



ARTIGO ORIGINAL

Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas na semeadura

Yield and agronomic characteristics of soybean regarding sowing failure

Guilherme Fiss¹
Luis Osmar Braga Schuch¹
Silmar Teichert Peske¹
César Iván Suárez Castellanos^{1*}
Geri Eduardo Meneghello¹
Tiago Zanatta Aumonde¹

¹ Universidade Federal de Pelotas – UFPel,
Programa de Pós-Graduação em Ciência
e Tecnologia de Sementes, Campus
Universitário, S/N, 96160-000, Capão do
Leão, RS, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: cesarivansuarez@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Glycine max (L.) Merrill
Plasticidade
Componentes de rendimento
Rendimento

KEYWORDS

Glycine max (L.) Merrill
Plasticity
Yield components
Yield

RESUMO: A desuniformidade na distribuição de plantas ao longo da linha de semeadura implica em um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes, provocando perdas na produtividade decorrentes da competição intraespecífica na população de plantas. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da plasticidade de plantas de soja de uma população em função de falhas na semeadura e sua relação com a produtividade. Em dois campos de produção comercial de soja, semeados com as cultivares Fundacep 59 RR e BMX Potência RR, foram identificadas diferentes distribuições de espécimes ao longo da linha de semeadura, observando-se a presença de plantas individuais, duplas, triplas e falhas de vários tamanhos dentro de um metro linear de semeadura. As características agronômicas e as produtividades por espécime e por área de suas diferentes distribuições foram avaliadas. Com a ocorrência de falhas na linha de semeadura, o aumento da produção das plantas localizadas nas bordas de falhas não compensa a perda de produção causada pela lacuna nas linhas. Sua adequada distribuição ao longo da linha de semeadura proporciona maior produtividade na cultura da soja. A ocorrência de plantas duplas ou triplas em uma população diminui a produtividade.

ABSTRACT: The unevenness in the distribution of plants along the sowing line implies an inefficient use of available resources, such as light, water and nutrients, causing losses in productivity resulting from intraspecific competition within the plant population. This study aims to determine the plasticity effect of soybean plants of a population as a result of sowing failure and its relation with productivity. In two commercial soybean production fields, seeded with Fundacep cultivars 59 RR and BMX Potência RR, different plant distributions were identified along the row planting, observing the presence of individual, double, triple plants and plant failures of various sizes in one meter of sowing. Agronomic characteristics and the yield per specimen and per area of their different plant distributions were evaluated. With failures in the sowing line, the increasing production of plants located in the failure edges does not compensate the production loss caused by the lack of plants. Proper distribution of plants along the sowing line provides greater productivity in soybean culture. The occurrence of double or triple plants in a population declines productivity.

1 Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das oleaginosas cultivadas mais importantes no mundo devido a seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, conferindo-lhe multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal (Hirakuri et al., 2017). Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos. No Brasil, o Mato Grosso é o maior produtor dessa leguminosa, com uma produtividade média de 3.069 kg ha⁻¹. Nas últimas três décadas foi a cultura agrícola que mais cresceu no Brasil, alcançando 49% da área plantada com grãos e uma produção da ordem de 114 milhões de toneladas, gerando de forma direta receita superior a 120 bilhões de reais (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014).

Devido à importância econômica dessa cultura, diversas pesquisas são realizadas na busca constante de cultivares adaptadas mais produtivas, com maior porcentagem de proteína e melhor qualidade de óleo, maior resistência a doenças e pragas e outras características que refletem em maior produtividade. Neste último quesito, a semeadura tem um papel fundamental na lavoura, uma vez que altas produtividades podem ser obtidas a partir da distribuição espacial adequada e uniforme das sementes.

Segundo Schuch & Peske (2008), as falhas de plantas nas lavouras podem ser ocasionadas pela baixa qualidade das sementes, como também pela semeadura inadequada, em que a semente não é depositada no local a ela destinada. Noutro sentido, pode ocorrer a deposição de duas sementes no mesmo local, resultando nas chamadas plantas duplas, o que aumenta a competição entre elas mesmas e reduz a produção. Diversos autores buscam identificar arranjos populacionais que resultam em maior produtividade, dentre eles Procópio et al. (2013), que ao testar plantio cruzado, concluíram que a maior densidade de plantas ou a redução do espaçamento entre fileiras tem pouca influência sobre a produtividade, pois um espécime por cova tende a produzir o mesmo que até quatro indivíduos por cova. Em contrapartida, Pinto (2010) demonstrou que, ao ocorrer uma falha, não há compensação equivalente pelas plantas circunvizinhas.

A desuniformidade na distribuição de espécimes ao longo da linha de semeadura implica em um aproveitamento ineficiente dos recursos disponíveis, como luz, água e nutrientes, reduzindo a produtividade em decorrência da competição intraespecífica na população de plantas. Segundo Endres (1996) e Tourino et al. (2002), indivíduos mal distribuídos na linha de semeadura podem resultar em pontos de acúmulo de sementes, gerando espécimes mais altos, menos ramificados, com maior tendência ao acamamento e menor produção individual, enquanto que espaços vazios ou falhas, além de facilitarem o desenvolvimento de plantas daninhas, levam ao estabelecimento de espécimes de porte reduzido, com caule de maior diâmetro, mais ramificadas e com maior produção individual, embora a produção por área seja menor.

Estas variações na conformação das plantas e na produtividade da lavoura se dão por conta da soja ser capaz de se adaptar às condições ambientais e de manejo por meio de modificações em sua morfologia e nos componentes do rendimento. Ao se reduzir o espaçamento entre os espécimes, a produção por planta diminui, entretanto a produção por área é compensada pelo aumento do número de espécimes cultivadas (Giraldi, 2016). Por outro lado, diversos estudos têm demonstrado que o agrupamento e

aumento da densidade de semeadura é uma técnica no mínimo controversa, pois os resultados são semelhantes à semeadura tradicional (Campos et al., 2015; Bisinella & Simonetti, 2017; Serraglio & Simonetti 2017).

Para que atinja seu potencial máximo de produção é necessário que a planta, além de dispor das melhores condições de solo e clima, sofra o mínimo de competição. Dessa forma, estudos com arranjos que propiciem melhor distribuição de espécimes na área cultivada são essenciais para aumentar a produtividade da soja. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da plasticidade de plantas de soja de uma população em função de falhas na semeadura e sua relação com a produtividade.

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em duas lavouras comerciais de soja localizadas em uma mesma propriedade no município de Capão do Leão, RS. Uma lavoura foi semeada com a cultivar Fundacep 59 RR e a outra, com a cultivar BMX Potência RR, ambas na segunda quinzena de novembro. Foi utilizada uma semeadora mecânica de disco calibrada para distribuir 14 sementes por metro linear (equidistantes a 7 cm), a uma profundidade de 3 a 4 cm em linhas separadas entre si por 50 cm.

Antes da semeadura foram coletadas amostras de solo, que foi classificado como planossolo hidromórfico eutrófico solódico (Streck et al., 2008). Estas foram analisadas no Laboratório de Análise de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel). Com base nos resultados e nas recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, as áreas foram adubadas. Os demais manejos agrônômicos foram realizados conforme as recomendações técnicas indicadas para a cultura (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004).

No final do ciclo de cultivo, no estágio de desenvolvimento R8, foi selecionado aleatoriamente um hectare em cada campo para ser utilizado como área experimental. Neste local identificou-se e colheu-se plantas inteiras, conforme os parâmetros descritos por Pinto (2010), segundo os tratamentos apresentados na sequência. Salienta-se que foram percorridas linhas da área experimental de forma contínua, buscando identificar os espécimes com os parâmetros desejados e explicitados a seguir, até atingir um número suficiente de unidades experimentais.

- *Planta individual normal* (PIN): espécime individual com distribuição de 14 plantas por metro linear, espaçamentos equidistantes de 7 cm na linha de semeadura, sem indivíduos duplos e sem falhas no metro em que está inserido. O comportamento de cada PIN representa a média das plantas presentes em um metro linear para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha⁻¹) desse tratamento considerou-se uma população de 280.000 plantas por hectare.
- *Plantas duplas normais* (PDN): Dois espécimes na mesma cova na linha de semeadura, sem a presença de falhas no metro em que estão inseridos. As PDN apresentaram espaçamentos equidistantes de 7 cm das plantas vizinhas na linha de semeadura. O comportamento de cada PDN representa a média dos dois indivíduos

presentes na mesma cova para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha^{-1}) desse tratamento, considerou-se o peso de grãos por planta das duas leguminosas duplas normais e treze espécimes individuais normais por metro linear, equivalente a uma população de 300.000 plantas por hectare.

- *Plantas triplas normais* (PTN): Três espécimes na mesma cova na linha de semeadura, sem a presença de falhas no metro ao qual estão inseridas. As PTN apresentaram espaçamentos equidistantes de 7 cm das plantas vizinhas na linha de semeadura. O comportamento de cada representa a média dos três indivíduos presentes na mesma cova para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha^{-1}) desse tratamento, considerou-se o peso de grãos por planta dos três espécimes triplos normais e treze PIN por metro linear, equivalente a uma população de 320.000 plantas por hectare.
- *Planta individual localizada em borda de falha de 14 cm* (PIF14): Um espécime individual localizado na borda de uma falha de 14 cm (lacuna de 1 planta), com as demais plantas do metro em que está inserido espaçadas 7 cm entre si. O comportamento de cada PIF14 representa a média dos dois indivíduos presentes nas bordas da falha para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha^{-1}) desse tratamento, considerou-se o peso de grãos por planta das duas leguminosas das bordas de falha e de onze PIN por metro linear, equivalente a uma população de 260.000 plantas por hectare.
- *Planta individual localizada em borda de falha de 21 cm* (PIF21): Um espécime individual localizado na borda de uma falha de 21 cm (lacuna de 2 plantas), com as demais plantas do metro em que está inserida espaçadas 7 cm entre si. O comportamento de cada PIF21 representa a média dos dois indivíduos presentes nas bordas da falha, para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha^{-1}) desse tratamento, considerou-se o peso de grãos por planta das duas leguminosas das bordas de falha e de dez PIN por metro linear, equivalente a uma população de 240.000 plantas por hectare.
- *Planta individual localizada em borda de falha de 28 cm* (PIF28): Um espécime individual localizado na borda de uma falha de 28 cm (lacuna de 3 plantas) com as demais plantas do metro em que está inserida espaçadas 7 cm entre si. O comportamento de cada PIF28 representa a média dos dois indivíduos presentes nas bordas da falha para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha^{-1}) desse tratamento, considerou-se o peso de grãos por planta das duas leguminosas das bordas da falha e de PIN por metro linear, equivalente a uma população de 220.000 plantas por hectare.
- *Planta individual localizada em borda de falha de 35 cm* (PIF35): Um espécime individual localizado na borda de uma falha de 35 cm (lacuna de 4 plantas) com as demais

plantas do metro em que está inserida espaçadas 7 cm entre si. O comportamento de cada PIF35 representa a média dos dois indivíduos presentes nas bordas da falha, para cada variável analisada. Para a estimativa da produtividade por área (kg ha^{-1}) desse tratamento, considerou-se o peso de grãos por planta das duas leguminosas das bordas da falha e de oito PIN por metro linear, equivalente a uma população de 200.000 plantas por hectare.

As plantas de soja colhidas foram levadas ao Laboratório Didático de Análise de Sementes do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da (LDAS-UFPEl), onde foram determinados os seguintes parâmetros para cada exemplar:

- *Diâmetro do caule* (mm): avaliado na altura do nó cotiledonar com auxílio de um paquímetro.
- *Altura* (cm): usando uma trena métrica se mensurou a distância desde o nó cotiledonar do indivíduo até a extremidade da haste principal.
- *Ramificações*: determinado pela contagem de todas as ramificações com vagens que saiam da haste principal de cada espécime.
- *Vagens*: determinado pela contagem de todas as vagens que continham grãos presentes no indivíduo inteiro.
- *Número de grãos*: determinado pela contagem de grãos presentes em cada espécime.
- *Teor de água nos grãos* (%): Determinado pelo método da estufa a 105°C conforme as *Regras para análise de sementes* (Brasil, 2009).
- *Peso de grãos* (g planta^{-1}): Determinado pela pesagem dos grãos presentes no indivíduo inteiro, corrigida para 13% de umidade.
- *Produtividade de grãos* (kg ha^{-1}): Estimado a partir do peso de grãos por planta e da população de cada tratamento. Para os tratamentos compostos por falhas, considerou-se uma lacuna por metro linear (20.000 falhas por hectare), os valores de produtividade obtidos para as PIN e pelos dois espécimes localizados nas bordas das falhas. Esse mesmo critério foi adotado para os tratamentos compostos por plantas duplas e triplas.

O experimento foi realizado sob delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições. Os dados experimentais dos tratamentos que não apresentavam falhas na linha de semeadura (PIN, PDN e PTN) foram submetidos a análise de variância pelo teste F e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Separadamente foi feita uma análise de regressão polinomial para plantas individuais e duplas relativas ao acréscimo no tamanho das falhas para cada cultivar. Nesse caso, considerou-se fator experimental o espaço entre plantas gerados pela falha de 0, 1, 2, 3, 4 e 5 espécimes, resultando em espaçamentos de 7, 14, 21, 28 e 35 cm, respectivamente. Por ser um fator quantitativo, realizou-se análise de regressão polinomial com o software WinStat (Machado & Conceição, 2003).

3 Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das características agrônômicas de espécimes de soja individuais, duplos e triplos das duas cultivares estudadas, quando encontrados na linha de semeadura sem presença de falhas. Observa-se nas duas cultivares que as plantas individuais apresentaram um maior diâmetro de caule, altura, número de ramificações, vagens, número e peso de grãos quando comparadas com os indivíduos duplos e triplos. Igualmente, os espécimes duplos apresentaram maior número de ramificações, vagens, número e peso de grãos quando comparados com os indivíduos triplos nas duas cultivares.

Tabela 1. Diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), ramificações por planta (RP), vagens por planta (VP), número de grãos por planta (NGP) e peso de grãos por planta (PGP) de plantas de soja cv. Fundacep 59 RR e BMX Potência RR, presentes na linha de semeadura de forma individual, dupla e tripla. Capão do Leão, 2016.

Table 1. Diameter of the stem (DC), plant height (AP), ramifications per plant (RP), pods per plant (VP), number of grains per plant (NGP) and grain weight per plant (PGP) of soybean plants cv. Fundacep 59 RR and BMX RR Potência, present in the sowing line individually, double and triple. Capão do Leão, Brazil. 2016.

Tratamento	DC (mm)	AP (cm)	RP	VP	NGP	PGP (g)
Fundacep 59 RR						
PIN	0,64 a	87,75 a	3,37 a	27,02 a	60,37 a	8,67 a
PDN	0,57 b	82,87 c	3,25 b	13,12 b	28,51 b	3,09 b
PTN	0,55 c	84,12 b	2,62 c	9,25 c	15,37 c	1,74 c
CV %	8,17	2,01	15,94	13,1	7,27	8,45
BMX Potência RR						
PIN	0,72 a	74,87 a	5,02 a	45,87 a	97,87 a	12,29 a
PDN	0,49 b	71,37 b	4,03 b	16,25 b	27,12 b	4,96 b
PTN	0,47 b	71,12 b	1,62 c	12,75 c	22,62 c	2,97 c
CV %	9,63	3,68	18,45	15,16	18,1	19,08

PIN – Planta individual normal; PDN – Plantas duplas normais; PTN – Plantas triplas normais; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Analisando o comportamento do diâmetro do caule das plantas localizadas nas bordas das falhas em função do tamanho da lacuna, verifica-se que a variável se ajustou a um modelo linear positivo, aumentando em taxa de $0,005 \text{ mm cm}^{-1}$ na cultivar Fundacep 59 RR e de $0,01 \text{ mm cm}^{-1}$ na cultivar BMX Potência RR (Figura 1A). Pinto (2010) demonstrou que espécimes de soja localizados em bordas de falhas apresentaram maior diâmetro de caule que os demais espécimes da população, pois plantas mais isoladas expressam todo seu potencial, reduzindo a competição intraespécie por nutrientes, água e luz. Já Solano & Yamashita (2012) afirmam que populações de plantas de soja semeadas com menores espaçamentos, portanto com maior distância entre indivíduos em cada linha, desenvolveram espécimes com maior diâmetro de caule.

Referente à altura de planta nas bordas das falhas, observou-se que na cultivar Fundacep 59 RR a variável diminuiu de forma linear conforme se aumentou o tamanho da falha na

linha de semeadura em taxa de $0,22 \text{ cm cm}^{-1}$, enquanto que a cultivar BMX Potência RR apresentou uma queda na altura até a falha de 21 cm, em que se registrou uma altura mínima de 66,5 cm, que tendeu a se manter até a falha de 35 cm (Figura 1B). Procópio et al. (2014) concluíram que quanto maior a densidade de plantas, portanto maior sua proximidade na linha de semeadura, maior a altura final e menor o diâmetro da haste principal, resultados similares aos encontrados neste estudo. Do mesmo modo Solano & Yamashita (2012), trabalhando com uma população fixa de $400.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ de soja da cultivar CD 242 RR, constataram maior altura dos espécimes no espaçamento de 60 cm quando comparadas com os de 20 e 40 cm, em função da maior proximidade dos indivíduos na linha.

Segundo Vazquez (2005), ao se utilizar espaçamentos menores entre as linhas com uma mesma população de plantas por área, é necessário reduzir o número de espécimes nas linhas, conseguindo assim uma distribuição mais uniforme em relação aos arranjos de maiores espaçamentos entre as linhas. Isso resulta na menor competição por luz no início do ciclo, reduzindo o sombreamento entre as plantas de soja. Por outro lado, Bisinella & Simonetti (2017) e Serraglio & Simonetti (2017) afirmam que a utilização de soja agrupada proporciona resultados similares à semeadura tradicional, evidenciando não haver incremento de produtividade com a ocorrência de espécimes duplos na linha de semeadura, fato corroborado por Campos et al. (2015).

O número de ramificações por planta em borda de falha teve comportamento similar nas duas cultivares ao ajustarem-se a um modelo polinomial quadrático, crescendo conforme se aumenta o tamanho da falha. No entanto, a cultivar Fundacep 59 RR atingiu um número máximo de 5,57 ramificações no tamanho de falha de 25,6 cm, diminuindo a partir desse espaçamento (Figura 2A). Já a cultivar BMX Potência RR obteve um número mínimo de 5 ramificações por espécime no espaçamento de 7 cm (sem falhas), aumentando até o máximo de 8,8 nas plantas localizadas em borda de falha de 35 cm (Figura 2A).

Cox & Cherney (2011), trabalhando com diferentes espaçamentos entre linhas e taxas de semeadura, verificaram uma redução linear no número de ramos por planta com aumento nas populações independente dos espaçamentos entre linhas, reflexo da competição entre estas. De acordo com Navarro Júnior & Costa (2002), o número de ramificações é um importante componente do rendimento, uma vez que representa maior superfície fotossintetizante e potencial produtivo por meio do número de locais para surgimento de flores.

Na Figura 2B são apresentados os números de vagens por planta localizada em borda de falha em função do tamanho da lacuna na linha de semeadura. Observa-se um comportamento semelhante ao do número de ramificações, visto que a cv. Fundacep 59 RR apresentou um número máximo de 42,6 vagens por espécime na falha de 23,3 cm, que tendeu a se estabilizar a partir desse espaçamento. A cultivar BMX Potência RR obteve um número mínimo de 47,4 vagens no espaçamento de 7 cm (sem falhas), aumentando até o máximo de 87,4 na falha de 35 cm. Knebel et al. (2006) encontraram resultados semelhantes, verificando o aumento do número de vagens por planta com a redução do espaçamento entre linhas, conseqüentemente, da redução na competição intraespécie.

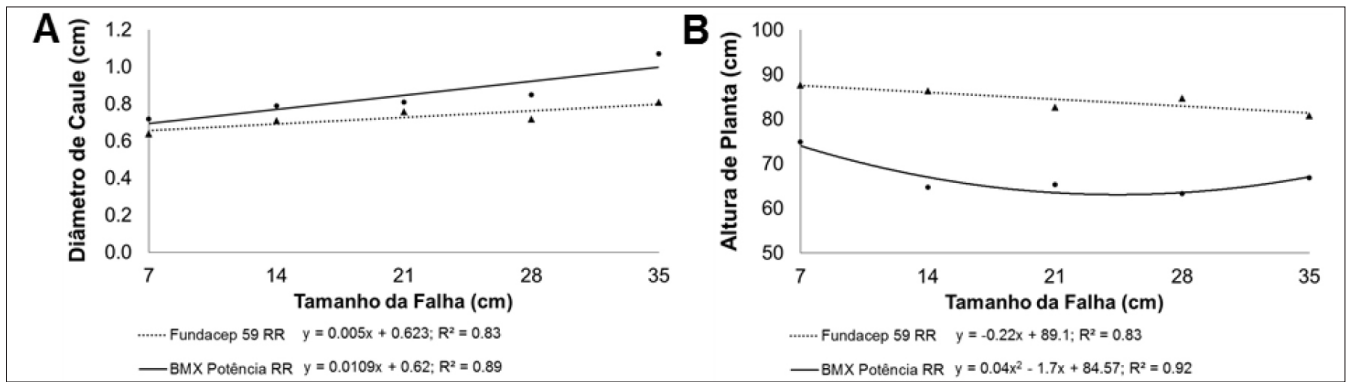


Figura 1. Diâmetro do caule (A) e Altura de plantas (B) de soja localizadas em borda de falha em função do tamanho da falha no metro de semeadura, cv. Fundacep 59 RR e BMX Potência RR. Capão do Leão, 2016.

Figure 1. Diameter of the stem (A) and Height of soybean plants (B) the edge of failure as a function of the size of the failure in the meter of sowing, cv. Fundacep 59 RR and BMX Potência RR. Capão do Leão, Brazil, 2016.

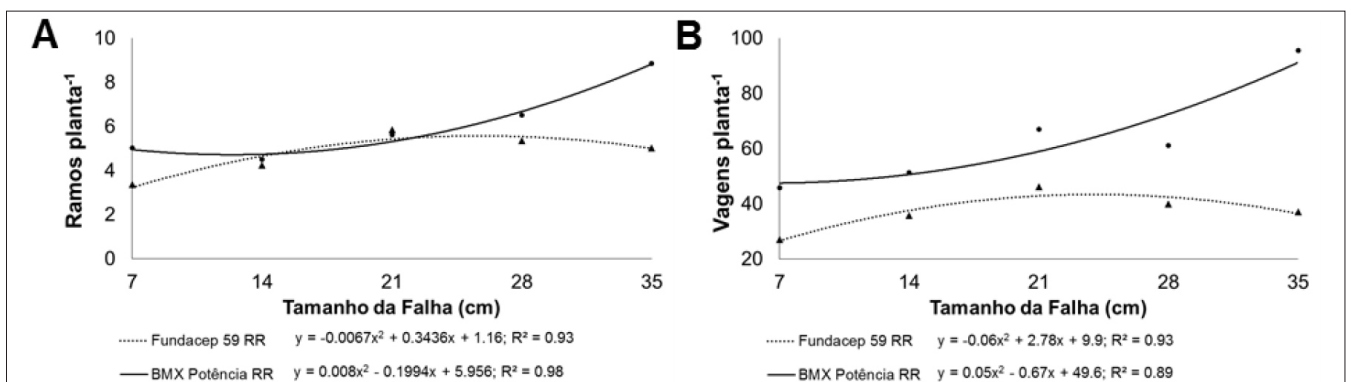


Figura 2. Número de ramificações por planta (A) e Número de vagens por planta (B) de soja localizadas em borda de falha em função do tamanho da falha no metro de semeadura, cv. Fundacep 59 RR e BMX Potência RR. Capão do Leão, 2016.

Figure 2. Number of branches per plant (A) and Number of pods per plant (B) of soybean located at failure edge as a function of the size of the failure in the seeding meter, cv. Fundacep 59 RR and BMX Potência RR. Capão do Leão, Brazil, 2016.

O peso de grãos por espécime se ajustou a um modelo polinomial quadrático para ambas as cultivares. A Fundacep 59 RR atingiu um valor máximo de 11,8 g planta⁻¹ nos espécimes na borda da falha de 24,5 cm. A partir desse espaçamento, a tendência foi a estabilização da variável (Figura 3A). Já a cultivar BMX Potência RR apresentou um peso mínimo de grãos de 12,8 g planta⁻¹ no espaçamento equivalente a

11 cm, aumentando até o valor máximo de 24,3 g planta⁻¹ em indivíduos na borda da falha de 35 cm (Figura 3A).

O número de grãos por indivíduo está estreitamente relacionado com o número de vagens, observando-se assim o aumento do peso de grãos com a redução da competição entre plantas na linha, resultado este que concorda com os obtidos por Heiffig (2002).

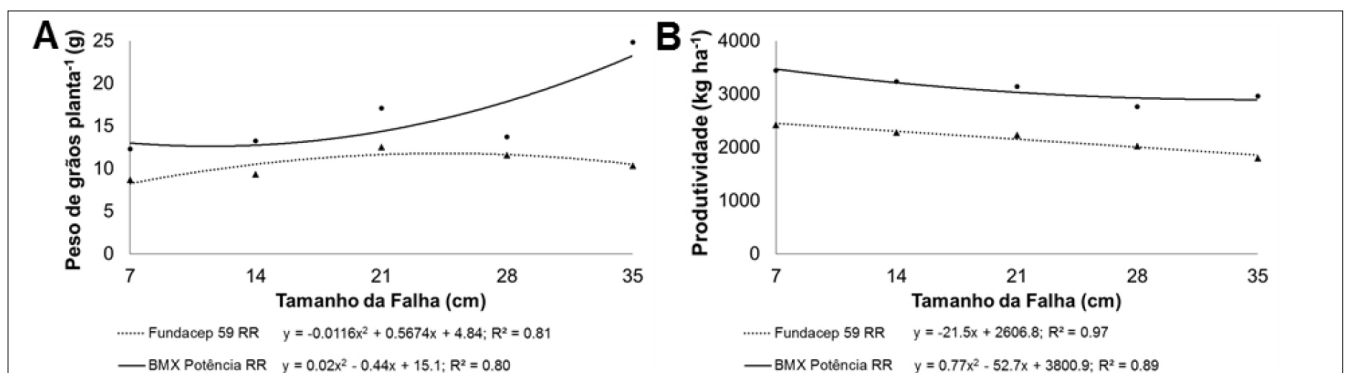


Figura 3. Peso de grãos por planta (A) localizada em borda de falha e Produtividade (B) de soja em função do tamanho da falha no metro de semeadura, cv. Fundacep 59 RR e BMX Potência RR. Capão do Leão, 2016.

Figure 3. Grain weight per plant (A) located at edge of failure and Productivity (B) of soybean as a function of the size of the failure in the seeding meter, cv. Fundacep 59 RR and BMX Potência RR. Capão do Leão, Brazil, 2016.

Ao analisar o comportamento da produtividade da lavoura em função do tamanho da falha na linha de semeadura, foi verificado que na cultivar Fundacep 59 RR a produtividade diminui linearmente em taxa de 21,5 kg cm⁻¹ de falha, enquanto na cultivar BMX Potência RR esta variável se ajusta a um modelo polinomial quadrático, diminuindo conforme aumenta o tamanho da falha, até atingir o valor mínimo de 2,9 t ha⁻¹ no espaçamento de 35 cm (Figura 3B).

Extrapolando-se os dados para produção por área com ocorrência de falhas, há uma redução linear desta produção conforme se aumentam as lacunas. Este achado concorda com Rezende et al. (2004), que observaram o aumento na densidade de diferentes populações de plantas alterar significativamente o rendimento de grãos.

A interpretação dos dados indica melhoria de desempenho da soja em populações de plantas distribuídas uniformemente ao longo da linha de semeadura. Parcianello et al. (2004)

e Pinto (2010) atribuem os maiores rendimentos de grãos verificados em fileiras distanciadas 20 cm, o que provavelmente reduziu a competição intraespecífica, principalmente por luz, proporcionando maior e mais rápida interceptação da radiação incidente e melhor aproveitamento dos recursos ambientais.

Analisando os resultados por um ponto de vista global, verifica-se que a produtividade das plantas localizadas nas bordas das falhas é cada vez maior conforme se aumenta o espaçamento da falha, até um limite dado para cada cultivar. Esse comportamento pode ser atribuído à redução da competição intraespecífica, portanto ao melhor aproveitamento de nutrientes, luz e água pelos espécimes. No entanto, a produtividade por área apresenta um comportamento inverso, diminuindo conforme se aumenta o tamanho da falha (Tabela 2). Esse fenômeno ocorre porque o aumento de peso de grãos de uma planta localizada em borda de falha não compensa a produção do espécime que deveria ocupar a lacuna.

Tabela 2. Número de plantas por metro linear de semeadura (pl m⁻¹), população de plantas por hectare (pl ha⁻¹), produção por planta (g planta⁻¹) e produtividade calculada, parcial, total e relativa de soja cv. Fundacep 59 RR e BMX Potência RR em função da presença de plantas individuais (PI), duplas (PD), triplas (PT) e vários tamanhos de falha na linha de semeadura. Capão do Leão, 2016.

Table 2. Number of plants per linear meter of sowing (pl m⁻¹), plant population per hectare (pl ha⁻¹), yield per plant (g plant⁻¹) and calculated, partial, total and relative productivity of cv. Fundacep 59 RR and BMX RR power as a function of the presence of individual plants (PI), double (PD), triple (PT) and various sowing line failure. Capão do Leão, Brazil. 2016.

Tratamento	Plantas por metro	População (pl ha ⁻¹)	Fundacep 59 RR				BMX Potência RR			
			Produtividade				Produtividade			
			Por planta (g pl ⁻¹)	Parcial (kg ha ⁻¹)	Tratamento (kg ha ⁻¹)	Relativa (%)	Por planta (g pl ⁻¹)	Parcial (kg ha ⁻¹)	Tratamento (kg ha ⁻¹)	Relativa (%)
Ausência de falhas	14 PIN	280.000	8,67	2427,6	2427,6	100	12,29	3441,2	3441,2	100,0
Presença de plantas duplas	13 PIN	260.000	8,67	2254,2	2377,8	98	12,29	3195,4	3393,8	98,6
	1 PDN	40.000	3,09	123,6			4,96	198,4		
Presença de plantas triplas	13 PIN	260.000	8,67	2254,2	2358,6	97,2	12,29	3195,4	3373,6	98,0
	1 PTN	60.000	1,74	104,4			2,97	178,2		
Falha de 14 cm	11 PIN	220.000	8,67	1907,4	2282,2	94	12,29	2703,8	3234,2	94,0
	2 PIF14	40.000	9,37	374,8			13,26	530,4		
Falha de 21 cm	10 PIN	200.000	8,67	1734	2234,8	92,1	12,29	2458	3140,8	91,3
	2 PIF21	40.000	12,52	500,8			17,07	682,8		
Falha de 28 cm	9 PIN	180.000	8,67	1560,6	2025,4	83,4	12,29	2212,2	2761,4	80,1
	2 PIF28	40.000	11,62	464,8			13,73	549,2		
Falha de 35 cm	8 PIN	160.000	8,67	1387,2	1802,0	74,2	12,29	1966,4	2960,4	86,0
	2 PIF35	40.000	10,37	414,8			24,85	994,0		

PIN – Planta individual normal; PDN – Plantas duplas normais; PTN – Plantas triplas normais; PIF14 – Planta individual na borda de uma falha de 14 cm; PIF21 – Planta individual na borda de uma falha de 21 cm; PIF28 – Planta individual na borda de uma falha de 28 cm; PIF35 – Planta individual na borda de uma falha de 35 cm.

4 Conclusões

Com a ocorrência de falhas na linha de semeadura, o aumento da produção das plantas localizadas nas bordas de falhas não compensa a perda de produção causada pela falta destas, portanto a distribuição uniforme de espécimes ao longo da linha de semeadura proporciona maior produtividade na cultura da soja, e a ocorrência de indivíduos duplos ou triplos em uma população diminui a produtividade.

Referências

- BISINELLA, L. F.; SIMONETTI, A. P. M. M. Plantio agrupado e convencional em duas cultivares de soja. *Cultivando o Saber*, v. 10, p. 81-90, 2017. Suplemento.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: Mapa; ACS, 2009. 399 p.
- CAMPOS, L. J. M.; PAIVA, E. V.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GOMES, R. S.; SIMON, J.; GUARDA, V. A. Respostas fisiológicas da soja ao

- sistema de semeadura adensado e em fileira dupla. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7., 2015, Florianópolis. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 2015. p. 213-216.
- COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. *Agronomy Journal*, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011. doi: 10.2134/agronj2010.0316.
- ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. *Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso*. Dourados: Embrapa Soja, 1996. p. 82-85.
- GIRALDI, F. *Produtividade de soja em diferentes populações de plantas e sítios específicos de manejo em semeadura após a época indicada*. 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- HEIFFIG, L. S. *Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais*. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A. *Análise econômica de diferentes arranjos espaciais de plantas de soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 8 p.
- KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v. 28, n. 3, p. 385-39, 2006.
- MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. *Sistema de análise estatística para Windows: WinStat*. Versão 2.0. Pelotas: UFPel, 2003.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Culturas: soja*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2P148xt>>. Acesso em: 22 maio 2014.
- NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002. doi: 10.1590/S0100-204X2002000300006.
- PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. *Ciência Rural*, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004. doi: 10.1590/S0103-84782004000200004.
- PINTO, J. F. *Comportamento da plasticidade de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população*. 2010. 43 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013. doi: 10.4322/rca.2013.048.
- PROCÓPIO S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. *Agro@ambiente On-line*, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v8i2.1469.
- REZENDE, P. M.; GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; TOURINO, M. C. C.; BOTREL, E. P. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [Glycine max (L.) Merrill]. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 3, p. 499-504, 2004. doi: 10.1590/S1413-70542004000300003.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade dos Solos Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.
- SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Aperfeiçoando o processo de semeadura. *SEEDNews*, v. 12, n. 6, p. 22-27, 2008.
- SERRAGLIO, M. A.; SIMONETTI, A. P. M. M. Semeadura agrupada em diferentes cultivares de soja. *Cultivando o Saber*, v. 10, n. 4, p. 458-469, 2017.
- SOLANO L.; YAMASHITA O. M. Cultivo da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. *Varia Scientia Agrárias*, v. 2, n. 2, p. 35-47, 2012.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2. ed. Porto Alegre: Emater-RS; Ascar, 2008. 222 p.
- TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002. doi: 10.1590/S0100-204X2002000800004.
- VAZQUEZ, G. H. *Efeitos de reduções na população de plantas sobre a produtividade, a qualidade fisiológica da semente e o retorno econômico na produção de grãos de soja*. 2005. 146 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

Contribuição dos autores: Guilherme Fiss realizou os experimentos e a escrita científica; Luis Osmar Braga Schuch orientou o trabalho e contribuiu na escrita científica; Silmar Teichert Peske orientou o trabalho e contribuiu na escrita científica; César Iván Suárez Castellanos contribuiu na análise estatística e na escrita científica; Geri Eduardo Meneghello contribuiu na análise estatística e na escrita científica; Tiago Zanatta Aumonde contribuiu na escrita científica.

Fontes de financiamento: O trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.