

Efeito do sistema de cultivo e arranjo de plantas de soja sobre a produtividade de cultivar adaptada ao ambiente de Terras Baixas de clima temperado**Effect of the cultivation system and spatial arrangement of soybean plants on the productivity of cultivar adapted to the environment of lowland areas**

DOI: 10.34188/bjaerv3n3-165

Recebimento dos originais: 20/05/2020

Aceitação para publicação: 20/06/2020

Lília Sichmann Heiffig del Aguila

Doutora em Fitotecnia / Pós Doutora em Agronomia pela ESALQ / USP

Instituição: Embrapa Clima Temperado

Endereço: Rua Sadi Escouto Leal, 564 - Bairro Lindóia, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: lilia.sichmann@embrapa.br

Vagner Scouto da Costa

Graduando em Agronomia na FAEM/UFPeI

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Rua Marcílio Dias, 325 - B. Três Vendas, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: scoutovsc@gmail.com

Shamily Rodrigues Vasques

Estudante do Curso Técnico em Agropecuária no IFSul/CAVG

Instituição: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense / Campus Visconde da Graça

Endereço: Loteamento Olaria, Rua 3, 109 - Jd. América, Capão do Leão - RS, Brasil

E-mail: shamilyvasques9@gmail.com

Sabrina Moncks da Silva

Graduanda em Agronomia na FAEM/UFPeI

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Avenida Duque de Caxias, 336 - Bairro Fragata, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: sabrinamoncks@hotmail.com

Paola Acosta Vieira

Graduanda em Ciências e Tecnologia de Alimentos na FAEM/UFPeI

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Rua Marcos Costa, 255, Bl. 5, Apto. 318 - Bairro Fragata, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: pacostavieira@gmail.com

Camila Sinnemann

Graduanda em Agronomia na FAEM/UFPeI

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Avenida Duque de Caxias, 336 - Bairro Fragata, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: sinnemann08@outlook.com

Alexssandra Dayane Soares de Campos

Graduanda em Agronomia na FAEM/UFPel

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Rua General Neto, 1840 - Bairro Centro, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: alexssandradsdecampos@gmail.com

Amanda Fiss Ávila

Técnica em Agropecuária pelo IFSul/CAVG

Instituição: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense / Campus Visconde da Graça

Endereço: Rua Edgard Vinhas de Campos, 2827 - B. Arco-Íris, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: amandafiss2000@gmail.com

Thalia Martins Leite

Estudante do Curso Técnico em Agropecuária no IFSul/CAVG

Instituição: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense / Campus Visconde da Graça

Endereço: Rua Epitácio Pessoa, 1181 - Bairro Fragata, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: lyamleite@hotmail.com

Vanessa de Avila Soares

Técnica em Agropecuária pelo IFSul/CAVG

Instituição: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense / Campus Visconde da Graça

Endereço: Rua Cidinei Alves Dias, 246 - Bairro Bom Jesus, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: vanessa.asoares30@gmail.com

Ana Carolina de Oliveira Alves

Graduanda em Agronomia na FAEM/UFPel

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Avenida Duque de Caxias, 149 - Bairro Fragata, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: aco.alves@outlook.com

Bruna Regina Souza Alves

Graduanda em Agronomia na FAEM/UFPel

Instituição: Faculdade Eliseu Maciel / Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Rua Marcos Costa, 256 - Bairro Fragata, Pelotas - RS, Brasil

E-mail: brunaregalves@outlook.com

RESUMO

Os planossolos das Terras Baixas do Rio Grande do Sul caracterizam-se por apresentar horizonte A superficial e horizonte B com capacidade de percolação muito baixa, o que provoca longos períodos de encharcamento após chuvas e prejudica o desenvolvimento e a produtividade da soja. Para evitar esses problemas, são necessários sistemas de drenagem adequados e o aprimoramento de sistemas de preparo do solo e de cultivo que proporcionem faixas mais secas na lavoura. O presente trabalho tem por objetivo determinar o arranjo espacial de plantas e o sistema de cultivo de soja mais adequado para as Terras Baixas do Rio Grande do Sul. Dois experimentos foram conduzidos na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão/RS. O primeiro deles (safra 2016/17) diferenciou o potencial produtivo de cultivares indicadas para terras baixas, sendo a cultivar BMX Icone RR a mais produtiva, com 4073 kg ha⁻¹ de grãos enquanto outras 10 cultivares produziram em média 3021 kg ha⁻¹. No segundo experimento (safra 2018/19), a cultivar BMX Icone foi adotada. Foram avaliados 2 manejos de solo (preparo convencional e preparo com sulco/camalhão) e 3 arranjos de plantas (230, 330 e 430 mil plantas ha⁻¹). Foram avaliadas a altura de

plantas; altura de inserção da primeira vagem; nº de ramificações da haste principal; peso de grãos; número de grãos e vagens por planta; e produtividade de grãos. O sulco-camalhão com 330 mil plantas ha⁻¹ com espaçamento entrelinhas 35 / 60 cm, propiciou melhor desempenho geral da cultura e melhor produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, densidade de plantas, ambiente de produção, Bioma Pampa.

ABSTRACT

Planosols of lowland areas in Rio Grande do Sul, Brazil, are characterized by a superficial A horizon followed by a B horizon with very low water percolation ability, which causes long waterlogging after rains and harms soybean development and grain yields. To avoid these problems, adequate drainage systems and the improvement of soil tillage and cultivation systems providing drier fields are needed. This work aims to determine the spatial arrangement of soybean plants and the most suitable cultivation system for the Lowlands of Rio Grande do Sul. Two experiments were conducted at the Experimental Station Terras Baixas of Embrapa Clima Temperado, in Capão do Leão / RS, Brazil. The first one (2016/17 harvest) differentiated the productive potential of cultivars indicated for lowland areas, with the cultivar BMX Icone RR being the most productive, with 4073 kg ha⁻¹ of grains while another 10 cultivars produced an average of 3021 kg ha⁻¹. In the second experiment (harvest 2018/19), the cultivar BMX Icone was adopted. Two soil managements were evaluated (conventional tillage and ridge planting) and 3 plant arrangements (230, 330 and 430 thousand plants ha⁻¹). Plant height; insertion height of the first pod; number of branches of the main stem; grain weight; number of grains and pods per plant; and grain yield were assessed. Ridge planting, associated to 330 thousand plants ha⁻¹ with row spacing 35 / 60 cm, provided better overall crop performance and better grain yields.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill, plant density, production environment, Pampa Biome.

1 INTRODUÇÃO

A metade Sul do Rio Grande do Sul (RS) apresenta resultados desfavoráveis na agricultura, baseada preponderantemente no binômio arroz irrigado/pecuária, comparativamente a metade Norte do Estado. Algumas razões para o desempenho insatisfatório da agropecuária da metade Sul relacionam-se à vasta extensão de planícies mal drenadas (solos hidromórficos), bem como outros atributos físicos e químicos do solo adversos à implementação de uma agricultura diversificada, dificultando a otimização da produtividade das culturas e da pecuária. Também, o clima desta região interfere nestes resultados. Na maior parte dos anos, a frequência e a intensidade das chuvas no período do desenvolvimento da soja, que ocorre entre novembro e março no Rio Grande do Sul, são insuficientes para que a cultura manifeste seu potencial produtivo (MATZENAUER et al., 2002). Assim, o clima é um dos principais fatores responsáveis pelas oscilações de produtividade e frustrações da cultura da soja no Estado. Estima-se que 93% das perdas na safra de soja ocorram em razão das estiagens (BERLATO; FONTANA, 2003). Este elevado risco faz com que as taxas de sinistralidade na agricultura sejam muito altas. Segundo Cunha; Assad (2001), nas culturas de verão, esta taxa é, em média, de 16,3%.

As áreas de solos hidromórficos ou terras baixas do Rio Grande do Sul abrangem cerca de 4 milhões de hectares aptos à agricultura, e apresentam grande importância econômica e social, entretanto predomina o monocultivo no verão do arroz irrigado por inundação contínua (STEINMETZ; BRAGA, 2001). No período entre o outono e a primavera, a área pode permanecer em pousio, com estabelecimento de vegetação espontânea, ou então ser semeada com espécies hibernais, para pousio ou para uso com bovinos de corte ou de leite (REIS, 1998; SILVA et al., 2015), o que se estende por dois anos ou mais.

No estado, 3 milhões de hectares desses solos possuem infraestrutura de drenagem e irrigação implantadas para cultivo de arroz irrigado, e estima-se que em torno de 2 milhões de hectares desses solos tenham potencial de uso para o cultivo da soja (VEDELAGO, 2014). Diversas espécies estivais de importância econômica são testadas como alternativa ao arroz irrigado em terras baixas, com foco na diversificação do sistema produtivo nesse ambiente, sendo as principais alternativas o milho (BONOW et al., 2013), o sorgo (HEIFFIG-DEL AGUILA et al., 2013) para grão, corte/ pastejo ou para bioenergia, e a soja (VEDELAGO, 2014).

No entanto, o cultivo destas espécies em solos hidromórficos exige cuidados, como por exemplo, o manejo do solo visando a redução do adensamento e do estresse hídrico, para que o desenvolvimento das raízes em profundidade seja pleno.

A introdução do cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) nestes solos de várzea da região sul do estado do Rio Grande do Sul, tem aumentado nos últimos anos, como alternativa de rotação de culturas para áreas de terras baixas, principalmente como medida de controle à incidência de pragas e plantas daninhas prejudiciais ao arroz. A alta do preço no mercado e a possível rotação com o arroz irrigado para controle e manejo de plantas daninhas, faz com que cada vez mais seja inserida a cultura da soja ao ambiente de várzeas.

Para a implantação de outras culturas neste ambiente de várzea, tornou-se necessário a utilização de plantas que tolerem o encharcamento e práticas de manejo do solo que propicie uma drenagem eficaz. A soja encontra dificuldades de adaptação a áreas com alto grau de encharcamento do solo, o que está relacionado às características físicas do solo, à dinâmica hídrica e à disponibilidade de nutrientes.

Os planossolos de Terras Baixas caracterizam-se por apresentar horizonte A superficial e horizonte B com capacidade de percolação muito baixa (VAHL; SOUZA, 2004). Devido a estas características, em épocas de chuva abundante o solo permanece coberto por lâmina de água por longos períodos (VEDELAGO, 2014), e em épocas mais secas o solo compactado apresenta baixa capacidade de armazenamento de água e sua resistência à penetração é alta (BAMBERG, 2007),

prejudicando o sistema de raízes da soja.

Para evitar os problemas advindos do excesso hídrico, predominante nestes solos ao longo do ano, são necessários sistemas de drenagem adequados e o aprimoramento de sistemas de preparo do solo que proporcionem a existência de faixas mais secas na lavoura, como os camalhões. O uso de camalhões é uma prática bastante difundida na Europa, principalmente para o cultivo de pastagens (SEVENHUIJSEN, 1994).

O sistema sulco/camalhão consiste na estruturação da lavoura para a irrigação por sulcos, obtendo-se, ao mesmo tempo, grande benefício em drenagem, com o cultivo sobre os camalhões formados entre os sulcos. É indicado para solos planos, com declividades uniformes, requerendo, geralmente, a sistematização do terreno. O comprimento e a largura do sulco/camalhão são determinados pelas circunstâncias naturais, isto é, a declividade do terreno, tipo do solo e vazão de água disponível. Entretanto, outros fatores podem ter influência, tais como a altura da lâmina de irrigação, o manejo da cultura e o comprimento do quadro da lavoura (SILVA et al, 2006).

Assim, não basta alterar o sistema de preparo do solo para se ter incrementos de produtividade. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivos determinar a produtividade de cultivares de soja indicadas para as terras baixas do Rio Grande do Sul, a efetividade do sistema de sulco-camalhão para o bom desempenho de cultivares-elite, e o arranjo espacial de plantas de soja mais adequado para as áreas de Terras Baixas do Rio Grande do Sul.

2 MATERIAL E MÉTODOS

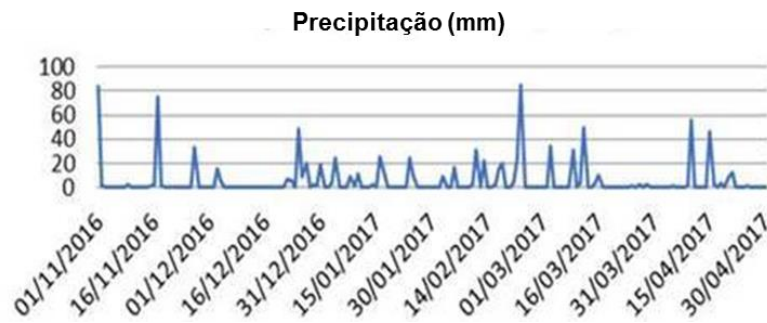
Dois experimentos foram instalados na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão/RS, onde o solo é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico solódico, tipicamente utilizado no cultivo de arroz irrigado por inundação.

O primeiro experimento foi instalado na safra 2016/17, no qual foram conduzidas onze cultivares de soja do grupo de maturidade relativa (GMR) 7 (BMX Magna RR; BMX Ponta IPRO; BMX Potência RR; BMX Valente RR; BMX Icone RR; BRS 246 RR; BRS PAMPA; CD 2694 IPRO; CD 2737 RR; GNZ 660S RR e GNZ 690S RR) sob delineamento em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas utilizadas foram de quatro linhas com 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m com área útil de 4,0 m². A densidade de plantas foi de 300.000 plantas ha⁻¹, e a semeadura foi realizada em 15/11/2016. A fertilização do solo, tratos culturais e manejo da cultura seguiram as indicações técnicas vigentes para a soja no sul do Brasil. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi efetuado conforme as indicações técnicas para a cultura. Os

dados de precipitação pluvial durante o período de execução do experimento estão apresentados na Figura 1.

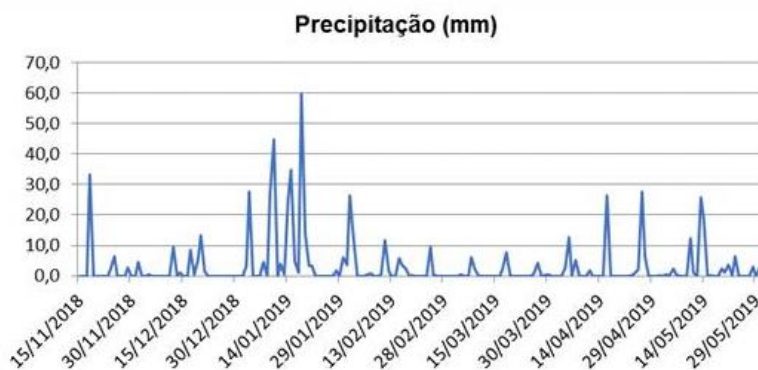
Foram acompanhadas e anotadas as datas de início e fim da floração, além da avaliação de altura de plantas e de inserção de 1ª vagem. A colheita foi executada por cultivar, quando essas atingiram o ponto de colheita, e a produtividade de grãos foi estimada a partir das plantas presentes na área útil das parcelas, sendo os dados corrigidos para 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste F ($p < 0,05$). Quando constatado efeito de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey no mesmo nível de probabilidade.

Figura 1. Distribuição das precipitações no ano agrícola 2016/2017. Capão do Leão-RS, 2017.



O segundo experimento foi instalado na safra 2018/19, utilizando-se somente a cultivar BMX Icone RR, por ter sido a mais produtiva comparativamente às demais 10 cultivares (Experimento 1), que foi semeada em 15/11/2018. A fertilização do solo, tratos culturais e manejo da cultura seguiram as indicações técnicas vigentes para a soja no Sul do Brasil. Os dados de precipitação pluvial e temperatura do ar durante o período de execução do experimento estão apresentados na Figura 2.

Figura 2. Distribuição das precipitações no ano agrícola 2018/2019. Capão do Leão-RS, 2019.



O experimento consistiu em avaliar 2 manejos de solo (preparo convencional e preparo com sulco/camalhão) e 3 arranjos de plantas de soja (230, 330 e 430 mil plantas por ha sob espaçamentos entre linhas de semeadura de 35 e 45 cm). O delineamento experimental foi de parcelas sub-subdivididas com 4 repetições por tratamento, sendo os tratamentos abaixo listados:

T1. Sulco/Camalhão - 230 mil plantas (pls.) ha⁻¹

T2. Sulco/Camalhão - 330 mil pls. ha⁻¹

T3. Sulco/Camalhão - 430 mil pls. ha⁻¹

T4. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 230 mil pls. ha⁻¹

T5. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 330 mil pls. ha⁻¹

T6. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 430 mil pls. ha⁻¹

T7. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 230 mil pls. ha⁻¹

T8. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 330 mil pls. ha⁻¹

T9. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 430 mil pls. ha⁻¹

Sobre cada camalhão (T1 - T3) foram cultivadas duas linhas de soja, espaçadas a 35 cm, enquanto linhas entre camalhões distintos estavam espaçadas em 60 cm (Figura 3). Os espaçamentos entrelinhas nos sulco-camalhões, portanto, foram fixos uma vez que a maioria das máquinas disponíveis para plantio de soja sobre esse sistema de cultivo estão reguladas para tais espaçamentos entrelinhas.

As seguintes variáveis foram avaliadas: a) altura das plantas na maturação de colheita; b) altura de inserção da primeira vagem; c) nº de ramificações da haste principal; d) peso de grãos; e) número de grãos por planta; f) número de grãos por vagem; g) número vagens por planta; h) produtividade de grãos ajustada à umidade-padrão 13%. Exceto a produtividade de grãos, obtida a partir da colheita de toda a área útil das parcelas, as demais avaliações foram realizadas em amostras de 15 plantas por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5%.

Nas figuras 3 e 4 são observados detalhes da semeadura e das linhas de soja sobre os camalhões.

Figura 3. Esquema da semeadura de duas linhas de soja espaçadas a 35 cm sobre cada camalhão. Capão do Leão-RS, 2019. Fonte: Lília Sichmann Heiffig-del Aguila.



Figura 4. Linhas de soja em sua fase de emergência sobre os camalhões. Capão do Leão-RS, 2019. Fonte: Ana Carolina de Oliveira Alves.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2016/17, durante o ciclo da cultura da soja, ocorreu pouca variação na distribuição de chuvas, havendo chuvas exponenciais, o que acarretaram em encharcamentos decorrentes principalmente do tipo de solo, além de umidade na fase de colheita (Figura 1).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das variáveis associadas a fenometria e componentes do rendimento das onze cultivares do GMR 7 avaliadas. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares para a produtividade de grãos, sendo que entre as cultivares avaliadas, a BMX Icone RR sobressaiu em termos de produtividade média de grãos, com 4073 kg ha^{-1} , enquanto as outras produziram em média 3022 kg ha^{-1} (Tabela 1).

A safra 2018/2019 no sul do RS, por outro lado, foi prejudicada pelas condições climáticas, em decorrência de estiagem, seguida de ocorrências de altos índices pluviométricos (Figura 2) com períodos de encharcamento do solo. Essas condições impactaram o desempenho da cultura, em especial nos tratamentos sem camalhão, principalmente onde o espaçamento entre linhas era de 45 cm.

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados os resultados das variáveis associadas a fenometria e componentes do rendimento. Não houve interação ($p > 0,05$) entre os fatores e nem efeito de tratamentos, para o número total de vagens e número de grãos por planta, peso e produtividade de grãos. Os tratamentos foram, portanto, discutidos individualmente e de maneira independente ao fator preparo de solo (convencional ou sulco-camalhão).

Tabela 1. Valores médios para variáveis de fenometria e de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em cultivares de soja GMR 7 (grupo de maturação relativa sete) na safra 2016/2017. Capão do Leão-RS, 2017.

Cultivares GMR 7	IF	IF-FF	Alt. Plantas (cm)	Alt. Ins. 1ª Vagem (cm)	Produtividade (kg ha^{-1})
BMX Magna RR - DM 7.0i	49	19	75,0	8,7	3018 bcd
BMX Ponta IPRO	50	19	86,3	9,3	3699 ab
BMX Potência RR	51	21	87,0	8,3	3081 bcd
BMX Valente RR	49	19	72,0	9,3	2887 cd
BMX Icone RR	49	18	96,0	10,0	4073 a
BRS 246 RR	58	27	67,3	6,0	2336 d
BRS PAMPA	63	19	91,7	9,0	2853 cd
CD 2694 IPRO	58	19	87,3	8,0	2969 bcd
CD 2737RR	54	22	95,7	9,0	2852 cd
GNZ 660S RR	51	22	80,0	7,0	3077 bcd
GNZ 690S RR	52	24	78,0	7,0	3444 abc
Média	54,0	21,2	83,9	8,2	3117

IF = período, em dias, da emergência das plantas ao início do florescimento; IF-FF = período, em dias, entre o início e o final do florescimento. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. CV=8,5%

A altura final de plantas, a altura da inserção da primeira vagem, o número de ramificações e o número de vagens com 2 grãos e com 3 grãos não foram impactados pelo sistema de preparo do solo ou pelo arranjo de plantas (Tabela 2).

O número de vagens com 1 grão foi significativo com superioridade para os tratamentos 1 e 3 (sulco-camalhão com 230 ou 430 mil plantas ha⁻¹), que diferiram apenas dos tratamentos 7, 8 e 9 (sistema convencional, com espaçamento em 45 cm, com 230, 330 ou 430 mil plantas ha⁻¹). Quanto ao número total de vagens, observa-se que T3 (sulco-camalhão com 430 mil plantas ha⁻¹) foi superior aos tratamentos 4 (convencional, 35 cm entre linhas, 230 mil plantas ha⁻¹) e 6 (convencional, 35 cm entre linhas, 430 mil plantas ha⁻¹), o que ressalta que o sistema de sulco-camalhão demonstra vantagens à produção e manutenção de vagens nas plantas de soja (Tabela 2).

Sá (2005) avaliando cultivares de soja submetidas ao estresse por excesso hídrico durante o estágio de florescimento da cultura, verificou decréscimos de até 30% no número médio de vagens produzidas por planta em relação aos tratamentos não submetidos ao excesso hídrico. Resultado semelhante ao encontrado por Scott et al. (1989). Segundo Barni e Costa (1976), a redução no número de vagens é maior quando a saturação do solo ocorre no período reprodutivo da cultura da soja, revelando-se como o componente mais afetado pelo excesso de água no solo. A saturação hídrica do solo, durante o florescimento, reduz o período de formação e o número de flores e, conseqüentemente, o número de vagens (SIONIT; KRAMER, 1977).

Tabela 2. Valores médios para variáveis de fenometria (altura final de plantas, altura de inserção de 1ª vagem, número de ramificações, número de vagens com 1, com 2 e com 3 grãos e número total de vagens) de soja BMX Icone RR cultivada em sulco camalhão ou preparo convencional, e diferentes arranjos espaciais de plantas (230, 330 e 430 mil plantas por ha sob espaçamentos entre linhas de semeadura de 35 e 45 cm). Capão do Leão-RS, 2019.

Trat.	Altura (cm)	Alt. Ins. 1ª vag. (cm)	Nº Ramific.	Nº vag. c/ 1	Nº vag. c/ 2	Nº vag. c/ 3	Nº vag. Total
T1	101,7 a	25,7 a	2,5 a	3,6 a	26,7 a	18,0 a	49,0 ab
T2	104,4 a	29,2 a	2,0 a	2,1 ab	19,4 a	14,9 a	37,1 ab
T3	111,1 a	26,5 a	2,7 a	3,5 a	26,7 a	19,4 a	50,9 a
T4	96,6 a	26,3 a	2,0 a	1,9 ab	17,3 a	11,6 a	31,6 b
T5	102,1 a	28,9 a	1,8 a	2,6 ab	17,7 a	12,4 a	33,1 ab
T6	93,9 a	28,0 a	2,3 a	2,0 ab	17,9 a	10,6 a	31,2 b
T7	81,4 a	23,0 a	3,1 a	1,6 b	18,4 a	15,4 a	36,2 ab
T8	91,3 a	25,8 a	2,8 a	1,5 b	18,4 a	19,0 a	40,1 ab
T9	77,5 a	22,5 a	3,3 a	1,6 b	19,4 a	14,1 a	36,0 ab
Média	95,6	26,2	2,5	2,3	20,2	15,0	38,4
CV (%)	16,2	14,1	31,8	35,5	20,5	25,3	21,2

T1. Sulco/Camalhão - 230 mil plantas (pls.) ha⁻¹; T2. Sulco/Camalhão - 330 mil pls. ha⁻¹; T3. Sulco/Camalhão - 430 mil pls. ha⁻¹; T4. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 230 mil pls. ha⁻¹; T5. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 330 mil pls. ha⁻¹; T6. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 430 mil pls. ha⁻¹; T7. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 230 mil pls. ha⁻¹; T8. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 330 mil pls. ha⁻¹; T9. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 430 mil pls. ha⁻¹. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Observou-se maior produtividade de grãos para a cultivar BMX Icone RR (Tabela 3) no tratamento sulco/camalhão na densidade de 330 mil plantas ha⁻¹ (3002 kg ha⁻¹), enquanto a menor produtividade foi obtida quando a soja foi cultivada em preparo convencional (solo plano) e na densidade de 430 mil plantas ha⁻¹ (1872 kg ha⁻¹).

Considerando dados agrupados, a soja teve seu melhor desempenho quando cultivada em sulco-camalhão, independente da densidade de plantas. Estes resultados são coincidentes com os descritos por Silva et al. (2007) que citam que nas safras 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006 ocorreram períodos de excesso e de déficit de umidade, condição comum na metade sul do Rio Grande do Sul, e que os rendimentos médios de grãos proporcionados pelo cultivo em camalhões foram em geral semelhantes ou superiores em relação aos obtidos nos sistemas convencionais irrigados.

Tabela 3. Valores médios para variáveis nº de grãos por planta, peso de grãos por planta e produtividade de grãos para a cv. BMX Icone RR cultivada em sulco camalhão ou preparo convencional, e diferentes arranjos espaciais de plantas (230, 330 e 430 mil plantas por ha sob espaçamentos entre linhas de semeadura de 35 e 45 cm). Capão do Leão-RS, 2019.

Trat.	Nº grãos Total	Peso de grãos (g)	Produtividade de grãos (13%) kg/ha
T1	97,8 a	17,5 ab	2811,0 ab
T2	75,3 ab	13,4 ac	3002,1 a
T3	101,0 a	18,5 a	2839,4 ab
T4	58,5 b	10,0 c	2161,2 ab
T5	64,7 ab	11,8 bc	2281,3 ab
T6	58,5 b	9,7 c	2540,8 ab
T7	71,0 ab	12,4 ac	1888,4 ab
T8	76,7 ab	13,1 ac	1948,3 ab
T9	68,3 ab	12,1 ac	1872,2 b
Média	74,6	13,2	2371,6
CV (%)	21,2	21,1	19,8

T1. Sulco/Camalhão - 230 mil plantas (pls.) ha⁻¹; T2. Sulco/Camalhão - 330 mil pls. ha⁻¹; T3. Sulco/Camalhão - 430 mil pls. ha⁻¹; T4. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 230 mil pls. ha⁻¹; T5. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 330 mil pls. ha⁻¹; T6. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas - 430 mil pls. ha⁻¹; T7. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 230 mil pls. ha⁻¹; T8. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 330 mil pls. ha⁻¹; T9. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas - 430 mil pls. ha⁻¹. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados favoráveis ao cultivo soja em camalhão reportados neste experimento tem uma base lógica de certo modo previsível. Inicialmente, pode-se citar que a redução da umidade do solo a partir do ponto de saturação é mais rápida no camalhão do que em solo plano, o que proporciona mais rápida aeração do solo e menor estresse por encharcamento, já a partir de 24 horas após chuvas

intensas ou irrigações por superfície. Além disso, dada a facilidade de adensamento dos planossolos, a formação dos camalhões geralmente proporciona menor densidade do solo na zona radicular da soja, quando comparado aos cultivos convencionais em solo plano. Este é um grande benefício proporcionado pelo método, uma vez que altas densidades reduzem a macroporosidade, responsável pela aeração do solo (espaço aéreo), provocando drástica redução na difusão de oxigênio no solo, e afetando negativamente os cultivos de sequeiro (SILVA et al., 2007).

Assim, o cultivo de soja em sulco-camalhão pode proporcionar maior produtividade de grãos de soja quando comparado ao sistema convencional ou sem camalhão, principalmente em decorrência das adversidades climáticas, aumentando a capacidade adaptativa e a resiliência dos sistemas de produção agrícola nas áreas de terras baixas, com maior impacto econômico projetado e relevância para a segurança alimentar.

4 CONCLUSÕES

A cultivar de soja BMX Icone RR foi a que demonstrou melhor desempenho e maior produtividade de grãos, dentre as 11 cultivares avaliadas, indicadas para cultivo em terras baixas de clima temperado.

A conjugação do sistema de sulco-camalhão com densidade de 330 mil plantas por hectare, para espaçamentos de 35 / 60 cm entrelinhas (característico dos sulco-camalhões), propiciou a melhor produtividade agrícola nas condições avaliadas.

REFERÊNCIAS

- BAMBERG, A.L. Avaliação da densidade de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo ao longo do tempo através da tomografia computadorizada. 2007, 98f. Dissertação - (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, RS.
- BARNI, N.A.; COSTA, J.A. Efeito de períodos de inundação do solo sobre o crescimento e características morfológicas da planta de soja. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 163-173, 1976.
- 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: Ed. da UFRGS, 2003 110 p.
- BONOW, J.F.L.; THEISEN, G.; XAVIER, F.M. Milho cultivado em Terras Baixas em sistema de camalhões de base larga: resultado de seis safras. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58., 2013, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 1 CD-ROM.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 6 - Safra 2018/19 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-113 junho 2019. Acessado em 06 setembro 2019. Online. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- CUNHA, G.R.; ASSAD, E.D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre o zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.446-459, 2001. Número Especial: Zoneamento Agrícola.
- HEIFFIG-DEL AGUILA, L.S.; EMYGDIO, B.M.; GEHLING, R.K.; DURLACHER, K.S.; FACCHINELLO, P.H.K.; BARROS, L.M. Determinação da melhor população de plantas no espaçamento 0,5m para cultivares de sorgo sacarino adaptadas ao Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58., 2013, Pelotas. Anais... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 1 CD-ROM.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONE, I.A.; ANJOS, C.S.; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105p. (Boletim FEPAGRO, 10).
- REIS, J.C.L. Pastagens em Terras Baixas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 34 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 7).
- SÁ, J.S. Influência do manejo do nível freático e doses de nitrogênio em culturas sob hipoxia no solo. 2005, 168f. Tese - (Doutorado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- SCOTT, H.D.; DE ANGULO, J.; DANIELS, M.B.; WOOD, L.S. Flood duration effects on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 4, p. 631-636, July/ Aug. 1989.
- SEVENHUIJSEN, R.J. **Surface drainage systems**. In: RITZEMA, H.P. [Ed.]. Drainage principles and applications. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1994. p.799-826.

SILVA, C.A.S.; THEISEN, G.; PARFITT, J.M.B.; SILVA, J.J.C.; POHLMANN, N.F.; CARVALHO, E.N.; SEGABINAZI, D.R. Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2007. 4p. (Comunicado Técnico, 165).

SILVA, C.A.S.; PARFITT, J.M.B.; THEISEN, G.; PEREIRA, M.R. Sistema sulco/camalhão para culturas em rotação ao arroz em áreas de várzeas do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 14 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 54).

SILVA, J.L.S.; SANTOS, D.T.; VIEIRA, P.C.; PILLON, C.N. Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Porto Alegre: Comitê Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, 2015. (Boletim Técnico, Plano ABC).

SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 2, p. 274-278, mar./ apr. 1977.

STEINMETZ, S.; BRAGA, H.J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 429-438, 2001.

VAHL, L.C.; SOUZA, R.O. **Aspectos físico-químicos de solos alagados**. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A.M. (Eds.) Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.97-118.

VEDELAGO, A. Adubação para a soja em Terras Baixas drenadas do Rio Grande do Sul. 83f, 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.