

UFRRJ

INSTITUTO DE ZOOTECNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Avaliação Agronômica e Bromatológica de Híbridos de
Milho Submetidos a Espaçamentos e Densidades
Populacionais**

Lorhaine Bernardes de Lima

2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E BROMATOLÓGICA DE
HÍBRIDOS DE MILHO SUBMETIDOS A
ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES POPULACIONAIS**

LORHAINE BERNARDES DE LIMA

*Sob a orientação do professor
João Carlos de Carvalho Almeida*

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal

Seropédica, RJ
Março de 2020

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732a Lima, Lorhaine Bernardes de, 1993-
Avaliação agronômica e bromatológica de híbridos de milho submetidos a espaçamentos e densidades populacionais / Lorhaine Bernardes de Lima. - Três Rios, 2020.
43 f.

Orientador: João Carlos de Carvalho Almeida.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, 2020.


1. Forragicultura. 2. Conservação de forragem. 3. Silagem. I. Almeida, João Carlos de Carvalho, 1956-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Zootecnia III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LORHAINE BERNARDES DE LIMA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

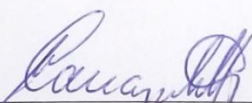
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 05/03/2020



João Carlos de Carvalho Almeida. Dr. UFRRJ
(Presidente)



João Batista Rodrigues de Abreu. Dr. UFRRJ



Sérgio Trabali Camargo Filho. Dr. PESAGRO-RIO

DEDICATÓRIA

*À Deus, por tudo.
Aos meus pais pelo apoio, incentivo e
confiança.
Aos meus irmãos pelas alegrias e motivações.
Aos amigos que me auxiliaram nessa trajetória.
Aos mestres, pelos aprendizados e inspirações.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo.

Aos meus pais Joaquim e Simone pelo apoio incondicional e incentivo.

Ao meu irmão Daniel por me fazer sempre rir tornando tudo mais leve e pelo exemplo de fé e perseverança.

Aos professores João Carlos e João Batista pela amizade, incentivo e ensinamentos.

Aos Funcionários Marcus e Evandro, pela amizade, paciência e ajuda na realização das análises bromatológicas.

Ao IFMG- Campus São João Evangelista pelo apoio no experimento através do fornecimento de área, insumos, funcionários, trator e implementos.

Ao Bruno, agrônomo do IFMG e os funcionários que auxiliaram no experimento por todo apoio, dedicação e disponibilidade.

Aos colegas Túlio, Pedro, Felipe, Jaciara, Bia, Carlos, Karine, Débora, Leonardo, Guilherme, Paulo pela amizade e pelo apoio durante todos os momentos desse mestrado.

As estagiárias da equipe, em especial, Ana Carolina e Thaís, pela amizade e auxílio fundamental para a condução do experimento.

À minha família de quatro patas, Joe Jose Augusto, Rambo e Kimberly pelo carinho, companhia e amor incondicional.

A todos os familiares e amigos que me apoiaram e contribuíram para a conclusão de mais esse ciclo.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade de ter um ensino público, gratuito e de qualidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

LIMA, Lorhaine Bernardes de. **Avaliação Agronômica e Bromatológica de Híbridos de milho Submetidos a Espaçamentos e Densidades Populacionais**. 2020. 43f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

O objetivo do estudo foi avaliar características agronômicas e composição bromatológica de dois híbridos de milho, o Santa Helena (2B339) e Biomatrix (BM3061) submetidos a dois espaçamentos (45 e 90 centímetros) e quatro densidades populacionais (60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹). O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4x2, com quatro repetições. Foram estimadas produção de massa verde (MV), massa seca (MS), altura de planta, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga, comprimento e diâmetro da espiga, número de espigas por planta, proporção dos componentes folha, colmo e espiga) e bromatológicas (MS, mm, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG). A partir do híbrido BM3061 foram feitas silagens com os espaçamentos e as densidades populacionais como tratamento, delineado em blocos casualizados e em esquema fatorial dois (espaçamentos) x quatro (densidades), com quatro repetições. Também foram determinados teores de MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG. O conjunto de dados foi analisado com o SISVAR® e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade e pela regressão para dados de densidades populacionais. A produtividade MS foi superior nas densidades mais altas 90.000, 80.000 e 70.000 pl ha⁻¹ (4.855,99; 4.275,22; 4.138,08 kg ha⁻¹ de MS. Já o número de espigas por planta foi mais alto nas densidades mais baixas devido a menor competição por nutrientes e radiação solar e no híbrido BM3061. As proporções de folha e de colmo foram superiores no BM3061 e a de espiga no 2B339. Houve interação híbrido × densidade × espaçamento (p=0,020) para a proporção folha onde o BM3061 se mostrou superior ao 2B339 quando cultivado com espaçamento de 90 cm e nas densidades de 70.000 e 80.000 plantas ha⁻¹. Houve interação densidade x híbrido para o comprimento de espigas (p=0,01). O comprimento mais alto (27,81 cm) ocorreu para o híbrido BM3061 plantado com densidade 70.000 plantas ha⁻¹. A relação folha colmo não diferiu entre os tratamentos. O diâmetro de espiga foi maior no 2B339 (5,34 cm), possivelmente devido ao melhor enchimento dos grãos. No material pré-ensilado o teor de MS foi mais elevado no 2B339 (38,04%) e os teores de FDN, FDA, CEL e LIG foram superiores no BM3061 (55,4; 27,20, 20,64 e 5,06%). Além disso, houve interação densidade x híbrido para LIG, com maior valor para o BM3061 em densidade de 80.000 plantas ha⁻¹. Para as avaliações das silagens o pH variou em função das densidades, com maior valor para 70.000 plantas ha⁻¹ (3,6562), que pode indicar um processo fermentativo adequado. Não houve diferença significativa entre MS (p=0,56), MM (p=0,11) e PB (p=0,70), no entanto os valores de FDN, FDA, CEL, HEM foram superiores no espaçamento de 45 cm (52,68; 27,21; 21,66; 25,47%), respectivamente. No entanto, conclui-se que o híbrido 2B339 se mostrou superior nas condições apresentadas quando destinado a silagem de milho, a redução no espaçamento entre linhas afeta negativamente características bromatológicas da silagem.

Palavras-chave: Arranjo espacial. Composição química. Silagem. Valor nutricional. *Zea mays L.*

ABSTRACT

LIMA, Lorhaine Bernardes de. **Avaliação Agronômica e Bromatológica de Híbridos de milho Submetidos a Espaçamentos e Densidades Populacionais**. 2020. 43f. Dissertation (Master in Animal Science). Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

The objective of the study was to evaluate agronomic characteristics and chemical composition of two maize hybrids, Santa Helena (2B339) and Biomatrix (BM3061) submitted to two spacing (45 and 90 centimeters) and four population densities (60,000, 70,000, 80,000 and 90,000 plants ha⁻¹). The design was in randomized blocks in a 2x4x2 factorial scheme, with four replications. Production of green mass (MV), dry matter (MS), plant height, stem diameter, ear corn insertion height, ear length and diameter, number of ears corn per plant, proportion of leaf, stem and ear corn components were estimated) and bromatological MS, ash (MM), crude protein (PB), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), cellulose (CEL), hemicellulose (HEM) and lignin (LIG). From the hybrid BM3061, silages were made with the spacing and population densities as treatment, outlined in randomized blocks and in a factorial scheme two (spacing) x four (densities), with four replications. Levels of MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM and LIG were also determined. The data set was analyzed with SISVAR® and the means compared by the Tukey test at 5% probability and by regression for population density data. The MS productivity was higher at the highest densities 90,000, 80,000 and 70,000 plants ha⁻¹ (4,855.99; 4,275.22; 4,138.08 kg ha⁻¹ MS). The number of ears corn per plant was higher at lower densities due to less competition for nutrients and solar radiation and in the BM3061 hybrid. The proportions of leaf and stem were higher in BM3061 and that of ear corn in 2B339. There was a hybrid x density x spacing interaction (p = 0.020) for the leaf proportion where BM3061 was superior to 2B339 when cultivated with 90 cm spacing and at densities of 70,000 and 80,000 plants ha⁻¹. There was density x hybrid interaction for the length of ears corn (p = 0.01). The highest length (27.81 cm) occurred for the hybrid BM3061 planted with a density of 70,000 plants ha⁻¹. The leaf stalk relationship did not differ between treatments. The ear diameter was larger in the 2B339 (5.34 cm), possibly due to the better filling of the grains. In the pre-ensiled material, the MS content was higher in 2B339 (38.04%) and the contents of FDN, FDA, CEL and LIG were higher in BM3061 (55.4; 27.20, 20.64 and 5.06%). In addition, there was density x hybrid interaction for LIG, with greater value for BM3061 at density of 80,000 plants ha⁻¹. For silage evaluations, the pH varied as a function of densities, with a higher value for 70,000 plants ha⁻¹ (3.6562), which may indicate an adequate fermentation process. There was no significant difference between MS (p=0,56), MM (p=0,11) and PB (p=0,70), however the values of FDN, FDA, CEL, HEM were higher in the 45 cm spacing (52.68; 27.21; 21.66; 25.47%), respectively. However, it is concluded that the hybrid 2B339 proved to be superior in the conditions presented when destined for corn silage, the reduction in spacing between lines negatively affects bromatological characteristics of the silage.

Keywords: Chemical composition. Nutritional value. Silage. Spatial arrangement. *Zea mays* L.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos do milho.	4
Tabela 2. Desempenho agrônômico de produtividade em MV e MS, altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro do colmo e número de espigas por planta dos híbridos submetidos a diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.	16
Tabela 3. Resultados das proporções da planta (folha, colmo e espiga), relação folha:colmo, comprimento e diâmetro de espigas.	20
Tabela 4. Proporção de folhas (%) dos híbridos de milho plantados em diferentes espaçamentos entre linhas.	20
Tabela 5. Proporção de folhas de híbridos de milho plantados em espaçamentos de 45 ou 90 cm, submetidos a diferentes densidades populacionais.	21
Tabela 6. Resultado de proporções de colmo e espigas de híbridos submetidos a densidades populacionais.	22
Tabela 7. Resultado de comprimento de espigas de híbridos submetidos a densidades populacionais.	23
Tabela 8. Resultados das análises de MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG de híbridos de milho (planta inteira) cultivado sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.	25
Tabela 9. Resultado do teor de lignina de híbridos de milho submetidos a densidades populacionais.	26
Tabela 10. Resultados das análises de pH, MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG das silagens cultivadas sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de Balanço hídrico quinzenal durante o período experimental. Os dados foram obtidos pelo INMET	14
Figura 2. Gráfico de regressão para a produtividade de MV ha ⁻¹ em relação ao aumento das densidades populacionais de plantio.....	17
Figura 3. Gráfico de regressão do aumento das densidades populacionais em relação a produtividade em MS.	18
Figura 4. Gráfico de regressão do número de espigas por planta sob influência do aumento das densidades populacionais de plantio.	18
Figura 5. Gráfico de regressão do comprimento de espigas do híbrido BM3061 com o adensamento populacional.....	24
Figura 6. Gráfico de regressão do comprimento de espiga (cm) do híbrido 2B339 com aumento das densidades.....	25
Figura 7. Gráfico de regressão do teor de CEL da silagem em função do adensamento populacional.	35
Figura 8. Gráfico de regressão do teor de LIG da silagem em função do aumento nas densidades populacionais de plantio.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Estacionalidade da produção de forrageiras tropicais	3
2.2 Milho	3
2.3 Fases de desenvolvimento do milho.....	4
2.4 Espaçamento entre linhas na produção de milho	4
2.5 Densidade populacional.....	5
2.6 Híbridos	6
2.7 Ensilagem	6
CAPÍTULO I	8
AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS E BROMATOLÓGICAS DE HÍBRIDOS DE MILHO SUBMETIDOS A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 Local e período	12
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	12
2.3 Solo.....	12
2.4 Híbridos utilizados.....	12
2.5 Plantio.....	13
2.6 Adubação	13
2.7 Balanço hídrico durante o período experimental.....	13
2.8 Avaliações agronômicas	14
2.9 Análises químicas	15
2.10 Análise estatística	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4 CONCLUSÃO.....	27
CAPÍTULO II.....	28
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS	28
RESUMO.....	29
ABSTRACT	30
2 MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 Local e período	32
2.2 Delineamento experimental	32
2.3 Forragem utilizada.....	32
2.4 Silos	32
2.5 Ensilagem	32

2.6 Análises bromatológicas.....	32
2.7 Análise estatística	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4 CONCLUSÃO.....	37
5 CONCLUSÕES GERAIS	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO GERAL

Visto que o Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo (CARVALHO et al., 2017), em maioria criados a pasto, e esses são essencialmente estacionais, métodos de conservação de forragem são uma ferramenta intensamente utilizadas, dentre elas a silagem (ASSIS et al., 2014). Para que o animal expresse sua capacidade produtiva, a qualidade do volumoso a ser ofertado deve ser alta (WEERAKKODY et al., 2018), devendo esse manter o máximo possível as características nutricionais da planta *in natura* para o fornecimento durante o período de escassez de alimento (REIS et al., 2013).

O milho é um produto consumido mundialmente e está presente em mais de 600 produtos industriais em forma de matéria prima, utilizados na alimentação animal e humana (PEREIRA et al., 2009). Em torno de 70% do milho é destinado à alimentação animal, podendo chegar a 85% em países desenvolvidos, onde a intensificação pecuária é mais acentuada (COUTO et al., 2017).

Desta forma, o milho se torna indispensável na pecuária intensiva devido suas características nutricionais (UENO et al., 2012), em especial o alto teor energético (UENO et al., 2012; ROSTAGNO et al., 2017), além de sua versatilidade, que permite o uso da planta inteira na silagem ou no fornecimento de grãos (UENO et al., 2012), dependendo a espécie animal.

Sua demanda no mercado tem sido crescente em virtude de sua ampla utilização. No Brasil, a produtividade de milho duplicou nos últimos 40 anos (CONAB, 2016), e para suprir o mercado há estratégias como o uso de melhoramento genético buscando materiais mais resistentes e produtivos, como os híbridos, e otimizando o aproveitamento do espaço buscando um aumento no número de plantas cultivadas por área e consequente maior produtividade (BOIAGO et al., 2017).

Inicialmente os implementos agrícolas como os utilizados para plantio, adubação e colheita tinham menor flexibilidade quanto aos ajustes de espaçamentos, dificultando uma modificação no arranjo espacial no cultivo de plantas no sistema convencional (DEMETRIO et al., 2008). Com o avanço tecnológico nas últimas décadas, os implementos agrícolas podem ser facilmente ajustados em espaçamentos menores, permitindo o cultivo de diferentes espaçamentos além de permitir um melhor controle de número de plantas por área e a realização dos tratos culturais (DEMETRIO et al., 2008).

Desta forma, a redução na distância entre linhas e densidade populacional de plantio pode elevar o número de plantas por hectare e, como consequência pode reduzir o aparecimento de invasoras devido ao sombreamento maior entre as plantas, melhorando assim, o aproveitamento de água e fertilizantes, além de aumentar a produtividade. Esses acontecimentos otimizam os sistemas de produção, com a melhora na eficiência de utilização dos insumos utilizados (CRUZ, 2007).

Aliado aos espaçamentos e densidades de plantio, as características dos híbridos utilizados podem influenciar tanto no valor nutricional, quanto na produtividade (ASSIS et al., 2014). O valor nutricional da forrageira é importante, pois visa atender a demanda nutricional do animal, portanto há buscas por plantas e métodos de cultivos que elevem a produtividade sem perda do valor nutritivo da forragem.

Embora existam programas de melhoramento genético no desenvolvimento de híbridos, que estão disponíveis no mercado, esses não são desenvolvidos exclusivamente para a produção de silagem, no entanto os híbridos de dupla aptidão podem suprimir algumas características almejadas na produção de silagem.

A silagem de milho se destaca entre outras devido às características favoráveis da planta para a ensilagem, como alta produção de massa de forragem, bom teor de matéria seca, bom valor energético e boa capacidade fermentativa (REIS et al., 2013).

O objetivo desse estudo foi avaliar aspectos agronômicos e bromatológicos da planta inteira do milho e da sua silagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estacionalidade da produção de forrageiras tropicais

No Brasil a área de pastagens nativas e naturalizadas é de 159.497.547.000 hectares (ha), o equivalente a 45% da utilização de estabelecimentos rurais (CENSO AGRO, 2017). Essas pastagens são predominantemente de gramíneas tropicais, que possuem estacionalidade de produção (FEROLA et al., 2007).

Existem três fatores climáticos que interferem diretamente na produção de forragem, a temperatura, fotoperíodo e a pluviosidade (REIS et al., 2013), além dos fatores inerentes a fertilidade do solo. No entanto, no Brasil há um predomínio de clima, quente e com maior fotoperíodo e maior pluviosidade durante a primavera e verão, enquanto no outono e inverno há uma redução da temperatura, do fotoperíodo e da pluviosidade, o que torna os valores bromatológicos insatisfatórios (como a redução de proteína e aumento de lignina) e a disponibilidade da massa de forragem (REIS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2011).

Nesse contexto, estratégias para a conservação de forragem para o período seco do ano se faz necessário, principalmente visando a demanda produtiva do animal (FARIA et al., 2010).

2.2 Milho

O milho (*Zea mays L.*) pertence à família *Poaceae* (*Gramineae*) e é uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México (SILVEIRA et al., 2015), sua classificação botânica a define como monocotiledônea, por possuir raiz fasciculada e folhas paralelinérveas (FORNASIERI FILHO, 2007). É caracterizada como planta alógama, devido a sua preferência por polinização cruzada, robusta, de crescimento ereto, com $2n=2x=20$ cromossomos (10 pares) (PATERNIANI, 1978).

Sua disseminação pelo mundo se deu principalmente no período das grandes navegações, no século XVI, tendo principalmente Cristóvão Colombo como precursor (CORREA, 2018). Como já possuía um histórico de domesticação, que ocorreu entre 7 e 10 mil anos, foi se adaptando a se desenvolver e produzir em diversos ambientes no mundo e atualmente é cultivada em todos os locais aptos a agricultura (CRUZ et al., 2013) e é uma das espécies mais estudadas no mundo (CORREA, 2018).

Sua relevância econômica é certificada pela ampla utilização na alimentação humana, estando presente em mais de 600 produtos industriais e na participação da produção de matéria prima para os mesmos, bem como utilização para alimentação animal (PEREIRA et al., 2009) e, esse uso elevado vem impactando na demanda do milho no mercado.

Segundo USDA, em 2017 o consumo mundial de milho foi registrado em 1,076 bilhões de toneladas, enquanto a produção mundial na safra 2017/2018 foi de 1,039 bilhões de toneladas, o que caracteriza a demanda no aumento da produção (CONAB, 2019). Na safra 2018/2019 a produção mundial foi de 1.101.161, enquanto o consumo foi de 1.127.645 mil toneladas (CONAB, 2019; USDA, 2019) que mostra a utilização cada vez maior dos estoques, embora estes ainda estejam adequados.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com produção de 101.000 milhões de toneladas na safra 2018/2019, em 18,1 milhões de hectares, com produtividade média de 5,58 t/ha, que mostra a elevada importância dessa cultura no país, que em produção mundial perde apenas para os Estados Unidos (364.26 milhões de toneladas) e China (257.33 milhões de toneladas) (USDA, 2019).

Os estados brasileiros com maior produção de milho são Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo (CONAB, 2020).

2.3 Fases de desenvolvimento do milho

O ciclo do milho no Brasil é variável de 110 a 180 dias, dependente do cultivar ou híbrido utilizado, portanto para atender os momentos de maior exigência nutricional da planta se observa o estágio em que ela se encontra (MAGALHAES et al., 2006).

Para facilitar o manejo durante o cultivo do milho, como as adubações, as fases da planta (idades) são divididas, com o objetivo de atender com maior precisão os tratos culturais e eventuais prevenções ou resoluções de problemas que possam ser necessários, de forma mais precisa, e de acordo com a fase de desenvolvimento da planta. Dentre os modelos de classificação, se destaca o proposto por Magalhães et al. (2006).

Neste modelo, os estádios foram divididos em vegetativos (representados pela letra V) e reprodutivos (representados pela letra R), e então foram subdivididos, iniciando pela emergência (VE), após isso são representados por números que representam o número de folhas emergentes, até o pendoamento representado pelo VT. Após esta fase se iniciam os estádios reprodutivos, que indicam o grau de amadurecimento do milho, iniciando no R1 até o R6 (Tabela 1).

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos do milho.

Estádios vegetativos	Estádios Reprodutivos
VE: emergência	R1: embonecamento
V1: 1ª folha desenvolvida	R2: bolha d'água
V2: 2ª folha desenvolvida	R3: leitoso
V3: 3ª folha desenvolvida	R4: pastoso
V4: 4ª folha desenvolvida	R5: formação do dente
Vn: número total folhas desenvolvidas	R6: maturidade fisiológica
VT: pendoamento	

Adaptado de Magalhães et al., (2006).

Os estádios do milho também são utilizados para a colheita, que é realizada de acordo com objetivo final da produção. No caso da silagem de planta inteira, todo o material deve ser colhido no estágio reprodutivo R5, onde o teor de matéria seca estará em torno de 30 a 35%.

Para a realização do cultivo do milho é necessário conhecer e escolher as cultivares a serem plantadas visando o objetivo final da produção, além da definição da densidade do plantio e do espaçamento entre as linhas de plantio.

2.4 Espaçamento entre linhas na produção de milho

Inicialmente os espaçamentos entre linhas mais utilizados na produção de milho no Brasil eram de 80 e 90 centímetros (cm), principalmente devido a limitação das máquinas e implementos agrícolas para a realização dos manejos como adubações e colheita. Porém, com o desenvolvimento tecnológico possibilitou-se uma maior flexibilidade das máquinas e implementos agrícolas que podem ser regulados com diferentes distâncias (PALHARES, 2003).

A redução do espaçamento entre linhas pode ser vantajosa, pois a diminuição do espaço possibilita maior cobertura do solo, suprimindo mais rapidamente invasoras, melhor aproveitamento da água e nutrientes (CRUZ, 2007) e possibilita melhor arranjo espacial das plantas (ARGENTA et al., 2001).

A maior eficiência de absorção da radiação solar, proveniente do melhor arranjo espacial vai proporcionar uma melhor taxa fotossintética, que influencia no desenvolvimento vegetal, que pode gerar perda de raízes, alongamento de colmo e modificações no comprimento e largura de folhas (ARGENTA et al., 2001).

Penariol et al. (2003) avaliaram dois cultivares em três espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 centímetros) e não encontraram diferença significativa no diâmetro do colmo, número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa de cem grãos. No entanto, a altura de plantas e altura de inserção de espiga diminuíram com a redução dos espaçamentos entre linhas, enquanto a produtividade de grãos (Kg/ha^{-1}) aumentou também com a redução dos espaçamentos. Esse aumento de produtividade com redução de espaçamento também foi observado por Boiago et al. (2017), que avaliaram 5 cultivares em espaçamentos de 45 e 80 cm, em dois locais diferentes, sendo a variação de aumento de produtividade de 25 a 59% em espaçamento de 45 centímetros entre linhas em relação ao de 80 cm.

Gross et al. (2006) verificaram que a altura de plantas aumenta com o aumento do espaçamento entre linhas (45 e 90 cm) e, não observaram diferença na produtividade de grãos entre os espaçamentos quando aplicada adubação nitrogenada de cobertura, resultados que corroboram com Demetrio et al. (2008), que relataram diferença na altura de plantas, altura de inserção a primeira espiga e diâmetro do colmo sob redução de espaçamentos entre linhas (80 cm, 60 cm e 40 cm). Porém, avaliando a produtividade de grãos a redução do espaçamento influenciou positivamente.

2.5 Densidade populacional

O milho é considerado a *Poaceae* mais sensível a variação na densidade de plantas (CRUZ et al., 2007), o que torna o ajuste de densidade populacional um fator importante na sua cultura, visto que possibilita um aumento na produtividade (ALMEIDA et al., 2000).

Estudos realizados a partir da década de 70 relatam a importância da arquitetura da planta, influenciando na produtividade em diferentes densidades populacionais (FORNASIELI FILHO, 1992), logo diferentes híbridos podem apresentar resultados diversos em mesmas densidades de plantio.

Boiago et al. (2017) avaliaram cinco densidades populacionais (40, 50, 60, 70 e 80 mil plantas por hectare) em duas localidades e observaram que o aumento da densidade populacional eleva a produtividade de forma linear em um experimento realizado em Rio Verde- GO e, em outro experimento realizado em Cascavel- PR, observaram um aumento na produtividade com resposta quadrática, havendo máxima resposta na densidade populacional de até 70 mil plantas por hectare.

Além do aumento da produtividade, são observados efeitos sobre as características agronômicas. Leolato et al. (2017) observaram que o aumento da densidade populacional reduz o diâmetro do colmo e a massa de mil grãos. Enquanto Neumann et al. (2018) não

encontraram diferenças significativas entre as densidades populacionais estudadas (60, 70 e 80 mil plantas por hectare) quanto à altura de plantas e altura de espigas. Porém observaram um aumento na produção de biomassa seca e de grãos com o aumento da densidade populacional.

Gross et al. (2006) relataram um aumento no número de plantas quebradas e acamadas com o aumento da densidade de plantas, e, não encontraram diferença significativa na produtividade de grãos. Almeida et al. (2000) destacam que para o aumento da densidade populacional de 65 até 80 mil pl ha⁻¹ é necessário que tenham cultivares baixo, com tolerância ao acamamento e não haja estresse hídrico.

2.6 Híbridos

Fatores como a composição estrutural da planta, que são variáveis que dependem do híbrido utilizado, interferem diretamente sobre a qualidade da forragem. Logo, para escolher a planta a ser utilizada devem ser considerados os valores nutricionais, além da produtividade, objetivando produzir uma forrageira de boa qualidade para o animal (ZOPOLATTO et al., 2009).

Outro fator importante na escolha dos híbridos é o nível tecnológico. Os principais híbridos disponíveis são os simples, duplos e triplos, os simples são os cruzamentos de duas linhagens puras, os duplos cruzamentos de dois híbridos simples e o triplo, o cruzamento de um híbrido duplo com uma linha pura (ARAUJO et al., 2017; VELHO et al., 2020). O híbrido duplo é indicado para nível tecnológico médio, enquanto o triplo, indicado para nível tecnológico médio a alto e é superior tanto na produtividade quanto em custo de produção (ARAUJO et al., 2017; VELHO et al., 2020).

Assis et al. (2014) encontraram diferença nos valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) avaliando nove híbridos de milho. O híbrido MX 300 expressou os maiores valores de MS (33,78%) e os híbridos RB 9308, AG 1051 e PL 6890 apresentaram os menores valores. Os valores de PB, FDN e FDA também foram diferentes entre os híbridos, porém não obtiveram diferenças na mm.

Paziani et al. (2009) observaram que com o aumento de matéria verde e matéria seca ocorre a redução de participação de espigas e grãos e eleva a de folhas e colmos. O teor de proteína teve correlação positiva com o índice de folhas verdes e correlação negativa com o teor de MS, mostrando a importância de folhas verdes no teor proteico.

2.7 Ensilagem

A ensilagem é um processo de fermentação anaeróbia que reduz o pH do material e permite sua conservação, o produto obtido é denominado silagem. O substrato para a fermentação são os carboidratos solúveis (CHOs), dentre eles os mais utilizados são glicose, frutose, sacarose e frutanas (REIS et al., 2013).

A redução do pH é feita pela liberação dos ácidos orgânicos pelas bactérias durante o processo de conservação, no entanto, nem todas as são desejáveis devido a quantidade de perda no material durante a fermentação (REIS et al., 2013).

As fermentações provenientes das bactérias podem ser classificadas principalmente como homoláticas ou heteroláticas. As homoláticas são as mais desejáveis no processo, pois geram menor perda do material durante o processo de produção de ácidos orgânicos que realizam fermentação láctica comparado com a heteroláticas, que geram fermentação acética.

(REIS et al., 2013). Há também a fermentação butírica, realizada por bactérias do gênero *Clostridium* (REIS et al., 2013), que é a fermentação mais indesejável devido as altas perdas de MS e energia (McDONALD et al., 1991) e pode ser controlada através da redução de pH (REIS et al., 2013).

A qualidade da fermentação é influenciada pelas características da forrageira utilizada, como o teor de matéria seca, disponibilidade e solubilidade de açúcares e capacidade tampão (REIS et al., 2013). Uma forrageira que se destaca é o milho, por possuir um bom teor de MS (30-35% no ponto de corte ideal para a realização da ensilagem), alta concentração de açúcares solúveis e baixa capacidade tampão, permitindo uma redução de pH mais rápida, o que a torna com boa capacidade de fermentação (REIS et al., 2013).

O pH ideal da silagem é menor que 4,2 e, a disponibilidade de açúcares é importante por serem o principal substrato utilizados pelos microrganismos para a fermentação (McDONALD et al., 1991). A capacidade tampão da planta forrageira é o quanto ela resiste a modificação de pH, no caso, há resistência na redução do pH, gerando maiores perdas na qualidade da silagem (AVILA et al., 2006).

O teor de matéria seca define a disponibilidade de água para a ação dos microrganismos e exerce influência em perdas por efluentes, quando a umidade é elevada, a perda por efluentes é maior. A matéria seca (MS) também influencia na qualidade de compactação do material, juntamente com a intensidade de compactação e o tamanho das partículas. O tamanho de partícula ideal é em torno de dois centímetros, essa picagem do material rompe a célula, o que libera enzimas que degradam a parede celular e disponibilizam maior concentração dos açúcares (McDONALD et al., 1991; REIS et al., 2013).

A compactação do material é importante para eliminar o oxigênio presente, selecionando desta forma, os microrganismos que vão fermentar o material. Em alto teor de MS a compactação é de difícil realização, o que ocasiona um efeito esponjoso no material, através da formação de bolsas de ar no interior do silo e conseqüentemente maior degradação do material, ocasionando fermentação indesejada (REIS et al., 2013).

A silagem de milho é muito utilizada devido sua qualidade nutricional, que tem capacidade de fornecer fibra para os microrganismos ruminais, além de ser fonte de carboidratos, o que permite o animal atingir ganhos equivalentes à seu potencial genético (VELHO et al., 2020). O que a torna tão importante no agronegócio.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÕES AGRONÔMICAS E BROMATOLÓGICAS DE HÍBRIDOS DE MILHO SUBMETIDOS A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

RESUMO

Em decorrência da ampla utilização e do aumento na demanda de utilização do milho na alimentação animal se faz necessário estudos que visem aumentar a produtividade por hectare sem reduzir a qualidade nutricional do material. O objetivo desse estudo foi avaliar híbridos de milho, cultivados com diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4x2 (híbrido x densidade de plantas x espaçamento entre linhas), com quatro repetições (64 parcelas). Os híbridos BM3061 e 2B339 submetidos à densidades populacionais de 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, além de espaçamentos entre linhas de plantio de 45 e 90 cm. As características agrônômicas avaliadas foram: a produtividade em massa verde e massa seca (kg ha⁻¹), número de espigas por planta, altura de planta, altura de inserção de espigas, diâmetro do colmo, porção de folha, colmo e espiga, comprimento e diâmetro de espigas. Também foram avaliados teores de MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM, LIG. Após a análise de variância, com auxílio do SISVAR®, os dados significativos foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade e pela regressão para dados de densidades populacionais. Houve efeito da densidade sobre a produção MS (p<0,001), sendo maior com 90.000 plantas ha⁻¹ (4.855,99 kg ha⁻¹) e menor com 60.000 plantas ha⁻¹ (3.461,65 kg ha⁻¹), isso ocorreu possivelmente devido ao aumento populacional. O número de espigas por planta e diâmetro do colmo foram superiores no híbrido BM3061 (1,17 espigas planta⁻¹ e 1,88 cm respectivamente) em relação ao 2B339 com (1,06 espigas por planta⁻¹ e 1,79 cm de diâmetro de colmo). A altura de inserção de espiga foi mais alta no espaçamento de 90 cm entre linhas com 0,93 m comparado com 0,86 m de altura obtido com o espaçamento de 45 cm. O comprimento de espiga foi maior no espaçamento de 45 cm, na densidade de 60.000 plantas ha⁻¹ e no híbrido BM3061. Houve interação entre densidade x híbrido (p=0,01) onde o BM3061 foi superior ao 2B339 em todas as densidades. As proporções de folha e colmo foram maiores no BM3061 e a porção de espiga maior no 2B339. Não houve diferença significativa na relação folha:colmo (p>0,05). As diferenças nas características bromatológicas ocorreram apenas em função dos híbridos utilizados, a MS foi mais elevada no 2B339 e os teores de FDN, FDA, CEL e LIG foram maiores no BM3061. Portanto, conclui-se que o 2B339 se mostrou superior quanto a produtividade (kg ha⁻¹) de MS, na proporção espiga e no teor de MS. O espaçamento de 90 cm entre linhas promove maior altura da inserção de espiga e maiores densidades populacionais promovem maiores produções de MS.

Palavras-chave: Composição química. Densidade populacional. Espaçamento entre linhas

ABSTRACT

Due to the widespread use and increased demand for the use of corn in animal feed, studies are needed to increase productivity per hectare, avoiding reducing the nutritional quality of the material. The aim of this study was to evaluate corn hybrids, grown with different spacing between rows and population densities. The design used was in randomized blocks in a 2x4x2 factorial scheme (hybrid x plant density x line spacing), with four replications (64 plots). The hybrids BM3061 and 2B339 submitted to population densities of 60,000, 70,000, 80,000 and 90,000 plants ha⁻¹, in addition to spacing between planting lines of 45 and 90 cm. The agronomic characteristics evaluated were: productivity in green and dry matter (kg ha⁻¹), number of ears corn per plant, plant height, height of ear corn insertion, stem diameter, leaf portion, stem and ear corn, length and ear corn diameter. Levels of MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM, LIG were also evaluated. After analysis of variance, with the aid of SISVAR®, significant data were submitted to the Tukey test at 5% probability and by regression for population density data. There was an effect of density on MS production ($p < 0.001$), being higher with 90,000 plants ha⁻¹ (4,855.99 kg ha⁻¹) and lower with 60,000 plants ha⁻¹ (3,461.65 kg ha⁻¹). This was possibly due to the increase in population. The number of ears corn per plant and stem diameter were higher in the BM3061 hybrid (1.17 ears corn plant⁻¹ and 1.88 cm respectively) compared to 2B339 with (1.06 ears corn plant⁻¹ and 1.79 cm of stem diameter). The height of ear corn insertion was higher in the spacing of 90 cm between lines with 0.93 m compared to 0.86 m in height obtained with the spacing of 45 cm. The ear length was greater in the 45 cm spacing, in the density of 60,000 plants ha⁻¹ and in the BM3061 hybrid. There was an interaction between density x hybrid ($p = 0.01$) where BM3061 was superior to 2B339 in all densities. The proportions of leaf and stem were greater in BM3061 and the portion of ear corn larger in 2B339. There was no significant difference in the leaf: stem ratio ($p > 0.05$). The differences in bromatological characteristics occurred only as a function of the hybrids used, the MS was higher in 2B339 and the contents of FDN, FDA, CEL and LIG were higher in BM3061. Therefore, it is concluded that the 2B339 proved to be superior in terms of productivity (kg ha⁻¹) of MS, in the ear ratio and MS content. The spacing of 90 cm between rows promotes greater height of ear corn insertion and higher population densities promote greater yields of MS.

Keywords: Chemical composition. Line spacing. Population density

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das mais importantes do mundo, tem um grande impacto no PIB brasileiro, visto que o Brasil é o terceiro maior produtor mundial. Sua importância provém da utilização deste produto em diversas áreas como alimentação animal e humana.

A versatilidade do milho o coloca como uma forrageira fundamental, pois independente de sua utilização como grão ou forragem para alimentação animal, essa planta dispõe de alto teor de energia com 3.300kcal de energia metabolizável por quilograma, além de alta produtividade de massa de forragem (UENO, 2012), o que garante sua ampla utilização.

Com a importância de mercado, estudos vem surgindo há décadas buscando melhorias no cultivo do milho para elevar a produtividade e, dentre eles, a avaliação de híbridos e de arranjos populacionais vêm mostrando diferentes respostas de desempenho agrônomo e composição bromatológica.

Além do papel importante de características agrônomicas que busca maior produtividade, elas podem influenciar no valor bromatológico da forragem, sendo ambos os fatores fundamentais para alimentação animal.

Quando utilizado como volumoso é desejável que o milho tenha alta produtividade, porém quando esse volumoso é destinado a ensilagem os valores de MS são importantes no processo (REIS et al., 2013). E, em ambos os casos o valor bromatológico é importante para verificar se o alimento atende as exigências nutricionais do animal.

A participação dos componentes da planta pode interferir no valor bromatológico (ZOPOLATTO et al., 2009), visto que o colmo tende a ser mais lignificado, as folhas tendem a ter melhores valores de PB e a espiga os maiores valores de energia.

Sabe-se que o cultivo em diferentes espaçamentos entre linhas, diferentes densidades populacionais alteram fatores produtivos, pois quando realizados de forma ideal permitem um melhor aproveitamento de fatores abióticos (nutrientes, água, luz) (PENARIOL et al., 2003). E o adensamento de plantas promove modificações na arquitetura da planta, que modifica o desenvolvimento da planta (SANGOI et al., 2000) e eleva o potencial produtivo (NEUMAN et al., 2018).

E, com o aumento contínuo de disponibilidade de híbridos disponíveis no mercado, se torna mais difícil a indicação de utilização quanto aos aspectos agrônomicos e bromatológicos, especialmente quando direcionada à produção de silagem (ASSIS et al., 2014).

O objetivo deste estudo foi avaliar parâmetros agrônomicos e bromatológicos de planta inteira de híbridos de milho cultivados sob dois espaçamentos entre linhas e quatro densidades populacionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período

O estudo foi realizado no município de São João Evangelista, localizado no estado de Minas Gerais no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) (18°32'52.3"S e 42°45'49.4"W), o clima da região é do tipo Cwa (KOOPEN; GEIGER, 1939), com invernos secos e verões quentes.

A área experimental foi dividida em quatro blocos de 16 canteiros, totalizando 64 canteiros (parcelas) de oito metros de comprimento e 3,6 metros de largura, espaçados um do outro em 1,5 metros.

O experimento foi realizado no período de safra (18 de dezembro de 2018 a 12 de abril de 2019).

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial triplo 2x4x2, avaliando dois espaçamentos entre linhas: 45 cm e 90 cm, quatro densidades populacionais: 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas por hectare (pl ha⁻¹) e dois híbridos: BM3061 e 2B339.

2.3 Solo

As amostras de solo foram coletadas e submetidas a análises químicas. O solo da área foi preparado previamente ao plantio de forma convencional, com a realização de gradagem, calagem e fertilização no momento do plantio.

O pH em água referente aos blocos um, dois, três e quatro foram 5,50; 5,87; 5,16 e 5,30, respectivamente. Os teores de fósforo (25,0; 39,0, 25,7 e 28,8 mg/dm³) e potássio (250,0; 200,0; 37,8 e 36,8 mg/dm³), respectivamente para os blocos um, dois, três e quatro. O alumínio foi de 0,05 cmol/dm³ nos blocos um e três, e não encontrado nos blocos dois e quatro. O H+Al foi 4,32, 3,31, 5,34 e 4,09 cmol/dm³ para os respectivos blocos 1, 2 3 e 4.

Os blocos um, dois, três e quatro apresentaram os respectivamente índices de saturação por bases iguais a 50,45, 63,91, 42,01 e 51,97% e de matéria orgânica iguais a 1,99, 2,30, 2,43, 2,20 Dag/kg.

2.4 Híbridos utilizados

Foram utilizados no plantio dois híbridos de milho, o Santa Helena 2B339pw e, Biomatrix 3061.

O 2B339 é um híbrido superprecoce, de altura esperada de 2,1 metros a 2,5 metros e arquitetura semiereta e grão semi dentado amarelo (SANTA HELENA, 2019). O BM 3061 tem um porte mais alto, de 2,5 m a 2,9 m, de arquitetura normal e precoce (BIOMATRIX, 2019). Ambos são indicados para a produção de silagem de planta inteira ou produção de grãos (BIOMATRIX, 2019; SANTA HELENA, 2019).

A recomendação de plantio quanto ao número de plantas por hectare do 2B339 no período da safra é de 55.000 a 65.000 plantas ha⁻¹ (SANTA HELENA, 2019), e do 3061 de 50.000 a 60.000 mil plantas ha⁻¹ (BIOMATRIX, 2019).

2.5 Plantio

Antes do plantio foi feita a abertura dos sulcos e realizado a adubação de plantio do modo convencional, em sulcos espaçados em 45 cm e 90 cm. Posteriormente, o plantio foi realizado manualmente para o controle de densidade populacional com o auxílio de fitas com marcações feitas previamente para o controle das densidades populacionais.

Assim como os híbridos e os espaçamentos entre linhas, as densidades de plantio foram sorteadas, sendo distribuídas ao acaso. As densidades avaliadas foram de 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹.

As distâncias entre sementes no espaçamento de 90 cm foram de 18,5, 15,8, 13,9 e 12,3 cm respectivamente para as densidades de 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 pl ha⁻¹. E, no espaçamento entre linhas de 45 cm, a distância entre as sementes foram de 37, 31,7, 27,8 e 24,7 cm para as densidades de 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 pl ha⁻¹, respectivamente.

O acompanhamento dos estádios de desenvolvimento do milho e posteriores tratamentos culturais foram realizados através do modelo proposto por Magalhães et al. (2006).

2.6 Adubação

As fertilizações foram iguais para todos os tratamentos para que eles tivessem mesmas oportunidades de desenvolvimento, buscando comparar o desempenho das diferentes cultivares, em densidades diferentes e espaçamentos diferentes.

A adubação de formação, constituída de nitrogênio (N), fosforo (P) e potássio (K) com a fórmula 05-20-05, em 500 kg ha⁻¹, totalizando 100 kg ha⁻¹ de P foi realizada de forma convencional, de forma que o trator abria o sulco e colocava o fertilizante na linha de plantio.

Foram feitas 2 adubações de cobertura, utilizando ureia 45%, quando as plantas atingiram quatro e oito folhas, com o fornecimento de 40 e 60 kg ha⁻¹ de N respectivamente, totalizando 125 kg ha⁻¹ de N com adubação de formação e cobertura (COELHO et al., 2007).

2.7 Balanço hídrico durante o período experimental

As coletas de dados foram feitas através do Inmet na estação de Guanhães- MG, a mais próxima da área de plantio. Os dados obtidos foram do dia 18 de dezembro de 2018 a 12 de abril de 2019 e, a partir deles foram feitos somatórios das pluviosidades mensais em relação à época de experimentação a campo, além dos cálculos de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do período experimental.

Houve grande retirada e deficiência hídrica na primeira, terceira e sexta quinzena. Excedentes ocorreram na segunda e quinta quinzena e reposição hídrica na segunda, quarta, quinta e sétima quinzena, como demonstrado na Figura 1

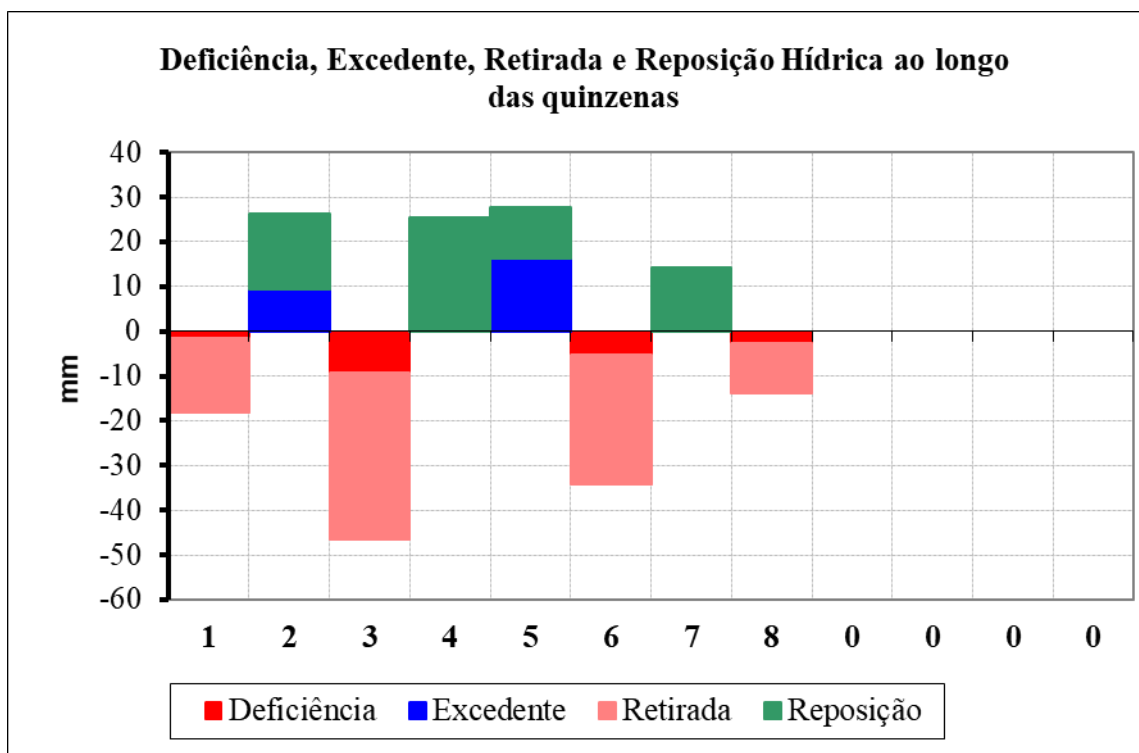


Figura 1. Gráfico de Balanço hídrico quinzenal durante o período experimental. Os dados foram obtidos pelo INMET

Durante todo o período experimental a pluviosidade foi baixa. No mês de dezembro, nos 14 dias de período experimental apenas nove dias apresentaram pluviosidade e, apenas cinco acima de 10 mm, com um acumulado de chuva de 123 mm.

A pluviosidade foi mais baixa em janeiro, durante os 31 dias experimentais desse mês, houve precipitação apenas seis dias e em apenas um dia foi acima de 10mm, esse período totalizou 22 mm.

O mês de fevereiro foi o que teve maior distribuição de chuva entre os dias, onde foram registrados 20 dias com precipitação dos 28 dias, com sete dias de pluviosidade acima de 10 mm e foi o mês com o maior acumulado e chuva durante o período experimental, totalizando 182,8 mm.

Nos 31 dias de março o acumulado foi de 131 mm, a média foi de 3,3 mm, houve precipitação em 14 dias, sendo dois com precipitação acima de 10 mm.

Em abril, o período experimental se encerrou no dia 11 e até esta data, a pluviosidade total foi de 20,4 mm, nesse período houve 6 precipitações, sendo 1 acima de 10 mm e, esse período se encerrou com média de pluviosidade igual a 1,8 mm.

2.8 Avaliações agronômicas

Para a realização das avaliações, foi descartado um metro de bordadura. Foram contadas todas as plantas da área útil de cada canteiro, bem como as espigas formadas para avaliação do número de espigas por planta (FARINELLI; LEMOS,2011). Posteriormente, as plantas foram cortadas e pesadas para estimar a produção de massa verde por hectare.

Em cada canteiro foi feita uma amostragem representativa de oito plantas para avaliação de altura da mesma (de 5 cm da base da planta até a inserção da folha bandeira); altura de

inserção da espiga (medido a cinco centímetros da base até a inserção da primeira espiga)(MARCHAO et al., 2005), todas medidas com uma fita métrica. Também foi medido o diâmetro do colmo, com auxílio do paquímetro no primeiro entrenó (PEREIRA et al., 2017).

Das plantas amostradas, foi retirada uma sub amostra de quatro espigas de quatro plantas para avaliações de comprimento da espiga realizado com uma régua milimétrica e diâmetro da espiga medida através de paquímetro na região central da espiga (PEREIRA et al., 2017).

A partir das outras quatro plantas amostradas, foram separados os componentes folha, colmo e espigas, pesados e colocados em estufa a 55°C por 72hs (SILVA; QUEIROZ, 2002) e pesados novamente para avaliar a participação de folha, colmo e espigas por planta em massa seca.

Após todas as amostras retiradas, o material da área útil foi picado e foram retiradas amostras de cada parcela para a realização de avaliações bromatológicas.

2.9 Análises químicas

As avaliações bromatológicas foram realizadas no laboratório de nutrição animal, do Departamento de nutrição animal e pastagem, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Para a caracterização bromatológica das amostras foram feitas determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG).

As amostras foram secas em estufa ventilada a 55°C por 72 horas e, posteriormente moídas em moinho de facas para obtenção de partículas menores que um milímetro. Para a determinação da matéria seca, as amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 12 horas (SILVA & QUEIROZ, 2002).

A mm foi feita com amostra em cadinhos de porcelana, levados em forno mufla a 500°C durante quatro horas (SILVA & QUEIROZ, 2002).

A proteína bruta (PB) foi realizada pelo método de Kjeldahl (SILVA & QUEIROZ, 2002) para quantificar o Nitrogênio da amostra e, posteriormente corrigido pelo fator 6,25 para obtenção do valor de PB.

A FDN, FDA, CEL e LIG foram feitas de acordo com Van Soest et al. (1991). A HEM foi feita pela diferença entre a FDN e a FDA.

2.10 Análise estatística

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4x2. Os resultados foram submetidos a análise de variâncias (ANOVA) e, posteriormente ao teste de Tukey a nível de 5% quando significativos e à regressão para nas densidades, ambos analisados através do pacote estatístico SISVAR®.

Os modelos estatísticos utilizados foram $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$, para o delineamento em blocos casualizados, $Y_{ijk} = m + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + w_k + e_{ijk}$ para o esquema fatorial em blocos e para as análises de regressão foram utilizados os modelos $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$, para regressão linear simples, $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + e_i$ para resposta quadrática, e, $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + e_i$ para resposta cúbica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produções médias de MV ha⁻¹ e MS ha⁻¹ do presente estudo foram extremamente baixas em relação à média nacional, que é 18.980 kg ha⁻¹ de MS (VELHO et al., 2020). Isso possivelmente pelo estresse hídrico sofrido pelas plantas durante o período experimental. Para ambas (MS e MV), os melhores resultados de produtividade foram nas densidades mais elevadas, de 90.000, 80.000 e 70.000 plantas ha⁻¹. Essa diferença de produtividade pode estar relacionada com o número de plantas maior nas densidades mais elevadas, fato que reflete em maior produção de biomassa. Os resultados referentes ao desempenho agrônômico estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2. Desempenho agrônômico de produtividade em MV e MS, altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro do colmo e número de espigas por planta dos híbridos submetidos a diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.

Variáveis	Prod MV (kg ha ⁻¹)	Prod MS (kg ha ⁻¹)	AP (m)	AE (m)	DC (cm)	NE/pl
Espaçamento						
45	12.396,4	4.369,91	1,81	0,86 ^B	1,83	1,09
90	11.409,1	3.995,56	1,85	0,93 ^A	1,85	1,14
Densidade						
60.000 pl ha	9.758,5 ^B	3.461,6 ^B	1,82	0,88	1,86	1,19 ^A
70.000 pl ha	11.936,4 ^{AB}	4.138,1 ^{AB}	1,78	0,86	1,83	1,14 ^{AB}
80.000 pl ha	12.212,2 ^{AB}	4.275,2 ^{AB}	1,87	0,92	1,83	1,10 ^{AB}
90.000 pl ha	13.703,9 ^A	4.856,0 ^A	1,85	0,92	1,83	1,03 ^B
Híbrido						
BM3061	11.769,2	3.805,6 ^B	1,81	0,88	1,88 ^A	1,17 ^A
2B339pw	12.036,3	4.559,8 ^A	1,85	0,92	1,79 ^B	1,06 ^B
Probabilidades						
Espaçamento	0,22	0,15	0,33	0,01	0,55	0,16
Densidade	0,01	<0,0001	0,41	0,36	0,91	<0,0001
Híbrido	0,73	<0,0001	0,36	0,17	0,02	<0,0001
EpçxDen	0,32	0,26	0,42	0,59	0,90	0,06
Epç x Hib	0,28	0,23	0,58	0,46	0,08	0,72
Den x Hib	0,60	0,67	0,75	0,98	0,30	0,19
EpcxDenxHib	0,32	0,51	0,29	0,52	0,54	0,13
CV%	26,79	24,49	8,35	13,08	8,57	11,01

^{A, B} Diferentes letras na mesma coluna apresentam diferença pelo teste Tukey (p<0,05);

Prod MV: Produtividade em massa verde;

Prod MS: Produtividade em massa seca;

AP: Altura de planta;

AE: Altura de inserção de espiga;

DC: Diâmetro de colmo;

NE/pl: Número de espigas por planta;

CV(%): Coeficiente de variação.

As produtividades de MV ha⁻¹ crescem de forma linear com o aumento da densidade populacional, como mostrado na Figura 2.

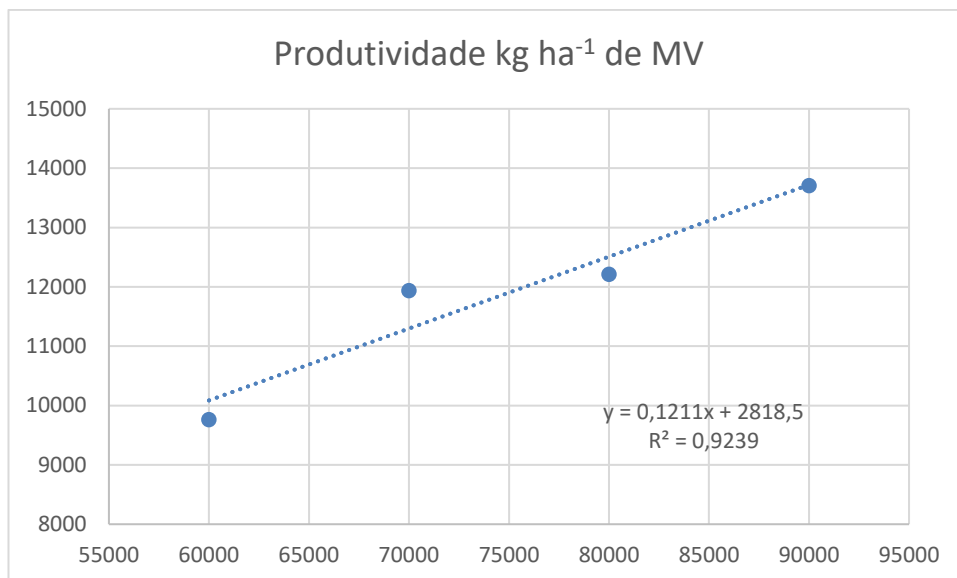


Figura 2. Gráfico de regressão para a produtividade de MV ha⁻¹ em relação ao aumento das densidades populacionais de plantio.

Correa (2018) obteve resultado semelhante, avaliando milho em diferentes densidades populacionais (40, 60 e 80 mil pl ha⁻¹) observou elevação da produtividade (7.216, 8.226 e 9.459kg ha⁻¹, respectivamente) com o aumento das densidades.

A produtividade em MV kg ha⁻¹ não indicou diferença estatística em relação aos híbridos e nem aos espaçamentos utilizados ($p > 0,05$).

Houve influência do híbrido para os valores de produtividade em MS ($p < 0,05$), sendo a mais elevada no 2B339 (4.559 kg ha⁻¹) comparado ao BM3061 (3.805 kg ha⁻¹). Isso possivelmente é devido à maior precocidade do 2B339. Assis et al. (2014) não observaram diferenças de produtividade em relação ao aumento nas densidades populacionais, o que pode indicar que não houve competição por fotossíntese e nutrientes do solo ou que esta não afetou negativamente com o aumento nas densidades (ASSIS et al., 2014).

Houve crescimento linear na produtividade em MS com o adensamento populacional, como mostra a Figura 3.

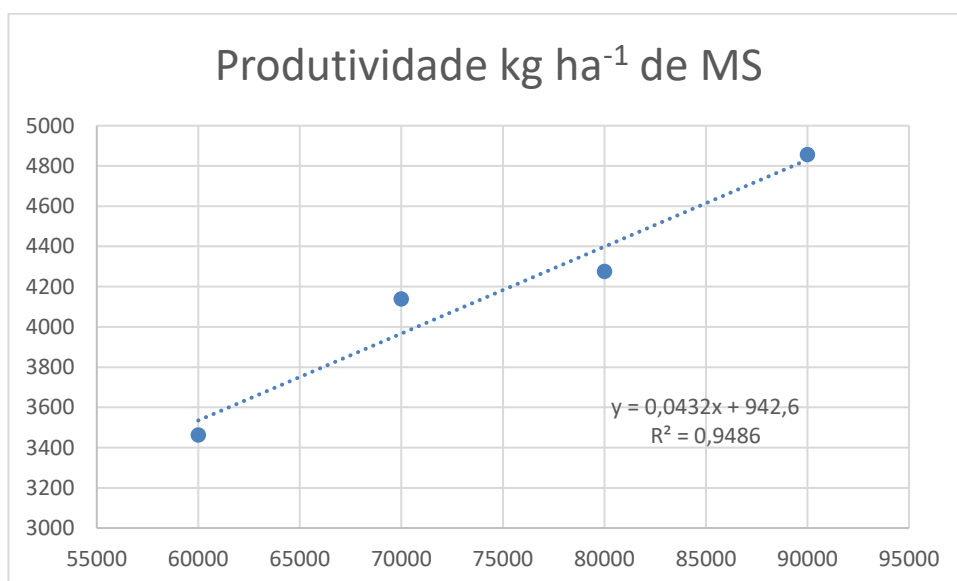


Figura 3. Gráfico de regressão do aumento das densidades populacionais em relação a produtividade em MS.

Cox et al. (1998) observaram que os espaçamentos entre linhas influenciam na produtividade e, destacaram que os resultados são dependentes da possível adaptação dos híbridos à fileiras estreitas.

Houve diferença no número de espigas por planta, com efeito significativo de densidades de plantas e híbrido de milho. Houve um decréscimo linear do número de espigas por planta com o aumento nas densidades populacionais, o maior número de espigas por planta, foi de 1,19 na densidade de 60.000 pl ha⁻¹ e o menor número de espigas por planta foi 1,03 na densidade de 90.000 pl ha⁻¹ (1,03), apresentados na Figura 4.

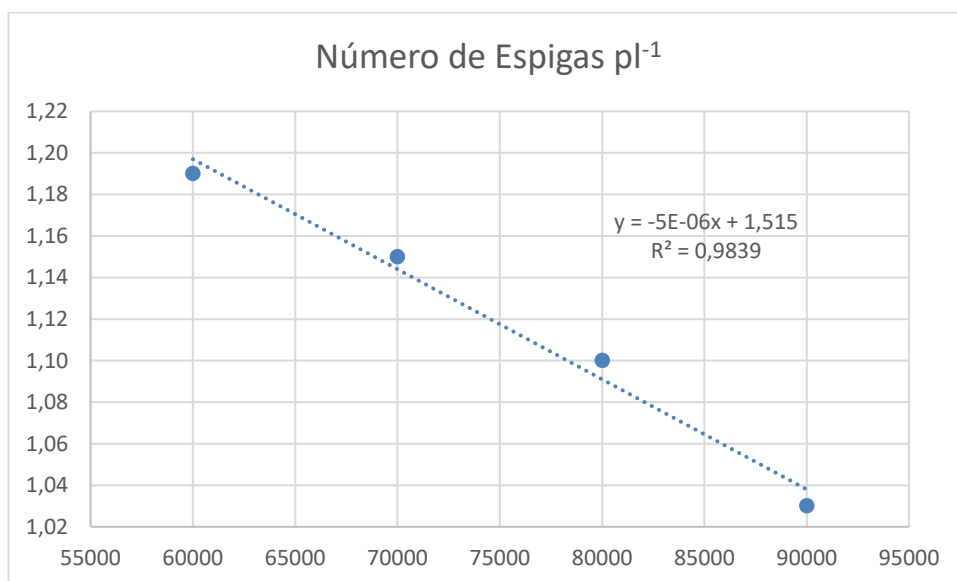


Figura 4. Gráfico de regressão do número de espigas por planta sob influência do aumento das densidades populacionais de plantio.

A maior competição por recursos como nutrientes do solo, água e luz provavelmente reduziu a quantidade de espigas nessa elevada densidade. As plantas apresentam mecanismos de adaptação a estresse hídrico e competição intraespecífica por recursos, reduzindo seu crescimento e, ou, “retardando” sua maturidade fisiológica (PEREIRA, 1991).

O híbrido BM3061 obteve maior número de espigas por planta comparado com o 2B339, com valores de 1,17 e 1,06, respectivamente.

Esses resultados mostram que essa variável atendeu a exigência mínima de pelo menos uma espiga por planta (VELHO et al., 2020).

Argenta et al. (2001) não observaram diferenças do número de espigas por planta em relação aos híbridos utilizados, oposto ao encontrado nesse trabalho. Porém, também encontrou diferença estatística em relação a densidade de plantio que quando mais elevada, menor era o número de espigas por planta. Nas densidades de 50.000 e 65.000 pl ha⁻¹, respectivamente para o híbrido Cargil 901 os valores foram 1,04 e 0,97 e para o híbrido Braskalb XL212 foram de 0,99 e 0,98.

Correa (2018) avaliou população de plantas e verificou diferença no número de espigas por planta e seus resultados corroboram com os obtidos nesse estudo. O aumento do número

de espigas por planta foi inverso ao adensamento populacional, os resultados obtidos foram 1,82, 1,51 e 1,18 para as densidades de 40.000, 60.000 e 80.000 pl ha⁻¹ respectivamente.

Não houve nenhuma diferença estatística dos tratamentos em relação à altura de plantas (Tabela 2). No entanto as médias das alturas de ambos os híbridos não alcançaram a faixa esperada indicada (2,1 a 2,5 m para 2B339 e 2,5 a 2,9 m para BM3061) pelas empresas (BIOMATRIX, 2019; SANTA HELENA, 2019). Provavelmente isso ocorreu devido a pluviosidade ter sido abaixo do esperado e com pouca distribuição, visto que estresse hídrico no estádio V8 acarreta plantas menores e com menor área foliar, devido à dificuldade no alongamento dos internódios (SILVA et al., 2006). Soares et al., (2017) avaliaram híbridos de milho em diferentes espaçamentos entre linhas (0,60 e 0,80 m) e diferentes distâncias entre sementes (0,20 e 0,30 m) também não observaram diferença na altura de plantas, que tiveram altura média de 1,75 m, próxima às obtidas nesse trabalho. Da mesma forma que Cox et al., (1998), Argenta et al., (2001) também não observaram diferença significativa na altura de plantas entre os híbridos e nem pela redução de espaçamentos.

Já Araujo et al. (2017) observaram diferenças de altura entre híbridos, que tiveram todas as alturas acima de dois metros, no entanto relataram também que alguns híbridos abaixo da média esperada.

Já a altura de inserção da primeira espiga mostrou diferença em relação ao espaçamento entre linhas utilizado ($p < 0,05$), sendo a inserção mais baixa no espaçamento de 45 cm entre linhas, onde teve a única diferença observada para esse parâmetro analisado, com redução média de sete cm. Soares et al. (2017) relataram altura de inserção de espiga em torno de um metro, no entanto não diferiram estatisticamente entre os híbridos testados, como observado nesse estudo. Araujo et al. (2017) observaram diferenças da altura de inserção de espiga entre os híbridos, onde a maior foi de 1,66 m do híbrido LG6036 e a menor 1,13 m do híbrido 30A91.

A altura de inserção de espiga é uma importante avaliação, pois pode se relacionar com a altura de corte da forragem para a ensilagem. Quando mais alta a inserção de espiga, mais alto pode ser o corte, desta forma eleva a qualidade energética (amido) e reduz o teor de fibra (VELHO et al., 2020). Desta forma, o espaçamento de 90 cm entre linhas permite uma margem de altura de corte maior comparado com o espaçamento de 45 cm.

O diâmetro do colmo se mostra diferente apenas entre os híbridos ($p < 0,05$), sendo o 2B339 menos espesso em nove centímetros de diâmetro em média. O diâmetro do colmo pode facilitar o acamamento caso seja fino, e em maior proporção tende a aumentar a porção de lignina, que é a porção mais indigestível do ponto de vista da nutrição animal (VELHO et al., 2020).

Araujo et al. (2017) observaram diferença entre diâmetro de colmo entre os híbridos, os diâmetros citados como espessos foram de 2,23 a 2,34 cm e os finos de 2,01 a 2,13 cm, todos os valores acima dos encontrados neste estudo, onde a diferença observada foi do híbrido BM3061 (1,88 cm) mais espesso que o 2B339 (1,79 cm).

O genótipo e fenótipo influenciam na produção e composição química da forragem, bem como a qualidade da forragem é influenciada pela estrutura da planta, portanto a composição da planta é uma importante avaliação para a ensilagem (ZOPOLATTO et al., 2009).

Houve diferença estatística para a porção folha para os híbridos e o BM3061 (16,71%) obteve maior proporção de folha em relação ao 2B339 (13,76%) ($p < 0,05$). Valores acima dos encontrados por Assis et al., (2014), que também mostraram que os híbridos diferenciaram na porção folha e os valores variaram de 7,31% do híbrido PRE 32D10 a 4,95% do híbrido MX300.

Houve interação dupla entre os espaçamentos e os híbridos e interação tripla entre os fatores testados (espaçamento, densidade e híbrido) ($p < 0,05$), como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das proporções da planta (folha, colmo e espiga), relação folha:colmo, comprimento e diâmetro de espigas.

Variáveis	Folha (%)	Colmo (%)	Espiga (%)	Fol:Col	CE (cm)	DE (cm)
Espaçamento						
45 cm	14,95	28,72	56,32	0,54	25,85 ^A	5,17
90 cm	15,53	29,65	54,80	0,53	25,07 ^B	5,17
Densidade						
60.000 pl ha	15,36	30,54	54,09	0,52	26,36 ^A	5,13
70.000 pl ha	15,04	29,19	55,75	0,53	25,71 ^{AB}	5,20
80.000 pl ha	15,15	26,94	57,90	0,59	24,66 ^B	5,07
90.000 pl ha	15,39	30,08	54,51	0,53	25,11 ^{AB}	5,28
Híbrido						
BM3061	16,71 ^A	33,31 ^A	49,97 ^B	0,52	27,12 ^A	5,00 ^B
2B339	13,76 ^B	25,07 ^B	61,16 ^A	0,56	23,80 ^B	5,34 ^A
Probabilidades						
Espaçamento	0,32	0,41	0,20	0,84	0,03	0,98
Densidade	0,96	0,12	0,11	0,49	<0,001	0,30
Híbrido	<0,001	<0,001	<0,001	0,20	<0,001	<0,0001
EpçxDen	0,66	0,29	0,19	0,50	0,37	0,08
Epç x Hib	0,02	0,92	0,26	0,22	0,45	0,28
Den x Hib	0,11	0,03	0,03	0,08	0,01	0,98
EpçxDenxHib	0,02	0,64	0,06	0,57	0,07	0,33
CV %	15,26	15,36	8,48	25,46	5,61	6,11

^{A, B} Diferentes letras na mesma coluna apresentam diferença pelo teste Tukey ($p < 0,05$);

F:C: Relação folha:colmo;

CE: Comprimento de espiga;

DE: Diâmetro de espiga;

CV(%): Coeficiente de variação

E na interação, os híbridos não apresentaram diferença no espaçamento de 45 cm. Já no espaçamento de 90 cm o híbrido BM3061 apresentou maior proporção de folha, comparado com o híbrido 2B339, com valores de 17,74% e 13,33%, respectivamente. A interação espaçamento x híbrido para a porção folha estão disponíveis na Tabela 4.

Tabela 4. Proporção de folhas (%) dos híbridos de milho plantados em diferentes espaçamentos entre linhas.

Espaçamento	Híbrido de milho	
	BM3061	2B339
45 cm	15,70 ^{aB}	14,20 ^{aA}
90 cm	17,74 ^{aA}	13,33 ^{bA}

Mesmas letras minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$); CV(%): 15,26. Coeficiente de variação

O híbrido 2B339 não apresentou diferença ($p>0,05$) para os espaçamentos de 45 e 90 cm, no entanto o híbrido BM3061 obteve maior proporção de folhas no espaçamento de 90 cm (17,74%) comparado com 45 cm (15,70%) ($p<0,05$). O que mostra que o híbrido BM3061 se mostra mais sensível a redução do espaçamento entre linhas, visto que houve alterações nas proporções dos componentes.

No híbrido BM3061 não houve diferença no percentual de folhas nas densidades de 60.000 e 90.000 pl ha⁻¹ em relação aos espaçamentos ($P>0,05$). Já nas densidades de 70.000 e 80.000 pl ha⁻¹, o BM3061 apresentou diferença entre os espaçamentos entre linhas ($p<0,05$), e, o espaçamento de 90 cm apresentou a maior proporção de folha em ambos os casos 18,31% (90 cm) e 14,52% (45 cm) na densidade de 70.000 pl ha⁻¹ e 20,33% (90 cm) e 15,40% (45 cm) na densidade de 80.000 pl ha⁻¹. A interação tripla para o percentual de folha está descrita na Tabela 5.

Tabela 5. Proporção de folhas de híbridos de milho plantados em espaçamentos de 45 ou 90 cm, submetidos a diferentes densidades populacionais.

Densidade populacional (×1000 plantas ha ⁻¹)	45 cm	
	Híbrido	
	BM3061	2B339
60	16,62 ^{aAα}	13,99 ^{aAα}
70	14,52 ^{aAβ}	13,85 ^{aAα}
80	15,40 ^{aAβ}	14,17 ^{aAα}
90	16,25 ^{aAα}	14,79 ^{aAα}
Densidade populacional (×1000 plantas ha ⁻¹)	90 cm	
	Híbrido	
	BM3061	2B339
60	15,82 ^{aBα}	15,02 ^{aAα}
70	18,31 ^{aBα}	13,49 ^{bAα}
80	20,33 ^{aAα}	10,72 ^{bAβ}
90	16,48 ^{aBα}	14,08 ^{aAα}

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de híbrido de milho, por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de densidade populacional e por mesma letra grega, também na coluna, para efeito de espaçamento (comparação entre mesmo híbrido dentro de cada densidade não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). CV= 15,26%.

No híbrido 2B339 nas densidades de 60.000, 70.000 e 90.000 pl ha⁻¹, a porção folha não apresentou diferença significativa com a redução de espaçamentos ($p>0,05$). Na densidade de 80.000 pl ha⁻¹ no híbrido 2B339 houve diferença significativa na proporção de folha ($p<0,05$) e o maior valor foi de 14,17% no espaçamento de 45 cm comparado com 10,72% com 90 cm.

Os híbridos não se diferenciaram em nenhuma densidade no espaçamento de 45 cm ($p>0,05$). Também não houve diferença significativa entre os híbridos no espaçamento de 90 cm nas densidades de 60.000 e 90.000 pl ha⁻¹ ($p>0,05$). Nas densidades de 70.000 e 80.000 pl ha⁻¹ no espaçamento de 90 cm houve diferença significativa entre os híbridos para a proporção de folha ($p<0,05$). E, em ambas as densidades populacionais o híbrido BM3061 se mostrou superior em relação a proporção de folha por planta com parado com o híbrido 2B339, com valores de 18,31 e 13,49% com 70.000 pl ha⁻¹ e 20,33 e 10,72% com 80.000 pl ha⁻¹.

A proporção de colmo não diferiu entre os espaçamentos entre linhas, assim como nas densidades ($p>0,05$), no entanto diferiu em relação aos híbridos ($p<0,05$), como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6. Resultado de proporções de colmo e espigas de híbridos submetidos a densidades populacionais.

Densidade populacional ($\times 1000$ plantas ha^{-1})	Colmo	
	BM3061	Híbrido 2B339
60	35,86 ^{A a}	25,23 ^{A b}
70	35,29 ^{A a}	23,10 ^{A b}
80	30,37 ^{A a}	23,51 ^{A b}
90	31,72 ^{A a}	28,44 ^{A a}

Densidade populacional ($\times 1000$ plantas ha^{-1})	Espiga	
	BM3061	Híbrido 2B339
60	47,91 ^{A b}	60,27 ^{AB a}
70	48,28 ^{A b}	63,23 ^{AB a}
80	51,77 ^{A b}	64,03 ^{A a}
90	51,91 ^{A b}	57,12 ^{B a}

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de híbrido de milho, por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de densidade populacional não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$). CV= 15,26%.

A maior porção de colmo foi no híbrido BM3061, com 33,31% e a menor porção foi 25,07% no híbrido 2B339. No percentual colmo, Assis et al. (2014) também observaram diferença entre híbridos e encontraram valores inferiores, oposto ao ocorrido com a porção folha neste estudo, com valores de 15,79% (PRE 22T10) a 11,14% (XB6012). Houve interação dupla entre as densidades e híbridos ($p<0,05$) para a proporção colmo e espigas.

Na interação entre densidades populacionais e híbridos não houve diferença significativa entre os híbridos na densidade de 90.000 pl ha^{-1} ($p>0,05$) para proporção de colmo. No entanto, para as densidades de 60.000, 70.000 e 80.000 pl ha^{-1} houve diferença significativa ($p<0,05$) e em todas as densidades a maior proporção de colmo foi no híbrido BM3061 com valores de 35,86% a 25,23% na densidade de 60.000 pl ha^{-1} , 35,29 a 23,10% em densidade de 70.000 pl ha^{-1} e 30,37 a 23,51% com 80.000 pl ha^{-1} .

Os híbridos não tiveram diferença estatística na proporção de colmo quando cultivados em diferentes densidades pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A porção espiga teve diferença apenas entre os híbridos ($p<0,001$), o 2B339 obteve 61,16% de espiga, 11% acima do BM3061, que obteve 49,97% de porção espiga. Embora a relação do número de espigas por planta do híbrido BM3061 tenha sido superior, a sua porção por planta foi inferior, o que pode indicar má formação da espiga, que pode reduzir o número de grãos na espiga e conseqüentemente, o peso da espiga. Assis et al. (2014) também encontraram diferença entre os híbridos na participação de espigas, e, foram acima das encontradas neste estudo, com a maior participação de 72,82% e a menor 62,44%.

A participação de espiga em planta destinada a silagem deve ser em torno de 65% para garantir a qualidade do material (NUSSIO, 1991). No entanto, no presente estudo todos os valores foram abaixo do indicado por Nussio (1991).

Houve também interação entre densidades e híbridos na proporção espiga ($p < 0,05$), detalhada na Tabela 6. Em todas as densidades o híbrido 2B339 foi superior ao BM3061, as proporções foram 60,27 e 47,91% para 60.000 pl ha⁻¹, 63,23 e 48,29% para 70.000 pl ha⁻¹, 64,03 e 51,77% para 80.000 pl ha⁻¹, 64,03 e 51,91% para 90.000 pl ha⁻¹. A proporção de espiga não diferiu entre as densidades ($p = 0,11$).

A participação de espigas é de importante avaliação, pois quanto mais elevada, maior a quantidade de amido proveniente dos grãos, que afeta qualitativamente, visto que elevava o teor de CHOs. Semelhantemente, quanto maior a relação folha:colmo, maiores serão os teores proteicos e de carboidratos estruturais solúveis (CHOs) e, é sabido que os CHOs influenciam na fermentação da ensilagem enquanto os CHO estruturais têm uma influência acentuada no processo digestivo animal (REIS & JOBIM, 2000).

Não houve diferença significativa na relação folha:colmo para nenhum dos tratamentos testados ($p > 0,05$).

O comprimento de espigas é estatisticamente diferenciado em relação aos espaçamentos, densidades, híbridos, além da interação densidades x híbridos ($p < 0,05$), mostrado na Tabela 3.

O espaçamento entre linhas de 45 cm obteve os maiores valores de comprimento de espigas. Para as densidades populacionais, os maiores comprimentos de espigas foram com 60.000 pl ha⁻¹, não apresentando diferença estatística com as densidades de 70.000 e 90.000 pl ha⁻¹, os menores valores obtidos foram para os comprimentos obtidos com 80.000 pl ha⁻¹, que não diferiram das densidades de 70.000 e 90.000 pl ha⁻¹ pelo teste Tukey.

Soares et al. (2017) avaliaram comprimento de espigas de híbridos cultivados em espaçamentos entre plantas de 0,20 e 0,30 m e espaçamento entre linhas de 0,60 e 0,80 m e não observaram diferença no espaçamento entre linhas e nem entre os híbridos. No entanto, o comprimento de espigas foi maior quando o espaçamento entre plantas foi menor, portanto, com menor densidade, resultado que corrobora com o obtido neste estudo. Soares et al. (2017) não encontraram diferenças significativas no comprimento de espigas nos diferentes híbridos e nem nos espaçamentos entre linhas, oposto do ocorrido no presente estudo.

O híbrido BM3061 obteve os maiores comprimentos de espiga, com média 27,12 cm comparado com 23,80 cm (2B339). Araujo et al. (2017) também relataram diferença entre híbridos para comprimento de espiga, e a média dos comprimentos (14,08 cm) foi inferior as encontradas nesse estudo. Os resultados do desdobramento da interação entre as densidades populacionais e os híbridos para os comprimentos de espigas são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultado de comprimento de espigas de híbridos submetidos a densidades populacionais.

Comprimento de Espiga		
Densidade populacional (×1000 plantas ha ⁻¹)	Híbrido	
	BM3061	2B339
60	27,67 ^{Aa}	25,05 ^{Ab}
70	27,81 ^{Aa}	23,61 ^{ABb}
80	27,05 ^{Aa}	22,26 ^{Bb}
90	25,92 ^{Aa}	24,28 ^{Ab}

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de híbrido de milho, por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de densidade populacional não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

CV= 15,26%.

Em todas as densidades populacionais, o híbrido BM3061 obteve maiores médias de comprimento de espiga, com a maior média de comprimento igual a 27,81 cm na densidade de 70.000 pl ha⁻¹ e a menor média do híbrido 2B339 22,26 cm na densidade de 80.000 pl ha⁻¹.

O comprimento de espigas do híbrido BM3061 não diferiu em relação a densidade populacional ($p > 0,05$) submetida, no entanto o comprimento de espigas do híbrido 2B339 variou de acordo com as densidades populacionais estabelecidas ($p < 0,05$), logo o 2B339 se mostrou mais sensível a variação de densidade.

O maior comprimento de espigas do híbrido 2B339 foi com a densidade populacional de $60.000 \text{ pl ha}^{-1}$, que não diferiu estatisticamente das densidades de 70.000 e $90.000 \text{ pl ha}^{-1}$. O menor valor obtido foi na densidade de $80.000 \text{ pl ha}^{-1}$, que também não difere estatisticamente dos valores de 70.000 e $90.000 \text{ pl ha}^{-1}$.

Na análise de regressão o híbrido BM3061 apresentou comportamento linear, reduzindo o comprimento de espigas com o adensamento populacional, como mostrado na Figura 5.

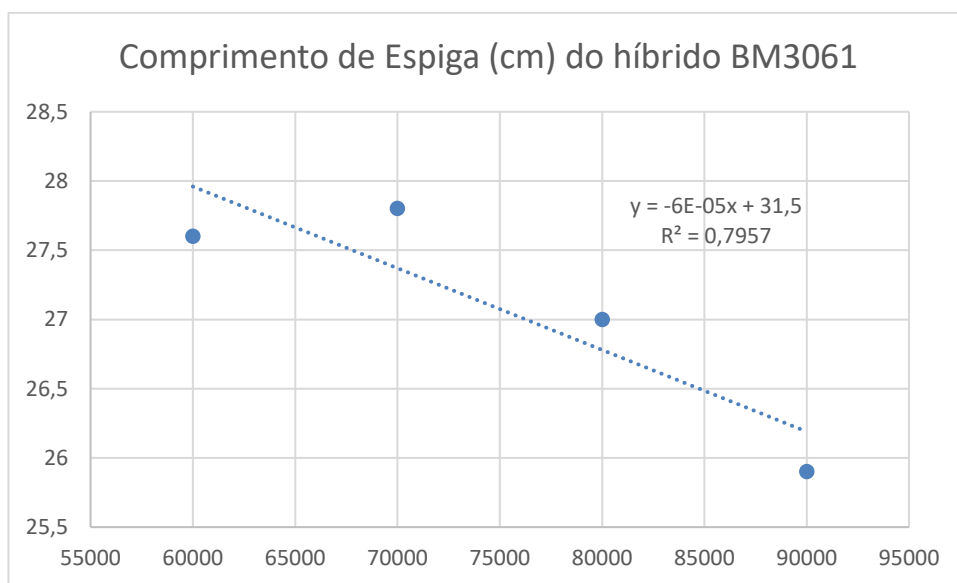


Figura 5. Gráfico de regressão do comprimento de espigas do híbrido BM3061 com o adensamento populacional.

No entanto, o híbrido 2B339 quando avaliado quanto ao comprimento de espigas com o adensamento populacional teve resposta quadrática, como mostrado na Figura 6.

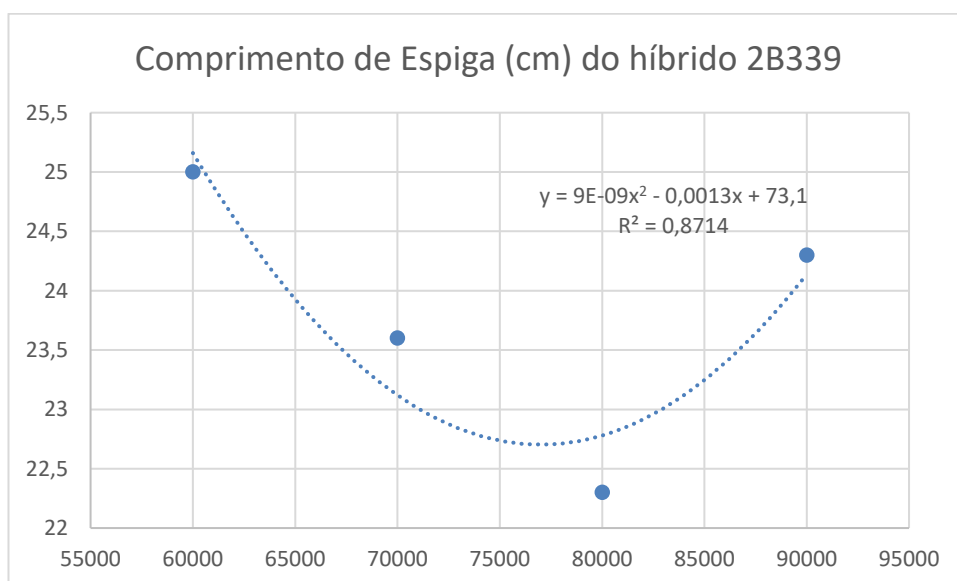


Figura 6. Gráfico de regressão do comprimento de espiga (cm) do híbrido 2B339 com aumento das densidades.

Para a variável diâmetro de espigas, houve diferença significativa apenas entre os híbridos ($p < 0,05$). O diâmetro da espiga do 2B339 foi maior com 5,34 cm, enquanto o BM3061 teve média de 5,0 cm. Soares et al. (2017) não encontraram diferença entre os espaçamentos e densidades utilizadas, como ocorreu nesse estudo. Porém, não observaram diferenças entre os híbridos, contrastando com os resultados obtidos no presente estudo. Ciappina (2019) descreveu diferença de diâmetro de espigas entre os híbridos utilizados, o maior diâmetro observado foi de 5,2 cm no híbrido AS1596 e os menores foram de 4,45 cm dos híbridos SHS4070 e RB9110.

Nussio (1991) recomenda que a MS de plantas que serão ensiladas devem estar em torno de 30 a 37%, o híbrido 2B339 ficou acima do percentual com 38,04%, o que pode gerar dificuldade na compactação pelo material se tornar esponjoso e consequentemente bolsas de ar com fermentação indesejada (McDONALD et al., 1991).

Assis et al. (2014) avaliaram composição química de híbridos destinados a silagem de milho e relataram que houve diferença nos teores de MS, FDN, FDA e LIG, como observado nesse estudo, também não verificaram diferença entre a MM dos híbridos. Porém, descreveram diferenças na PB e na HEM, o que não ocorreu nesse estudo e demonstraram diferença na HEM, não observada.

O FDN mais alto foi de 55,40% (BM3061) e o menor 51,59% (2B339), Assis et al., (2014) também verificou diferença de FDN entre híbridos, sendo o teor mais elevado no híbrido 2B655 com 66,54% e o mais baixo GNZ2500 com 57,78%, ambos os valores acima dos encontrados nesse estudo. O FDN mais baixo é um fator positivo, pois possui correlação inversa com o consumo de alimento e sua digestibilidade quando consumido pelo animal (VAN SOEST, 1994).

Os resultados das análises bromatológicas foram diferentes estatisticamente entre os híbridos utilizados quanto a MS, FDN, FDA, CEL e LIG ($p < 0,05$). O híbrido 2B339 teve maior teor de MS, enquanto o BM3061 teve maior FDN, FDA, CEL e LIG. A MM e PB não diferiram entre os tratamentos ($p > 0,05$). Os resultados das análises bromatológicas estão disponíveis na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados das análises de MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG de híbridos de milho (planta inteira) cultivado sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.

Variáveis	MS %	MM%	PB%	FDN%	FDA%	CEL%	HEM%	LIG%
Espaçamento								
45	35,36	4,46	6,67	53,70	26,32	19,83	27,37	4,97
90	35,24	4,38	6,38	53,29	25,80	19,62	27,48	4,76
Densidade								
60.000 pl/ha	35,22	4,46	6,52	51,97	26,18	19,90	25,79	4,72
70.000 pl/ha	34,89	4,49	6,53	54,05	26,33	19,97	27,71	4,93
80.000 pl/ha	35,11	4,50	6,69	54,24	25,38	19,07	28,86	4,84
90.000 pl/ha	35,98	4,23	6,37	53,73	26,36	19,96	27,36	4,98
Híbrido								
BM3061	32,57 ^B	4,40	6,57	55,40 ^A	27,20 ^A	20,64 ^A	28,19	5,06 ^A
2B339pw	38,04 ^A	4,44	6,48	51,59 ^B	24,92 ^B	18,80 ^B	26,66	4,67 ^B

Probabilidades								
Espaçamento	0,86	0,63	0,20	0,78	0,55	0,75	0,90	0,16
Densidade	0,72	0,64	0,78	0,68	0,84	0,72	0,14	0,63
Híbrido	0,00	0,82	0,70	0,01	0,01	<0,0001	0,10	0,01
EpçxDens	0,79	0,25	0,83	0,26	0,55	0,56	0,05	0,53
Epç x Hib	0,59	0,14	0,19	0,19	0,31	0,37	0,27	0,42
Den x Hib	0,20	0,09	0,78	0,31	0,06	0,06	0,41	0,02
EpçxDenxHib	0,55	0,76	0,41	0,98	0,78	0,76	0,95	0,50
CV %	8,16	15,26	13,64	11,05	13,48	13,24	13,51	12,33

^{A, B} Diferentes letras na mesma coluna apresentam diferença pelo teste Tukey ($p < 0,05$);
CV(%): Coeficiente de variação.

O FDA também foi mais alto no BM3061 com 27,20% comparado com 24,92% no 2B339. Assis et al. (2014) também relataram diferença de FDA entre híbridos e obtiveram valores entre 39,20 (PL6890) e 32,30% (2B655), acima dos encontrados no presente estudo.

O percentual de CEL foi de 20,64% no BM3061 e de 18,80 no 2B339. Já a lignina apresentou valores para os híbridos de 5,06% (BM3061) e 4,67% (2B339), mais baixos que os valores observados por Assis et al., (2014) que estão entre 6,27 e 8,63%.

Houve interação densidade x híbrido para o teor de LIG ($p < 0,05$), mostrado na Tabela 9.

Tabela 9. Resultado do teor de lignina de híbridos de milho submetidos a densidades populacionais.

Densidade populacional ($\times 1000$ plantas ha^{-1})	Teor Lignina	
	Híbrido	
	BM3061	2B339
60	5,01 ^{A a}	4,43 ^{A a}
70	4,77 ^{A a}	5,08 ^{A a}
80	5,35 ^{A a}	4,32 ^{A b}
90	5,10 ^{A a}	4,86 ^{A a}

Médias seguidas por mesma letra minúscula na linha para efeito de híbrido de milho, por mesma letra maiúscula na coluna para efeito de densidade populacional não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
CV= 9,59%.

As densidades populacionais não proporcionaram diferenças no teor de LIG para nenhum dos híbridos, no entanto o híbrido 2B339 apresentou menor %LIG apenas na densidade de 80.000 pl ha^{-1} , comparado com BM3061.

4 CONCLUSÃO

O híbrido 2B339 foi superior quanto à produtividade em MS (kg ha^{-1}), teor de MS e proporção de espiga pl^{-1} , que teve a maior resposta na densidade de $80.000 \text{ pl ha}^{-1}$.

O híbrido BM3061 apresentou maiores proporções de folha e colmo. Sua proporção de folha reduziu no espaçamento de 45 cm entre linhas. O híbrido BM3061 também mostrou maiores comprimentos de espigas. Seus teores de FDN, FDA, CEL e LIG foram superiores ao híbrido 2B339.

O aumento das densidades populacionais elevou a produtividade (kg ha^{-1}).

O espaçamento de 90 cm entre linhas proporcionou maiores alturas de inserção de espigas.

CAPÍTULO II

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA SILAGEM DE MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

RESUMO

A silagem de milho é amplamente utilizada na alimentação animal, especialmente por ser uma forragem de qualidade, baixo custo e que pode estar disponível no período de restrição hídrica e conseqüentemente de pastagem. O objetivo desse estudo foi caracterizar bromatologicamente a silagem de milho híbrido BM3061 cultivado sob dois espaçamentos de 45 cm e 90 cm entre linhas de plantio e quatro densidades populacionais de 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições. As avaliações foram feitas através do PH, MS, MM, PB, FDN, FDA, LIG, CEL e HEM. Através do software SISVAR® os dados foram submetidos a análise de variância e posteriormente ao teste de Tukey à 5% de probabilidade e pela regressão para dados de densidades populacionais. O pH se mostrou diferente de acordo com a densidade cultivada, sendo o maior com a densidade de 70.000 plantas ha⁻¹ (3,656). Em relação as porções fibrosas FDN, FDA, CEL e HEM houve diferenças em relação ao espaçamento entre linhas utilizados, sendo mais elevada no espaçamento de 45 cm (52,68; 27,21; 21,66 e 25,47), respectivamente. O teor de LIG se mostrou diferente entre as densidades, sendo mais elevada na densidade de 90.000 plantas ha⁻¹. Os teores de MS, MM e PB não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey (p<0,05). Conclui-se que a redução do espaçamento entre linhas promove maiores teores de FDN, FDA, CEL e HEM, e, o aumento na densidade populacional gera maior teores de pH da silagem.

Palavras-chave: Composição química. Densidade populacional. Espaçamento entre linhas

ABSTRACT

Corn silage is widely used in animal feed, especially as it is a quality, low-cost forage that may be available in the period of water restriction and, consequently, grazing. The objective of this study was to characterize the BM3061 hybrid corn silage grown under two spacing of 45 cm and 90 cm between planting lines and four population densities of 60,000, 70,000, 80,000 and 90,000 plants ha⁻¹. The experiment was designed in randomized blocks with 8 treatments and four replications. The evaluations were made through PH, MS, MM, PB, FDN, FDA, LIG, CEL and HEM. Through the SISVAR® software, the data were subjected to analysis of variance and subsequently to the Tukey test at 5% probability and by regression for population density data. The pH was different according to the cultivated density, the highest being the density of 70,000 plants ha⁻¹ (3,656). Regarding the fibrous portions FDN, FDA, CEL and HEM there were differences in relation to the spacing between lines used, being higher in the spacing of 45 cm (52.68; 27.21; 21.66 and 25.47), respectively. The LIG content was different between densities, being higher at the density of 90,000 pl ha⁻¹. The levels of MS, MM and PB did not show significant differences by the Tukey test (p <0.05). It is concluded that the reduction of spacing between lines promotes higher levels of FDN, FDA, CEL and HEM, and the increase in population density generates higher levels of pH in the silage.

Keywords: Chemical composition. Line spacing. Population density

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país tropical e possui em maior parte do território um período de estiagem, que afeta diretamente a produção de forrageiras tropicais, que reduzem sua produtividade no período com baixa pluviosidade, baixa temperatura e baixo fotoperíodo. No entanto, estratégias para suprimento de forragem neste período são necessárias e a mais utilizada é a silagem.

A silagem é um método de conservação de forragem por acidificação e permite que haja um melhor aproveitamento do período chuvoso do ano com o armazenamento da produção excedente de forragem que pode ser utilizada do período com escassez de alimentos volumosos.

A forrageira mais indicada para a ensilagem é o milho devido as características positivas da planta que favorecem os processos fermentativos, o que permite uma melhor conservação do material (MCDONALD, 1991). Dentre essas características, a silagem de milho se torna vantajosa em relação a outras forrageiras devido ao baixo teor de fibra (ASSIS et al., 2014), que permite maior taxa de fermentação, esvaziamento ruminal e consequente maior ingestão de alimento (VELHO et al., 2007).

Porém, o cultivo do milho pode interferir na qualidade da forragem através de fatores como espaçamento entre linhas (ASSIS et al., 2014) e densidades de plantio e consequentemente da silagem (NEUMAN et al., 2018). E na busca pelo aumento da produtividade, novos arranjos têm sido testados e utilizados.

Sabe-se que o adensamento populacional adequado auxilia no controle de plantas invasoras além de proporcionar um melhor aproveitamento de água e nutrientes do solo (CRUZ et al., 2007) e isso pode ser realizado através da redução do espaçamento entre linhas e/ou do aumento do número de plantas por hectare.

Além disso, o ajuste populacional de acordo com o híbrido utilizado influencia na participação de grãos, que afeta diretamente na qualidade da silagem (NEUMAN et al., 2018) assim como a redução do espaçamento entre linhas utilizado (DEMETRIO et al., 2008).

Outro fator a ser observado é na limitação das empresas no fornecimento de materiais genéticos destinados à produção de silagem, que geralmente é realizada com híbridos melhorados para a produção de grãos. No entanto há diferença entre as características almejadas do milho destinado a produção de grão e silagem (NEUMAN et al., 2018).

Portanto, a caracterização dos híbridos disponíveis no mercado se faz importante pois além de auxiliar o planejamento através da escolha do híbrido, auxilia nos programas de melhoramento genético, que buscam elevar as características da planta ideais para a produção de silagem (ASSIS et al., 2014).

O objetivo foi realizar a avaliação bromatológica da silagem de milho cultivada com diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período

O experimento foi realizado do dia 18 de dezembro de 2018 a 12 de abril de 2019, no Instituto Federal de Minas Gerais, no campus São João Evangelista, cujo clima é classificado como Cwa, de Köppen. A área experimental foi dividida em quatro blocos de oito canteiros cada, totalizando 32 parcelas.

Cada canteiro possuía oito metros de comprimento e 3,6 metros de largura com espaçamento de um metro entre eles.

2.2 Delineamento experimental

O experimento foi delineado em blocos casualizados em esquema fatorial, com oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram dois espaçamentos entre linhas 45 cm e 90 cm, além de quatro densidades de plantio referentes a 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹.

2.3 Forragem utilizada

A forrageira utilizada foi a cultivar de milho Biomatrix (BM3061), um híbrido comercial precoce, de dupla aptidão para a produção de silagem e grãos. Segundo a recomendação do distribuidor a densidade ideal para a produção na safra é de 50.000 a 60.000 plantas ha⁻¹ na safra.

2.4 Silos

O modelo de silo utilizado para a avaliação foi do tipo mini silo experimental, com 50 cm de comprimento e 100 mm de diâmetro.

2.5 Ensilagem

A ensilagem do material foi feita manualmente no dia do corte, após sua picagem em picadeira acoplada ao trator, objetivando partículas de 1 a 3 cm. A compactação do material buscou densidade de 660 kg m³.

2.6 Análises bromatológicas

A abertura dos silos foi realizada após 180 dias no laboratório de nutrição animal pertencente ao Departamento de Nutrição Animal e Pastagem do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro, bem como todas as análises bromatológicas.

Logo após a abertura dos silos foi feito um descarte dos 10 cm de borda e posteriormente foram retiradas duas amostras.

A primeira amostra de silagem foi prensada utilizando uma prensa manual com pressão de 3 toneladas para a obtenção do extrato da silagem por onde foi realizada a medição do pH através de um potenciômetro digital (WILSON & WILKINS, 1972).

A segunda amostra de silagem foi pesada e levada à estufa ventilada a 55°C por 72 horas e em seguida pesado novamente para avaliar o teor de massa seca. Em seguida as amostras foram moídas em partículas menores de 1mm através de moinho de facas e peneira de 1mm (SILVA & QUEIROZ, 2002).

Após moídas, as amostras foram analisadas quanto aos teores de MS, MM, PB, FDN, FDA, LIG, CEL e HEM.

A MS foi realizada com amostra em peneira de 0,15mm e levadas em estufa a 105°C por 24 horas (SILVA & QUEIROZ, 2002). A MM, foi através de amostra em cadinhos de porcelana e levadas em forno mufla a 500°C durante quatro horas (SILVA & QUEIROZ, 2002).

A determinação de PB foi pelo método de Kjeldahl que quantifica o nitrogênio da amostra e, através do fator 6,25 foi obtido o teor de PB (SILVA & QUEIROZ, 2002).

O FDN, FDA, CEL e LIG foram feitas de acordo com Van Soest et al., (1991), e, a HEM através da diferença entre o FDN e FDA (SILVA & QUEIROZ, 2002).

2.7 Análise estatística

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, e, os dados foram submetidos a ANOVA e, quando significativos, ao teste de Tukey a 5% de significância e à análise de regressão nas densidades populacionais com o auxílio do software SISVAR®.

Os modelos estatísticos utilizados foram $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$, para o delineamento em blocos casualizados, $Y_{ijk} = m + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + w_k + e_{ijk}$ para o esquema fatorial em blocos, e, para as análises de regressão foram utilizados os modelos $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$, para regressão linear simples e $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + e_i$ para resposta cúbica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaçamento entre linhas do milho cultivado não alterou o pH da silagem ($p>0,05$). No entanto, o pH se mostrou diferente de acordo com a densidade populacional utilizada ($p=0,03$), onde o menor valor de 3,56 foi referente a densidade de 60.000 plantas ha^{-1} , que não diferiu estatisticamente dos valores de 80.000 e 90.000 plantas ha^{-1} . O maior valor de pH foi mensurado com a densidade de 70.000 plantas ha^{-1} , que também não diferiu estatisticamente com os valores de 80.000 e 90.000 pl ha. No entanto, todos os resultados de pH se mostraram ideais dentro de valores adequados (McDONALDS et al., 1991; REIS et al., 2013), como está explicitado na Tabela 10.

Tabela 10. Resultados das análises de pH, MS, MM, PB, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG das silagens cultivadas sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.

Variáveis	pH	MS %	MM%	PB%	FDN%	FDA%	CEL%	HEM%	LIG%
Espaçament									
45	3,59	32,24	4,35	7,24	52,68 ^A	27,21 ^A	21,66 ^A	25,47 ^A	4,09
90	3,61	32,47	4,03	7,13	48,73 ^B	25,54 ^B	20,32 ^B	23,18 ^B	4,33
Densidade (mil pl/ha)									
60	3,56 ^B	32,34	4,50	7,15	51,03	27,12	21,68 ^A	23,90	4,28 ^{AB}
70	3,66 ^A	32,58	4,03	7,56	50,89	26,38	21,14 ^{AB}	24,50	4,11 ^{AB}
80	3,59 ^{AB}	32,29	4,36	6,79	51,44	26,51	21,02 ^{AB}	24,93	3,93 ^B
90	3,61 ^{AB}	32,21	3,89	7,24	49,46	25,50	20,13 ^B	23,96	4,52 ^A
Prob									
Epc	0,58	0,56	0,11	0,70	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,10
Den	0,03	0,92	0,12	0,30	0,68	0,14	0,04	0,81	0,04
EpcxDen	0,30	0,10	0,54	0,16	0,38	0,40	0,61	0,31	0,09
CV %	1,74	3,55	13,02	10,87	6,76	5,05	4,80	10,02	9,59

^{A, B} Diferentes letras na mesma coluna apresentam diferença pelo teste Tukey ($p<0,05$);

Espaçam: Espaçamento entre linhas;

CV(%): Coeficiente de variação.

Não houve efeito significativo ($p=0,95$) das densidades sobre o pH das silagens pela análise de regressão.

Weerakkody et al. (2018) afirmam que o valor químico da planta inteira de milho *in natura* é maior que a silagem da mesma. Apesar da ocorrência de perdas no processo, elas podem ser reduzidas se a ensilagem for feita de forma adequada (VELHO et al., 2020), o que mostra que a ensilagem foi bem conduzida, refletindo nos valores de pH obtidos.

Velho et al. (2020) realizaram uma meta análise com estudos brasileiros avaliando cultivo de milho e sua silagem e, os valores de pH das silagens foram de 3,5 a 3,9, próximos aos obtidos no presente estudo, que diferiram quanto ao tipo de híbrido utilizado.

No Brasil, os estudos são escassos de avaliações, o que os tornam incompletos, possivelmente pelo baixo investimento em pesquisas (VELHO et al., 2020), entretanto são escassos os trabalhos que avaliaram a influência do cultivo com diferentes espaçamentos e densidades populacionais na silagem de milho.

As análises bromatológicas estão disponíveis na Tabela 10. Que mostra que não há diferença significativa para os teores de MS, MM e PB ($p>0,05$).

A porção fibrosa se mostrou diferente em relação aos espaçamentos utilizados ($p<0,05$). O teor de FDN, FDA, CEL e HEM foram superiores no espaçamento de 45 cm.

A densidade populacional se mostrou significativa apenas para os teores de celulose e lignina ($p < 0.05$). Os maiores valores de CEL foram provenientes das menores densidades. Pela análise de regressão se observa o mesmo comportamento através do comportamento linear, como mostrado na Figura 7.

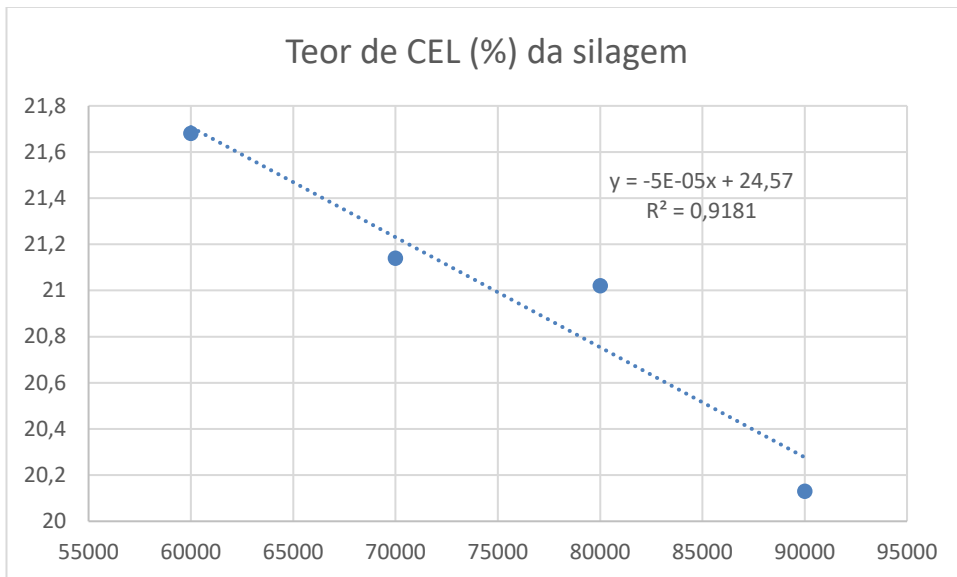


Figura 7. Gráfico de regressão do teor de CEL da silagem em função do adensamento populacional.

O percentual de MS nesse estudo foi em torno de 32%, valores próximos aos observados por Velho et al. (2020) na meta análise avaliando estudos brasileiros, já Weerakkody et al. (2018) relataram percentual de MS da silagem em 41%, valores altos comparado com a média dos estudos brasileiros e com o presente estudo. Velho et al. (2006) erificaram teores de MS de silagem de milho variando de 24,3 a 25%, abaixo dos valores encontrados nesse estudo.

O teor de LIG em função do aumento nas densidades populacionais teve comportamento quadrático quando analisados pela regressão, como mostra a Figura 8.

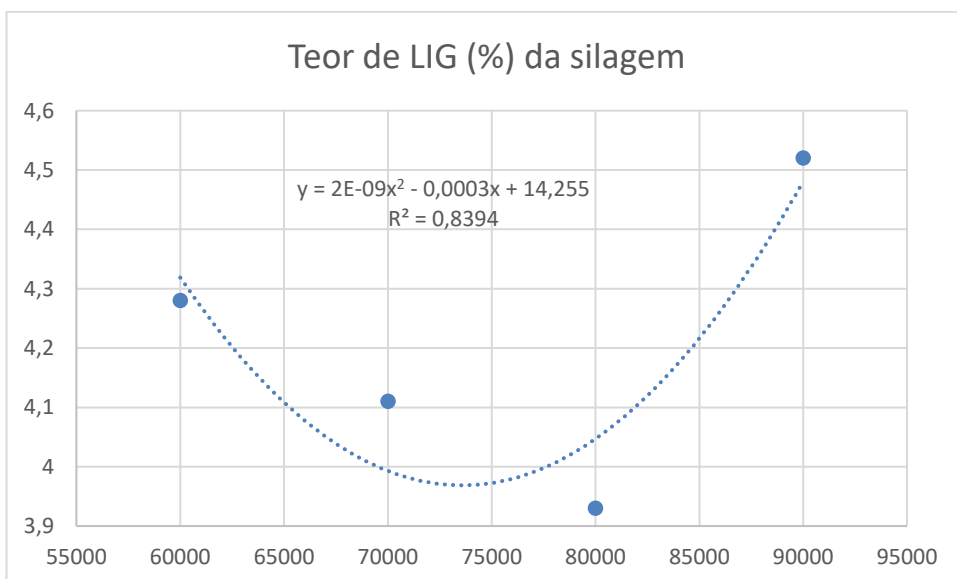


Figura 8. Gráfico de regressão do teor de LIG da silagem em função do aumento nas densidades populacionais de plantio.

Velho et al. (2007) verificaram teores de FDN semelhantes (52%) em silagem de milho, assim como FDA (27%), HEM (24%). A CEL (25%) foi um pouco acima da observada nesse estudo, em torno de 21%, e a LIG (2,6%) abaixo do observado de 3,9 a 4,5%. Velho et al., (2020) relataram valores de FDN e LIG superiores, 55% e 5%, respectivamente em estudos brasileiros avaliando silagem de milho. Entretanto, os valores de FDA, HEM e CEL pouco diferiram entre esses estudos.

Velho et al. (2006) analisaram silagens de milho em diferentes tempos de exposição ao ar antes do fechamento do silo e, verificaram valores de FDN de 57,8 a 66,5%, FDA de 31,2 a 33,9%, valores acima dos obtidos nesse estudo que variaram de 48,7 a 52,6% (FDN) e 25,5 a 27,2% (FDA). Os valores de LIG do presente estudo variaram de 3,9 a 4,5%, valores acima dos obtidos por Velho et al. (2006) de 2,9 a 3,6%.

Cox et al. (1998) verificaram que a densidade de plantas exerce resposta linear positiva no FDN e na PB resposta linear negativa da silagem, oposto o observado nesse estudo visto que não houve diferença significativa para esses parâmetros.

4 CONCLUSÃO

O aumento nas densidades populacionais de plantio produziu silagem com pH mais elevado.

A redução do espaçamento entre linhas de plantio eleva os teores de FDN, FDA, CEL e HEM da silagem.

Os teores de MS, MM e PB não foram afetados pelos espaçamentos entre linhas e densidades populacionais.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O híbrido 2B339 se mostrou superior ao BM3061 nessas condições devido a maior produtividade (kg ha^{-1} de MS), maior teor de MS, proporção de espigas, além de apresentar menores teores de FDN, FDA, CEL e LIG na planta.

O aumento nas densidades populacionais eleva a produtividade (kg ha^{-1} de MS), no entanto esse aumento eleva também o pH da silagem.

A redução do espaçamento entre linhas proporciona menor altura de inserção de espiga e, gera silagem com maiores teores de FDN, FDA, CEL e HEM.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L. D.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência rural**. Santa Maria. v.30, n.1, p.23-29, 2000.

ARAÚJO, L.S.; SILVA, L. G. B.; SILVEIRA, P. M.; RODRIGUES, F.; LIMA, M. L. P.; CUNHA, P. C. R. Desempenho agrônômico de híbridos de milho na região sudeste de Goiás. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v.10, n.4, p.334-341, 2017.

ARGENTA, G.; SILVA, P. D.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.71-78, 2001.

ASSIS, F. B.; BASSO, F. C.; LARA, E. C.; RAPOSO, E.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; FERNANDES, L. O.; RABELO, C. H. S.; REIS, R. A. Caracterização agrônômica e bromatológica de híbridos de milho para ensilagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.2869-2881, 2014.

ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; TAVARES, V. B.; SANTOS, Í. P. A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.648-654, 2006.

BOIAGO, R.; GARCIA, R.; SCHUELTER, A. R.; BARRETO, R.; DA SILVA, G. J.; SCHUSTER, I. Combinação de espaçamento entrelinhas e densidade populacional no aumento da produtividade em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p.440-448, 2017.

CARVALHO, T. B.; DE ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, v.3, n.1, p.85-99, 2017.

CENSU AGRO 2017. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**. Disponível em <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html> Acesso em 18/12/2019.

CIAPPINA, A. L. **Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 107p., 2019.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica n.78, 2006.

CONAB 2019. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-milho/item/download/15276_b4ee896301d68c25e69736267e7c5007> Acesso em 17/01/2019.

CONAB 2020. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/30348_aa345b3df6694e420f12eedc8ffb970d Acesso em 17/01/2020.

CORRÊA, R. D. G. **Direções de semeadura, densidade de plantas e variações na dosagem de sementes na produtividade do milho**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 42p., 2018.

COUTO, C. A.; SILVA, E. M.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, M. T. P.; VASCONCELOS, J. C.; SILVA, A. R.; SOBREIRA, E. A.; MOURA, J. B. Desempenho de Cultivares de Milho Destinados para Produção de Milho Verde e Silagem. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Goiânia, v.6, n.1, p.232-251, 2017.

COX, J. W.; CHERNEY, D. R.; HANCHAR, J. J. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. **Journal of Production Agriculture**, v.11, n.1, p.128-134, 1998.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO I. A.; de OLIVEIRA, A. C.; MAGALHAES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Embrapa Milho e Sorgo**-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2007.

CRUZ, S. J. S. **Características morfofisiológicas de plantas e produtividade do milho**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista- Faculdade de Ciências Agronomicas, Botucatu. 60p., 2013.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

FARIA, D. J. G.; GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; TAVARES, V. B.; PEREIRA, O. G.; FONSECA, D. M. D. Produção e composição do efluente da silagem de capim-elefante com casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.471-478, 2010.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FEROLLA, F. S.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C. D.; VIANA, A. P.; DOMINGUES, F. N.; AGUIAR, R. D. S. Dry matter production, forage mass composition and leaf blade/stem+sheath ratio of black-oat and triticale under cut and grazing. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1512-1517, 2007.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP. 273p., 1992.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep. 574p., 2007.

GROSS, M. R.; PINHO, R. V.; BRITO, A. D. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e agrotecnologia**, v.30, n.3, p.387-393, 2006.

KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der klimatologie**. Berlim: G. Borntraeger, 1939.

LEOLATO, L. S.; SANGOI, L.; DURLI, M. M.; PANISON, F.; VOSS, R. Regulador de crescimento e resposta do milho ao aumento na densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.11, p.997-1005, 2017.

MAGALHAES, P. C.; DURÃES, F., O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa milho e Sorgo, 2006.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.2, p.93-101, 2005.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.

NEUMANN, M.; POCZYNEK, M.; LEÃO, G. F. M.; FIGUEIRA, D. N.; SOUZA, A. M. Desempenho de híbridos de milho para silagem cultivados em diferentes locais com três densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p.49-62, 2018.

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. **Simpósio sobre nutrição de bovinos**. Piracicaba. Anais, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v.4, p.59-168, 1991.

OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; LIMA, L. D. S.; BORJA, M. S.; CORREIA, B. R.; COSTA, J.B.; LEÃO, A. G. Torta de dendê oriunda da produção do biodiesel na ensilagem de capim-massai. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, 2011.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo, Piracicaba. 90p., 2003.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, vol. único 650p., 1978.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, 2003.

PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1685-1694, 2009.

PEREIRA, L. B.; MACHADO, D. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; DA SILVA, V. S.; ARGENTA, F. M.; BORCHATE, D. Características agronômicas da planta e produtividade da silagem de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. **Magistra**, v.29, n.1, p.18-27, 2017.

PEREIRA, R. S. B. **Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho (*Zea mays L.*)**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 99p., 1991.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 714p., 2013.

REIS, R.A.; JOBIM, C.C. **Perfil da fração de carboidratos da planta e adequação de aditivos no processo de ensilagem**. In: workshop sobre milho para silagem, 2., Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.27-52, 2000.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.V.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4 ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. 488p., 2017.

SANGOI, L., ENDER, M., GUIDOLIN, A. F., BOGO, A., & KOTHE, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.17-21, 2000.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A., C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 235p., 2002.

SILVA, W. J.; SANS, L. M. A.; MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F. Exigências climáticas do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuario** v.27, n.233, p.14, 2006. Disponível em < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/490276>> Acesso em 30/12/2019.

SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; TRAGNAGO, J. L.; MONTEIRO, V. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays L.*) Na região noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência & Tecnologia**, v.1, n.1, p.01-11, 2015.

SOARES, R. J. D. S.; PINTO, A. A.; CAMARA, F. T. D.; SANTANA, L. D. Produtividade de massa verde de milho transgênico em função do arranjo populacional na região do Cariri, CE. **Interações (Campo Grande)**, v.18, n.2, p.117-127, 2017.

UENO, R. K. Avaliação bioeconômica da cultura do milho (*Zea mays L.*) utilizada sob diferentes formas na alimentação de novilhos em confinamento. Dissertação de Mestrado. **Universidade Estadual do Centro-Oeste**, Guarapuava. 169p., 2012.

USDA, 2019. **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>> Acesso em 17/01/2020.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, Ithaca, 476 p., 1994.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M.; VELHO, I. M. P. H.; NÖRNBERG, J. L.; ORQIS, M. G.; KESSLER, J. D. Alterações bromatológicas nas frações dos carboidratos de silagens de milho " safrinha" sob diferentes tempos de exposição ao ar antes da ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1621-1628, 2006.

VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagens de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Embrapa Pecuária Sul**- Artigo em periódico indexado (ALICE), 2007. Acesso em 07/01/2020.

VELHO, J. P.; ZARDIN, P. B.; JOBIM, C. C.; HAYGERT-VELHO, I. M. P.; ALESSIO, D. R. M.; GIOTTO, Ê.; CONCEIÇÃO, G. M.; GEHRKE, C. R. Meta-analysis of corn plants, green fodder (ensilage), and silages of different types of maize hybrids used in experimental conditions in Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p.237-254, 2020.

WEERAKKODY, C. S.; NAYANANJALIE, W. A. D.; WATHSALA, R. H. G. R.; JAYASENA, K. D. R. Influence of Maturity Stages on Nutritional Quality of Corn Forage and Corn Silage. **International Journal of Livestock Research**, v.8, n.2, p.71-76, 2018.

WILSON, R. F.; WILKINS, R. J. The ensilage of autumn-sown rye. **Grass and Forage Science**, v.27, n.1, p.35-42, 1972.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. D. F.; RIBEIRO, J. L.; SARTURI, J. O.; MOURÃO, G. B. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.256-264, 2009.