

Estatística

Correlação e análise de trilha em caracteres de trigo

Correlation and path analysis in wheat traits

Alberto Cargnelutti Filho¹ , Ismael Mario Márcio Neu¹ ,
Daniela Lixinski Silveira¹ , Valéria Escao Bubans¹ , Samanta Luiza da Costa¹ 

¹Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar se há relações lineares entre caracteres de trigo (*Triticum aestivum* L.), obtidos por meio de medição, contagem e pesagem. Em 17 ensaios de uniformidade, foram colhidas, aleatoriamente, 630, 630, 100, 100 e 330 plantas de trigo das cultivares TBIO Energia I, TBIO Energia II, TBIO Sossego, TBIO Toruk e TBIO Audaz, respectivamente. Nessas 1790 plantas foram avaliados caracteres por meio de medição: comprimentos do colmo principal e da espiga do colmo principal; contagem: números de folhas, colmos e espigas; e pesagem: matérias fresca e seca de folhas, colmos, espigas e parte aérea. Foi investigada a relação entre esses 13 caracteres por meio de análises de correlação e de trilha. Há relações lineares entre caracteres de trigo, obtidos por meio de medição, contagem e pesagem. O número de espigas por planta tem relação linear positiva com a quantidade de matérias fresca e seca de parte aérea. A não necessidade de destruir as plantas para contar as espigas possibilita selecionar plantas visando o aumento da quantidade de matérias fresca e seca de parte aérea, mantendo-as a campo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; Ensaio de uniformidade; Relações lineares

ABSTRACT

The objective of this work was to verify if there are linear relations between wheat (*Triticum aestivum* L.) traits obtained through measurement, counting, and weighing. In 17 uniformity trials, 630, 630, 100, 100, and 330 wheat plants of the cultivars TBIO Energia I, TBIO Energia II, TBIO Sossego, TBIO Toruk, and TBIO Audaz were randomly harvested, respectively. In these 1790 plants, traits were evaluated through measurement: main stem length and main stem ear length; count: numbers of leaves, stems, and ears; and weighing: fresh and dry matter of leaves, stems, ears, and shoots. The linear relations between these 13 traits were investigated through correlation and path analyses. There are linear relations between wheat traits, obtained through measurement, counting, and weighing. The number of ears per plant has a positive linear relation with the amounts of fresh and dry matter in shoots. The fact that there is

no need to destroy the plants to count the ears makes it possible to select plants aiming at increasing the fresh and dry matter of shoots, keeping them in the field.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; Uniformity trials; Linear relation

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) pertence à família Poaceae. É cultivado em diversos ambientes e regiões geográficas com relevância na dieta devido à quantidade e qualidade proteica e à variedade de produtos derivados (Borém; Scheeren, 2015). Devido a sua importância agrônômica, experimentos são conduzidos a campo e diversos caracteres são avaliados nas plantas por meio de medição, contagem e pesagem. Esses caracteres podem ou não estarem relacionados linearmente.

Em cultivares de trigo de duplo propósito ou forrageiros, tais como, TBIO Energia I, TBIO Energia II, TBIO Sossego, TBIO Toruk e TBIO Audaz, almeja-se maior quantidade de matérias fresca e seca. A quantificação dessas matérias, obtidas por pesagem, é realizada por método destrutivo. Assim, é importante conhecer as relações de caracteres obtidos por meio de pesagem com caracteres obtidos por medição e contagem, ou seja, de maneira não destrutiva. Constatada a existência de correlações, torna-se possível prever a quantidade de matérias fresca e seca sem a necessidade de coletar as plantas.

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e a análise de trilha são procedimentos estatísticos utilizados para investigar as relações lineares em um conjunto de caracteres. O r mede a intensidade ou o grau de relação linear, entre duas variáveis aleatórias. O sinal do r expressa o sentido da associação e, a intensidade é representada por um valor numérico entre -1 e 1. Dois caracteres podem apresentar correlação linear negativa perfeita ($r = -1$) ou positiva perfeita ($r = 1$), ou ainda ausência de relação linear ($r = 0$) (Ferreira, 2009; Bussab; Morettin, 2017). Por sua vez, a análise

de trilha permite desdobrar os coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre uma variável principal e identificar se há associação linear de causa e efeito (Cruz *et al.*, 2012; Cruz *et al.*, 2014; Cruz, 2016).

Esses procedimentos estatísticos têm sido utilizados para investigar a associação linear entre caracteres de *Triticum aestivum* no estudo de Follmann *et al.* (2020) e em vários outros estudos relatados por Pandey *et al.* (2021). Também foram utilizados nas culturas de *Raphanus sativus* e *Lupinus albus* (Cargnelutti Filho *et al.*, 2014), *Avena strigosa* (Cargnelutti Filho *et al.*, 2015), *Cajanus cajan* (Cargnelutti Filho *et al.*, 2017), *Canavalia ensiformis* (Cargnelutti Filho *et al.*, 2018), *Sorghum bicolor* (Cargnelutti Filho *et al.*, 2022a), *Crotalaria ochroleuca* (Cargnelutti Filho *et al.*, 2022b), *Crotalaria spectabilis* (Toebe *et al.*, 2017; Cargnelutti Filho *et al.*, 2023) e *Zea mays* ssp. *mexicana* (Ortiz *et al.*, 2023). Relações de causa e efeito entre diversos caracteres e possibilidade de seleção indireta foram evidenciadas nessas pesquisas. Assim, supõe-se que a inclusão de estudos de associação linear entre caracteres de cultivares de trigo, possa agregar informações importantes para serem utilizadas em programas de melhoramento de plantas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar se há relações lineares entre caracteres de trigo (*Triticum aestivum* L.), obtidos por meio de medição, contagem e pesagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos 17 ensaios de uniformidade (experimentos em branco) com a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), em área experimental situada a 29°42'S, 53°49'W e a 95 m de altitude. Nesse local, o clima é Cfa subtropical úmido (Alvares *et al.*, 2013) e o solo é Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (Ultisol) (Santos *et al.*, 2018). Os ensaios foram formados pela combinação de anos agrícolas, datas de semeadura e cultivares (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição dos ensaios de uniformidade com cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.)

Ensaio	Ano	Semeadura	Cultivar	Avaliação	DAS ⁽¹⁾	Nº de plantas avaliadas
1	2018	28/05/2018	TBIO Energia I	21/09/2018	116	100
2	2018	28/05/2018	TBIO Energia II	11/09/2018	106	100
3	2018	20/06/2018	TBIO Energia I	04/10/2018	106	100
4	2018	20/06/2018	TBIO Energia II	28/09/2018	100	100
5	2018	03/08/2018	TBIO Energia I	23/10/2018	81	100
6	2018	03/08/2018	TBIO Energia II	19/10/2018	77	100
7	2018	03/08/2018	TBIO Sossego	24/10/2018	82	100
8	2018	03/08/2018	TBIO Toruk	21/10/2018	79	100
9	2019	07/06/2019	TBIO Energia I	04/10/2019	119	110
10	2019	07/06/2019	TBIO Energia II	13/09/2019	98	110
11	2019	07/06/2019	TBIO Audaz	03/10/2019	118	110
12	2019	27/06/2019	TBIO Energia I	10/10/2019	105	110
13	2019	27/06/2019	TBIO Energia II	09/10/2019	104	110
14	2019	27/06/2019	TBIO Audaz	22/10/2019	117	110
15	2019	18/07/2019	TBIO Energia I	23/10/2019	97	110
16	2019	18/07/2019	TBIO Energia II	23/10/2019	97	110
17	2019	18/07/2019	TBIO Audaz	24/10/2019	98	110

⁽¹⁾ DAS: Número de dias após a semeadura, correspondente a data de avaliação. Fonte: Organização dos autores (2023)

Em todos os ensaios de uniformidade, de dimensão de 20 m × 8 m (160 m²), foi realizada a semeadura mecanizada, em fileiras espaçadas em 0,20 m, na densidade de 420 sementes m⁻². A adubação de base foi de 9 kg ha⁻¹ de N, 36 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 36 kg ha⁻¹ de K₂O e, posteriormente, foram realizadas duas adubações de cobertura de 41 kg ha⁻¹ de N nos estádios de desenvolvimento V3 (três folhas expandidas) e V6 (seis folhas expandidas). Demais práticas culturais de manejo, em cada ensaio de uniformidade, foram realizadas de maneira homogênea em toda a área experimental.

As avaliações foram realizadas quando a cultura estava no estágio de desenvolvimento do grão pastoso (estádio reprodutivo), segundo a escala decimal de desenvolvimento dos cereais (Zadoks; Chang; Konzak, 1974). Para isso, em cada ensaio conduzido em 2018 e 2019, foram amostradas, aleatoriamente, 100 e 110

plantas, respectivamente. Assim, 1790 plantas foram colhidas e separadas em três partes (folha, colmo e espiga). As plantas foram cortadas próximas a superfície do solo e, imediatamente após o corte, foi determinada a matéria fresca, em g planta⁻¹, com auxílio de uma balança digital.

Em cada planta foram avaliados os caracteres obtidos por meio de medição (em cm): comprimento do colmo principal (CC, obtido pela distância entre a base da planta até o nó da inserção da folha bandeira) e comprimento da espiga do colmo principal (CE); contagem (em unidades): número de folhas (NF), número de colmos (NC) e número de espigas (NE); e pesagem (em g planta⁻¹): matéria fresca de folhas (MFF), matéria fresca de colmos (MFC), matéria fresca de espigas (MFE), matéria fresca de parte aérea (MFPA=MFF+MFC+MFE), matéria seca de folhas (MSF), matéria seca de colmos (MSC), matéria seca de espigas (MSE) e matéria seca de parte aérea (MSPA=MSF+MSC+MSE).

Em cada ensaio, para os 13 caracteres (CC, CE, NF, NC, NE, MFF, MFC, MFE, MFPA, MSF, MSC, MSE e MSPA), foram calculadas as estatísticas: valor-p do teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov*, assimetria, média e coeficiente de variação. Para cada ensaio e caractere, foram calculados os resíduos (e_i) considerando o modelo matemático $Y_i = m + e_i$, em que Y_i = valor observado do caractere na *i*-ésima planta ($i = 1, 2, \dots, n$, sendo $n = 100$ e 110 para os ensaios conduzidos em 2018 e 2019, respectivamente); m = constante (média das plantas); e_i = resíduo da *i*-ésima planta ($e_i = Y_i - m$). Esses resíduos (e_i) foram utilizados nas análises de correlação e de trilha em cada cultivar (grupo de ensaios com a mesma cultivar). Em cada ensaio, o estudo das relações lineares por meio de Y_i ou e_i levaria aos mesmos resultados (matrizes de correlação iguais). Mas, para o estudo das cultivares (grupo de ensaios com a mesma cultivar) o e_i deve ser utilizado, pois é livre da influência das datas de semeadura e de avaliação.

Com base nos resíduos (e_i) das plantas de cada cultivar (TBIO Energia I, TBIO Energia II, TBIO Sossego, TBIO Toruk e TBIO Audaz) foi calculada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre os caracteres CC, CE, NF, NC, NE, MFF, MFC,

MFE, MFPA, MSF, MSC, MSE e MSPA e, por meio do teste t de *Student*, foi verificada a significância do r a 5%. Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre essas cinco matrizes ($n = 78$ coeficientes em cada matriz, ou seja, $C_{13,2}$), sendo que quanto mais próximo da unidade for o r, mais concordantes são as matrizes.

Para cada cultivar, na matriz de correlação entre os caracteres CC, CE, NF, NC e NE foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade e interpretado de acordo com o número de condição, que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação. Considera-se multicolinearidade fraca quando número de condição ≤ 100 , multicolinearidade moderada a severa quando $100 < \text{número de condição} < 1000$ e multicolinearidade severa quando número de condição ≥ 1000 (Cruz et al., 2014; Cruz, 2016).

Após, foram realizadas análises de trilha (*path analysis*) das variáveis principais (MFPA e MSPA) em função das variáveis explicativas (CC, CE, NF, NC e NE), conforme metodologia descrita em Cruz et al. (2012) e Cruz et al. (2014), totalizando dez análises de trilha. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos aplicativos Microsoft Office Excel® e Genes (Cruz, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* aplicado nos 221 casos (17 ensaios \times 13 caracteres por ensaio) apresentou valor-p entre 0,000 a 0,996, com média de 0,313 (Tabela 2). Quanto maior o valor-p, maior é a aderência dos dados à curva da distribuição normal. Assim, assumindo o nível de significância de 0,05, observou-se que a pressuposição de normalidade foi atendida em 71% dos casos. Menor aderência à distribuição normal foi observada para os caracteres obtidos por meio de contagem (NF, NC e NE). Os coeficientes de assimetria próximos de zero ($-0,56 \leq \text{assimetria} \leq 1,75$) são indicativos de que os dados apresentaram bom ajuste ou leves afastamentos da curva da distribuição normal. Portanto, esse conjunto de dados é adequado para o estudo das relações lineares entre caracteres.

Tabela 2 – Valor-p do teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* e coeficiente de assimetria dos caracteres⁽¹⁾ avaliados em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas em 17 ensaios de uniformidade⁽²⁾

Ensaio	CC	CE	NF	NC	NE	MFF	MFC	MFE	MFPA	MSF	MSC	MSE	MSPA
Valor-p do teste de normalidade de <i>Kolmogorov-Smirnov</i>													
1	0,707	0,970	0,007	0,000	0,001	0,245	0,196	0,137	0,164	0,251	0,131	0,380	0,256
2	0,256	0,295	0,236	0,005	0,001	0,393	0,483	0,653	0,772	0,593	0,363	0,543	0,421
3	0,931	0,894	0,029	0,000	0,000	0,007	0,037	0,053	0,027	0,008	0,194	0,020	0,104
4	0,930	0,288	0,027	0,004	0,000	0,015	0,067	0,036	0,103	0,038	0,278	0,108	0,178
5	0,993	0,504	0,005	0,000	0,000	0,075	0,127	0,224	0,157	0,040	0,327	0,180	0,172
6	0,449	0,422	0,009	0,000	0,000	0,132	0,348	0,468	0,450	0,218	0,763	0,429	0,455
7	0,831	0,493	0,015	0,000	0,000	0,208	0,847	0,906	0,343	0,360	0,942	0,808	0,935
8	0,746	0,299	0,005	0,000	0,000	0,093	0,077	0,028	0,034	0,201	0,012	0,012	0,019
9	0,664	0,274	0,000	0,000	0,000	0,481	0,302	0,875	0,649	0,595	0,521	0,957	0,710
10	0,797	0,666	0,022	0,000	0,000	0,222	0,163	0,090	0,078	0,096	0,134	0,162	0,146
11	0,910	0,051	0,000	0,000	0,000	0,331	0,916	0,433	0,818	0,446	0,958	0,175	0,621
12	0,407	0,000	0,000	0,000	0,000	0,470	0,157	0,980	0,837	0,380	0,864	0,940	0,996
13	0,930	0,042	0,000	0,000	0,000	0,265	0,469	0,422	0,303	0,472	0,717	0,860	0,584
14	0,857	0,189	0,000	0,000	0,000	0,069	0,194	0,554	0,323	0,168	0,342	0,611	0,664
15	0,922	0,239	0,034	0,000	0,000	0,424	0,364	0,248	0,431	0,262	0,334	0,414	0,375
16	0,892	0,439	0,001	0,000	0,000	0,292	0,567	0,220	0,199	0,276	0,222	0,532	0,131
17	0,814	0,356	0,063	0,000	0,000	0,572	0,271	0,232	0,284	0,673	0,144	0,243	0,285
Assimetria													
1	0,22	-0,03	0,66	0,79	0,60	0,83	0,69	0,86	0,74	0,70	0,64	0,81	0,64
2	0,07	-0,45	0,67	0,57	0,28	0,72	0,63	0,52	0,64	0,76	0,79	0,59	0,75
3	0,36	-0,07	1,19	0,43	0,50	1,69	1,27	1,32	1,36	1,75	0,84	1,08	1,10
4	-0,28	0,30	0,82	1,08	1,41	1,03	0,79	0,91	0,88	0,89	0,87	0,72	0,84
5	-0,04	0,14	1,40	1,58	1,28	1,63	1,72	1,35	1,73	1,61	1,48	1,29	1,63
6	0,19	0,00	0,89	0,48	0,65	0,83	0,54	0,85	0,61	0,60	0,42	0,90	0,54
7	0,36	-0,33	0,26	0,06	0,34	0,49	0,49	0,09	0,43	0,41	0,25	0,05	0,20
8	0,26	0,67	0,79	1,11	1,20	1,02	1,46	1,37	1,34	1,05	1,50	1,35	1,36
9	-0,09	0,05	0,55	0,84	0,84	0,58	0,53	0,06	0,41	0,55	0,52	-0,07	0,28
10	-0,08	-0,30	0,33	0,97	0,54	0,80	0,74	0,82	0,81	0,83	0,76	0,72	0,81
11	-0,18	-0,31	0,60	0,00	-0,24	0,77	0,14	0,54	0,26	0,51	0,26	0,77	0,23
12	0,13	0,34	0,74	0,84	0,52	0,45	0,34	0,36	0,42	0,24	0,26	0,26	0,21
13	0,34	-0,22	0,66	0,57	-0,04	0,69	0,79	0,61	0,70	0,59	0,75	0,54	0,63
14	-0,27	-0,45	0,81	0,43	0,38	0,79	0,45	0,44	0,52	0,67	0,54	0,39	0,40
15	-0,01	0,18	0,30	0,42	0,36	0,74	0,40	0,57	0,55	0,70	0,47	0,49	0,48
16	0,12	-0,56	0,58	0,29	0,16	0,61	0,47	0,36	0,48	0,60	0,57	0,33	0,46
17	0,33	-0,17	0,36	0,21	0,47	0,73	0,94	1,10	0,93	0,71	0,75	1,16	0,87

⁽¹⁾ CC - comprimento do colmo principal, em cm; CE - comprimento da espiga do colmo principal, em cm; NF - número de folhas; NC - número de colmos; NE - número de espigas; MFF - matéria fresca de folhas, em g planta⁻¹; MFC - matéria fresca de colmos, em g planta⁻¹; MFE - matéria fresca de espigas, em g planta⁻¹; MFPA - matéria fresca de parte aérea (MFPA=MFF+MFC+MFE), em g planta⁻¹ MSF - matéria seca de folhas, em g planta⁻¹; MSC - matéria seca de colmos, em g planta⁻¹; MSE - matéria seca de espigas, em g planta⁻¹; e MSPA - matéria seca de parte aérea (MSPA=MSF+MSC+MSE), em g planta⁻¹. ⁽²⁾ Ensaios de uniformidade definidos na Tabela 1. Fonte: Organização dos autores (2023)

Com base na média e no coeficiente de variação (CV), constatou-se ampla variação entre as plantas dentro dos ensaios de uniformidade e entre os ensaios de uniformidade. O CV oscilou entre 7,85% para CE no ensaio 7 e 54,37% para MSE no ensaio 1, com média de 31,08% (Tabela 3). Na média dos 17 ensaios de uniformidade, o CV dos caracteres obtidos por pesagem - MFF, MFC, MFE, MFPA, MSF, MSC, MSE e MSPA - ($34,01 \leq CV \leq 40,76\%$, com média de 36,30%) foram superiores aos caracteres obtidos por contagem - NF, NC e NE - ($29,25 \leq CV \leq 32,78\%$, com média de 30,78%) e por medição - CC e CE - ($10,39 \leq CV \leq 10,90\%$, com média de 10,64%). Essa ampla variação, proporcionada por 17 ensaios que envolveram seis datas de semeadura, cinco cultivares e avaliações realizadas entre 77 a 119 dias após a semeadura (Tabela 1), é importante para os estudos de relações lineares entre caracteres, por contemplar plantas de distintos tamanhos (pequenas, médias e grandes), que são comuns em experimentos de campo.

Tabela 3 – Média e coeficiente de variação dos caracteres⁽¹⁾ avaliados em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas em 17 ensaios de uniformidade⁽²⁾

(Continuada)

Ensaio	CC	CE	NF	NC	NE	MFF	MFC	MFE	MFPA	MSF	MSC	MSE	MSPA
Média													
1	50,16	8,77	8,65	3,60	3,13	5,34	9,91	2,57	17,82	1,43	2,90	0,77	5,10
2	60,81	9,97	14,46	3,97	3,10	8,45	12,22	3,19	23,86	1,90	2,74	0,83	5,47
3	48,27	9,41	6,52	2,97	2,89	3,08	6,69	3,24	13,01	0,95	1,92	1,05	3,92
4	50,30	10,89	14,21	5,47	5,02	11,26	17,56	6,53	35,35	2,45	4,16	1,76	8,37
5	41,48	7,67	7,35	2,73	2,61	2,61	4,76	1,87	9,24	0,85	1,45	0,62	2,93
6	41,94	9,08	6,65	3,38	3,13	3,14	6,62	2,59	12,36	0,86	1,83	0,77	3,46
7	44,14	8,71	6,61	2,54	2,47	3,39	5,95	2,09	11,43	0,95	1,66	0,68	3,29
8	34,22	8,01	6,74	2,99	2,74	2,78	5,10	2,42	10,31	0,88	1,28	0,77	2,93
9	55,68	7,59	4,58	2,31	2,31	1,67	4,71	2,60	8,98	0,52	1,68	0,98	3,19
10	56,70	8,91	5,55	2,39	2,27	3,33	5,58	2,30	11,21	0,91	1,68	0,68	3,26
11	51,61	8,18	6,22	2,00	1,89	2,47	4,92	2,51	9,90	0,70	1,75	0,95	3,39
12	50,60	7,60	6,76	2,31	2,14	2,22	4,38	2,44	9,04	0,67	1,35	0,83	2,85
13	46,58	8,37	4,83	2,48	2,35	2,19	4,26	3,14	9,59	0,66	1,23	1,12	3,02
14	48,33	8,81	5,20	2,75	2,71	1,51	3,76	3,94	9,21	0,55	1,26	1,79	3,60
15	46,72	7,03	5,72	2,78	2,73	1,90	3,65	2,17	7,72	0,66	1,24	0,75	2,65
16	48,01	9,18	4,50	3,12	3,01	2,30	4,65	3,68	10,63	0,73	1,48	1,41	3,62
17	43,79	7,83	8,05	3,23	3,02	2,43	3,66	2,55	8,65	0,87	1,30	0,86	3,04
Coeficiente de variação (%)													
1	10,36	12,85	37,70	35,75	42,51	40,17	45,11	52,09	42,88	40,57	47,51	54,37	44,81
2	11,83	13,54	43,51	39,29	41,39	45,28	43,97	47,96	43,37	44,68	44,44	49,55	43,65
3	11,11	11,97	38,10	33,65	33,32	46,19	42,35	43,75	42,47	43,81	38,96	43,65	40,06
4	13,06	8,18	43,82	43,75	43,86	51,53	45,22	50,20	47,00	49,49	45,68	47,00	45,51

Tabela 3 – Média e coeficiente de variação dos caracteres⁽¹⁾ avaliados em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas em 17 ensaios de uniformidade⁽²⁾

Ensaio	CC	CE	NF	NC	NE	MFF	MFC	MFE	MFPA	MSF	MSC	MSE	MSPA	(Conclusão)
														Coeficiente de variação (%)
5	11,18	9,28	36,30	32,03	31,70	40,97	40,53	41,98	39,44	40,01	41,44	42,81	39,55	
6	14,36	8,03	36,98	32,24	35,37	38,77	35,50	38,29	35,40	35,92	35,68	39,95	35,29	
7	11,80	7,85	26,50	20,50	21,11	23,29	23,99	27,03	22,17	22,86	27,29	28,78	24,15	
8	13,28	8,73	34,76	37,58	37,98	39,58	39,83	43,37	38,87	39,43	42,14	45,39	40,26	
9	9,20	9,99	22,20	20,10	20,10	23,17	19,97	23,74	20,38	22,40	20,42	25,54	20,87	
10	11,18	11,86	26,83	22,73	21,41	30,55	30,17	33,10	29,03	29,21	30,55	36,44	29,79	
11	12,21	12,00	26,80	25,34	26,17	35,85	32,15	44,94	33,01	35,02	31,86	51,66	33,74	
12	8,38	11,24	24,77	20,10	21,48	29,19	21,36	28,04	22,23	27,01	24,08	32,18	23,80	
13	10,09	10,18	22,42	22,33	25,46	32,09	34,50	33,01	31,77	31,47	36,21	36,35	33,23	
14	8,65	9,78	31,13	26,31	27,09	38,10	25,54	33,10	28,66	35,86	30,35	35,81	30,74	
15	9,89	9,70	37,16	29,37	30,58	43,03	36,74	37,88	36,05	40,38	36,70	37,03	34,90	
16	10,23	11,62	37,45	29,05	28,65	37,52	31,65	32,63	30,14	35,77	33,05	36,97	30,68	
17	8,41	9,85	30,88	27,09	27,29	33,95	34,57	46,01	35,34	33,66	35,48	49,38	36,24	

⁽¹⁾ CC - comprimento do colmo principal, em cm; CE - comprimento da espiga do colmo principal, em cm; NF - número de folhas; NC - número de colmos; NE - número de espigas; MFF - matéria fresca de folhas, em g planta⁻¹; MFC - matéria fresca de colmos, em g planta⁻¹; MFE - matéria fresca de espigas, em g planta⁻¹; MFPA - matéria fresca de parte aérea (MFPA=MFF+MFC+MFE), em g planta⁻¹; MSF - matéria seca de folhas, em g planta⁻¹; MSC - matéria seca de colmos, em g planta⁻¹; MSE - matéria seca de espigas, em g planta⁻¹; e MSPA - matéria seca de parte aérea (MSPA=MSF+MSC+MSE), em g planta⁻¹. ⁽²⁾ Ensaios de uniformidade definidos na Tabela 1. Fonte: Organização dos autores (2023)

Os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre essas cinco matrizes de correlação (TBIO Energia I, TBIO Energia II, TBIO Sossego, TBIO Toruk e TBIO Audaz) oscilaram entre $r = 0,857$ (TBIO Energia II \times TBIO Sossego) e $r = 0,984$ (TBIO Energia I \times TBIO Toruk), com média de $r = 0,932$. Assim, pode-se inferir que as matrizes de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre os caracteres CC, CE, NF, NC, NE, MFF, MFC, MFE, MFPA, MSF, MSC, MSE e MSPA foram concordantes entre as cultivares TBIO Energia I, TBIO Energia II, TBIO Sossego, TBIO Toruk e TBIO Audaz (Tabela 4).

Tabela 4 – Estimativas dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres⁽¹⁾ avaliados em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas em 17 ensaios de uniformidade⁽²⁾

TBIO Energia I - acima da diagonal com n = 630 plantas e TBIO Energia II - abaixo da diagonal com n = 630 plantas													
	CC	CE	NF	NC	NE	MFF	MFC	MFE	MFPA	MSF	MSC	MSE	MSPA
CC	-	0,073	0,137	0,061	0,109	0,198	0,233	0,178	0,223	0,213	0,242	0,188	0,236
CE	0,044	-	0,078	0,109	0,097	0,372	0,326	0,421	0,377	0,368	0,305	0,388	0,361
NF	-0,018	0,275	-	0,828	0,725	0,747	0,621	0,496	0,660	0,749	0,549	0,440	0,608
NC	-0,075	0,243	0,853	-	0,904	0,743	0,762	0,635	0,767	0,766	0,713	0,592	0,740
NE	-0,012	0,179	0,663	0,852	-	0,690	0,786	0,702	0,781	0,734	0,757	0,664	0,774
MFF	-0,013	0,374	0,829	0,807	0,683	-	0,864	0,756	0,922	0,973	0,784	0,679	0,855
MFC	0,062	0,409	0,766	0,811	0,750	0,923	-	0,865	0,983	0,895	0,966	0,820	0,970
MFE	0,042	0,403	0,618	0,743	0,804	0,804	0,870	-	0,910	0,802	0,855	0,977	0,924
MFPA	0,034	0,411	0,788	0,827	0,767	0,962	0,986	0,907	-	0,942	0,940	0,859	0,978
MSF	0,010	0,394	0,816	0,818	0,723	0,981	0,937	0,847	0,970	-	0,841	0,740	0,909
MSC	0,115	0,395	0,683	0,761	0,769	0,838	0,955	0,900	0,940	0,887	-	0,832	0,977
MSE	0,110	0,372	0,492	0,621	0,721	0,645	0,759	0,945	0,786	0,715	0,840	-	0,901
MSPA	0,088	0,412	0,717	0,788	0,787	0,884	0,956	0,946	0,966	0,931	0,983	0,888	-

TBIO Sossego - acima da diagonal com n = 100 plantas e TBIO Toruk - abaixo da diagonal com n = 100 plantas													
	CC	CE	NF	NC	NE	MFF	MFC	MFE	MFPA	MSF	MSC	MSE	MSPA
CC	-	0,036	0,233	0,134	0,186	0,056	0,228	0,173	0,185	0,089	0,278	0,208	0,234
CE	0,054	-	-0,023	0,024	0,001	0,356	0,538	0,573	0,542	0,420	0,518	0,552	0,546
NF	0,153	0,190	-	0,809	0,700	0,748	0,459	0,259	0,549	0,724	0,343	0,210	0,445
NC	0,037	0,207	0,901	-	0,879	0,722	0,561	0,368	0,623	0,703	0,456	0,301	0,527
NE	0,122	0,128	0,796	0,879	-	0,609	0,571	0,458	0,614	0,626	0,498	0,395	0,552
MFF	0,103	0,327	0,844	0,825	0,790	-	0,741	0,508	0,842	0,958	0,566	0,424	0,689
MFC	0,260	0,348	0,749	0,770	0,821	0,894	-	0,819	0,977	0,791	0,934	0,787	0,943
MFE	0,320	0,373	0,605	0,628	0,766	0,754	0,904	-	0,842	0,625	0,899	0,981	0,925
MFPA	0,244	0,364	0,771	0,782	0,835	0,926	0,990	0,928	-	0,883	0,903	0,794	0,952
MSF	0,121	0,323	0,863	0,841	0,821	0,987	0,912	0,793	0,942	-	0,674	0,560	0,796
MSC	0,320	0,325	0,715	0,740	0,818	0,826	0,971	0,923	0,962	0,866	-	0,904	0,977
MSE	0,334	0,377	0,578	0,601	0,746	0,725	0,889	0,994	0,911	0,771	0,919	-	0,915
MSPA	0,281	0,355	0,752	0,764	0,837	0,883	0,976	0,950	0,987	0,918	0,984	0,944	-

TBIO Audaz - acima da diagonal com n = 330 plantas													
	CC	CE	NF	NC	NE	MFF	MFC	MFE	MFPA	MSF	MSC	MSE	MSPA
CC	-	0,220	0,104	-0,039	-0,033	0,143	0,328	0,320	0,307	0,128	0,305	0,313	0,305
CE		-	0,118	0,090	0,101	0,336	0,347	0,384	0,391	0,346	0,364	0,371	0,405
NF			-	0,785	0,700	0,706	0,568	0,365	0,574	0,673	0,545	0,307	0,525
NC				-	0,888	0,629	0,616	0,484	0,623	0,620	0,588	0,419	0,584
NE					-	0,608	0,636	0,538	0,647	0,621	0,614	0,467	0,618
MFF						-	0,823	0,618	0,862	0,952	0,806	0,531	0,802
MFC							-	0,791	0,962	0,820	0,968	0,729	0,935
MFE								-	0,903	0,641	0,763	0,965	0,920
MFPA									-	0,857	0,932	0,839	0,980
MSF										-	0,817	0,558	0,830
MSC											-	0,702	0,935
MSE												-	0,892
MSPA													-

⁽¹⁾ CC - comprimento do colmo principal, em cm; CE - comprimento da espiga do colmo principal, em cm; NF - número de folhas; NC - número de colmos; NE - número de espigas; MFF - matéria fresca de folhas, em g planta⁻¹; MFC - matéria fresca de colmos, em g planta⁻¹; MFE - matéria fresca de espigas, em g planta⁻¹; MFPA - matéria fresca de parte aérea (MFPA=MFF+MFC+MFE), em g planta⁻¹; MSF - matéria seca de folhas, em g planta⁻¹; MSC - matéria seca de colmos, em g planta⁻¹; MSE - matéria seca de espigas, em g planta⁻¹; e MSPA - matéria seca de parte aérea (MSPA=MSF+MSC+MSE), em g planta⁻¹. ⁽²⁾ Ensaios de uniformidade definidos na Tabela 1. Coeficientes de correlação linear de Pearson $\geq 0,07$, $\geq 0,20$ e $\geq 0,10$, em módulo, são significativos a 5% pelo teste t de Student, com 628, 98 e 328 graus de liberdade, respectivamente. Fonte: Organização dos autores (2023)

Nessas cinco matrizes foi observada inexpressiva associação linear entre os caracteres obtidos por medição ($0,036 \leq r \leq 0,220$, com média = 0,085) e associação linear positiva de alta magnitude entre os caracteres obtidos por contagem ($0,663 \leq r \leq 0,904$, com média = 0,811) e por pesagem ($0,424 \leq r \leq 0,994$, com média = 0,863) (Tabela 4).

Observou-se inexistência ou fraca associação linear entre os caracteres de medição e os caracteres de contagem ($-0,075 \leq r \leq 0,275$, com média = 0,097), inexistência ou moderada associação linear entre os caracteres de medição e os caracteres de pesagem ($-0,013 \leq r \leq 0,573$, com média = 0,295) e associação linear positiva e com maior magnitude entre os caracteres de contagem e os caracteres de pesagem ($0,210 \leq r \leq 0,863$, com média = 0,654) (Tabela 4).

Os caracteres obtidos por pesagem (MFF, MFC, MFE, MFPA, MSF, MSC, MSE e MSPA) apresentaram maior grau de associação linear positiva (maiores valores de r) com o NE ($0,395 \leq r \leq 0,837$, com média = 0,685), NC ($0,301 \leq r \leq 0,841$, com média = 0,667) e NF ($0,210 \leq r \leq 0,863$, com média = 0,611) (Tabela 4). Os resultados sugerem que os números de espigas, colmos e folhas, nessa ordem, estariam mais fortemente associados com a quantidade de matérias fresca e seca de folhas, colmos, espigas e parte aérea de trigo.

O r mede a relação linear entre duas variáveis. A análise de trilha possibilita desdobrar o r em efeitos diretos e indiretos, permitindo inferir qual(is) caractere(s) explicativo(s) (CC, CE, NF, NC e NE) tem relação de causa e efeito com MFPA e MSPA (Cruz *et al.*, 2012; Cruz *et al.*, 2014). Os baixos valores do número de condição ($\leq 41,17$), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação linear de Pearson (r) entre os caracteres explicativos, indicam multicolinearidade fraca (Tabelas 5 e 6). A estimativa dos parâmetros possui confiabilidade quando inexistente ou há baixo grau de multicolinearidade (Cruz *et al.*, 2014; Cruz, 2016).

Tabela 5 – Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e dos efeitos diretos e indiretos (análise de trilha) dos caracteres comprimento do colmo principal (CC), comprimento da espiga do colmo principal (CE), número de folhas (NF), número de colmos (NC) e número de espigas (NE) sobre a matéria fresca de parte aérea (MFPA), em cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.)

Efeito	TBIO Energia I	TBIO Energia II	TBIO Sossego	TBIO Toruk	TBIO Audaz
Direto de CC sobre	0,125	0,053	0,037	0,115	0,259
Indireto de CC via CE	0,021	0,009	0,019	0,013	0,058
Indireto de CC via NF	0,012	-0,006	0,045	0,039	0,010
Indireto de CC via NC	0,015	-0,019	0,020	-0,003	-0,006
Indireto de CC via NE	0,050	-0,004	0,063	0,080	-0,014
Correlação de Pearson (r)	0,223*	0,034ns	0,185ns	0,244*	0,307*
Direto de CE sobre	0,290	0,207	0,541	0,242	0,266
Indireto de CE via CC	0,009	0,002	0,001	0,006	0,057
Indireto de CE via NF	0,007	0,086	-0,004	0,049	0,011
Indireto de CE via NC	0,026	0,061	0,004	-0,016	0,015
Indireto de CE via NE	0,044	0,056	0,000	0,084	0,042
Correlação de Pearson (r)	0,377*	0,411*	0,542*	0,364*	0,391*
Direto de NF sobre	0,088	0,314	0,195	0,258	0,096
Indireto de NF via CC	0,017	-0,001	0,009	0,018	0,027
Indireto de NF via CE	0,023	0,057	-0,012	0,046	0,031
Indireto de NF via NC	0,201	0,213	0,122	-0,071	0,128
Indireto de NF via NE	0,330	0,206	0,236	0,520	0,292
Correlação de Pearson (r)	0,660*	0,788*	0,549*	0,771*	0,574*
Direto de NC sobre	0,243	0,249	0,151	-0,079	0,163
Indireto de NC via CC	0,008	-0,004	0,005	0,004	-0,010
Indireto de NC via CE	0,032	0,050	0,013	0,050	0,024
Indireto de NC via NF	0,073	0,268	0,158	0,233	0,075
Indireto de NC via NE	0,412	0,264	0,297	0,574	0,371
Correlação de Pearson (r)	0,767*	0,827*	0,623*	0,782*	0,623*
Direto de NE sobre	0,456	0,310	0,337	0,653	0,417
Indireto de NE via CC	0,014	-0,001	0,007	0,014	-0,009
Indireto de NE via CE	0,028	0,037	0,001	0,031	0,027
Indireto de NE via NF	0,064	0,208	0,137	0,206	0,067
Indireto de NE via NC	0,220	0,212	0,132	-0,069	0,145
Correlação de Pearson (r)	0,781*	0,767*	0,614*	0,835*	0,647*
Coeficiente de determinação	0,737	0,778	0,708	0,799	0,610
Variável residual	0,263	0,222	0,292	0,201	0,390
Número de condição	36,46	33,98	28,49	41,17	26,57

* Significativo a 5% pelo teste t de *Student*. ns Não-significativo. Fonte: Organização dos autores (2023)

Tabela 6 – Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e dos efeitos diretos e indiretos (análise de trilha) dos caracteres comprimento do colmo principal (CC), comprimento da espiga do colmo principal (CE), número de folhas (NF), número de colmos (NC) e número de espigas (NE) sobre a matéria seca de parte aérea (MSPA), em cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.)

Efeito	TBIO Energia I	TBIO Energia II	TBIO Sossego	TBIO Toruk	TBIO Audaz
Direto de CC sobre	0,145	0,099	0,108	0,151	0,257
Indireto de CC via CE	0,020	0,010	0,019	0,013	0,063
Indireto de CC via NF	-0,001	-0,004	0,022	0,034	0,005
Indireto de CC via NC	0,014	-0,012	0,008	-0,005	-0,006
Indireto de CC via NE	0,058	-0,006	0,077	0,088	-0,015
Correlação de Pearson (r)	0,236*	0,088*	0,234*	0,281*	0,305*
Direto de CE sobre	0,275	0,227	0,543	0,239	0,286
Indireto de CE via CC	0,011	0,004	0,004	0,008	0,057
Indireto de CE via NF	-0,001	0,055	-0,002	0,042	0,005
Indireto de CE via NC	0,025	0,041	0,001	-0,025	0,013
Indireto de CE via NE	0,051	0,084	0,000	0,092	0,044
Correlação de Pearson (r)	0,361*	0,412*	0,546*	0,355*	0,405*
Direto de NF sobre	-0,009	0,202	0,097	0,221	0,044
Indireto de NF via CC	0,020	-0,002	0,025	0,023	0,027
Indireto de NF via CE	0,022	0,062	-0,013	0,045	0,034
Indireto de NF via NC	0,191	0,143	0,047	-0,111	0,113
Indireto de NF via NE	0,384	0,313	0,289	0,573	0,307
Correlação de Pearson (r)	0,608*	0,717*	0,445*	0,752*	0,525*
Direto de NC sobre	0,230	0,167	0,058	-0,123	0,144
Indireto de NC via CC	0,009	-0,007	0,014	0,006	-0,010
Indireto de NC via CE	0,030	0,055	0,013	0,049	0,026
Indireto de NC via NF	-0,007	0,172	0,078	0,199	0,034
Indireto de NC via NE	0,478	0,402	0,363	0,632	0,389
Correlação de Pearson (r)	0,740*	0,788*	0,527*	0,764*	0,584*
Direto de NE sobre	0,529	0,471	0,413	0,720	0,438
Indireto de NE via CC	0,016	-0,001	0,020	0,018	-0,009
Indireto de NE via CE	0,027	0,041	0,001	0,031	0,029
Indireto de NE via NF	-0,006	0,134	0,068	0,176	0,031
Indireto de NE via NC	0,208	0,143	0,051	-0,108	0,128
Correlação de Pearson (r)	0,774*	0,787*	0,552*	0,837*	0,618*
Coefficiente de determinação	0,708	0,749	0,623	0,801	0,573
Variável residual	0,292	0,251	0,377	0,199	0,427
Número de condição	36,46	33,98	28,49	41,17	26,57

* Significativo a 5% pelo teste t de *Student*. ns Não-significativo. Fonte: Organização dos autores (2023)

A forte associação linear entre MFPA e MSPA ($0,952 \leq r \leq 0,987$, com média de 0,973) (Tabela 4), explica os resultados similares das análises de trilha (Tabelas 5 e 6). Associação positiva e de elevada magnitude entre as matérias fresca e seca de parte aérea também foi verificada nas culturas de *Raphanus sativus* ($r = 0,9671$), *Lupinus albus* ($r = 0,9828$) (Cargnelutti Filho *et al.*, 2014), *Avena strigosa* ($0,916 \leq r \leq 0,991$)

(CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2015), *Cajanus cajan* ($r = 0,994$ e $0,996$) (Cargnelutti Filho *et al.*, 2017), *Canavalia ensiformis* ($r = 0,960$) (Cargnelutti Filho *et al.*, 2018), *Sorghum bicolor* ($r = 0,977$) (Cargnelutti Filho *et al.*, 2022a), *Crotalaria ochroleuca* ($r = 0,976$) (Cargnelutti Filho *et al.*, 2022b), *Crotalaria spectabilis* ($r = 0,978$ e $r = 0,982$) (Cargnelutti Filho *et al.*, 2023) e *Zea mays ssp. mexicana* ($r = 0,96$) (Ortiz *et al.*, 2023).

O NF apresentou correlação linear positiva ($0,445 \leq r \leq 0,788$, com média $0,639$) e efeitos diretos ($-0,009 \leq$ efeito direto $\leq 0,314$, com média $0,151$) desprezíveis com a MFPA e MSPA. Portanto, a associação é explicada pelos maiores efeitos indiretos de NF via NC ($-0,111 \leq$ efeito indireto $\leq 0,213$, com média $0,098$) e, principalmente, de NF via NE ($0,206 \leq$ efeito indireto $\leq 0,573$, com média $0,345$) (Tabelas 5 e 6).

O NC apresentou correlação linear positiva ($0,527 \leq r \leq 0,827$, com média $0,702$) e efeitos diretos ($-0,123 \leq$ efeito direto $\leq 0,249$, com média $0,120$) negligíveis com a MFPA e MSPA. Novamente, a associação é explicada pelos maiores efeitos indiretos de NC via NF ($-0,007 \leq$ efeito indireto $\leq 0,268$, com média $0,128$) e, principalmente, de NC via NE ($0,264 \leq$ efeito indireto $\leq 0,632$, com média $0,418$) (Tabelas 5 e 6).

O NE apresentou correlação linear positiva ($0,552 \leq r \leq 0,837$, com média $0,721$) e efeitos diretos ($0,310 \leq$ efeito direto $\leq 0,720$, com média $0,474$) de mesmo sinal e magnitude com a MFPA e MSPA (Tabelas 5 e 6). Assim, pode-se inferir que plantas com mais espigas apresentam maior quantidade de matérias fresca e seca de parte aérea. O fato de não necessitar destruir as plantas para contar o número de espigas, é vantajoso, pois possibilita selecionar as plantas de trigo com maior quantidade de matérias fresca e seca, mantendo as plantas até a produção de sementes. Para a seleção direta precisaria destruir as plantas para a pesagem das MFPA e MSPA.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há relações lineares entre caracteres de trigo (*Triticum aestivum* L.), obtidos por meio de medição, contagem e pesagem. O número de espigas por planta tem

relação linear positiva com a quantidade de matérias fresca e seca de parte aérea. A não necessidade de destruir as plantas para contar as espigas possibilita selecionar plantas visando o aumento da quantidade de matérias fresca e seca de parte aérea, mantendo-as a campo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Processos 304652/2017-2; 304878/2022-7; 146258/2019-3; 159611/2019-9), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de bolsas aos autores. Aos alunos bolsistas e voluntários pelo auxílio na coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio à colheita**. Minas Gerais: UFV, 2015.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; BUBANS, V. E.; OSMARI, L. F.; SOMAVILLA, F. M.; ORTIZ, V. M. Sample size and linear relations in traits of cut and grazing sorghum. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.21, p.e1279, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.18512/rbms2022v21e1279>
- CARGNELUTTI FILHO, A.; FACCO, G.; SANTOS, G. O.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; KLEINPAUL, J. A. Linear relations among pigeon pea traits. **Comunicata Scientiae**, v.8, n.3, p.493-502, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14295/CS.v8i3.1420>
- CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, D. L.; BUBANS, V. E.; OSMARI, B. F.; SOMAVILLA, F. M.; ORTIZ, V. M.; OSMARI, L. F. Sample size and linear relations in slender leaf rattlebox. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.9, n.2, p.e6834, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v9i2.6834>
- CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVEIRA, D. L.; SOMAVILLA, F. M.; OSMARI, B. F.; ORTIZ, V. M. Sampling sufficiency, correlation and path analysis in showy rattlebox. **Semina: Ciências Agrárias**, v.44, n.1, p.203-216, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v44n1p203>

- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; SANTOS, G. O.; FACCO, G.; NEU, I. M. M. Relações lineares entre caracteres de aveia preta. **Ciência Rural**, v.45, n.6, p.985-992, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140500>
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; ALVES, B. M.; BURIN, C.; WARTHA, C. A. Linear relations among traits in jack bean (*Canavalia ensiformis*). **Bioagro**, v.30, n.2, p.157-162, 2018. Disponível em: <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/1291>
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; ALVES, B. M.; FACCO, G.; CASAROTTO, G. Relações lineares entre caracteres de nabo forrageiro e de tremoço branco. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.18-24, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000100004>
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**: v.2. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**: v.1. 4. ed. Viçosa: UFV, 2012.
- CRUZ, C.D. Genes Software - extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.38, n.4, p.547-552, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>
- FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009.
- FOLLMANN, D. N.; ROSSATO, R. M.; FREIBERG, C. M.; LEMAINSKI, L. E.; NIED, A. H.; CARGNELUTTI FILHO, A. Correlation and path analysis in wheat cultivars in the initial period of development. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.19, n.4, p.386-394, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v19i4.25270>
- ORTIZ, V. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LORO, M. V.; SOMAVILLA, F. M.; SCHULLER, B. R.; REIS, M. B.; ANDRETTA, J. A. Correlação e análise de trilha entre caracteres de teosinto. **Sigmae**, v. 12, p. 29-39, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/2012/1565>
- PANDEY, R.; MAHARJAN, B.; ACHARYA, S.; BIGYAN, K. C.; PANDIT, R.; REGMI, R.; BHUSAL, B.; NEUPANE, P.; BHATTARAI, K.; POUDEL, M. R. Correlation and path coefficient analysis of yield in wheat: a review. **Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences**, v.5, n.113, p. 121-127, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-05.14>
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

TOEBE, M.; BANDEIRA, C. T.; FORTES, S. K. G.; CARVALHO, J. O.; TARTAGLIA, F. L.; TAMBARA, A. L.; MELO, P. J. Dimensionamento amostral e associação linear entre caracteres de *Crotalaria spectabilis*. **Bragantia**, v.76, n.1, p.45-53, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.653>

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereals. **Weed Research**, v.14, n.6, p. 415-421, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>

Contribuição de autoria

1 – Alberto Cargnelutti Filho

Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria

<https://orcid.org/0000-0002-8608-9960> • alberto.cargnelutti.filho@gmail.com

Contribuição: conceituação, investigação, metodologia e análises estatísticas, supervisão, primeira redação, revisão e edição

2 – Ismael Mario Márcio Neu

Doutor em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria

<https://orcid.org/0000-0002-9186-2532> • ismaelmmneu@hotmail.com

Contribuição: investigação, revisão e edição

3 – Daniela Lixinski Silveira

Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria

<https://orcid.org/0000-0003-0993-0100> • danielisil@gmail.com

Contribuição: investigação, revisão e edição

4 – Valéria Escao Bubans

Mestre em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria

<https://orcid.org/0000-0002-4188-0839> • valeriabubans@hotmail.com

Contribuição: investigação, revisão e edição

5 – Samanta Luiza da Costa

Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Santa Maria

<https://orcid.org/0000-0002-9266-6816> • samyldc09@hotmail.com

Contribuição: investigação, revisão e edição

Como citar este artigo

CARGNELUTTI FILHO, A.; NEU, I. M. M.; SILVEIRA, D. L.; BUBANS, V. E.; COSTA, S. L. Correlação e análise de trilha em caracteres de trigo. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 46, e83803, 2024. DOI 10.5902/2179460X83803. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X83803>.