

Tamanho de amostra para avaliar caracteres produtivos de teosinto

João Augusto Andretta^{1†}, Alberto Cargnelutti Filho², Murilo V. Loro³, Vithória M. Ortiz³, Mikael B. Reis¹, Bruno R. Schuller¹

¹Discente do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

²Docente do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

³Discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Resumo: O teosinto (*Zea mays ssp. mexicana*) é uma planta da família Poaceae e cultivada com a finalidade de produção de forragem, pastejo e produção de grãos. Ao planejar experimentos, é comum o questionamento sobre o tamanho de amostra a ser utilizado para estimar a média de determinado caractere. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de amostra (número de plantas) necessário para avaliar caracteres produtivos de teosinto, em datas de semeadura. Foi conduzido um experimento com 12 datas de semeadura (08/10/2021, 15/10/2021, 23/10/2021, 30/10/2021, 13/11/2021, 20/11/2021, 27/11/2021, 04/12/2021, 11/12/2021, 18/12/2021, 25/12/2021 e 01/01/2022), em área experimental localizada a 29°42'S, 53°49'W e a 95 m de altitude. No colmo principal de cinco plantas, escolhidas aleatoriamente, de cada data de semeadura, foram avaliados os caracteres produtivos: massa fresca de folha do colmo principal (MFF), massa fresca do caule do colmo principal (MFC), massa fresca do pendão do colmo principal (MFP) e massa fresca do colmo principal (MFCP=MFF+MFC+MFP). Para cada caractere, foi calculado o tamanho de amostra (número de plantas) assumindo erro de estimação (semi-amplitude do intervalo de confiança) igual a 10% da estimativa da média, com grau de confiança (1- α) de 95%. O tamanho de amostra para a estimação da média variou entre oito plantas para MFC (semeadura em 13/11/2021) e 573 plantas para MFP (semeadura em 30/10/2021). Na média das 12 datas de semeadura o tamanho de amostra foi de 177, 113, 252 e 109 plantas para estimação da média dos caracteres MFF, MFC, MFP e MFCP, respectivamente.

Palavras-chave: *Zea mays ssp. mexicana*; dimensionamento amostral; planejamento experimental.

Sample size for evaluation productive traits of teosinte

Abstract: Teosinte (*Zea mays ssp. mexicana*) is a plant of the Poaceae family and cultivated for the purpose of forage production, pasture and grain. When designing experiments, it is common to ask about the sample size to use to estimate the mean for a given trait. Likewise, the objective of this work was to determine the sample size (number of plants) necessary to evaluate the productive traits of teosinte, in sowing data. An experiment was conducted with 12 sowing dates (10/08/2021, 10/15/2021, 10/23/2021, 10/30/2021, 11/13/2021, 11/20/2021, 11/27/2021, 12/04/2021, 12/11/2021, 12/18/2021, 12/25/2021 and 01/01/2022), in an experimental area located at 29°42'S, 53°49'W and 95m altitude. In the main stem of five plants, chosen at random, for each sowing date, the productive traits were evaluated: fresh mass of main stem leaf (FML), fresh mass of stem main stem (FMS), fresh mass of the main stem tassel (FMT) and fresh mass of main stem (FMMS=FML+FMS+FMT). For each trait the sample size (number of plants) was calculated assuming an estimation error (semi-amplitude of the confidence interval) equal to 10% of the mean estimate, with a confidence level (1- α) of 95%. The sample size for estimating the mean varied between eight plants for FMS (sowing on 11/13/2021) and 573 plants for FMT (sowing on 10/30/2021). The average of the 12 sowings data or sample size were 177, 113, 252 and 109 plants to estimate the average of the traits FML, FMS, FMT and FMMS, respectively.

Keywords: *Zea mays ssp. mexicana*; sample sizing; experimental planning.

Introdução

O teosinto (*Zea mays ssp. mexicana*) é uma planta da família Poaceae, a qual possui origem na América Central, considerado parente selvagem da cultura do milho (*Zea mays*) (MATSUOKA et al., 2002). A cultura é utilizada principalmente como forragem, sendo uma alternativa viável para pastejo e apresenta um potencial expressivo a ser alcançado, sendo necessário a realização de pesquisas (KUMAR et al., 2016).

[†]Autor correspondente: joao.andretta@acad.ufsm.br.

Os caracteres produtivos de teosinto são importantes para o pastejo dos animais e os mesmos podem variar quantos ao teor de proteína e aminoácidos devido à variabilidade genética (WANG et al., 2008). O teosinto é utilizado como fonte de variabilidade genética no melhoramento genético do milho (BALTAZAR et al., 2005). Isso auxilia o desenvolvimento de genótipos de milho de alta adaptabilidade e estabilidade a diferentes condições ambientais (HUFFORD et al., 2012).

A cultura do teosinto apresenta resistência à estiagem, podendo ser devido a presença de genes resistentes e/ou mecanismos como o encurtamento do período vegetativo (GONZÁLEZ et al., 2018). Com isso, essas espécies silvestres são importantes para o enfrentamento das variações meteorológicas (DEMPEWOLF et al., 2014).

Considerando a ampla utilização da cultura do teosinto, em análises genéticas ou como parte de programas de melhoramento genético, uma compreensão acerca da sua genética, estrutura populacional e morfologia, é de extrema importância para orientar pesquisas (FUKUNAGA et al., 2005). Logo, no desenvolvimento de estudos com o teosinto é necessário planejar pesquisas com rigor e precisão para se obter sucesso, e com tamanho de amostra adequado. Pesquisas sobre determinação do tamanho de amostra de diversas características na cultura do milho (TOEBE et al., 2014), crotalaria (TEODORO et al., 2015) e linho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2018), foram realizadas. No entanto, o tamanho de amostra para estimação da média de caracteres de teosinto não foi encontrado na literatura.

O tamanho de amostra é um importante para o planejamento experimental, sendo indispensável na formatação de experimentos, pois quando utilizado de forma satisfatória permite uma melhoria na precisão do experimento, otimização dos gastos de recursos e da mão de obra (CARGNELUTTI FILHO et al., 2014). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho de amostra (número de plantas) necessário para avaliar caracteres produtivos de teosinto, em datas de semeadura.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2021/2022 na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, localizada a 29°42'S, 53°49'W e a 95 m de altitude. O clima do local é classificado como *Cfa* subtropical úmido (ALVARES et al., 2013) e o solo é Argissolo Vermelho distrófico arênico (SANTOS et al., 2018). Foi realizada a análise química do solo na profundidade de 0 - 20 cm, que apresentou: pH em água 1:1: 5,4; Ca: 5,0 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,3 cmol_c dm⁻³; Al: 0,2 cmol_c dm⁻³; H+Al: 2,8 cmol_c dm⁻³; índice SMP: 6,4; matéria orgânica: 2,2%; teor de argila: 28,0%; S: 15,6 mg dm⁻³; P (*Mehlich*): 38,3 mg dm⁻³; K: 0,614 cmol_c dm⁻³; CTC pH7: 10,8 cmol_c dm⁻³; Cu: 1,41 mg dm⁻³; Zn: 1,96 mg dm⁻³; e B: 0,76 mg dm⁻³. A área experimental totalizou 36 m² e o preparo do solo foi realizado com uma gradagem e aplicou-se 300 kg ha⁻¹ de N-P-K na proporção 5:20:20.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com 12 datas de semeadura (08/10/2021, 15/10/2021, 23/10/2021, 30/10/2021, 13/11/2021, 20/11/2021, 27/11/2021, 04/12/2021, 11/12/2021, 18/12/2021, 25/12/2021 e 01/01/2022). As semeaduras foram realizadas com três sementes por cova, em uma fileira de 5 m de comprimento, espaçada a 0,80 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas na fileira. Após a emergência das plântulas foi realizado um desbaste para atingir o estande final desejado. Foram marcadas após emergência, aleatoriamente, cinco plantas em cada fileira totalizando 60 plantas na área experimental (12 datas de semeadura × 5 plantas/data de semeadura).

No colmo principal de cinco plantas, escolhidas aleatoriamente, de cada data de semeadura, foram avaliados os caracteres produtivos: massa fresca de folha do colmo principal (MFF, g), massa fresca do caule do colmo principal (MFC, g), massa fresca do pendão do colmo principal (MFP, g) e massa fresca do colmo principal (MFCP=MFF+MFC+MFP, g). Para cada caractere, em cada data de semeadura, foram calculadas as estatísticas: mínimo, máximo, média e coeficiente de variação. Também foi calculado o tamanho de amostra (número de plantas) para cada caractere assumindo erro de estimação (semi-amplitu-

de do intervalo de confiança) igual a 10% da estimativa da média, com grau de confiança $(1-\alpha)$ de 95% por meio da expressão

$$n = \frac{t_{\alpha/2}^2 s^2}{(\text{erro de estimação})^2}$$

(BUSSAB; MORETTIN, 2017), na qual $t_{\alpha/2}$ é o valor crítico da distribuição t de *Student*, cuja área à direita é igual a $\alpha/2$, isto é, o valor de t tal que $P(t > t_{\alpha/2}) = \alpha/2$, com $(n-1)$ graus de liberdade, com $\alpha=5\%$ de probabilidade de erro, e s^2 é a estimativa de variância. Todas as análises foram realizadas por meio do Microsoft Excel e software R (R CORE TEAM, 2023).

Resultados e discussão

A magnitude do coeficiente de variação oscilou de 10,11% para MFC na semeadura de 13 de novembro de 2021 a 86,21% para MFP na semeadura 30 de outubro de 2021 (Tabela 1). Na semeadura de 13 de novembro de 2021, observou-se a menor magnitude do coeficiente de variação para os caracteres de MFF, MFC e MFCP. A média do coeficiente de variação entre os caracteres decresceu na seguinte ordem: MFP, MFF, MFC e MFCP, com valores de 53,84%, 44,76%, 35,08% e 34,64%, respectivamente.

Tabela 1. Mínimo (Min), média (Med), máximo (Max) e coeficiente de variação (CV) dos caracteres produtivos⁽¹⁾ de teosinto em 12 datas de semeadura.

Datas	MFF				MFC			
	Min	Med	Max	CV(%)	Min	Med	Max	CV(%)
8/10/2021	1,22	8,78	16,50	61,83	85,01	133,60	177,65	27,49
15/10/2021	7,83	19,16	32,66	48,81	80,07	168,78	258,39	46,20
23/10/2021	7,28	14,54	26,86	61,88	115,87	149,70	190,65	18,29
30/10/2021	5,92	17,21	32,42	66,34	114,12	182,80	249,53	31,24
13/11/2021	17,45	22,39	27,68	16,22	122,85	139,73	155,87	10,11
20/11/2021	12,69	25,76	40,64	45,91	95,37	147,75	200,08	27,10
27/11/2021	5,95	23,08	41,06	56,26	36,16	132,80	247,99	58,03
04/12/2021	20,28	25,05	32,32	18,77	106,39	153,26	189,94	24,30
11/12/2021	6,38	11,51	19,78	49,12	71,22	120,21	204,97	47,54
18/12/2021	5,59	14,04	21,99	56,24	67,25	148,25	219,85	46,60
25/12/2021	16,24	22,38	30,93	24,40	98,24	145,12	184,87	24,65
01/01/2022	10,07	14,60	22,13	31,27	60,39	108,04	220,28	59,46
Média	9,74	18,21	28,75	44,76	87,75	144,17	208,34	35,08
Datas	MFP				MFCP			
	Min	Med	Max	CV(%)	Min	Med	Max	CV(%)
08/10/2021	1,14	4,22	9,40	73,78	90,34	146,61	186,84	27,13
15/10/2021	2,72	4,88	8,06	41,85	99,51	192,83	289,90	44,67
23/10/2021	2,69	5,03	7,06	37,17	128,13	169,27	224,57	21,45
30/10/2021	1,04	6,64	15,61	86,21	125,85	206,64	259,48	29,72
13/11/2021	4,05	7,62	9,68	31,08	144,35	169,74	189,12	11,10
20/11/2021	2,22	5,79	10,14	53,71	111,51	179,29	250,86	29,52
27/11/2021	0,65	7,79	13,66	59,79	42,76	163,67	298,00	56,86
04/12/2021	2,74	7,06	11,19	44,25	139,95	185,36	228,69	21,65
11/12/2021	0,28	2,01	3,69	64,55	77,88	133,73	221,67	46,59
18/12/2021	0,97	2,59	4,12	47,08	73,81	164,88	245,04	46,97
25/12/2021	1,29	5,41	12,49	82,40	119,04	172,91	220,24	25,26
01/01/2022	2,10	2,96	3,63	24,17	72,56	125,61	245,55	54,74
Média	1,82	5,17	9,06	53,84	102,14	167,54	238,33	34,64

⁽¹⁾ MFF - massa fresca de folha do colmo principal (g), MFC - massa fresca do caule do colmo principal (g), MFP - massa fresca do pendão do colmo principal (g) e MFCP - massa fresca do colmo principal (g).

Fonte: Autores.

As maiores médias dos caracteres MFF, MFC, MFP e MFCP foram observadas nas sementeiras de 20 de novembro de 2021 (25,76 g), 30 de outubro de 2021 (182,80 g), 27 de novembro de 2021 (7,79 g) e 30 de outubro de 2021 (206,64 g), respectivamente. Com base na média geral de cada caractere, evidenciou-se que a MFC, MFF e MFP contribuíram com 86,05%, 10,87% e 3,08%, respectivamente, para a expressão da MFCP.

Em todos os caracteres produtivos observou-se variação do tamanho de amostra entre as datas de sementeira. Isso indica que as datas de sementeira influenciam o tamanho de amostra dos caracteres de teosinto. Resultado similar foi relatado por Modolo et al. (2013), os quais observaram a influência das datas de sementeira no tamanho amostral necessário para a cultura do milho. O tamanho de amostra para cada caractere assumindo um erro de estimação de 10% da estimativa da média variou de oito plantas para MFC na sementeira 13 de novembro de 2021 a 573 plantas para MFP na sementeira de 30 de outubro de 2021 (Tabela 2 e Figura 1).

Tabela 2. Tamanho de amostra (número de plantas) para caracteres produtivos⁽¹⁾ de teosinto, com erro de estimação (semi-amplitude do intervalo de confiança) igual a 10% da estimativa da média e grau de confiança $(1-\alpha)$ de 95%, em 12 datas de sementeira.

Datas de sementeira	MFF	MFC	MFP	MFCP
08/10/2021	295	59	420	57
15/10/2021	184	165	136	154
23/10/2021	296	26	107	36
30/10/2021	340	76	573	69
13/11/2021	21	8	75	10
20/11/2021	163	57	223	68
27/11/2021	244	260	276	250
04/12/2021	28	46	151	37
11/12/2021	187	175	322	168
18/12/2021	244	168	171	171
25/12/2021	46	47	524	50
01/01/2022	76	273	46	232
Média	177	113	252	109

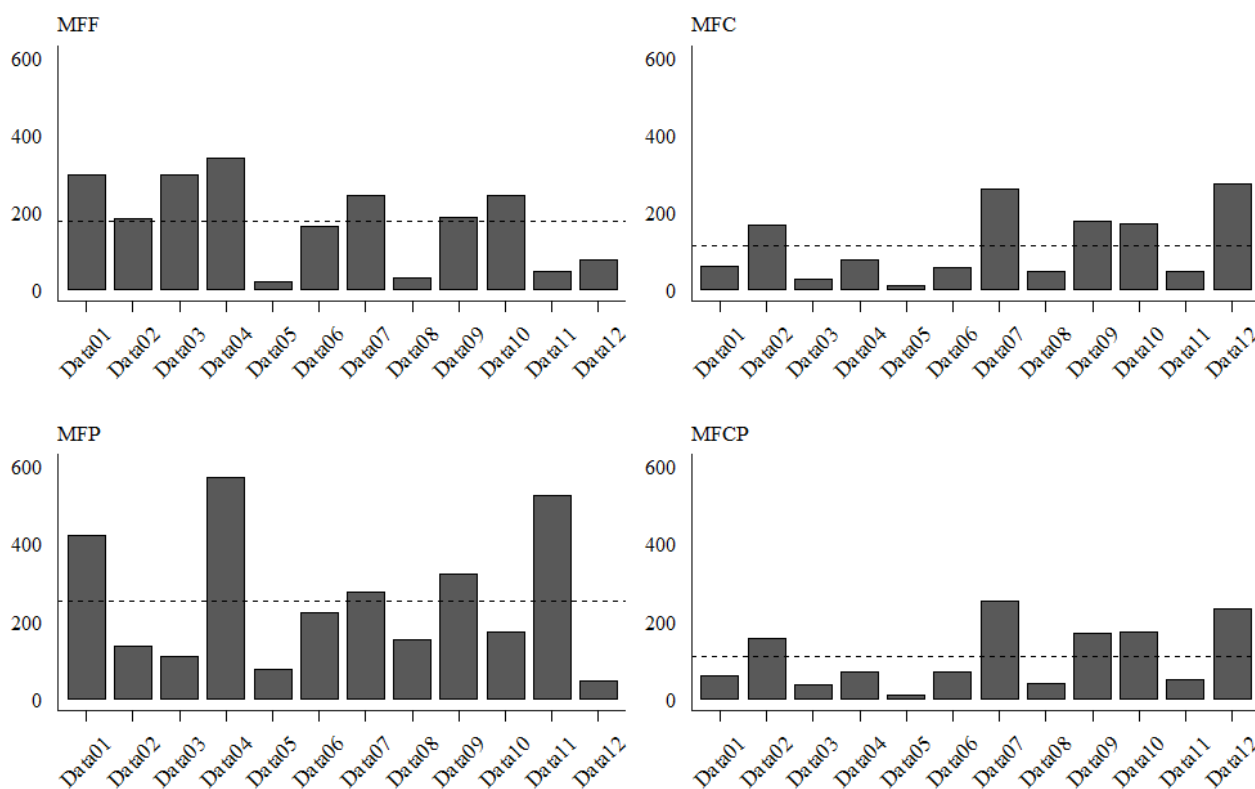
⁽¹⁾MFF - massa fresca de folha do colmo principal (g), MFC - massa fresca do caule do colmo principal (g), MFP - massa fresca do pendão do colmo principal (g) e MFCP - massa fresca do colmo principal (g).

Fonte: Autores.

As menores estimativas do tamanho de amostra para os caracteres MFF, MFC e MFCP foram observadas na sementeira de 13 de novembro de 2021 (21, 8 e 10 plantas, respectivamente). Enquanto o menor tamanho de amostra para MFP foi observado na sementeira de 01 de janeiro de 2022 (46 plantas). Isso pode ser explicado devido a menor variabilidade dos caracteres em suas respectivas datas de sementeira. A MFP apresentou o maior tamanho amostral necessário para se obter a precisão desejada. Isso se deve ao caractere apresentar maior magnitude do coeficiente de variação (Tabela 1), o que tem impacto direto no tamanho amostral necessário.

A média do tamanho da amostra variou de 109 plantas para MFCP a 252 plantas para MFP. Isso indica que há variabilidade do tamanho de amostra necessário entre os caracteres produtivos de teosinto. Essa variabilidade também foi observada em milho (TOEBE et al., 2014), crotalaria (TEODORO et al., 2015) e linho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2018). O tamanho médio da amostra decresceu na seguinte ordem: MFP (252 plantas), MFF (177 plantas), MFC (113 plantas) e MFCP (109 plantas). O teosinto possui uma ampla base genética em razão da menor intervenção do melhoramento genético na cultura (GONZÁLEZ et al., 2018). Logo, entre as plantas de teosinto há uma maior variabilidade fenotípica na expressão dos caracteres produtivos, o que promove o aumento do tamanho amostral necessário.

Figura 1. Tamanho de amostra (número de plantas) para massa fresca de folha do colmo principal (MFF), massa fresca do caule do colmo principal (MFC), massa fresca do pendão do colmo principal (MFP) e massa fresca do colmo principal (MFCP), assumindo erro de estimação (semi-amplitude do intervalo de confiança) igual a 10% da estimativa da média com grau de confiança $(1-\alpha)$ de 95% em 12 datas de semeadura.



Data01: 08/10/2021, Data02: 15/10/2021, Data03: 23/10/2021, Data04: 30/10/2021, Data05: 13/11/2021, Data06: 20/11/2021, Data07: 27/11/2021, Data08: 04/12/2021, Data09: 11/12/2021, Data10: 18/12/2021, Data11: 25/12/2021 e Data12: 01/01/2022. A linha pontilhada representa a média do tamanho de amostra das 12 datas de semeadura.

Fonte: Autores.

Conclusões

O tamanho amostral (número de plantas) necessário para determinação da média assumindo erro de estimação (semi-amplitude do intervalo de confiança) igual a 10% da estimativa da média com grau de confiança $(1-\alpha)$ de 95% para MFF, MFC, MFP e MFCP é 177, 113, 252 e 109 plantas, respectivamente.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - 304652/2017-2 e 304878/2022-7), 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.

Referências

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BALTAZAR, B. M. et al. Pollination between maize and teosinte: an important determinant of gene flow in Mexico. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 110, n. 3, p. 519-526, 2005.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. *Estatística básica*. 9.ed. São Paulo: Saraiva, 2017. 554 p.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra para a estimação da média de caracteres morfológicos e produtivos de nabo forrageiro. *Ciência Rural*, v. 44, n. 2, p. 223-227, 2014.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra para avaliar caracteres produtivos de linho. *Agrarian*, v. 11, n. 42, p. 387-392, 2018.
- DEMPEWOLF, H. et al. Adapting agriculture to climate change: a global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 38, n. 4, p. 369-377, 2014.
- FUKUNAGA, K. et al. Genetic diversity and population structure of teosinte. *Genetics*, v. 169, n. 4, p. 2241-2254, 2005.
- GONZÁLEZ, J. J. S. et al. Ecogeography of teosinte. *PLoS One*, v. 13, n. 2, p. 1-24, 2018.
- HUFFORD, M. B. et al. Teosinte as a model system for population and ecological genomics. *Trends in Genetics*, v. 28, n. 12, p. 606-615, 2012.
- KUMAR, B. et al. Herbage production, nutritional composition and quality of teosinte under Fe fertilization. *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 18, n. 2, p. 319-329, 2016.
- MATSUOKA, Y. et al. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 99, n. 9, p. 60-80, 2002.
- MODOLO, A. J. et al. Sample size determination for maize plants and cob traits under straw management at sowing. *Maydica*, v. 58, n. 2, p. 151-155, 2013.
- R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. URL <https://www.R-project.org/>.
- SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.
- TEODORO, P. E. et al. Sample dimension for estimation of biomass and yield of sunn (*Crotalaria juncea* L.) and showy rattlebox (*C. spectabilis* Roth.). *Journal of Agronomy*, v. 14, n. 2, p. 98-101, 2015.
- TOEBE, M. et al. Tamanho de amostra para estimação da média e do coeficiente de variação em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 11, p. 860-871, 2014.
- WANG, L. et al. Kernel amino acid composition and protein content of introgression lines from *Zea mays* ssp. *mexicana* into cultivated maize. *Journal of Cereal Science*, v. 48, n. 2, p. 387-393, 2008.