

PRODUTIVIDADE DA SOJA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DA SEMEADURA E DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA REGIÃO CENTRAL DO RS

ZANANDRA BOFF DE OLIVEIRA¹, ALBERTO EDUARDO KNIES², LARRISSA RIBEIRO RODRIGUES¹, DIOGO ANDRÉ SCHMIDT¹, ALEXANDRE GONÇALVES KURY¹

¹ 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, zanandra.oliveira@ufsm.br; larrissarodriguesmtm@gmail.com; diogoschmidt443@gmail.com; alexandregkury96@gmail.com.

² 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, albertoek@gmail.com.

1 RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar a produtividade da soja em função da época de semeadura e da irrigação suplementar para as condições edafoclimáticas da região central do RS. O experimento de campo foi instalado na Estação Agrônômica da Uergs em Cachoeira do Sul-RS. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, no esquema fatorial (4x2). O fator "A" constituiu de quatro épocas de semeadura da soja: 23/10/19 (Época 1), 19/11/19 (Época 2), 19 /12/ 19 (Época 3), 16/1/20 (Época 4). O fator "D" constitui de dois regimes hídricos: irrigado e não irrigado (sequeiro). A cultivar utilizada foi a BMX Garra. A produtividade da soja irrigada foi superior a 4200 kg ha⁻¹ para épocas de semeadura entre outubro e dezembro, com produtividade máxima de 4563,83 kg ha⁻¹ para a semeadura em novembro, apresentando redução de 60% na semeadura em janeiro. A soja de sequeiro foi mais influenciada pela época de semeadura, apresentando produtividade máxima de 3587,28 kg ha⁻¹ para semeadura em outubro com uma redução de aproximadamente 30 kg ha⁻¹dia⁻¹ com o atraso da semeadura, chegando a 67% de redução na produtividade com semeadura de safrinha (janeiro).

Palavras-chave: déficit hídrico, rendimento de grãos, *Glycine max*.

OLIVEIRA, Z.B.; KNIES, A.E.; RODRIGUES, L.R.; SCHMIDT, D.A.; KURY, A.E
SOYBEAN PRODUCTION DURING THE SEEDING TIME AND
SUPPLEMENTARY IRRIGATION IN THE CENTRAL REGION OF RS

2 ABSTRACT

This study aims to evaluate soybean productivity as a function of sowing time and supplementary irrigation under edaphoclimatic conditions in the central region of the RS. The field experiment was conducted at the Uergs Agronomic Station in Cachoeira do Sul-RS. The experimental design was a randomized block with subdivided plots, in the factorial scheme (4x2). The "A" factor constituted the four soybean sowing seasons: 23/10/19 (Season 1), 19/11/19 (Season 2), 19/12/19 (Season 3), 1/16/20 (Season 4). The "D" factor consists of two water regimes: irrigated and non-irrigated (rainfed). A cultivar used for BMX Garra. The

productivity of irrigated soybeans was greater than 4200 kg ha⁻¹ for sowing times between October and December, with a maximum productivity of 4563.83 kg ha⁻¹ for sowing in November, a reduction of 60% in sowing in January. The rainfed soybean was more influenced by the sowing time, the maximum productivity increased from 3587.28 kg ha⁻¹ for sowing in October with a reduction of approximately 30 kg ha⁻¹ day⁻¹ with the sowing delay, reaching 67% reduction in productivity with safrinha sowing (January).

Keywords: water déficit, grain yield, *Glycine max.*

3 INTRODUÇÃO

A soja é a principal fonte de renda do Brasil (segundo maior produtor mundial) e dos produtores rurais. A receita proveniente das exportações do complexo agroindustrial brasileiro de soja representa cerca de 8% do total exportado pelo País (AGNOL et al., 2020). A produção brasileira na safra de 2019-20 foi estimada em 120,9 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020a).

No Rio Grande do Sul a soja é a principal cultura de verão, na safra 2019-2020 foi implantada em 5.964.516 ha conforme levantamento da Emater/RS-Ascar (2020). Contudo, a estiagem desde o início de dezembro de 2019 que se prolongou ao até fevereiro de 2020, reduziu a produtividade das lavouras (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020b). Segundo a Emater/RS-Ascar (2020), no município de Cachoeira do Sul, segundo maior produtor do grão no RS com 105.000 ha cultivadas, a produtividade média da soja foi de 1.560 kg ha⁻¹, com estimativa de perdas médias de produtividade em função do déficit hídrico de 55%.

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; ZANON; STRECK.; GRASSINI, P, 2016). Entretanto, mesmo com os conhecidos prejuízos do déficit hídrico para a produtividade da soja (SENTELHAS et al., 2015, ZANON et al., 2018), a maioria das

áreas cultivadas com soja no RS são no regime de sequeiro (SENTELHAS et al., 2015), com impressiva utilização da irrigação em áreas de coxilha.

A escolha da época de semeadura baseada na compreensão dos padrões meteorológicos que explicam a variabilidade das chuvas em determinado local, é uma das formas de minimizar os efeitos do clima na produtividade das culturas agrícolas (ZANON; STRECK; GRASSINI, 2016; ZANON et al., 2018). A época de semeadura é um dos fatores de manejo mais importantes para a produtividade das culturas agrícolas, pois em função dela vai depender as relações hídricas da cultura, a temperatura, o fotoperíodo e a radiação solar disponíveis às plantas (POPP et al., 2002; SUBEDI; WALSH; OWENS, 2007).

A necessidade hídrica da soja varia entre 450 a 850 mm dependendo do clima e da duração do ciclo de desenvolvimento (DOORENBOS; KASSAN, 1994; REICHARDT, 1987). De acordo com Zanon *et al.* (2018), para altas produtividades (>5.000 kg ha⁻¹) são necessários aproximadamente 800 mm de água ao longo do ciclo da cultura. Nesse sentido, a irrigação suplementar é uma estratégia que pode ser adotada para suprir a demanda hídrica da cultura que não é totalmente atendida pelas chuvas e que pode contribuir para o aumento da produtividade da soja.

Matzenauer.; Barni; Maluf (2003), afirma que a irrigação suplementar, o escalonamento da semeadura e a utilização de cultivares de distintos grupos de maturação podem reduzir os riscos causados

pela deficiência hídrica. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a produtividade da soja em função da época de semeadura e da irrigação suplementar para as condições edafoclimáticas da região central do RS.

4 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 (4x2). O fator "A" constituiu de quatro épocas de semeadura da soja: 23 de outubro de 2019 (Época 1), 19 de

novembro de 2019 (Época 2), 19 de dezembro de 2019 (Época 3), 16 de janeiro de 2020 (Época 4). O fator "D" constitui de dois regimes hídricos: irrigado e não irrigado (sequeiro). A cultivar utilizada foi a cultivar BMX Garra (Grupo de maturidade relativa 6.3), semeada 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.

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

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

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, administrada pelo Irriga Global, que disponibilizou esses dados. 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. Utilizou-se a escala fenológica indicada pela Embrapa (2007). 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: teste “Tukey” (fator regime hídrico) e análise de regressão (fator época de semeadura), em nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o software Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do ar foi máxima de 38°C no mês de janeiro (mês mais quente) e mínima de 8°C no mês de abril, em que acontece a redução da temperatura em função das características climáticas do outono. A soja se adapta melhor às regiões onde as temperaturas oscilam entre 20°C e 30°C sendo que a temperatura ideal para seu desenvolvimento está em torno de 30°C (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2020). A radiação solar é crescente de outubro até dezembro em começa a reduzir (Figura 1). A disponibilidade de radiação solar para a cultura da soja, está relacionada com a fotossíntese, alongação da haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e fixação biológica (CÂMARA, 2000).

A duração do ciclo de desenvolvimento (semeadura a colheita) foi de 153, 126, 119 e 99 dias para as Épocas 1, 2, 3 e 4, respectivamente. O encurtamento do ciclo com o atraso da semeadura corrobora com os resultados de Zanon (2015). A temperatura e o fotoperíodo influenciam a duração das fases e do ciclo de desenvolvimento da soja (KANTOLIC, 2008), variações nos subperíodos de desenvolvimento e na duração do ciclo também ocorrem em função do genótipo (SETIYONO et al., 2007).

O balanço hídrico da cultura (Figura 2) demonstra uma melhor distribuição das chuvas ao longo do ciclo nas Épocas 1 e 2, contribuindo para a manutenção da umidade do solo mais elevada. Para a Épocas 3 as chuvas formam bem distribuída na fase inicial e de rápido crescimento, havendo uma redução bem considerável na quantidade e distribuição na fase reprodutiva da cultura.

Na época 4, houve poucos dias de chuvas, com predominância na fase de rápido crescimento e início da fase reprodutiva. Os períodos de florescimento (particularmente a última parte do período

de florescimento) e o período de desenvolvimento da vagem são os mais

sensíveis ao déficit hídrico (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

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

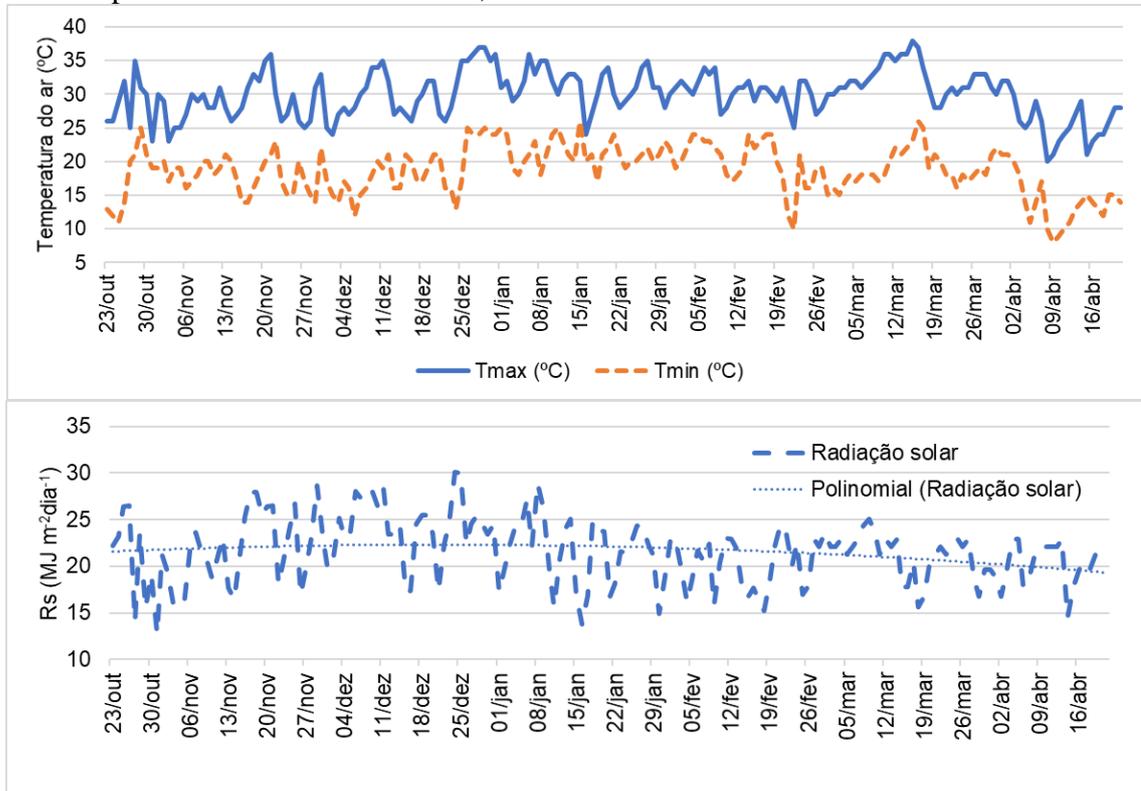
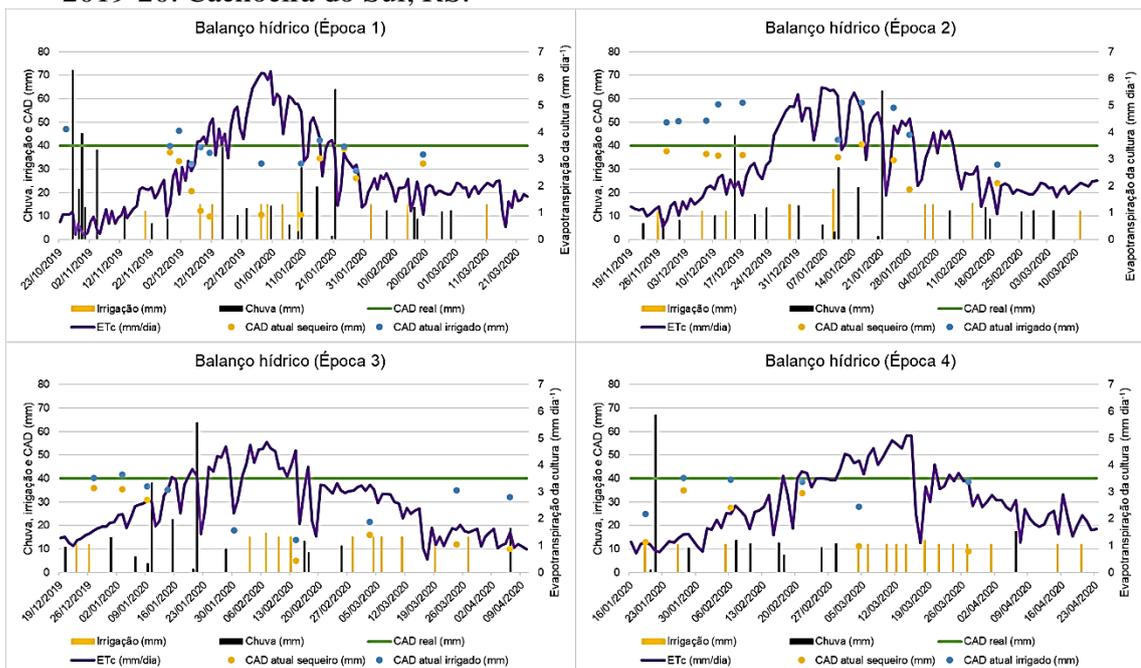


Figura 2. Balanço hídrico para a cultura da soja em quatro épocas de semeadura no agrícola 2019-20. Cachoeira do Sul, RS.



O ano agrícola de 2019-20 caracterizou-se por baixos valores acumulados de chuvas, sendo estes abaixo do normal climatológica para Cachoeira do Sul (Tabela 1). Segundo os dados da normal climatológica 1961-1990 para o período de outubro a março em que a cultura da soja está à campo, os valores acumulados de chuvas são de 710,6 mm. Nota-se (Tabela 2) que o somatório da chuvas durante o ciclo foi inferior a demanda hídrica da cultura, com exceção na Época 1, que a chuva acumulada foi maior que a ETc acumulada. Ainda assim, ocorreu distribuição irregular das chuvas (Figura 2), ocasionando redução

no armazenamento de água no solo na fase reprodutiva. Para as épocas de semeadura 3 e 4, a irrigação suplementar supriu praticamente toda a demanda hídrica da cultura na fase reprodutiva, estendendo-se até o final do ciclo (Figura 2). Gajić et al. (2018) afirmam que 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 a estação de crescimento, os rendimentos são semelhantes aos obtidos com irrigação.

Tabela 2. Componentes do balanço hídrico da cultura da soja em quatro épocas de semeadura no agrícola 2019-20. Cachoeira do Sul, RS.

Parâmetros do balanço hídrico	Época 1	Época 2	Época 3	Época 4
ETc acumulada (mm)	380,7	324,6	283,0	256,0
Chuva acumulada (mm)	484,8	312,9	222,0	115,0
Irrigações acumuladas (mm)	152,0	129,0	175,0	181,0

As condições ambientais relacionadas as épocas de semeadura (disponibilidade de radiação solar, temperatura, fotoperíodo e distribuição de chuvas) e o regime hídrico adotado (irrigado ou sequeiro), impactaram em parâmetros de crescimento das plantas (IAF e altura), nos componentes de rendimento e na

produtividade da soja. Há diferenças entre as épocas de semeadura para todas as variáveis repostas analisadas. O regime hídrico só não influenciou no número de grãos vagem⁻¹. A interação entre os fatores existe para altura de plantas, vagens planta⁻¹ e produtividade (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise da variância para as variáveis respostas. Cachoeira do Sul, RS.

	Valor do F calculado					
	Alt.de Plantas (cm)	IAF	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
A	82,41*	28,40*	42,39*	18,21*	7,47*	97,85*
D	112,54*	28,12*	51,87*	3,66 ^{ns}	59,67*	183,73*
A x D	4,12*	0,95 ^{ns}	12,96*	0,91 ^{ns}	1,68 ^{ns}	15,99*
Repetição	2,27 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,27 ^{ns}
CV (%)	12,89	25,46	14,00	4,58	8,52	10,36

Em que: A = fator época de semeadura; D = fator regime hídrico; 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.

A irrigação proporcionou incrementos médios de 42 e 39% no IAF e

na altura de plantas, respectivamente (Tabela 4). De acordo com Taiz e Zeige (2013) uma das primeiras respostas ao estresse hídrico é a redução do crescimento, explicando os menores valores de IAF e altura de plantas na área de sequeiro. Zhu et al. (2019) verificaram que a área foliar da soja aumenta significativamente com irrigação de até 400 mm.

Zanon et al. (2018), afirma que para atingir altas produtividades é necessário um IAF maior que 6,3. Esse valor foi superado nas plantas irrigadas (Época 1, Época 2 e Época 3), enquanto nas plantas de sequeiro o IAF foi superior a 6,3 apenas na Época 2. O estresse causado por deficiência de água determina a presença de plantas pouco desenvolvidas, de pequena estatura, com folhas pequenas e entrenós curtos (FARIAS, NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2020).

Os resultados mais elevados de IAF e a altura de plantas nas Época 2 e 3 (Figura 3) podem ser explicados pelo maior acúmulo térmico na fase inicial da cultura (primeiros 30 dias), pela maior disponibilidade de radiação solar (Figura 1). Na Época 4, o fator limitante à produção de biomassa passa a ser a radiação solar (Figura 1) e o fotoperíodo. Para a latitude da região o fotoperíodo varia de cerca de 10h em 21 de junho a 14h em 21 de dezembro.

O número de vagens planta⁻¹ e o peso PMG, também foram superiores nas plantas irrigadas em média 28% (23 vagens) e 19% (38 g), respectivamente (Tabela 4). Corrêa 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.

Tabela 4. Resultado do IAF, da altura de plantas, de vagens planta⁻¹, de grãos vagem⁻¹, do PMG e da produtividade da soja irrigada e de sequeiro, para quatro épocas de semeadura. Cachoeira do Sul, RS.

Tratamentos	IAF	Altura de plantas (cm)	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
Ép. 1	Irr.	7,93 a	60,25 a	126,13 a	2,19 ^{ns}	197,87 a	4430,30 a
	Seq.	4,66 b	28,75 b	79,50 b	2,21 ^{ns}	162,06 b	3587,28 b
Ép. 2	Irr.	12,59 a	109,88 a	77,69 a	2,30 ^{ns}	216,49 a	4563,83 a
	Seq.	9,74 b	74,25 b	66,69 b	2,33 ^{ns}	164,78 b	2651,62 b
Ép. 3	Irr.	11,01 a	87,75 a	65,06 a	2,22 ^{ns}	184,70 a	4242,70 a
	Seq.	5,74 b	50,50 b	52,56 b	2,21 ^{ns}	152,83 b	1691,42 b
Ép. 4	Irr.	4,17 a	43,25 a	56,56 a	2,01 ^{ns}	180,02 a	1860,68 a
	Seq.	1,77 b	30,38 b	33,19 b	2,03 ^{ns}	144,94 b	1164,47 b

Em que: números seguidos por letras diferentes na coluna (para uma mesma época) diferem entre si pelo teste de “Tukey” em nível de 5% de significância; ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro; Ép: época de semeadura; Irr: irrigado; Seq: sequeiro; IAF = índice de área foliar; PMG = peso de mil grãos (g).

O número de vagens planta⁻¹ tem uma redução linear na medida que há um retardo na época de semeadura (Figura 3),

associado a redução da disponibilidade hídrica no período reprodutivo da cultura (Figura 2). Déficits hídricos expressivos provocam alterações fisiológicas na planta de soja que em fase de floração podem gerar como consequência a queda prematura de flores ocasionando abortamento de vagens (STRECK, 2004; TAIZ; ZAIGER, 2013).

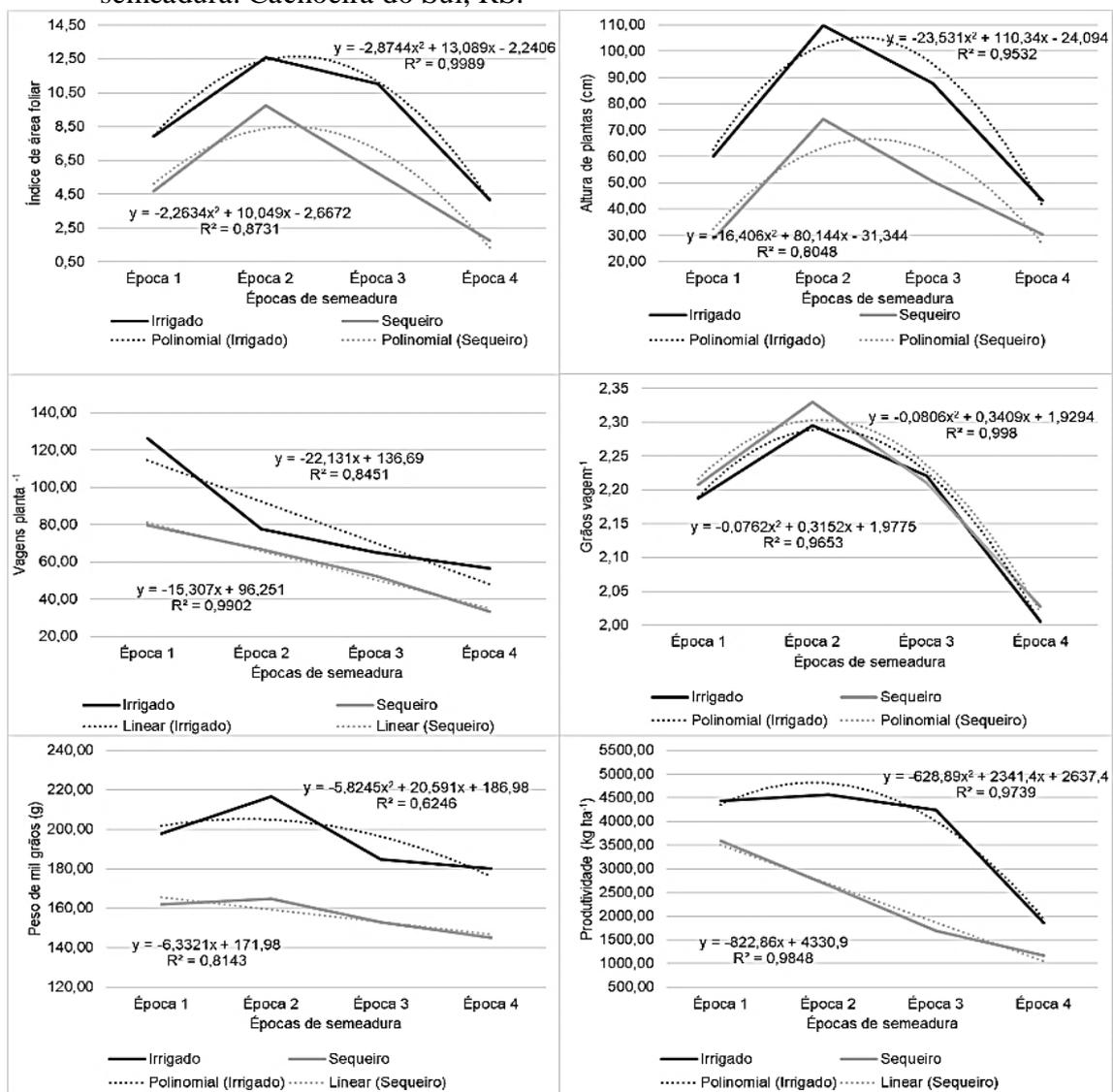
O número de grãos vagem⁻¹ apresentou um ajuste polinomial (irrigado e sequeiro), em que se observa os maiores valores na Época 2, sem influência do regime hídrico (Tabela 4 e Figura 3). O

número de grãos vagem⁻¹, dentre os demais componentes diretos, é o que apresenta menor variação (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

O PMG e a produtividade apresentaram um ajuste linear para a área de sequeiro, com a redução nos valores na medida que atrasa a época de semeadura, associado a menor disponibilidade hídrica na fase reprodutiva, sobretudo nas Épocas 3 e 4 (Figura 2). Para a área irrigada o ajuste é

polinomial, com resultados mais elevados na Época 2 (Figura 3), que pode estar relacionado a maior disponibilidade de radiação solar na fase reprodutiva. De acordo com 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.

Figura 3. Equações de regressão para IAF, altura de plantas, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹, PMG e produtividade da soja irrigada e de sequeiro, para quatro épocas de semeadura. Cachoeira do Sul, RS.



Para a soja de sequeiro houve uma redução de produtividade de 52% da Época

1 para a Época 3 e de 67% da Época 1 para a Época 4 (Tabela 4 e Figura 3). Essa

redução de produtividade foi de aproximadamente 30 kg ha⁻¹dia⁻¹ com o atraso da semeadura. Estudos indicam perdas de produtividade de até 70% em semeaduras de safrinha em comparação a época preferencial (RODRIGUES et al., 2001; BRACCINI et al., 2004; RODRIGUES et al., 2008; STÜLP et al., 2009). Esse resultado demonstra a importância da antecipação da semeadura em áreas de sequeiro para a obtenção de produtividades maiores (Tabela 4).

A produtividade da soja irrigada foi 39% superior à da soja de sequeiro (Tabela 4). Pedrotti (2014) avaliando melhores épocas 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 incremento de produtividade em função da irrigação foi de 843, 1912, 2551 e 696 kg ha⁻¹ para as épocas 1,2,3 e 4, respectivamente. O maior incremento na Época 3 pode ser atribuído a magnitude do déficit hídrico na fase reprodutiva da cultura, que também ocorreu para a Época 4 (Figura 2), impactando negativamente nos componentes de rendimento e na produtividade da soja de sequeiro (Tabela 4). Na safrinha (Época 4), além do déficit hídrico, a radiação solar e o fotoperíodo

também são fatores que limitam a produtividade.

A produtividade da soja irrigada foi menos influenciada pela época de semeadura entre outubro e dezembro (Época 1 a 3), sendo está superior a 4200 kg ha⁻¹ (Tabela 4), com produtividade máxima de 4563,83 kg ha⁻¹ para a semeadura de novembro (Figura 3). Há redução de aproximadamente 60% na produtividade na Época 4 em comparação ao período anterior.

Jaybhay et al. (2019) obtiveram produtividades máximas de 3221 kg ha⁻¹ com irrigações na fase inicial de floração e de enchimento de grãos da soja. Segundo esses autores além do rendimento ideal essa é a estratégia para a obtenção do máximo retorno líquido econômico. 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%.

Assim, baseado nos resultados expostos, é possível fazer a recomendação de data de semeadura (Tabela 5) para a lavoura de soja na região central do RS, para anos agrícolas com expectativas de chuvas abaixo da normal climatológica, como foi o ano agrícola 2019-20.

Tabela 5. Recomendações de data de semeadura e justificativa para tal tomada de decisão baseado nos resultados obtidos neste trabalho. Cachoeira do Sul, RS.

Regime hídrico		
	Sequeiro	Irrigado
Data de semeadura	23 de outubro ou o mais próximo desta data	23 de outubro a 19 de dezembro
Justificativa		
Impactos na produtividade	redução de produtividade de aproximadamente 30 kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ com o atraso da semeadura.	produtividades superiores a 4000 kg ha ⁻¹ , sendo as maiores produtividades com semeaduras próximo a 19 de novembro (maximização da radiação)
Fator ambientais limitantes	água: para todas as épocas de semeadura; radiação solar: semeadura tardia.	radiação solar: semeadura tardia.

6 CONCLUSÕES

Na região central do RS, o ano agrícola de 2019-20 caracterizou-se pela baixa quantidade e distribuição irregular das chuvas, demandando entre 150 e 180 mm de irrigação suplementar, para suprir a demanda hídrica da cultura e manter o armazenamento de água no solo em níveis desejados, em função da época da semeadura adotada.

A produtividade da soja irrigada foi superior a 4200 kg ha⁻¹ para épocas de semeadura entre outubro e dezembro, com

produtividade máxima de 4563,83 kg ha⁻¹ para a semeadura de novembro, apresentando redução de 60% na semeadura em janeiro.

A soja de sequeiro foi mais influenciada pela época de semeadura, apresentando produtividade máxima de 3587,28 kg ha⁻¹ para semeadura em outubro com uma redução de aproximadamente 30 kg ha⁻¹dia⁻¹ com o atraso da semeadura, chegando a 67% de redução na produtividade com semeadura de safrinha (janeiro).

7 REFÊRENCIAS

AGNOL, A. D.; OLIVEIRA, A. B.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. Importância socioeconômica da soja. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica-da-soja>. Acesso em: 02 set. 2020.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 06 set. 2020.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Serra Talhada, v. 7, n. 1, p. 119-125, 1999.

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

CÂMARA, G. M. S. **Soja: Tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000.

CORRÊA, M. F; NAVROSKI. R.; SCHUCH, L.O.B.; VENETTI JUNIOR, F.J.; ALMEIDA, T.L.; RODRIGUES, H.C.; NADAL, A.P.; GADOTTI, G.I. Efeito da irrigação por aspersão no rendimento e potencial fisiológico das sementes de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 4, p. 482-488, 2019.

ZHU, B.; CHUNFENG, Z.; JIA, A.; MENG, Q.; WANG, N; KUANG, E.; ZHANG, L.; SHEN, X, GAO, X. Effects of drip irrigation on spring soybean (*Glycine Max* L.Merr) growth and soil physical indexes of Heilongjiang province of China. **Bangladesh Journal Botany**, Bangladesh, v. 48, n. 1, p. 95-103, 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 7, n. 11, p.0-63, ago. 2020a. Safra 2019/20, Décimo primeiro levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 set. 2020a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF, v. 7, n. 6, p. 1-63, mar. 2020b. Safra 2019/20, Sexto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 set. 2020.

EMATER/RS-ASCAR. **Informativo conjuntural**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, abr. 2020. ano 31, n. 1600. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/conjuntural/conj_02042020.pdf. Acesso em: 06 set. 2020.

EMBRAPA. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa, 2007. (Circular Técnica, 48).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A. L; NEUMAIER, N. **Árvore do conhecimento soja**. Londrina. EMBRAPA, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja>. Acesso em: 02 set. 2020.

GAJIĆ, B.; KRESOVIĆ, B. TAPANAROVA, A.; ŽIVOTIĆ, L.; TODORVIĆ, 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, p. 224-23, 2018.

JAYBHAY, S. A.; VARGHESE, P.; TAWARE, S.P.; IDHOL, B. Response of Soybean [*Glycine max* (L.)Merrill] to Irrigation at Different Growth Stages. **Agricultural Science Digest**, A Research Journal ER v. 39, p.132-135, 2019.

KANTOLIC, A. G. Control ambiental y genético de la fenología del cultivo de soja: impactos sobre elrendimiento y laadaptación de genótipos. **Revista da Facultad de Agronomía UBA**, Buenos Aires, v. 28, n. 1, p. 63-88, 2008.

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.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

PEDROTTI, M. C. **Produtividade de soja e milho em função da época de semeadura sob irrigação e sequeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2014.

POPP, M. O.; KEISLING, T.C.; MCNEW, R.W; OLIVER, L.R.; DILLON, C.R.; WALLACE, D.M. Planting date, cultivar, and tillage system effects on dryland soybean production. **Agronomy Journal**, American Society of Agronomy - EUA, v. 94, n. 1, p. 81-88, 2002.

REICHARDT, K. **A água nos sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.

RICHTER, G. L; ZANON, A.J.; STRECK, N.A.; GUEDES, J.V.C.; KRÄULICH, B.; ROCHA, T.S.M.; WINCK, J.E.M.; CERA, J.C. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 416-425, 2014.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F. **Rendimento de grãos de soja em resposta a época de semeadura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. (Comunicado Online, 65).

RODRIGUES, O.; TEXEIRA, M.C.C.; LHAMBY, J.C.B.; BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F **Rendimentos de grãos de soja em semeadura tardia**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 66).

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil - magnitude, causes and possible solutions for a sustainable production. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 153, n.8, p. 1394-1411, 2015.

SETIYONO, T. D.; WEISS, A.; SPECHT, J.; BASTIDAS, A.M.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, Elsevier, v. 100, n. 2-3, p. 257-271, 2007.

STRECK, N. A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 581-584, 2004.

STÜLP, M.; BRACCINI, A.L.; ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.Z.; SCAPIM, C.A.; SCHUSTER, I. Desempenho agronômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n.5, p. 1240-1248, 2009.

SUBEDI, P. P.; WALSH, K. B.; OWENS, G. Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. **Postharvest Biology and Technology**, Elsevier, v. 43, n. 3, p. 326-334, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artemed, 2013.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.O; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.O; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, Â. P; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 279-290, 2015.

ZANON, A.J.; SILVA, M.R. ; TAGLIAPIETRA, E.L. ; CERA, J.C. ; BEXAIRA, K.P.; RICHTER, G.L. ; DUARTE, A.J. ; ROCHA, T.S.M.; WEBER, P.S.; STRECK, N.A. **Ecofisiologia da soja** - Visando altas produtividades. 1. ed. Santa Maria: Palloti/SM, 2018.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, American Society of Agronomy - EUA, v. 108, n. 4, p. 1447-1454, 2016.