

Características agronômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais

Lucas Braido Pereira, Diego Soares Machado, Dari Celestino Alves Filho, Ivan Luiz Brondani, Viviane Santos da Silva, Flânia Mônego Argenta, Amanda Farias de Moura, Daniele Borchate

Universidade Federal de Santa Maria, *Campus* Universitário, Centro de Ciências Rurais, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mails: braidopereira@gmail.com, dsoaresmachado@ymail.com, darialvesfilho@hotmail.com, ivanbrondani7@gmail.com, stsvivi@gmail.com, flaniama@yahoo.com.br, af.moura@hotmail.com, danielleborchate@gmail.com

Resumo: Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito de diferentes arranjos populacionais da planta de milho sobre as características agronômicas e a produtividade de silagem e grãos. O ensaio foi conduzido no Departamento de Zootecnia da UFSM, localizado no município de Santa Maria – RS. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, num esquema fatorial 3x3. Os tratamentos consistiram em três densidades de semeadura: 49.500; 66.000 e 82.500 plantas ha⁻¹, e três espaçamentos entre linhas: 0,5; 0,7 e 0,9 m. Foram avaliadas as seguintes características: número de folhas por planta; número de folhas senescentes; número de espigas por planta; altura da planta; altura de inserção da espiga; diâmetro da espiga; comprimento da espiga; diâmetro de colmo; produtividade de silagem, expressa na matéria verde e seca, e rendimento de grãos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Não houve interação entre espaçamento e densidade para nenhuma das variáveis testadas. Os espaçamentos entre linhas não afetaram nenhuma das variáveis. A densidade de 82,5 mil plantas ha⁻¹ foi superior para produção de silagem e de grãos em comparação as demais. O melhor arranjo de plantas para o híbrido AS1551 PRO é com 82,5 mil plantas ha⁻¹, independentemente do espaçamento entre linhas.

Palavras chave: *Zea mays*, Espaçamento, Forragem.

Agronomical characteristics of plant and productivity of silage and grain of maize under different populations arrangements

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of different population arrangements of corn plant on agronomic characteristics and productivity of silage and grain. The experiment was conducted at the Department of Animal Science of UFSM, located in the municipality of Santa Maria – RS. The experimental design was a randomized block design, with four replications, in a 3x3 factorial scheme. The treatments consisted of three sowing densities: 49,500; 66,000 and 82,500 plants ha⁻¹, and three row spacing: 0.5; 0.7 and 0.9 m. The following characteristics were evaluated: number of leaves per plant; number of senescent leaves; number of spikes per plant; plant height; height of insertion of the pin; ear diameter; length of spike; stem diameter; silage yield, expressed in green and dry matter, and yield of grains. Means were compared by Tukey's test at 5% of significance. There was no interaction between spacing and density for any of the tested variables. Row spacing evaluated did not affect any of the variables. The density of 82,500 plants ha⁻¹ produced higher silage and more grain than the others. The best arrangement for hybrid plants was AS1551 PRO with 82, 500 plants ha⁻¹, regardless of row spacing.

Keywords: *Zea mays*, Spacing, Forage.

Introdução

A cultura do milho possui enorme importância no âmbito socioeconômico, ambiental e cultural a nível mundial e também no Brasil. Isto se dá principalmente devido ao seu potencial de uso, como por exemplo, na alimentação humana e animal, produção de biocombustível, entre outros. Para Calonego et al. (2011) o alto valor energético e proteico das plantas de milho, a composição de fibra adequada e o alto potencial de produção de matéria seca e grãos viabilizam a utilização dessa espécie como planta forrageira para alimentação animal, na forma de silagem.

No Brasil, a terminação de bovinos em sistema de confinamento vem aumentando ao longo dos anos, pois a pecuária vem disputando por áreas com outros segmentos, obrigando um maior crescimento vertical. Pois em projeções nacionais, ocorre um incremento nas áreas de lavouras e a estabilização no rebanho bovino (Brasil, 2017). Nesse contexto, o milho apresenta-se como alternativa tanto para a produção de volumoso de qualidade, como na forma de grãos para ser utilizado como principal fonte energética, inclusive em confinamentos que dispensam o uso de volumoso.

É constante a demanda por novas tecnologias que proporcionem incrementos significativos na produtividade de milho, como híbridos de melhor desempenho, manejo de adubação e alteração no espaçamento e densidade de semeadura (Mendes et al., 2013).

Vários estudos têm demonstrado acréscimo no rendimento de grãos com a alteração no arranjo de plantas, através da redução do espaçamento entre linhas e do adensamento de plantas (Modolo et al., 2010, Stacciarini et al., 2010 & Takasu et al., 2014).

No caso de silagens o efeito do arranjo de plantas, ainda necessita de mais estudos, principalmente envolvendo novas cultivares que tem surgido no mercado. Em seu estudo, Turco (2011) observou interação entre espaçamento e densidade tanto para produção de matéria verde, como de matéria seca, onde a redução do espaçamento e o aumento da densidade de plantas promoveram incremento significativo na produtividade. Para Skonieski et al. (2014) o conhecimento das estruturas morfológicas da planta de milho cultivado com o intuito da confecção de silagem, são bastante relevantes por interferir na qualidade final da mesma.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os caracteres agrônômicos das plantas e a

produtividade de silagem e de grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido nas dependências do Laboratório de Bovinocultura de Corte, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria- RS. Esta área localiza-se na Depressão Central do Rio grande do Sul, com altitude média de 95m, latitude 29° 43' Sul e Longitude 53°42' Oeste. O solo da área experimental é pertencente à unidade de mapeamento de São Pedro e classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico (Strek et al., 2002).

O clima da região é Cfa (subtropical úmido), conforme classificação de Köppen, tendo como normais climatológicas uma precipitação média anual de 1616,8 mm, evaporação média anual de 863 mm, temperatura média anual de 18,8 °C, com médias mínimas de 9,3 °C em junho e média máxima de 30,4 °C em janeiro, insolação de 2161,8 horas anuais e umidade relativa do ar de 76,5% segundo o Instituto Nacional de Meteorologia [INMET] (2014). Previamente à instalação do experimento foi feita uma análise química do solo da área, obtendo-se as seguintes características: pH água: 5,0; P: 20,1 mg dm⁻³; K: 60,8 mg dm⁻³; MO: 2,5%; Al: 0,52 cmol_c dm⁻³; Ca: 5,5 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,7 cmol_c dm⁻³; CTC efetiva: 8,9 cmol_c dm⁻³; e saturação de bases: 57%.

Os tratamentos utilizados consistiram em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x3 sendo três densidades de semeadura e três espaçamentos entre linhas e quatro repetições: 49.500; 66.000 e 82.500 plantas ha⁻¹ e 0,5 m; 0,7 m e 0,9 m, respectivamente. O número de plantas resultantes por metro linear em cada tratamento foi o seguinte: no espaçamento de 0,5 m, obteve-se 2,4; 3,4 e 4,0 plantas metro linear⁻¹; no espaçamento de 0,7 m, obteve-se 3,4; 4,4 e 6,0 plantas metro linear⁻¹; e no espaçamento de 0,9 m, obteve-se 4,4; 5,8 e 7,4 plantas metro linear⁻¹, respectivamente nas populações de 49.500; 66.000 e 82.500 plantas ha⁻¹.

A área experimental utilizada foi dividida em quatro blocos, com parcelamento de nove subdivisões. Cada uma delas era composta por sete linhas com sete metros de comprimento, a área de cada parcela variou conforme o tratamento, sendo influenciada pelo espaçamento entre linhas utilizado, sendo para o espaçamento

de 0,9m uma área de 44,1m² (6,3m x 7m), para o espaçamento de 0,7m uma área de 34,3 m² (4,9m x 7m) e para o espaçamento de 0,5m uma área de 24,5 m² (3,5m x 7m). O híbrido de milho (*Zea mays* L.) utilizado foi o AS 1551 PRO de ciclo superprecoce, o qual é resistente geneticamente à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e segundo informações do fabricante, recomendado para silagem na Região Sul do País.

O preparo do solo foi convencional, com duas gradagens, uma aradora e outra niveladora, em área com cobertura vegetal de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) previamente dessecada, com glifosato. O experimento foi implantado nos dias 12 e 13 de novembro de 2011. Foram utilizadas semeadoras manuais, reguladas para distribuir duas sementes por cova. A adubação de base foi realizada no dia da semeadura com base nos resultados obtidos na análise de solo, seguindo a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo [CQFS-RS/SC] (2004), almejando-se uma produtividade de silagem de 18 toneladas de matéria seca ha⁻¹, no qual foi utilizado o equivalente a 800 kg ha⁻¹ de fertilizante 5-20-20 (N- P₂O₅- K₂O).

Quando as plantas estavam com três folhas expandidas, estágio V3 da escala de Ritchie et al. (1993), efetuou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por cova e condicionando cada parcela a sua população de

plantas, e conseqüentemente sua distribuição espacial. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada na proporção de 90 Kg nitrogênio ha⁻¹, dividida em duas aplicações, sendo a primeira quando a planta apresentava três folhas expandidas (11/12/2011), e a segunda aplicação realizada quando a planta apresentava oito folhas expandidas (24/12/2011). Esta adubação foi distribuída em superfície na linha de semeadura.

O controle de plantas espontâneas foi realizado 21 dias após a semeadura, por meio de capina manual. No mês de dezembro, quando as plantas de milho estavam no estágio V7, foi realizado o controle químico da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com auxílio de pulverizador costal, utilizando-se dois princípios ativos: um inseticida fisiológico (DIFLUBENZUROM), e outro de ação sistêmica e de contato (METOMIL), nas concentrações de 100g ha⁻¹ e 800 mL ha⁻¹, respectivamente.

O experimento necessitou de irrigações estratégicas, em consequência de um prolongado período de estiagem durante a condução do mesmo. As irrigações foram realizadas com auxílio de um trator e tanque distribuidor de líquidos com capacidade de 4000 litros de água. São apresentados na Tabela 1 os valores médios da precipitação (pluvial e artificial), temperatura e insolação normal ocorridos no período de condução do estudo.

Tabela 1 - Valores médios de precipitação, temperatura e insolação durante o período experimental.

Mês/Ano	Precipitação (mm)			Temperatura (°C)		Insolação média (horas/dia)	
	¹ Normal	² Ocorrida	³ Artificial	¹ Normal	² Ocorrida	¹ Normal	² Ocorrida
Novembro/11	132,2	41,6	26,5	21,4	22,3	223,3	250,8
Dezembro/11	133,5	13,4	83	22,7	24,4	244,7	263,3
Janeiro/12	145,1	68,8	18	24,6	25,5	225,2	291,6
Fevereiro/12	130,2	135,4	-	24,0	26,1	196,5	199,2
Março/12	151,7	151,1	-	22,2	22,8	197,5	262,6
Média	138,5	82,0	25,5	22,9	24,2	217,4	253,5

Fonte: Dados da Estação Meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM, Santa Maria – RS.

¹Médias históricas de precipitação, temperatura e insolação, consideradas normais para o período de condução do ensaio, no município de Santa Maria – RS.

²Médias ocorridas de precipitação, temperatura e insolação no período de condução do ensaio, no município de Santa Maria – RS.

³Irrigação artificial realizada ao longo da condução do ensaio, com intuito de minimizar o estresse hídrico das plantas devido à precipitação abaixo da média histórica ocorrida no período.

Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 29, N.1 p.18-27, Jan./Mar.2017.

Para a avaliação das medidas agronômicas da planta, foram selecionadas oito plantas na área útil de cada parcela, quando estavam no mesmo estágio fenológico (R5), observando a máxima homogeneidade morfológica e fenológica possível, em uma distância de 1,4 metros dentro da linha. As plantas para avaliação pertenciam a terceira e quinta linhas, desprezando-se as duas linhas externas e um metro de bordadura nas extremidades.

Previamente à colheita do material foram obtidas as seguintes medidas: altura da planta (medida a partir da superfície do solo até a folha bandeira); altura de inserção da espiga (medida a partir da superfície do solo até a inserção da espiga); diâmetro de colmo (medido com auxílio de paquímetro, no primeiro entrenó da planta); diâmetro da espiga (medido com auxílio de paquímetro na porção mediana da espiga); comprimento da espiga (medida com auxílio de trena métrica). Nesta mesma ocasião foram realizadas também a contagem do número total de folhas planta⁻¹, número de folhas senescidas e número de espigas por planta.

A colheita foi realizada no dia 4 de março de 2012, na qual foram coletadas manualmente, a 20 cm do solo, todas as plantas da área útil da parcela. A realização da colheita ocorreu quando observou-se o grão no estágio farináceo (R5), considerado o ponto ideal de ensilagem.

A produtividade média de silagem, em toneladas de matéria verde ha⁻¹ foi calculada a partir da massa total das plantas coletadas em cada parcela, em área conhecida. O material coletado foi triturado com auxílio de uma ensiladeira acoplada a um trator estacionado. Deste material foram coletadas amostras de cada parcela, após intensa homogeneização, para determinação da massa de matéria seca, após secagem em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 horas.

O cálculo do rendimento de grãos, expresso em quilogramas por hectare e corrigidos para 13% de umidade, foi obtido a partir do rendimento de grãos das oito plantas avaliadas por parcela.

O Delineamento experimental foi de blocos

ao acaso. Os dados coletados para cada variável foram submetidos ao teste de Normalidade de Shapiro-Wilk, sendo realizadas transformações quando necessário, e depois levados à análise de variância pelo teste F. Quando os valores de F foram significativos (P<0,05) as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. As análises foram realizadas através do pacote estatístico *Statistical Analysis System*, versão 9.2 [SAS]

Resultados e discussões

Não houve interação significativa entre espaçamento e densidade para nenhuma das variáveis estudadas (P>0,05), portanto os dados foram apresentados separadamente para efeito de espaçamento e densidade. Como pode-se observar na Tabela 2 os diferentes espaçamentos entre linhas testados não afetaram as características agronômicas da planta de milho (P>0,05).

Skonieski et al. (2014) avaliando um híbrido de milho de duplo propósito (grãos e silagem), na mesma região do presente estudo, também não observaram efeito de diferentes espaçamentos (40; 60 e 80 cm entre linhas) sobre a altura de plantas, altura da inserção da espiga e diâmetro de colmo. Nos estudos de Aférri et al. (2008) e Turco (2011) o menor espaçamento entre linhas (50 cm entre linha) proporcionou maior altura de plantas, devido a maior competição por luz, resultando em maior eficiência na interceptação da radiação solar, pela melhor distribuição espacial das plantas. Porém, os mesmos autores não encontraram diferença na altura de inserção da espiga nos espaçamentos distintos, o que corrobora com os dados do presente trabalho. Aférri et al. (2008) também não obtiveram diferença entre os espaçamentos de 50; 65 e 80 cm entre linhas, para as variáveis diâmetro e comprimento da espiga.

Tabela 2 - Valores médios, probabilidade e coeficiente de variação das características agrônômicas do híbrido de milho AS 1551 PRO em função do espaçamento entre linhas.

Variáveis	Espaçamento (m)			Média	CV (%)
	0,5	0,7	0,9		
Nº. de folhas por planta	15,59	15,89	15,82	15,77	4,90
Nº. de folhas senescentes por planta	3,39	3,67	4,03	3,70	28,15
Número de espiga por planta	1,12	1,05	1,05	1,07	7,68
Altura da planta (cm)	164,87	167,72	167,90	166,83	5,66
Altura de inserção da espiga (cm)	88,42	94,70	95,02	92,72	8,28
Diâmetro da espiga (cm)	4,99	4,95	5,01	4,98	8,27
Comprimento da espiga (cm)	28,95	29,04	27,65	28,55	11,69
Diâmetro de colmo (cm)	2,26	2,41	2,27	2,31	8,90

P valor: probabilidade; CV: coeficiente de variação.

Fonte: Dados da Pesquisa.

O número de folhas senescentes por planta não foi influenciado pelos espaçamentos testados, em comparação Turco (2011) verificou maior número de folhas senescentes por planta, quando houve ampliação do espaçamento, atribuindo isto a menor eficiência de interceptação da radiação.

As características agrônômicas do híbrido AS 1551 PRO, submetido a três densidades de semeadura, são apresentadas na Tabela 3. O número de folhas por planta e o número de folhas senescentes planta⁻¹ não foram alterados pelas densidades utilizadas. No entanto, Sangoi et al. (2013) avaliando o híbrido contemporâneo P30F53 em cinco densidades de semeadura verificaram decréscimo linear na área foliar senescida com o aumento da população de plantas.

O aumento na densidade de plantas reduziu significativamente o número de espigas planta⁻¹ (P<0,05). Resultado semelhante foi reportado por Calonego et al. (2011) que com populações de 45; 60 e 75 mil plantas ha⁻¹

obtiveram 1,13; 1,06 e 1,03 espigas planta⁻¹, respectivamente. Porém assim como neste estudo, este resultado não foi suficiente para compensar o rendimento de grãos da menor densidade utilizada. Para Sangoi (2000) o aumento no número de espigas por planta na menor densidade pode ocorrer porque o adensamento de plantas, acima do valor considerado ótimo, por vezes ocasiona consequências negativas na formação da espiga como esterilidade causada por um desencontro na diferenciação da espiga em relação à diferenciação do pendão. Esta situação ocorre devido a maior competição intraespecífica na linha de semeadura, em que se tem menor produção de fotoassimilados e a planta estimula a dominância apical do pendão sobre a espiga (Schmitt, 2014). Com isto a menor densidade de semeadura (49,5 mil plantas ha⁻¹) acabou por refletir em maior número de espigas por planta, em relação à cultura mais adensada (82,5 mil plantas ha⁻¹).

Tabelas 3 - Valores médios, probabilidade e coeficiente de variação das características agrônômicas do híbrido de milho AS 1551 PRO em função da densidade de semeadura.

Variáveis	Densidade (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	49.500	66.000	82.500		
Nº. de folhas por planta	15,66	15,85	15,78	15,77	4,90
Nº. de folhas senescentes por planta	3,45	3,84	3,80	3,70	28,15
Número de espiga por planta	1,12 ^a	1,07 ^{ab}	1,03 ^b	1,07	7,68
Altura da planta (cm)	164,72	168,21	167,56	166,83	5,66
Altura de inserção da espiga (cm)	89,77	93,38	94,98	92,71	8,28
Diâmetro da espiga (cm)	5,19	4,80	4,96	4,98	8,27
Comprimento da espiga (cm)	28,74	29,15	27,75	28,55	11,69
Diâmetro de colmo (cm)	2,41	2,29	2,24	2,31	8,90

P valor: probabilidade; CV: coeficiente de variação. Letras minúsculas diferem médias, na linha, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Dados da pesquisa.

As diferentes densidades utilizadas não influenciaram a altura da planta e, conseqüentemente, a altura de inserção da espiga. Corroborando os resultados do presente trabalho, Stacciarini et al. (2010) e Mendes et al. (2013) também não verificaram efeito de distintas populações de plantas sobre estas variáveis. Deve-se salientar que a altura das plantas é uma mensuração importante quando se cultiva milho para produção de silagem, pois plantas muito altas podem ser mais susceptíveis ao quebramento e acamamento, afetando negativamente o processo de colheita e a produtividade da lavoura.

O diâmetro de colmo também é importante na avaliação do cereal, pois está relacionado à sustentação da planta, mas também a estrutura da parede celular deve ser considerada por afetar a digestibilidade da planta. No presente trabalho a variação da população de plantas ha⁻¹ não alterou o diâmetro de colmo. Mendes et al. (2013) verificaram resultado semelhante, entretanto, nos estudos de Calonego et al. (2011) e Stacciarini et al. (2010) o aumento na densidade de plantas reduziu significativamente o diâmetro de colmo. Para estes autores o adensamento de plantas pode ocasionar maior competição intraespecífica pela luz, resultando em maior crescimento em

altura em detrimento ao crescimento radial do colmo. Sob este ponto de vista, a ausência de diferença na altura da planta no presente estudo justifica a inexistência de diferença no diâmetro de colmo.

Os espaçamentos entre linhas testados não afetaram as produtividades de silagem expressos na matéria verde (MV) e matéria seca (MS), assim como para o rendimento de grãos (Tabela 4). Corroborando com este resultado, Skonieski et al. (2014) avaliando o efeito de três espaçamentos entre linhas (0,4; 0,6 e 0,8 m) sobre a produtividade de silagem de milho, também não observaram diferença na produção de matéria seca, com valor médio de 15,69 ton MS ha⁻¹. Com base nestes resultados pode-se recomendar o cultivo do milho na região da Depressão Central do RS, com objetivo de produção de silagem, em qualquer dos espaçamentos avaliados, com a ressalva do ano agrícola desfavorável em que foi realizado o presente estudo. No entanto, apesar da redução no espaçamento entre linhas de semeadura não ter proporcionado maiores produtividades de silagem e grãos, sua recomendação justifica-se também pelo fechamento mais rápido de espaços entre linhas, o que auxilia no controle de plantas concorrentes (Evans, 1993).

Tabela 4 - Valores médios, probabilidade e coeficiente de variação para produtividade de silagem na matéria verde e matéria seca e rendimento de grãos para o híbrido de milho AS 1551 PRO em função de diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Produtividade	Espaçamento (m)			Média	CV (%)
	0,5	0,7	0,9		
Matéria verde, kg ha ⁻¹	35.316	34.602	33.238	34.385,33	17,28
Matéria seca, kg ha ⁻¹	13.461	13.296	13.091	13.282,66	15,16
Rendimento de grãos, kg ha ⁻¹	3.025	2.838	2.602	2.821,66	19,33
Produtividade	Densidade (plantas ha ⁻¹)			Média	CV (%)
	49.500	66.000	82.500		
Matéria verde, kg ha ⁻¹	29.056 ^b	33.846 ^b	40.254 ^a	34.385,33	17,28
Matéria seca, kg ha ⁻¹	11.527 ^b	12.795 ^b	15.526 ^a	13.282,67	15,16
Rendimento de grãos, kg ha ⁻¹	2.290 ^b	2.730 ^b	3.445 ^a	2.821,67	19,33

P valor: probabilidade; CV: coeficiente de variação. Letras minúsculas diferem médias, na linha, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Com relação ao rendimento de grãos, em função do espaçamento, Modolo et al. (2010) e Takasu et al. (2014), avaliando distâncias de 0,45 e 0,90 m entre linhas, observaram incremento no rendimento de grãos com a redução do espaçamento. Porém, Sangoi et al. (2011) analisando o rendimento de grãos em diferentes espaçamentos afirmaram que a redução do espaçamento aumenta a interceptação da radiação solar no início do ciclo, mas não interfere na produtividade. Segundo Argenta e al. (2001) a redução no espaçamento entre linhas é uma alternativa a ser adotada em situações de baixas disponibilidades hídricas. Essas medidas tendem a redução da competição entre plantas por água devido a sua distribuição mais equidistantes (Demétrio et al. 2008).

A utilização de densidade populacional de 82,5 mil plantas ha⁻¹ proporcionou incremento significativo no rendimento de grãos e também de silagem, expressa com base em matéria verde e matéria seca, quando comparada as demais densidades. A produtividade de silagem com o maior adensamento de plantas foi a que mais se aproximou do preconizado neste estudo, ficando dentro da amplitude encontrada por Borgui et al.

(2007) que obtiveram valores de 13.696 a 15.248 kg de MS ha⁻¹. Para Turco (2011), a produção de massa verde da silagem é uma das primeiras variáveis de interesse, para o produtor, sobre determinada cultivar, por estar diretamente ligada ao dimensionamento dos silos.

No presente trabalho, a produção de matéria verde foi de 40.254 kg ha⁻¹, com 82,5 mil plantas ha⁻¹ sendo 27,81% e 15,91% superior, respectivamente às densidades de 49,5 e 66 mil plantas ha⁻¹. Paziani et al. (2009) utilizando o banco de dados do Programa de Avaliação de Cultivares de Milho para Silagem com híbridos de ciclo semelhante ao deste estudo verificaram produção média de massa verde de 50.470 kg ha⁻¹.

A produção de matéria seca ha⁻¹ acompanhou a de massa verde e do ponto de vista prático, este resultado é bastante atrativo ao produtor, uma vez que, este acréscimo na produtividade representaria um maior retorno, pela possibilidade de alimentar mais animais com o volumoso produzido numa mesma área. Borgui et al. (2007), ao contrário do presente estudo, não observaram diferença na produtividade de

matéria seca em densidades de 55; 65 e 75 mil plantas ha⁻¹.

Já Turco (2011) observou interação significativa entre os fatores espaçamento e densidade ($P < 0,05$), constatando que o milho cultivado com espaçamento entre linhas de 0,4 m e densidade de 70 mil plantas ha⁻¹ apresentou a maior produção de matéria seca (20.305 kg ha⁻¹), comparativamente às demais associações de cultivo estudadas pelo autor, que não diferiram entre si.

A densidade de semeadura de 82,5 mil plantas ha⁻¹ proporcionou maior rendimento de grãos que as demais densidades utilizadas que não diferiram entre si. Resultado semelhante tem sido reportado frequentemente na literatura (Calonego et al., 2011, Stacciarini et al., 2010 & Takasu et al., 2014). No estudo de Sangoi et al. (2013) o híbrido contemporâneo testado apresentou resposta quadrática quanto a produtividade de grãos nas densidades de 25; 50; 75; 100 e 125 mil plantas ha⁻¹. A maior produção obtida pelos autores foi de 12.663 kg ha⁻¹, com a população de 75 mil plantas ha⁻¹, entretanto a densidade ótima calculada pela equação ajustada foi de 86,665 plantas ha⁻¹.

Para Demétrio et al. (2008) o incremento na densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de aumentar a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho, potencializando seu uso e, conseqüentemente, o rendimento de grãos.

Em todos os estudos supracitados a produtividade de grãos foi substancialmente superior ao presente estudo, todavia, os autores reportam que a disponibilidade hídrica atendeu plenamente a demanda da cultura de milho. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB] (2017) as estimativas de produtividade do grão de milho atingiram valores próximos a 4.178 kg ha⁻¹. Neste estudo o rendimento de grãos ficou abaixo da média esperada, atingindo valores de 2.821 kg ha⁻¹, fato este que pode ser explicado por fatores ambientais, principalmente o déficit hídrico que pode ser observado na Tabela 1, na qual se obteve um acumulado de 537,5 mm, valores inferiores preconizados para os máximos rendimentos da cultura de milho estudado por Fancelli e Dourado (2004) que observaram valores médios de consumo de água de 650 mm no ciclo para atingir o máximo rendimento de grãos. Segundo Bergamaschi et al. (2004)

constataram que pode haver redução de rendimento de grãos se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, ou seja, da pré-floração ao início de enchimento de grãos, fato observado no presente estudo (Tabela 1). Segundo Wagner et al. (2013) a cultura do milho é afetada pela disponibilidade de água ao longo do ciclo fenológico e a probabilidade média de redução na produção de grãos é de 50% em virtude de deficiência hídrica.

Conclusões

O aumento na densidade de plantas proporcionou incremento significativo na produção de silagem e de grãos.

Os diferentes espaçamentos testados não alteraram os parâmetros morfométricos e o desempenho produtivo do híbrido de milho avaliado.

Referências

- Aférris, F. S. et al. (2008). Espaçamento e densidade de semeadura para a cultura do milho em plantio tardio no estado do Tocantins. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38 (2), 128-133.
- Argenta, G. et al. (2001). Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. *Ciência Rural*, 31 (6).
- Bergamaschi, H. et al. (2004). Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 831-839.
- Borgui, E. et al. (2007). Produtividade e qualidade de forragem de milho em função da população de plantas, do sistema de preparo do solo e da adubação. *Revista Brasileira de Agrociência*, 13 (4), 465-471.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2017). *Projeções do agronegócio Brasil 2016/17 a 2026/27. Projeções de longo prazo* (8 ed.). Brasília: MAPA.
- Calonego, J. C. et al. (2011). Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. *Revista Agrarian*, 4 (12), 84-90.

- Comissão Sul-Brasileira de Química E Fertilidade do Solo. (2004). *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina* (10 ed., 400p). Porto Alegre.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2017). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Recuperado em 25 outubro, 2017, de http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_10_16_16_34_39_graos_outubro_2017.pdf.
- Demétrio, C. S. et al. (2008). Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 43 (12), 1691-1697.
- Evans, L. T. (1993). Processes, genes, and yield potential. In: Buxton, D.R., Shibles, R., & Forsberg, R.A., et al. (Editores). *International Crop Science I* (p. 895). Madison: Crop Science Society of America.
- Fancelli, A. L., & Dourado Neto, Durval. (2004). *Produção de milho* (2 ed., 362p). Guaíba: Agropecuária.
- Instituto Nacional de Meteorologia. (2014). *Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990*. Recuperado em 10 março, 2014, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>.
- Mendes, M. C. et al. (2013). Adubação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12 (2), 92-101.
- Modolo, A. J. et al. (2010). Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Ciência Agronômica*, 41 (3), 435-441.
- Paziani, S. F. et al. (2009). Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38 (3), 411-417.
- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., & Benson, G. O. (1993). *How a corn plant develops* (Special Report, 48, 26p). Ames: Iowa State University of Science and Technology.
- Sangoi, L. et al. (2011). Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46 (6), 609-616, 2011.
- Sangoi, L. et al. (2013). Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12 (1), 21-32.
- Sangoi, L. (2000). Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, 31 (1), 159-168.
- Schmitt, A. (2014). *Arranjo de plantas para maximizar o desempenho agrônomo do milho em ambientes de alto manejo (226f)*. Tese de Doutorado, Universidade do Estado de Santa Catarina, SC, Brasil.
- Skonieski, F. R. et al. (2014). Corn plant arrangement and its effect on silage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43 (3), 114-119.
- Stacciarini, T. C. V. et al. (2010). Avaliação de caracteres agrônômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. *Revista Ceres*, 57 (4), 516-519.
- Statistical Analysis System. (2010). SAS Language reference. (version 9.2.) [Software]. Cary: SAS Institute.
- Streck, E. D. et al. (2002). *Solos do Rio Grande do Sul* (126p). Rio Grande do Sul: EMATER.
- Takasu, A. T. et al. (2014). Desempenho agrônomo do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. *Revista Agrarian*, 7 (23), 34-41.
- Turco, G. M. S. (2011). *Produção física de plantas de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio*. Dissertação de

Mestrado, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, Brasil.

Wagner, M. V. et al. (2013). Estimativa da produtividade de milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava-PR. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (2), 170-179.

Recebido em: 15/04/2015

Aceito em: 10/01/2018