

Performance agronômica e correlação linear entre componentes de rendimento da soja em segunda safra

Agronomic performance and linear correlation between yield traits in second-harvest soybean

Carine Meier^{1,*}, Daniela Meira², Volmir S. Marchioro¹, Tiago Olivoto³, Luís A. Klein¹, Ederson D. Moro¹, Andrei Lunkes¹, Alexsander Rigatti¹, Rodrigo F. Bello¹, Rayra B. Bueno¹ e Velci Q. Souza⁴

¹ Departamento de Agronomia e Ciências Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, Brasil

² Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil.

³ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

⁴ Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, RS, Brasil

(*E-mail: meiercarine5@gmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.17995>

Recebido/received: 2019.05.30

Aceite/accepted: 2019.07.23

RESUMO

A soja é a principal cultura de verão do Brasil, atualmente a implantação de segunda safra vem sendo crescente. Neste sentido, o conhecimento da contribuição dos caracteres ao rendimento de grãos nestas condições é necessário. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 8, sendo dois locais de cultivo (Salvador das Missões – RS e Tenente Portela – RS) e oito genótipos de soja com hábito de crescimento indeterminado (BMX Elite, NS 5959, NS 5909, BMX Alvo, BMX Potência, BMX Tornado, BMX Turbo, BMX Garra). Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), posteriormente, a análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlações, considerando massa total de grãos como variável dependente, e os demais caracteres agronômicos como explicativos. Os componentes de rendimento, o número de legumes com três grãos, o peso de mil grãos dos legumes com três grãos apresentou tendências lineares mais fortes e positivas com o rendimento dos grãos. Os genótipos NS5959, BMX Potência e BMX Turbo obtiveram a maior massa total de grãos, com a maior contribuição do peso de mil grãos dos legumes com dois e três grãos.

Palavras-chave: Análise de trilha, Componentes do Rendimento, *Glycine max*;

ABSTRACT

The soybean is the main summer crop in Brazil, currently the cultivation of the second crop has been growing. In this sense, the acknowledgement of traits contribution to grain yield in front of these conditions is necessary. The experimental design was in a randomized block, in 2 x 8 factorial scheme, two locals (Salvador das Missões – RS and Tenente Portela – RS) and eight soybean genotypes with indeterminate habit (BMX Elite, NS 5959, NS 5909, BMX Alvo, BMX Potência, BMX Tornado, BMX Turbo, BMX Garra). Data were submitted to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$), and after the path analysis was performed from the correlation matrix, considering total grain mass as the dependent variable, and the other agronomic traits as explanatory variables. The grain yield components, number of pods with three grains, thousand grain weight of pods with three grains showed stronger and more positive linear trends with grain yield. The genotypes NS5959, BMX Potência and BMX Turbo obtained the highest total grain mass, and that had more contribution of the thousand grain weight of pods with two and three grains.

Keywords: Path analysis, Grain yield components, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma das principais culturas oleaginosas produzidas e consumidas em todo o mundo (Mengistu *et al.*, 2018). Além disso, está entre as commodities mais produzidas se destacando na produção de óleo vegetal e farelo de soja (Wijewardana *et al.*, 2019).

No sul do Brasil há possibilidade do cultivo de soja em segunda safra. Este sistema é caracterizado pelo cultivo do milho safra seguido da soja em segunda safra (Follmann *et al.*, 2018). Garantir elevado desempenho produtivo em condições de segunda safra torna-se necessário a combinação de diversos caracteres agrônômicos, dentre eles podemos citar um stand adequado de plantas por área, plantas que proporcionem alto número de nós reprodutivos, de ramificações, de legumes, de massa de grãos (Souza *et al.*, 2015). Estes caracteres apenas serão expressos numa combinação entre fatores genéticos e ambientais e a interação destes (Peluzio *et al.*, 2015).

Estudos sobre o cultivo de soja na segunda safra ainda são limitadas. Entre as pesquisas realizadas, podem ser citados os estudos avaliando o desempenho agrônômico da soja em períodos tardios de cultivo na Região Sul do Brasil, que avaliou o número de ramos (Zanon *et al.*, 2015), o rendimento de grãos (Ludwig *et al.*, 2010; Follmann *et al.*, 2019).

Dentre as técnicas mais utilizadas para identificar associação entre caracteres, destaca-se a correlação linear de Pearson, que revela as tendências de direção e magnitude de associação linear entre dois caracteres (Pearson, 1920). Devido à possibilidade de haver influência de um terceiro e/ou um grupo de caracteres sobre o caractere principal, foi proposto a análise de trilha por Wright (1921). Assim, esta análise permite identificar efeitos diretos e indiretos sobre os caracteres. O conhecimento das associações entre os caracteres possibilita desenvolver a melhor estratégia de seleção (Cruz *et al.*, 2012). Inúmeras pesquisas tem relatado eficiência do uso destas estimativas em grandes culturas, dentre as quais para a cultura do trigo (Carvalho *et al.*, 2017), em aveia (Meira *et al.*, 2017; Uarrota *et al.*, 2017) e em soja (Teodoro *et al.*, 2015).

O objetivo deste trabalho foi verificar as relações lineares entre caracteres agrônômicos da soja cultivada em segunda safra em dois locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola 2017/2018 em Salvador das Missões – RS e Tenente Portela – RS. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico para ambos os locais (Santos *et al.*, 2013) e o clima como Cfa segundo Köppen (Alvares *et al.*, 2013). Os locais diferem meteorologicamente pela precipitação acumulada e temperatura média para o período de cultivo da soja. Observou-se precipitação de 737 e 625 mm e médias de 24,7 e 22,6 C° para Tenente Portela e Salvador das Missões, respectivamente (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 8, sendo dois locais de cultivo (Salvador das Missões e Tenente Portela) e oito genótipos de soja com hábito de crescimento indeterminado (Quadro 1). As unidades experimentais foram compostas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas por 0,45 m.

A semeadura foi realizada em 15 de janeiro de 2017, em sistema plantio direto, com densidade populacional empregada foi de 260 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base foi constituída por 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 80 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) e

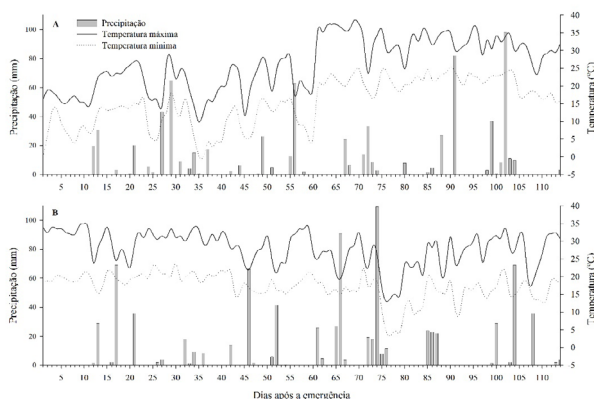


Figura 1 - Precipitação diária acumulada (colunas), temperaturas máxima e mínimo (linhas) durante a condução dos experimentos em Tenente Portela (A) e Salvador das Missões (B).

Quadro 1 - Cultivares, grupo de maturação (GM), ano de registro e obtentora da cultivar

Cultivar	GM	Ciclo	Registro	Obtentora
BMX Elite	5.5	Precoce	2015	GDM Genética do Brasil S.A.
NA 5959	5.9	Precoce	2012	SYNGENTA SEEDS LTDA
NA 5909	6.2	Médio	2008	SYNGENTA SEEDS LTDA
BMX Alvo	5.9	Precoce	2011	GDM Genética do Brasil S.A.
BMX Potência	6.7	Médio	2007	GDM Genética do Brasil S.A.
BMX Tornado	6.3	Médio	2011	GDM Genética do Brasil S.A.
BMX Turbo	5.8	Precoce	2009	GDM Genética do Brasil S.A.
BMX Garra	6.3	Médio	2015	GDM Genética do Brasil S.A.

80 kg ha⁻¹ de potássio (KCl) fornecidos pela fórmula 5-20-20. As sementes de soja foram tratadas com tiametoxan + fipronil (2 mL para 1 kg de sementes de produto comercial). O controle de insetos-praga, plantas daninhas e doenças foi realizado preventivamente.

Os caracteres de interesse foram aferidos na área útil de cada unidade experimental, sendo esta composta pelas três linhas centrais, desprezando-se o primeiro metro de cada extremidade. Em estádio de maturação denominado estádio R8 (Fehr e Caviness, 1977), foram amostradas aleatoriamente dez plantas por unidade experimental, para determinação dos seguintes caracteres:

- Altura da planta (AP): medida entre o nível do solo até o ápice da planta, resultados em cm.
- Inserção do primeiro legume (IPL): medida entre o nível do solo até a inserção do primeiro legume, resultados em centímetros (cm).
- Número de nós reprodutivos (NNR): realizou-se a contagem do número de nós que emitiram legumes viáveis.
- Número de nós improdutivo (NNI): realizou-se a contagem do número de nós que não emitiram legumes viáveis na haste principal.
- Número de legumes contendo um grão (NL₁): estratificou-se a contagem para o número de legumes contendo um grão viável.

- Número de legumes contendo dois grãos (NL₂): estratificou-se a contagem para o número de legumes contendo dois grãos viáveis.
- Número de legumes contendo três grãos (NL₃): estratificou-se a contagem para o número de legumes contendo três grãos viáveis.
- Número de legumes contendo quatro grãos (NL₄): estratificou-se a contagem para o número de legumes contendo quatro grãos viáveis.
- Massa total (MT): foi obtida pela soma de massas dos grãos por planta pesados em balança de precisão. Posteriormente foi realizada a correção para 13% de umidade, resultados em gramas (g).
- Massa de mil grãos foi obtida através da estratificação dos legumes contendo um grão (MMG₁), legumes contendo dois grãos (MMG₂), legumes contendo três grãos (MMG₃) e legumes contendo quatro grãos (MMG₄).

A análise de variância e teste F (p<0,05) foi realizada utilizando o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Em que: μ é a média geral do ensaio, g_i é o efeito do genótipo (cultivar) i , b_j é o efeito do bloco j , ε_{ij} é o erro aleatório. Os caracteres que revelaram significância foram submetidos ao teste de médias Tukey (p<0,05).

A matriz de correlações lineares contendo dez caracteres explicativos (AP, IPL, NNI, NNR, NL₁, NL₂, NL₃, NL₄, MMG₁, MMG₂, MMG₃, MMG₄, MT) foi avaliada usando o pacote Agricolae (Mendiburu, 2019) e Corrplot (Wei, 2019) no programa R 3.4.2 (R Core Team, 2016). Posteriormente foi avaliada a multicolinearidade, diagnosticada pelo número de condição (CN), que é dada pela razão entre o maiores e menores autovalores da matriz de correlação. Caracteres identificados pela análise foram excluídos da análise, a fim de atingir valores aceitáveis de multicolinearidade (NC<100) (Olivoto *et al.*, 2017). Posteriormente, a análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlações, considerando MT como variável dependente, e os demais caracteres agrônômicos como explicativos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Quadros 2 e 3) revelou interação significativa entre cultivar e local para os caracteres altura de planta (AP) e número de nós improdutivos na haste principal (NNI), as demais variáveis não revelaram interação e foram desmembradas em seus efeitos principais em locais e cultivares (Quadros 4 e 5).

Para a variável altura de planta (AP) é possível inferir que todos os genótipos apresentaram redução da altura em Salvador das Missões, sendo o genótipo BMX Alvo o menor (Quadro 4). Cultivares submetidas à regiões com menor latitude, como neste caso, ou quando a semeadura é retardada, o resultado é a redução de altura de planta (Ludwig *et al.*, 2010). Para Salvador das Missões os genótipos BMX Potência e BMX Garra apresentaram maiores valores para AP (Quadro 4). Meotti *et al.* (2012) des-

Quadro 2 - Resumo da análise de variância com informações dos quadrados médios (QM) referente aos caracteres inserção do primeiro legume (IPL), número de nós reprodutivos (NNR), número de legumes com um grão (NL1), número de legumes com dois grãos (NL2), número de legumes com três grãos (NL3) número de legumes com quatro grãos (NL4)

FV	GL	QM							
		AP	IPL	NNR	NNI	NL1	NL2	NL3	NL4
Locais	1	3727,34**	53,21**	20,53**	10,75**	5,73 ^{ns}	60,86**	675,38**	2,44**
Cultivares	7	151,07**	25,48**	3,52**	1,63**	5,80*	15,64*	28,92**	0,19**
L x C	7	36,80*	7,82 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,86*	4,62 ^{ns}	8,04 ^{ns}	5,53 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Bloco	2	58,88	9,40	1,30	0,40	2,76	3,72	5,72	0,09
Erro	30	13,464	3,706	0,563	0,268	2,394	4,822	3,091	0,053
Total	47								
Média geral		47,96	13,26	9,38	3,43	4,42	9,74	9,75	0,31
CV (%)		7,64	14,51	7,99	15,05	34,93	22,54	18,01	73,49

FV: fator de variação; GL: graus de liberdade; **, *Valores significativos para teste F a 1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

Quadro 3 - Resumo da análise de variância com informações dos quadrados médios (QM) referente aos caracteres massa de mil grãos oriundos de legumes com um grão (MMG₁), dois grãos (MMG₂), três grãos (MMG₃), quatro grãos (MMG₄) e massa total de grãos (MT)

FV	GL	QM				
		MMG1	MMG2	MMG3	MMG4	MT
Locais	1	0,21 ^{ns}	24,48**	215,63**	1,00**	444,51**
Cultivares	7	0,14 ^{ns}	1,85**	5,53**	0,06 ^{ns}	9,30**
L x C	7	0,11 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,03 ^{ns}	3,57 ^{ns}
Bloco	2	0,12	0,35	1,15	0,03	4,55
Erro	30	0,073	0,355	0,813	0,027	1,763
Total	47					
Média Geral		0,62	2,77	4,32	0,18	7,90
CV (%)		43,60	21,49	20,83	89,1	16,79

FV: fator de variação; GL: graus de liberdade; **, *Valores significativos para teste F a 1% e 5% de probabilidade de erro, respectivamente.

tacam que semeaduras tardias, entre 15 de dezembro a 15 de janeiro, acarretam em redução do ciclo e da estatura de planta de cultivares de soja. Esta redução é observada em cultivares com hábito de crescimento indeterminado e determinado, e ainda para grupos de maturação entre 5,5 a 6,7.

O número de nós improdutivos na haste principal (NNI) para o ambiente de Salvador das Missões não teve diferença estatística, porém em Tenente Portela observa-se uma maior quantidade de nós improdutivos nos genótipos NS 5909, BMX Potência, BMX Tornado e BMX Garra (Quadro 4). O NNI pode implicar de forma indireta sobre o potencial produtivo, devido à relação negativa com número de legumes e massa de mil grãos (Figura 2).

Quadro 4 - Médias de interação para altura de planta (AP), número de nós improdutivos (NNI) em oito cultivares de soja em segunda safra conduzidas em Salvador das Missões - RS e Tenente Portela - RS

Genótipo	Variável AP (cm)		Variável NNI	
	Salvador das Missões	Tenente Portela	Salvador das Missões	Tenente Portela
BMX Elite	34,30 bB	49,15 cA	2,93 aA	2,93 bA
NS 5959	40,36 abB	55,80 bcA	2,92 aA	3,33 bA
NS 5909	40,43 abB	56,00 bcA	3,06 aB	4,63 abA
BMX Alvo	33,93 bB	48,06 cA	2,85 aA	3,30 bA
BMX Potência	45,36 aB	65,43 abA	3,00 aB	5,28 aA
BMX Tornado	38,66 abB	55,63 bcA	3,16 aA	4,36 abA
BMX Turbo	41,00 aB	55,97 bcA	2,53 aA	2,96 bA
BMX Garra	39,16 abB	68,16 aA	3,23 aA	4,46 abA
CV (%)	7,64		15,05	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula e maiúsculas, na coluna e na linha, respectivamente não diferem estatisticamente para Tukey ($p < 0,05$).

A variável inserção do primeiro legume (IPL) evidencia superioridade para as cultivares NS 5909, BMX Potência e BMX Turbo. Quando comparado os locais de cultivo, Tenente Portela apresenta maior altura para o caractere (Quadro 5). Este caractere ainda apresenta elevada importância, pois determina a regulagem da altura da barra de corte da colhedora, visando obter a máxima eficiência durante esse processo (Mauad, 2010). Meotti *et al.* (2012) ressaltam a existência de associação positiva entre inserção do primeiro legume com número de legumes por planta, indicando que elevadas inserção do primeiro legume, podem apresentar elevado potencial produtivo.

O NNR por planta apresenta superioridade para os genótipos BMX Elite, NS 5909, NS 5959 e BMX Alvo (Quadro 5). Para os locais avaliados, Tenente Portela revelou maior NNR. O maior NNR proporciona condições para maior formação de flores e, conseqüentemente de legumes, visto que as estruturas reprodutivas na planta são formadas nas axilas dos nós (Ludwig *et al.*, 2010).

Em relação ao número de legumes, para NL₂ observa-se resultados inferiores apenas para os genótipos BMX Potência e BMX Tornado. O genótipo BMX Potência revelou maior número de legumes com legumes três grãos (NL₃), apresentando superioridade aos demais genótipos (Quadro 5). Para

Quadro 5 - Médias para inserção do primeiro legume (IPL), número de nós reprodutivos (NNR), número de legumes com dois grãos (NL2), número de legumes com três grãos (NL3) número de legumes com quatro grãos (NL4) para oito genótipos de soja e dois locais de cultivo.

Genótipo	IPL	NNR	NL2	NL3	NL4
BMX Elite	9,96 c	10,56 a	11,71 ab	8,83 b	0,25 ab
NS 5959	12,85 bc	10,26 ab	11,95 a	11,06 b	0,36 ab
NS 5909	16,68 a	9,86 abc	10,33 ab	7,80 b	0,20 b
BMX Alvo	11,54 bc	9,39 abc	8,98 ab	8,06 b	0,26 ab
BMX Potência	15,00 ba	8,88 bc	7,61 b	14,45 a	0,66 a
BMX Tornado	12,63 bc	8,76 c	7,76 b	8,90 b	0,23 b
BMX Turbo	13,97 ba	8,70 c	10,00 ab	8,58 b	0,44 ab
BMX Garra	13,47 bac	8,61 c	9,56 ab	10,35 b	0,08 b
Local					
Salvador das Missões	12,21 b	8,72 b	8,81 b	6,00 b	0,08 b
Tenente Portela	14,31 a	10,03 a	10,86 a	13,50 a	0,53 a
CV(%)	14,51	7,99	22,54	18,01	73,49

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

as cultivares estudados constata-se maior participação de legumes com dois grãos seguido de três grãos, sendo a massa dos grãos o fator mais importante. O número de grãos por legume é determinado pelo fator genético, contudo influenciado pelo ambiente. Assim preconiza-se por cultivares que apresentem potencial de três grãos por legume, ou seja, viabilidade três óvulos por legume (McBlain & Hume, 1981).

Para os caracteres MMG, não foi observada diferença estatística entre os genótipos (Quadro 6). Para a MMG₂ o genótipo NS 5959 apresentou as maiores magnitudes, já o genótipo BMX Tornado apresenta o menor valor e a MMG₃ foi superior para os genótipos NS 5959, BMX Potência e BMX Turbo. Poucas pesquisas revelaram a importância da massa de mil grãos em legumes com diferentes números de grãos. Constata-se que em todos os genótipos estudados, a MMG foi superior no ambiente de Tenente Portela, assim inclui-se a importância dos legumes oriundos de três e quatro grãos, mostrando que para os genótipos estudados a massa total tendeu ser maior quando havia um maior número de grãos nos legumes. Isso pode ser fisiologicamente explicado devido a maior capacidade competitiva para acumular fotoassimilados por unidade de massa, observada em legumes com maior número

Quadro 6 - Massa de mil grãos oriundos de legumes com dois grãos (MMG₂), três grãos (MMG₃), quatro grãos (MMG₄) e massa total de grãos (MT), para oito genótipos de soja e dois locais de cultivo

Genótipo	MMG ₂	MMG ₃	MMG ₄	MT
BMX Elite	3,14 ab	3,89 bc	0,16 a	8,07 abc
NS 5959	3,66 a	5,36 ab	0,24 a	9,94 a
NS 5909	2,95 abc	3,42 c	0,11 a	7,22 bc
BMX Alvo	2,6 abc	3,31 c	0,15 a	6,78 bc
BMX Potência	2,39 bc	6,1 a	0,34 a	9,25 ab
BMX Tornado	1,96 c	3,99 bc	0,12 a	6,59 c
BMX Turbo	3,16 ab	4,44 abc	0,3 a	8,50 ab
BMX Garra	2,3 bc	4,08 bc	0,04 a	6,88 bc
Local				
Salvador das Missões	2,05 b	2,20 b	0,04 b	4,86 b
Tenente Portela	3,48 a	6,44 a	0,32 a	10,95 a
CV(%)	21,49	20,83	89,1	16,79

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey à 5,00% de probabilidade de erro.

de grãos, assim maior massa de grãos por planta está diretamente relacionado com a máxima produtividade em soja (Perini *et al.* 2012).

Avaliando as associações lineares entre as características estudadas o ambiente de Salvador das Missões (Figura 2A), apresentou apenas correlações significativas positivas. O número de legumes de um, dois, três e quatro grãos apresentaram associação positiva e forte com sua respectiva massa de grãos (0.88, 0.94, 0.97, 0.98, respectivamente).

A MT mostrou associação positiva e forte com MMG₂ (0.78) e MM3G (0.84) e moderado com AP (0.71), NL₂ (0.72) e NL₃ (0.73). Os caracteres com elevada magnitude de correlação podem ser considerados nas estratégias de seleção (Vale *et al.*, 2014).

As associações lineares para Tenente Portela (Figura 2B) apresentam para IPL associação negativa forte com NL₁ (0.72). NNI apresenta associação negativa forte com NL₁ (0.64), NL₁ (0.71) e MMG₂ (0.72). A MT mostrou associação positiva moderada e forte com MMG₂ (0.72) e MM3G (0.82).

As variáveis AP e NL₂ revelaram efeitos negativos sobre a MT para o ambiente de Salvador das missões (Quadro 7). O caráter NL₃, MMG₂ MMG₃

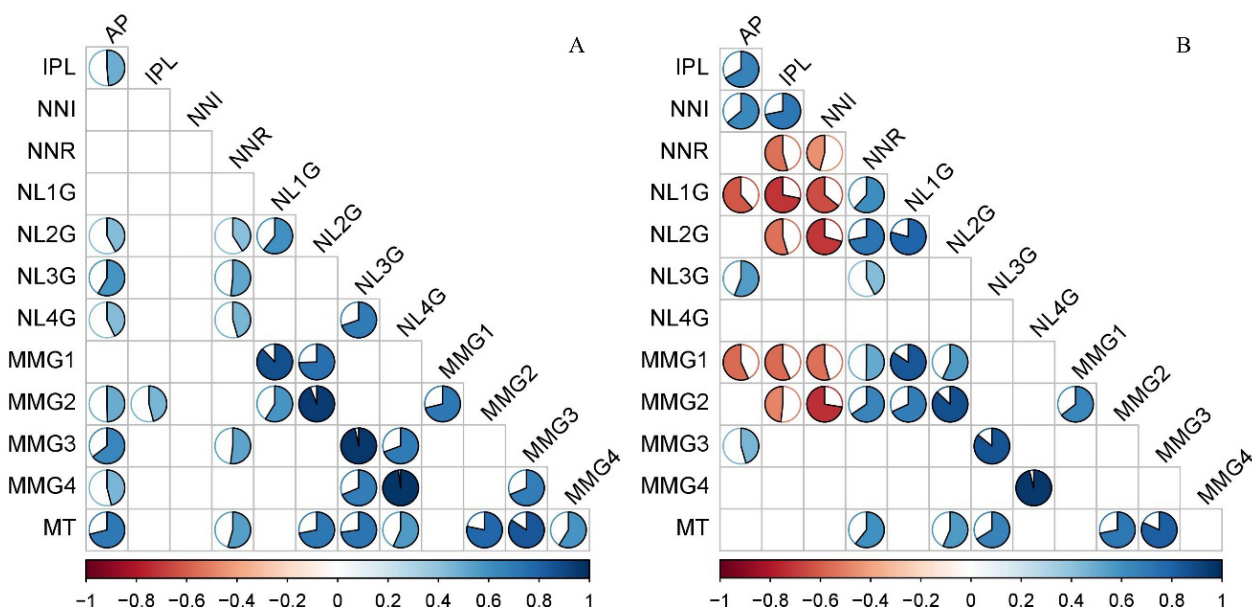


Figura 2 - Correlação de Pearson entre componentes de rendimento de soja em segunda safra para os locais A) Salvador das Missões e B) Tenente Portela – RS. Caracteres - AP: altura de planta; IPL: inserção do primeiro legume; NNI: número de nós improdutivos; NNR: número de nós reprodutivos; NL₁: número de legumes com um grão; NL₂: número de legumes com dois grãos; NL₃: número de legumes com três grãos; NL₄: número de legumes com quatro grãos; MMG₁: massa de mil grãos oriundos de legumes com um grão; MMG₂: dois grãos; MMG₃: três grãos; MMG₄: quatro grãos; MT: massa total de grãos. Correlações mostradas foram significativas de acordo com test t (p<0,05).

Quadro 7 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos genotípicos de sete caracteres sobre o massa total de grãos (MT) para os caracteres número de nós reprodutivos (NNR), número de legumes com dois grãos (NL2), número de legumes com três grãos (NL3), massa de mil grãos oriundos de legumes com um grão (MMG1), dois grãos (MMG2) e três grãos (MMG3) de oito genótipos de soja em segunda safra conduzida em Salvador das Missões – RS

Efeitos	Variáveis explicativas						
	AP	NNR	NL2	NL3	MMG1	MMG2	MMG3
Direto sobre MT	-0,011	0,099	-0,027	0,649	0,241	0,735	0,710
Indireto AP	-	-0,004	-0,005	-0,006	-0,003	-0,005	-0,005
Indireto NNR	0,004	-	0,004	0,005	0,002	0,003	0,004
Indireto NL2	-0,115	-0,111	-	-0,043	-0,202	-0,256	-0,065
Indireto NL3	0,379	0,336	0,103	-	-0,147	0,115	0,443
Indireto MMG1	0,055	0,051	0,18	-0,055	-	0,172	-0,051
Indireto MMG2	0,365	0,236	0,692	0,130	0,525	-	0,188
Indireto MMG3	0,032	0,027	0,017	0,049	-0,015	0,018	-
Total (r ²)	0,710	0,544	0,719	0,729	0,401	0,782	0,585
Coeficiente de determinação							0,989
Efeito da variável residual							0,106

MT: massa total de grãos; NNR: número de nós reprodutivos; NL₂: número de legumes com dois grãos; NL₃: número de legumes com três grãos; MMG₁: massa de mil grãos oriundos de legumes com um grão; MMG₂: dois grãos; MMG₃: três grãos.

apresenta efeito alto positivo com a MT (0.649, 0.735 e 0.710) respectivamente, demonstrando assim, que a medida que aumenta o número de legumes oriundos de três grãos se tem um aumento na massa total, tal resultado é extremamente importante em programas de melhoramento genético que visam o aumento de produtividade, assim estudos realizados por Mauad *et al.* (2010) verificaram que a demanda por fotoassimilados pode comprometer o número de grãos por legume uma vez que envolve o tamanho disponível para os grãos crescerem.

Para a análise de causa e efeito realizada para o segundo ambiente em Tenente Portela observa-se que AP e NNR apresenta efeito direto positivos baixos sobre a massa total de grãos (0.025, 0.056, respectivamente) (Quadro 8). Segundo Barbosa *et al.* (2014), a soja revela capacidade de modificar-se em relação às condições do ambiente, manejo nutricional e época de semeadura, alterando principalmente a magnitude dos caracteres número de nós reprodutivos na haste principal e ramificações por planta o que está intimamente relacionado a produção de massa por planta.

Quadro 8 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos fenotípicos sete caracteres sobre a massa total de grãos (MT) para os caracteres número de nós reprodutivos (NNR), número de legumes com dois grãos (NL2), número de legumes com três grãos (NL3), massa de mil grãos oriundos de legumes com um grão (MMG1), dois grãos (MMG2) e três grãos (MMG3) de oito genótipos de soja em segunda safra conduzida em Tenente Portela – RS

Efeitos	Variáveis explicativas						
	AP	NNR	NL2	NL3	MMG1	MMG2	MMG3
Direto sobre MT	0,025	0,056	-0,08	-0,080	0,147	0,508	0,783
Indireto AP	-	-0,005	-0,008	0,0139	-0,014	-0,009	0,011
Indireto NNR	-0,012	-	0,041	0,024	0,028	0,037	0,017
Indireto NL2	0,026	-0,058	-	-0,020	-0,045	-0,070	-0,010
Indireto NL3	-0,045	-0,034	-0,012	-	0,014	-0,011	-0,068
Indireto MMG1	-0,083	0,074	0,084	-0,027	-	0,095	-0,024
Indireto MMG2	-0,198	0,338	0,442	0,071	0,327	-	0,109
Indireto MMG3	0,359	0,241	0,098	0,671	-0,131	0,168	-
Total (r ²)	0,069	0,607	0,565	0,662	0,327	0,718	0,818
Coeficiente de determinação							0,999
Efeito da variável residual							0,093

MT: massa total de grãos; NNR: número de nós reprodutivos; NL₂: número de legumes com dois grãos; NL₃: número de legumes com três grãos; MMG₁: massa de mil grãos oriundos de legumes com um grão; MMG₂: dois grãos; MMG₃: três grãos.

O NL₂ e NL₃ apresentam aos efeitos direto sentido e direção iguais, revelando valores negativos e baixos sobre a massa total de grãos, esse resultado evidenciam que o número de legumes por planta sofre elevada flutuação quanto ao ambiente de cultivo, com intervenções de fatores abióticos, disponibilidade hídrica e o fotoperíodo (Lima *et al.*, 2009).

A massa de mil grãos oriundas de legumes contendo um, dois e três grãos relevaram ao efeito direto valores elevados e positivos a massa total de grãos, (0,147; 0,508; 0,783 respectivamente). Esses valores demonstram a importância da massa dos grãos ao rendimento final da cultura, conforme Souza *et al.* (2015) corroborando com este estudo enfatiza que para obter maiores patamares produtivos torna-se necessário a seleção de genótipos que apresentam superioridade na massa de grãos por planta.

CONCLUSÕES

Os genótipos NS5959, BMX Potência e BMX Turbo foram os genótipos que obtiveram a maior massa total de grãos isso se deve principalmente ao caráter massa de mil grãos oriundas de legumes com dois e três grãos, enfatizando a importância de genótipos com legumes de três grãos.

Para as cultivares estudadas em condição de segunda safra, constata-se maior participação de legumes com dois seguido de três grãos, sendo a massa destes, fator limitante no rendimento.

Ambientes com menor latitude apresentam limitações quanto ao rendimento de grãos, dessa forma torna-se necessário o posicionamento de genótipos superiores que se adaptem a diferentes locais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa e pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, A.C.; Stape, J.; Sentelhas, P.; Gonçalves, J. & Sparovek, G. (2013) - Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, n. 6, p. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Barbosa, G.F.; Centurion, M.A.P. de C. & Ferraudo, A.S. (2014) - Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG/BR-46 (Conquista). *Bioscience Journal*, vol. 30, n. 1, p. 76-89.
- Carvalho, I.R.; Nardino, M.; Follmann, D.N.; Demari, G.H.; Olivoto, T.; de Pelegrin, A.; Szareski, V.; Ferrari, M.; Corazza da Rosa, T.; Koch, F.; Aisenberg, G.; Pedó, T.; Aumonde, T.Z. & Souza, V. (2017) - Path analysis of grain yield associated characters in Brazilian wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, vol. 11, n. 11, p. 1406-1410. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.11.pne484>
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. & Carneiro, P.C.S. (2012) - *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético* 4. ed., Ed. UFV, Viçosa, 514 p.
- Fehr, W.R.; Caviness, C.E. (1977) - *Stages of soybean development*. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 11 p. (Special Report 80).
- Follmann, D.N.; Souza, V.Q de; Cargnelutti Filho, A.; Demari, G.H.; Nardino, M.; Olivoto, T.; Carvalho, I.R.; Silva, A.D.B.; Meira, D. & Meier, C. (2019) - Agronomic performance and genetic dissimilarity of second-harvest soybean cultivars using REML/BLUP and Gower's algorithm. *Bragantia*, vol. 78, n. 2, p. 197-207. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20180194>
- Lima, E. de V.; Crusciol, C.A.C.; Cavariani, C. & Nakagawa, J. (2009) - Características agrônômicas, produtividade e qualidade fisiológica da soja "safrinha" sob semeadura direta, em função da cobertura vegetal e da calagem superficial. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 1, p. 69-80. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100008>

- Ludwig, M.P.; Dutra, L.M.C.; Lucca Filho, O.A.; Zabet, L.; Uhry, D.; Lisboa, J.I. & Jauer, A. (2010) - Características morfológicas de cultivares de soja convencionais e Roundup Ready™ em função da época e densidade de semeadura. *Ciência Rural*, vol. 40, n. 4, p. 759-767. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000400003>
- Mauad, M.; Silva, T.L.B.; Neto, A.I.A. & Abreu, V.G. (2010) - Influência da densidade de semeadura sobre características agrônomicas na cultura da soja. *Agrarian*, vol. 3, n. 9, p. 175-181.
- McBlain, B.A. & Hume, D.J. (1981) - Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 61, n. 3, p. 499-505. <https://doi.org/10.4141/cjps81-072>
- Meira, D.; Meier, C.; Olivoto, T.; Nardino, M.; Rigatti, A.; Lunkes, A.; Bordin, R.; Marchioro, V. & Souza, V. (2017) - Physiological Traits and Their Relationships in Black Oat Populations. *Genetics and Molecular Research*, vol. 16, n. 4, p. 1-8.
- Mendiburu, F. (2019) - *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package. Versão 1.3-1.
- Mengistu, A.; Ray, J.D.; Smith, J.R.; Arelli, P.R.; Bellaloui, N.; Chen, P.; Shannon, G. & Boykin, D. (2018) - Effect of charcoal rot on selected putative drought tolerant soybean genotypes and yield. *Crop Protection*, vol. 105, p. 90-101. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.012>
- Meotti, G.V.; Benin, G.; Silva, R.R.; Beche, E. & Munaro, L.B. (2012) - Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 47, n. 1, p. 14-21. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100003>
- Olivoto, T.; Souza, V.; Nardino, M.; Carvalho, I.; Ferrari, M.; de Pelegrin, A.; Szareski, V. & Schmidt, D. (2017) - Multicollinearity in Path Analysis: A Simple Method to Reduce Its Effects. *Agronomy Journal*, vol. 109, n. 1, p. 131-142. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.04.0196>
- Pearson, K. (1920) - Notes on the history of correlation. *Biometrika*, vol. 13, n. 1, p. 25-45. <https://doi.org/10.2307/2331722>
- Peluzio, JM e Lima, MD (2015). A dissimilaridade genética em cultivares de soja com enfoque no perfil de efeitos graxos pode produzir bicompostíveis. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10, 256-261, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a5333>
- Perini, L.J.; Silva, F.J.N.; Destro, D. & Cavenaghi, P.C.E. (2012) - Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 33, n. 1, p. 2531-2543.
- R Core Team (2016) - *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Santos, H.G. Dos; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C. Dos; Oliveira, V.A. De; Lumberras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A. De; Cunha, T.J.F.; Oliveira, J.B. de. (2013) *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. Ed. Embrapa, Brasília, 353p.
- Souza, V.Q. de; Belle, R.; Ferrari, M.; Pelegrin, A.J de; Caron, B.O.; Nardino, M.; Follmann, D.N. & Carvalho, I.R. (2015) - Componentes de rendimento em combinações de fungicidas e inseticidas e análise de trilha em soja. *Global Science and Technology*, vol. 8, n. 1, p. 167-176.
- Teodoro, P.; Ribeiro, L.; Corrêa, C.; Apolinário Alves da Luz Júnior, R.; dos Santos Zanuncio, A.; Prevedel Capristo, D. & Torres, F. (2015) - Path analysis in soybean genotypes as function of growth habit. *Bioscience Journal*, vol. 31, n. 3, p. 794-799. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-26094>
- Uarrotta, V.; Cileide, M.; Coelho, C.; Sponchiado, J. & Souza, C. (2017) - Discriminating Important Agronomic and Industrial Parameters of White Oat Cultivars Treated with Fungicide Based on SIMCA Algorithm. *Journal of Agricultural Science and Technology*, vol. 7, p. 86-99. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2017.02.003>
- Vale, E.H.; Hawerth, M.C.; Cavalcanti, J.J.V.; Vidal Neto, F. de C. & Melo, D.S. (2014) - Desempenho de híbridos de cajueiro-anão-precoce no litoral do estado do Ceará. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 36, n. 4, p. 940-949. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-403/13>
- Wei, T. & Simko, V. (2017) - *Corrplot, Visualization of a Correlation Matrix* (Version 0.84).
- Wijewardana, C.; Reddy, K.R. & Bellaloui, N. (2019) - Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. *Food Chemistry*, vol. 278, p. 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035>
- Wright, S. (1921) - Correlation and causation. *Journal of Agriculture Research*, vol. 20, p. 557-585.
- Zanon, A.J.; Streck, N.A.; Richter, G.L.; Becker, C.C.; Rocha, T.S.M de; Cera, J.C.; Winck, J.E.M.; Cardoso, Â.P.; Tagliapietra, E.L. & Weber, P.S. (2015) - Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. *Bragantia*, vol. 74, n. 3, p. 279-290. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0463>