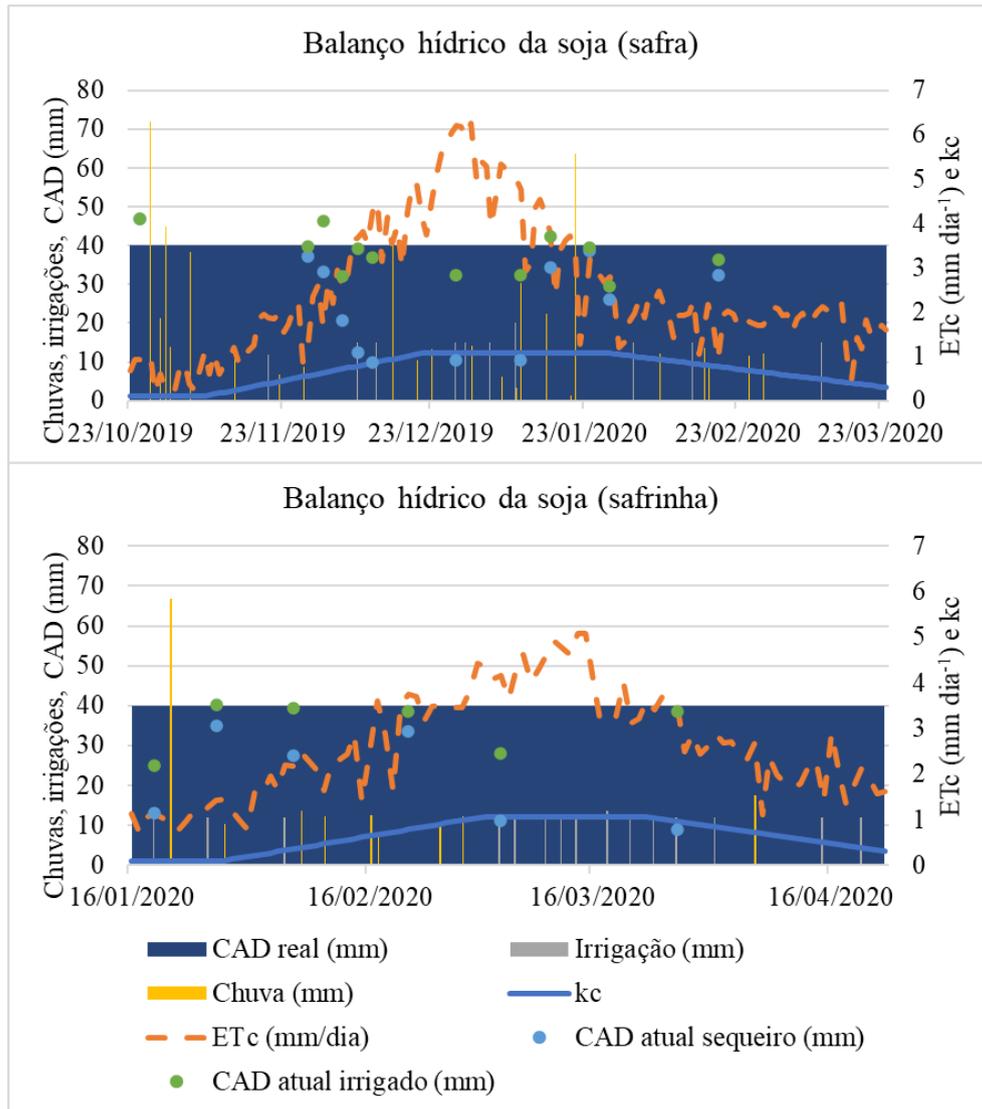
Para a análise da produtividade, realizou-se a colheita manual das plantas da área central de cada parcela experimental (3 m²) e procedeu-se a trilha, a limpeza, a determinação da umidade dos grãos e a pesagem. O peso obtido foi corrigido para uma umidade de 13% e extrapolado para hectare (kg ha⁻¹). 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

O balanço hídrico da cultura da soja (Figura 2) demonstra que teve uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo para a semeadura na safra em comparação a semeadura na safrinha. Para a semeadura na safra observa-se que a quantidade de chuvas foi menor que a ETc na fase de rápido crescimento. Com isso, verifica-se na área de sequeiro uma variação negativa no armazenamento de água no solo nessa etapa do ciclo (Tabela 3), impactando em baixo valores de CAD atual (sequeiro), que permaneceu na fase reprodutiva (média).

Figura 2. Balanço hídrico para a cultura da soja para semeadura na safra e na safrinha 2019-20. Cachoeira do Sul, 2020.



Fonte: Autor.

Na fase reprodutiva, a demanda da cultura é elevada (até 6 mm dia⁻¹) e como o armazenamento de água no solo já estava defasado da etapa anterior, há indicativo de déficit hídrico, principalmente quando as plantas estavam em estágio fenológico de R3 e R4 (início de formação de vagem e vagem completamente desenvolvida) (Figura 2 e Tabela 3). O estágio R4 marca o início do período mais crítico de desenvolvimento da planta quanto à determinação do rendimento e a irrigação suplementar durante essa fase é essencial para manter o bom nível de produtividade (MONTROYA et al., 2017).

Assim, para manter o suprimento hídrico adequado à cultura foram necessários 152 mm de irrigação suplementar ao longo do ciclo da cultura, com maiores valores acumulados (64 mm) no período reprodutivo (Tabela 3). 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.

Tabela 3. Parâmetros do balanço hídrico da cultura da soja observados para a semeadura na safra e na safrinha 2019-20. Cachoeira do Sul, 2020.

Etapa do ciclo	ETc (mm)	Irrigação (mm)	Chuva (mm)	Varição no armaz. sequeiro (mm)	Varição no armaz. irrigado (mm)
Safra					
Inicial	9,9	0,0	190,5	0	0
Rápido crescimento	103,8	42,0	83,2	-27,3	-3
Médio	166,6	65,0	154,7	28,2	7,2
Final	93,9	45,0	58,4	6,3	6,9
Safrinha					
Inicial	14,1	24,0	77,8	22,0	15,3
Rápido crescimento	84,4	12,0	68,2	6,2	-0,9
Médio	90,3	85,6	0,0	-22,5	-10,5
Final	71,9	60,0	17,4	-2,2	10,6

Fonte: Autor.

Para a semeadura de safrinha, no dia da semeadura, a CAD atual já estava abaixo da CAD real (Figura 2), em função da irregularidade das chuvas no período que antecedeu a semeadura. Mas logo após a semeadura, uma chuva de 67 mm elevou o armazenamento de água no solo, fazendo-se necessários 24 mm de irrigação suplementar na fase inicial de estabelecimento da cultura (Tabela 3). Na etapa de rápido crescimento as chuvas foram mais bem distribuídas (Figura 2), demandando somente 12 mm de irrigação suplementar (Tabela 3). Contudo, na fase mais crítica ao déficit hídrico (reprodutiva), não choveu (Tabela 3), resultando em variação negativa no armazenamento de água no solo e redução na CAD atual (sequeiro), demandando 85 mm de irrigação suplementar para manter o suprimento hídrico adequado. As irrigações se estenderam até o final do ciclo, pois ocorreu apenas um evento de chuva de 17,4 mm entre 28/02/20 e 06/04/20 (Figura 2 e Tabela 3). Durante a fase vegetativa, déficits moderados por períodos curtos não causam reduções significativas na produtividade da soja, entretanto, durante o estágio reprodutivo (R1-R8) e, conforme a planta senesce, a capacidade de compensar perdas diminui e o potencial grau de redução na produtividade aumenta (FOROUD et al., 1993).

Na tabela 4 observa-se que a época de semeadura e o regime hídrico causam efeitos significativo e há interação entre esses fatores para os componentes do rendimento (vagens planta⁻¹ e PMG) e produtividade. O fator cultivar impacta significativamente em parâmetros de crescimento (IAF e altura

de plantas), no PMG e na produtividade, mas tem menor interação com os outros dois fatores para os componentes de rendimento direto e na produtividade. De acordo com Navarro Junior & Costa (2002), são considerados componentes de rendimento diretos ou primários os componentes que, quando alterados, impactam diretamente sobre a produtividade de grãos, como o número de vagens planta⁻¹, o número de grãos vagem⁻¹ e o peso de mil grãos.

Tabela 4. Resumo da análise da variancia para as variáveis repostas. Cachoeira do Sul, 2020.

Fatores	Valor do F calculado					
	Alt.de Plantas (cm)	IAF	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
A	2,31 ^{ns}	10,16*	296,69*	0,32 ^{ns}	14,94*	987,57*
B	61,54*	31,44*	86,44*	0,18 ^{ns}	85,24*	162,79*
C	18,51*	3,22*	2,95 ^{ns}	2,36 ^{ns}	3,25*	4,35*
A*B	1,10 ^{ns}	0,77 ^{ns}	9,60*	0,49 ^{ns}	2,80*	6,58*
A*C	1,67 ^{ns}	4,84*	2,50 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,32*	0,12 ^{ns}
B*C	3,30*	0,55 ^{ns}	3,12*	0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,77*
A*B*C	3,58*	0,89 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Rep.	1,34 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,12 ^{ns}	2,30 ^{ns}
CV (%)	18,28	19,46	18,79	7,55	7,39	10,02

Em que: A = data época 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.

Valores mais elevados para todas as variáveis repostas, com exceção ao número de grãos vagem⁻¹ (valor médio de 2,05), são observados para a semeadura na safra e com a utilização de irrigação suplementar (Tabela 5). A irrigação suplementar incrementou em média de 15 cm na altura de plantas e em 48% no IAF. Segundo Taiz & Zeiger (2013), o processo mais afetado pela deficiência hídrica é a expansão celular e, conseqüentemente, o decréscimo da área foliar. A cultivar BMX GARRA apresentou maior altura de plantas e IAF comparada as outras duas cultivares (Tabela 6), o que pode estar relacionado ao seu maior GMR e maior duração do subperíodo vegetativo (Tabela 2). Essa cultivar, se sobressaiu em resposta a irrigação suplementar com incrementos no IAF e altura de plantas (Tabela 6).

Tabela 5. Resultado da altura de plantas, do IAF, do número de vagens planta⁻¹, do número de grãos vagem⁻¹, do PMG e da produtividade da soja, com e sem irrigação suplementar na safra e safrinha 2019-20. Cachoeira do Sul, 2020.

Regime hídrico	Safra		Safrinha	
	Altura de plantas (cm)			
Irigado	43,3	aA	38,3	Aa
Sequeiro	26,0	bA	25,1	Ba
	IAF			
Irigado	5,6	aA	4,5	Ab
Sequeiro	3,5	bA	1,7	aB
	Vagens planta ⁻¹			
Irigado	118,3	aA	46,0	aB
Sequeiro	74,2	bA	23,9	bB
	Grãos vagem ⁻¹			
Irigado	2,1	aA	2,1	aA
Sequeiro	2,0	aA	2,0	aA
	PMG (g)			
Irigado	187,5	aA	179,7	aB
Sequeiro	160,5	bA	140,8	bB
	Produtividade (kg ha ⁻¹)			
Irigado	4309,3	aA	2063,8	aB
Sequeiro	3516,2	bA	871,4	bB

Fonte: Autor.

O adequado suprimento hídrico às plantas irrigadas proporcionou em média 33 vagens a mais planta⁻¹, um PMG mais elevado em 32 g, resultando em acréscimo médio de 992,7 kg ha⁻¹ (38%) na produtividade de grãos (Tabela 5). 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. Pedrotti (2014) avaliando melhores épocas de semeadura para soja e milho, em que as culturas expressem seu máximo potencial, tanto sob irrigação e sequeiro, obtiveram um incremento médio de produtividade para a soja irrigada de 14%.

O componente de rendimento que sofreu maior impacto do déficit hídrico, evidenciado no período reprodutivo tanto para a safra como para a safrinha (Figura 2), é o número de vagens planta⁻¹ (Tabela 5). Segundo EMBRAPA (2007), o período que a soja mais necessita de água é na floração-enchimento de grãos, 7 a 8 mm dia⁻¹. Déficits hídricos nessas fases podem acarretar problemas para a cultura como queda e abortamento de flores, diminuição do número de vagens, vagens vazias, tendo como consequência uma redução na produtividade (STRECK, 2004, SINCLAIR et al., 2007; JALEEL et al., 2009).

Observa-se (Tabela 6) que as cultivares BMX GARRA e BMX RAIIO apresentaram maior número de vagens planta⁻¹ que a cultivar ND 5445 sob a utilização de irrigação suplementar. Todavia, não há diferenças entre as cultivares irrigadas para o PMG e produtividade. Enquanto, na área de sequeiro as cultivares BMX GARRA e BMX RAIIO apresentaram maior PMG (8,6 g) e produtividade (340 kg ha⁻¹) que a cultivar ND 5445.

O IAF foi reduzido com a semeadura na safrinha (Tabelas 5). Mas, essa redução foi observada apenas para a cultivar BMX GARRA (Tabela 7). Essa cultivar apresentou maior altura de plantas que as demais na safra e na safrinha e maior IAF na safra (Tabela 7). Zanon et al. (2018), afirma que para atingir altas produtividades é necessário um IAF maior que 6,3.

A semeadura na safrinha reduziu a produtividade média da soja irrigada em 52% e de sequeiro em 75% (Tabela 5). De acordo com Barni & Bergamaschi (1981); Nakagawa et al. (1983); Rocha et al. (1996) e Peixoto et al. (2000), a época de semeadura é a prática cultural isolada que mais influência no desenvolvimento e produtividade dos grãos de soja.

Na semeadura de safrinha a menor disponibilidade radiação solar (Figura 1) passa a ser um fator limitante as altas produtividades. Para Zanon et al. (2018) com a adequação da época de semeadura, é possível ajustar o período crítico da cultura (reprodutivo) ao período de maior radiação solar disponível e, assim, aumentar o potencial de produtividade.

Tabela 6. Resultado da altura de plantas, do IAF, do número de vagens planta⁻¹, do número de grãos vagem⁻¹, do PMG e da produtividade da soja, para três cultivares de soja (BMX GARRA, ND 5445 e BMX RAIIO) com e sem irrigação suplementar. Cachoeira do Sul, 2020.

Regime hídrico	Cultivares					
	BMX GARRA		ND 5445		BMX RAIIO	
	Altura de plantas (cm)					
Irigado	51,8	aA	31,5	aB	39,3	aB
Sequeiro	29,6	bA	20,9	bA	26,3	bA
	IAF					
Irigado	6,0	aA	4,9	aB	4,3	aB
Sequeiro	3,2	bA	2,2	bB	2,5	bB
	Vagens planta ⁻¹					
Irigado	92,6	aAa	71,3	Ab	82,7	aAB
Sequeiro	49,6	bA	46,8	bA	47,8	bA
	Grãos vagem ⁻¹					
Irigado	2,1	aA	2,1	aA	2,0	aA
Sequeiro	2,1	aA	2,1	aA	2,0	aA
	PMG (g)					

Irrigado	188,9	aA	179,2	aA	182,6	aA
Sequeiro	157,2	bA	144,9	bB	149,8	bAB
Produtividade (kg ha ⁻¹)						
Irrigado	3263,1	aA	3096,8	aA	3199,9	aA
Sequeiro	2338,4	bA	1967,0	bB	2275,8	bAB

Fonte: Autor.

Os impactos negativos nos componentes diretos de rendimento com a semeadura tardia (Tabela 5) são na redução média de 61 vagens planta⁻¹ e de 13 g no PMG, resultando em baixa produtividade, sobretudo na área de sequeiro (>9000 kg ha⁻¹). As maiores reduções no número de vagens planta⁻¹ (>60 vagens) são para as cultivares BMX RAI0 e ND 5445. Enquanto, as maiores reduções no PMG (>20 g) com a semeadura tardia foi para a cultivar BMX GARRA, resultando em produtividade muito similar entre as cultivares, média de 1467 kg ha⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 7. Resultado da altura de plantas, do IAF, do número de vagens planta⁻¹, do número de grãos vagem⁻¹, do PMG e da produtividade da soja, para três cultivares de soja (BMX GARRA, ND 5445 e BMX RAI0) na safra e safrinha 2019-20. Cachoeira do Sul, 2020.

Data de semeadura	Cultivares					
	BMX GARRA	ND 5445	BMX RAI0			
	Altura de plantas (cm)					
Safra	44,50	aA	26,75	aB	33,81	aB
Safrinha	36,81	bA	26,62	aB	31,75	aB
	IAF					
Safra	6,3	aA	3,7	aB	3,7	aB
Safrinha	3,5	bA	3,4	aA	3,1	aA
	Vagens planta ⁻¹					
Safra	96,4	aA	92,4	aA	100,0	aA
Safrinha	45,8	bA	28,7	bB	30,4	bB
	Grãos vagem ⁻¹					
Safra	2,2	aA	2,1	aA	2,1	aA
Safrinha	2,0	bA	2,1	aA	2,0	aA
	PMG (g)					
Safra	183,7	aA	168,6	aB	169,8	aAB
Safrinha	162,5	bA	155,5	bA	162,7	bA
	Produtividade (kg ha ⁻¹)					
Safra	4008,8	aA	3742,0	aA	3987,5	aA
Safrinha	1592,6	bA	1322,0	bA	1488,2	bA

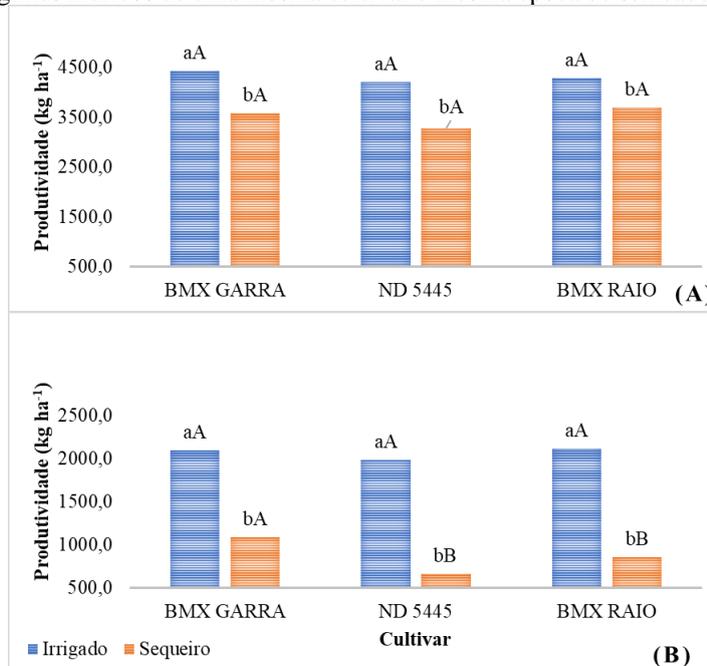
Fonte: Autor.

A produtividade média da soja irrigada foi de 4309,3 kg ha⁻¹ e de 2063,8 kg ha⁻¹ na safra e safrinha, respectivamente, notando-se poucas diferenças entre cultivares quando se trabalha com a suplementação hídrica (Figura 3). Essa pequena variação na produtividade entre as cultivares, também, ocorreu para o regime hídrico de sequeiro em que a produtividade média foi de 3516 kg ha⁻¹. Valores estes superiores à média do município de Cachoeira do Sul de 1.560 kg ha⁻¹ (EMATER/RS-ASCAR, 2020). Sentelhas et al. (2015), em Cruz Alta – RS, obteve produtividade da soja entre 2800 a 3050 kg ha⁻¹, causado, principalmente, por déficit hídrico ocorrido durante a fase de enchimento de grãos.

Entretanto, para a semeadura de safrinha no regime hídrico de sequeiro, nota-se uma redução em torno de 300 kg ha⁻¹ na produtividade das cultivares 5445 e BMX RAI0 em comparação a cultivar BMX GARRA (Figura 3), que pode estar associada a sua maior capacidade de recuperação ao déficit hídrico no período vegetativo, por ter um subperíodo vegetativo um pouco maior em função do GMR (Tabela 2) e, por sofrer menor impacto do déficit hídrico na fase reprodutiva no número de vagens planta⁻¹ (Tabela 7).

A produtividade média das cultivares estudadas foi incrementada de 3516,2 kg ha⁻¹ para 4309,3 kg ha⁻¹ com a irrigação suplementar. Zhang et al. (2018) no Mississippi, observaram produtividade da soja de sequeiro variando de 2170 a 4696 kg ha⁻¹ em três diferentes tipos de solo, enquanto em um ano chuvoso, nas mesmas áreas, as produtividades se elevaram entre 4575 e 4643 kg ha⁻¹.

Figura 3. Produtividade de três cultivares de soja em regime hídrico de sequeiro e irrigado, na safra (A) e safrinha (B) 2019-20. Em que: letras maiúsculas comparam as cultivares para uma mesma época de semeadura e mesmo regime hídrico e letras minúsculas comparam os regimes hídricos de uma mesma cultivar e mesma época de semeadura. Cachoeira do Sul, 2020.



Fonte: Autor.

O maior incremento na produtividade da soja ($1192,4 \text{ kg ha}^{-1}$) pela irrigação suplementar na safrinha, pode ser atribuído a maior severidade do déficit hídrico ao longo do ciclo da cultura para essa data de semeadura em comparação a semeadura na safra (Figura 2 e Tabela 3). Segundo Gajić et al. (2018) a irrigação é necessária para o cultivo da soja em anos semissecos e secos, quando as chuvas sazonais são inferiores a 300 mm. Em anos úmidos, com quantidade e distribuição de chuvas favorável durante o ciclo de desenvolvimento, as produtividades são semelhantes as obtidas com irrigação.

4 CONCLUSÃO

Para as condições edafoclimáticas de Cachoeira do Sul, no agrícola de 2019-20, foi necessária à de irrigação suplementar para manter o adequado suprimento hídrico à cultura da soja, demandando durante o ciclo de desenvolvimento valores acumulados de 152 mm para a semeadura na safra e de 181 mm para a semeadura na safrinha.

A produtividade média das cultivares de soja (BMX GARRA, ND 5445 e BMX RAIIO) foi incrementada com a irrigação suplementar de $3516,2 \text{ kg ha}^{-1}$ para $4309,3 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra e de $871,4 \text{ kg ha}^{-1}$ para $2063,8 \text{ kg ha}^{-1}$ na safrinha. A semeadura na safrinha impactou negativamente nos componentes de rendimento, reduzindo a produtividade média da soja irrigada em 52% e de sequeiro em 75%.

Diferença na produtividade entre as cultivares BMX GARRA, ND 5445 e BMX RAIIO foi observada apenas para a semeadura de safrinha no regime hídrico de sequeiro, em que a cultivar BMX GARRA se sobressaiu em torno de 300 kg ha^{-1} a mais em relação as outras duas cultivares.

REFÊRENCIAS

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.

A 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.

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.; GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos de soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 5, p. 695-702, 1992.

BRACCINI, A. L.; MOTTA, I.S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; ÁVILA, M.R.; MESCHEDE, 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.

CONAB. **Décimo primeiro levantamento safra 2019/20**. N. 11 - V. 7, 2020. Disponível in: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 set. 2020.

CONAB. **Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil 2019**. Disponível in: https://www.google.com/search?q=conab+calendario+de+semadura+soja&rlz=1C1JZAP_ptBRBR860BR860&oq=conab+calendario+de+semadura+soja&aqs=chrome..69i57j69i64.7555j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8Acesso em: 06 set. 2020.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua em rendimento de los cultivos**. Campina Grande: UFPB, 1994. (FAO, Estudos de irrigação e drenagem, 33).

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ecofisiologia da soja**. Circular Técnica, Paraná, p.9, ISSN 1516-7860, 2007.

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

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.

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.

GRASSINI, P.; TORRION, J.A.; YANG, H.S.; REES, J.; ANDERSEN, D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, Elsevier, v.179, p.150-163, 2015.

HEINEMANN, A. B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; SOUZA, T. L. P. O.; DIDONET, A. D.; DI STEFANO, J. G.; BOOTE, K. J.; JARVIS, A. Drought impact on rainfed common bean production areas in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, Elsevier, v. 225, p. 57–74, 2016.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H. J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture & Biology**, Faisalabad, v. 11, n. 1, p. 100-105, 2009

NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, A. C. Contribuição relativa dos componentes do crescimento para produção de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 269-274, 2002.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; C, A. Rendimento de grãos de soja e de milho, no Rio Grande do Sul, não difere entre eventos El Niño Oscilação Sul. **Revista Agrometeoros**, v.26, n.1, p.123-129, 2018.

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.

MELLO, E. S.; BRUM, A.L. A cadeia produtiva da soja e alguns reflexos no desenvolvimento regional do Rio Grande Do Sul. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p.74734-74750, oct. 2020

MONTOYA, F. C.; PINTOS, F.; OTERO, A. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions. **Agricultural Water Management**, Elsevier, v.193, p.30–45, 2017.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; AMARAL, W.A.N.; MACHADO, J.R. Produção e qualidade de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.95-101, 1994.

PEDROTTI, M. C. **Produtividade de soja e milho em função da época de semeadura sob irrigação e sequeiro**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M. de S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: componentes da produção e rendimento de grãos. v. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, p.47-61, 2000.

RIBEIRO, L. M.; CECCON, G.; MECCHI, I. A.; SANTOS, A. L. F.; FACHINELLI, R.; MAKINO, P. A. Produtividade da soja em sucessão a cultivos de outono-inverno. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 40, p. 120-131. 2018. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/5379/4373>>. doi: 10.30612/agrarian.v11i40.5379. Acesso em: 29 set. 2020.

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.

SENTELHAS, P. C et al. . The Soybean Yield Gap in Brazil - Magnitude, Causes and Possible Solutions for a Sustainable Production. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

SINCLAIR, T.R.; PURCELL, L.C.; KING, C.A.; SNELLER, C.H.; CHEN, P.; VADEZ, V. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. **Field Crops Research**, Elsevier, v.101, p.68-71, 2007

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.

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. ISBN: 978-85-54856-14-4. 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.