



VITOR LUCAS DE SOUZA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E
BROMATOLÓGICAS DE MILHO PARA SILAGEM SOB
DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

**LAVRAS-MG
2024**

VITOR LUCAS DE SOUZA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E BROMATOLÓGICAS DE MILHO PARA
SILAGEM SOB DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Produção Animal, área de concentração Nutrição de Ruminantes (Forragicultura), para a obtenção do título de Mestre.

Dra. Carla Luiza da Silva Ávila

Orientadora

Dr. Carlos Henrique Pereira

Co-orientador

**LAVRAS – MG
2024**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Souza, Vitor Lucas de.

Características agronômicas e bromatológicas de milho para
silagem sob diferentes densidades populacionais / Vitor Lucas de
Souza. - 2024.

59 p. : il.

Orientador(a): Carla Luiza da Silva Ávila.

Coorientador(a): Carlos Henrique Pereira.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Densidade populacional. 2. Híbridos. 3. Produtividade. I.
Ávila, Carla Luiza da Silva. II. Pereira, Carlos Henrique. III. Título.

VITOR LUCAS DE SOUZA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E BROMATOLÓGICAS DE MILHO PARA
SILAGEM SOB DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS**

***AGRONOMIC AND BROMATOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CORN FOR
SILAGE UNDER DIFFERENT POPULATION DENSITIES***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Produção Animal, área de concentração Nutrição de Ruminantes (Forragicultura), para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de julho de 2023

Dra. Carla Luiza da Silva Ávila UFLA

Dr. Daniel Rume Casagrande UFLA

Dr. Willian Pereira dos Santos SEMENTES BIOMATRIX

Dra. Carla Luiza da Silva Ávila

Orientadora

**LAVRAS – MG
2024**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, condutor dos meus caminhos e guia dos meus passos. Sem Ele nada disso seria possível.

À minha esposa Jôicy Ana que sempre esteve presente e me apoiando nesta jornada acadêmica. Ao meu filho Gabriel que está x'a caminho e já é muito importante em nossas vidas.

Aos meus pais fonte de inspiração ao trabalho árduo e maiores motivadores das minhas conquistas profissionais.

À empresa Bom Negócio, à qual faço parte do quadro de funcionários, na pessoa do diretor Geraldo Marra, que incentivou a todo momento a concretização deste mestrado.

À empresa Helix Sementes, na pessoa do Carlos Henrique, que incentivaram a condução deste trabalho e financiaram todos os custos. Sem o apoio científico e financeiro de vocês não seria possível a realização desta pesquisa.

Aos meus colegas de trabalho Vitor, Thiago, Cleto, Alisson, Carlos Henrique e Leonardo que ajudaram na condução do experimento e na coleta dos dados. Vocês foram essenciais para a concretização deste experimento.

Ao laboratório de análises da Agroceres em Rio Claro-SP, pela condução das análises bromatológicas.

À Universidade Federal de Lavras – UFLA pela oportunidade de realizar um mestrado profissional, concomitantemente com o trabalho em empresa privada.

Por fim agradeço à professora Dra. Carla Ávila pelo carinho e atenção durante a orientação para a condução deste trabalho. A senhora foi essencial para seu bom êxito!

Muito obrigado!

RESUMO

O milho é considerado a forrageira padrão para produtores de leite e carne do mundo inteiro pois proporciona silagens com a melhor qualidade, por diversos fatores agronômicos e bromatológicos. Dentre as técnicas de manejo cultural, a densidade do plantio é um dos parâmetros mais importantes, porém pode afetar a qualidade da silagem, uma vez que afeta a proporção entre as partes da planta: espiga, colmos e folhas, que também afeta a composição química e fermentação. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho da empresa Helix Sementes, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais, submetidos a diferentes densidades populacionais. Foram avaliados 7 híbridos (BM 3069 PRO3, BM 3066 PRO3, HLX 2301 PRO3, HLSP 2201 PRO3, BM 953 PRO4, BM 3088 PRO4, SHS 7970 PRO3) da empresa, submetidos à 4 densidades populacionais (55.000, 65.000, 75.000 e 85.000 plantas ha⁻¹) quanto à caracteres agronômicos e valores bromatológicos. Os caracteres agronômicos avaliados foram: altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), notas de doenças (ND), plantas acamadas e quebradas (A+Q), produtividade de massa verde (MV) ha⁻¹, produtividade de matéria seca (MS) ha⁻¹ e relação espiga/planta. Os valores bromatológicos avaliados foram: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT), extrato etéreo (EE) e amido. Os valores de produtividade de MV e MS por ha⁻¹ e altura de plantas aumentaram à medida que se adensou as populações de plantas. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos valores bromatológicos com o adensamento populacional, isoladamente, porém a interação híbrido x densidade populacional foi significativa, mostrando que a alteração dos valores bromatológicos com o adensamento populacional depende do híbrido. O híbrido BM 3069 PRO3 (H2) apresentou as maiores produtividades de MV e MS ha⁻¹ e maiores alturas de plantas na densidade populacional de 85 mil plantas ha⁻¹, sem prejuízos aos valores bromatológicos, além de apresentar melhor sanidade foliar e baixa incidência de plantas acamadas e quebradas, sendo o mais indicado para o plantio com finalidade forrageira na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

Palavras chave: Densidade Populacional. Híbridos. Produtividade.

ABSTRACT

Corn is considered the standard forage for dairy and meat producers worldwide, as it provides silages with the best quality, due to several agronomic and bromatological factors. Among the cultural management techniques, the planting density is one of the most important parameters, but it can affect the quality of the silage, since it affects the proportion between the parts of the plant: ear, stems and leaves, which also affects the chemical composition and fermentation. The objective of this work was to evaluate the agronomic and bromatological characteristics of corn hybrids from the company Helix Sementes, in the region of Alto Paranaíba - Minas Gerais, submitted to different population densities. Seven hybrids (BM 3069 PRO3, BM 3066 PRO3, HLX 2301 PRO3, HLSP 2201 PRO3, BM 953 PRO4, BM 3088 PRO4, SHS 7970 PRO3) from the company were evaluated, submitted to 4 population densities (55,000, 65,000, 75,000 and 85,000 plants ha⁻¹) for agronomic characters and bromatological values. The agronomic traits evaluated were: plant height (PH), ear height (EH), disease scores (DE), lodged and broken plants (L+B), green mass productivity (GM) ha⁻¹, dry matter productivity (DM) ha⁻¹ and spike/plant ratio. The chemical values evaluated were: dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total digestible nutrients (TDN), ether extract (EE) and starch. The GM and DM productivity values per ha⁻¹ and plant height increased as plant populations became denser. No statistically significant differences were observed in bromatological values with population density, separately, however the hybrid x population density interaction was significant, showing that the alteration of bromatological values with population density depends on the hybrid. The hybrid BM 3069 PRO3 (H2) showed the highest yields of GM and DM ha⁻¹ and the highest plant heights at a population density of 85,000 plants ha⁻¹, without damage to bromatological values, in addition to showing better leaf health and low incidence of bedridden and broken plants, being the most suitable for forage planting in the Alto Paranaíba region, Minas Gerais.

Keywords: Population Density. Hybrids. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotos do estágio de maturação do Grupo 1 no momento da colheita. Na sequência H2, H3, H4 e H5.	26
Figura 2. Fotos do estágio de maturação do Grupo 2 no momento da colheita. Na sequência H1, H6 e H7.	27
Figura 3. Foto da planta inteira mostrando o estágio de maturação médio das parcelas no momento da colheita.	28
Figura 4. Foto do momento da colheita, pesagem das parcelas com o auxílio do tripé e da balança digital.	30
Figura 5. Imagem do momento da moagem das parcelas em ensiladeira estacionária.	31
Figura 6. Imagem das amostras despressurizadas e acondicionadas no congelador, aguardando envio ao laboratório.	31
Figura 7. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de produção de MV ha ⁻¹ em função dos níveis de densidade populacional.	36
Figura 8. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de produção de MS ha ⁻¹ em função dos níveis de densidade populacional.	36
Figura 9. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de altura de plantas (AP) (cm) em função dos níveis de densidade populacional.	37
Figura 10. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de nota de doenças (ND) em função dos níveis de densidade populacional.	37
Figura 11. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de plantas acamadas e quebradas (A+Q) dos híbridos H6 e H7 em função dos níveis de densidade populacional.	39
Figura 12. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de proteína bruta (PB) dos híbridos H3, H4 e H7 em função dos níveis de densidade populacional.	43
Figura 13. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de fibra em detergente neutro (FDN) do híbrido H4 em função dos níveis de densidade populacional.	44
Figura 14. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de extrato etéreo (EE) dos híbridos H1 e H7 em função dos níveis de densidade populacional.	45
Figura 15. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de amido dos híbridos H1 e H4 em função dos níveis de densidade populacional.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estágios vegetativos e reprodutivos de uma planta de milho.....	13
Tabela 2. Quadro de Híbridos utilizados no ensaio.....	23
Tabela 3. Quadro de regulagem da semeadora manual.....	24
Tabela 4. Número de plantas mantidas por parcela útil (2 linhas de 5 metros), descontando as linhas de bordadura.....	24
Tabela 5. Grupos de maturidade e datas de colheita.....	25
Tabela 6. Coeficiente de variação, erro padrão da média e probabilidade dos efeitos de híbrido de milho, densidade populacional e interação dos dois fatores sobre as variáveis agronômicas estudadas.....	34
Tabela 7. Tabela de médias de caracteres agronômicos para híbridos.....	35
Tabela 8. Pesos médios de espigas e de planta inteira (espiga+porção vegetativa) em kg.	38
Tabela 9. Média de plantas acamadas e quebradas (A+Q) dos híbridos em cada densidade populacional.....	38
Tabela 10. Coeficiente de variação, erro padrão da média e probabilidade dos efeitos de híbrido de milho, densidade populacional e interação dos dois fatores sobre as variáveis bromatológicas estudadas.....	40
Tabela 11. Tabela de médias de valores bromatológicos para os híbridos.....	40
Tabela 12. Média dos valores bromatológicos dos híbridos no desdobramento da interação de híbrido dentro de cada densidade populacional.....	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 HIPÓTESES	11
3 OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo Geral.....	12
3.2 Objetivos específicos	12
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1. Características morfológicas e fisiológicas da planta de milho ..	12
4.2. Histórico de desenvolvimento de híbridos para silagem no Brasil	14
4.3. Técnicas de Arranjo Populacional	16
4.4. Fatores que influenciam a escolha da densidade de plantas.....	18
4.5. Efeito da densidade de plantio sobre as características agronômicas e bromatológicas das silagens	20
5 MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1. Localização	22
5.2. Plantio e Tratos culturais	23
5.3. Colheita e Avaliações	25
5.3.1. Avaliações de Caracteres Agronômicos.....	28
5.3.2. Avaliações de Valores Bromatológicos	30
5.4. Delineamento experimental e análise estatística	33
6 RESULTADOS	33
6.1. CARACTERES AGRONÔMICOS	33
6.2. VALORES BROMATOLÓGICOS	39
7 DISCUSSÕES	46
8 CONCLUSÕES.....	52
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho vem sendo utilizada amplamente, há muitos anos, para a produção de silagem pelos produtores de leite e de carne do mundo inteiro, principalmente devido ao fato de apresentarem elevado potencial de produção de matéria seca (MS) e alto valor energético, pela presença de amido (BASTOS, 2019). O milho apresenta intervalo de matéria seca ideal para ensilagem em torno de 28 a 37% (NUSSIO, 1991). As silagens de milho produzidas no Brasil possuem valores médios de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) de 65 a 69% e nos últimos anos tem apresentado valores cada vez maiores de NDT e menores de FDN (Fibra em Detergente Neutro) e FDA (Fibra em Detergente Ácido), provavelmente devido à utilização de novos cultivares de milho, escolha correta do ponto de colheita e o avanço nas técnicas de ensilagem, conservação e desabastecimento do silo (FARIA *et al.*, 2021).

O milho é consagrado como a melhor forrageira, por diversos fatores agronômicos e características qualitativas. Dentre os fatores agronômicos podemos citar a facilidade de plantio da cultura, a alta produção de matéria seca por hectare, além de técnicas de cultivo bem desenvolvidas. Dentre as características qualitativas, estão: alto valor energético, boa capacidade de fermentação e elevado valor nutricional. Estas características lhe oferecem o status de forrageira padrão para utilização de produtores de leite e carne do mundo inteiro (NEUMANN *et al.*, 2018).

A escolha do híbrido de milho é um dos fatores mais importantes para a definição da produtividade da silagem. No Brasil contamos com vários híbridos adaptados ao clima tropical, porém os programas de melhoramento genético das empresas de semente atuantes no mercado brasileiro, não acompanharam as necessidades do mercado de silagem para obtenção de híbridos específicos, e acabam destinando materiais de duplo propósito para esta finalidade. Assim os mesmos híbridos posicionados para grãos são destinados à produção de silagem, embora não apresentem as características almejadas. Esta generalização das recomendações tende a limitar aspectos quantitativos e qualitativos das silagens, afetando conseqüentemente a resposta animal (GABRIEL, 2015). Assim é necessário estudar as diferentes técnicas de manejo para os diversos híbridos disponíveis no mercado.

Dentre as técnicas de manejo cultural, a densidade do plantio é um dos parâmetros mais importantes. A causa dos baixos rendimentos por hectare, tanto para grãos quanto para silagem, pode estar ligada ao baixo número de plantas por área. Além disso, a densidade de plantio pode

afetar a qualidade da silagem, uma vez que afeta a proporção entre as partes da planta: espiga, colmos e folhas, que também afeta a composição química e fermentação (MACHADO *et al.*, 2018).

Atualmente as populações recomendadas para o cultivo de milho no Brasil variam de 40 a 80 mil plantas ha⁻¹, a depender da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo da cultivar, época de semeadura e espaçamento entrelinhas (CRUZ, 2010). Estudos mais aprofundados na área demonstram que o aumento do estande pode proporcionar melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes, menor incidência de plantas daninhas e otimização de maquinários (NEUMANN *et al.*, 2017).

Essa estratégia pode ser ainda mais interessante para a produção de silagem, pois cultivares com bom desempenho em plantios adensados possuem maior produção de massa verde (MENDES *et al.*, 2008). Sendo assim, cada dia mais, programas de melhoramento genético de milho devem procurar desenvolver cultivares que forneçam alta produção de silagem em plantios mais adensados e altas populações (CIAPPINA, 2019).

Vários trabalhos avaliando os efeitos de diferentes densidades populacionais de híbridos de milho têm sido realizados em materiais destinados à produção de grãos. No entanto, ainda existem poucos estudos avaliando este efeito sobre híbridos desenvolvidos para ensilagem da planta inteira de milho (BAGHDADI *et al.*, 2012; SKONIESK *et al.*, 2014). Faz-se necessário cada dia mais aprofundar estudos relacionados à melhoria da qualidade bromatológica das lavouras de milho, visando ganhos expressivos na produção de leite e carne. Visto isso, o objetivo da condução deste projeto é avaliar o efeito do stand sobre parâmetros agronômicos e índices bromatológicos específicos de híbridos de milho.

2 HIPÓTESES

O incremento da densidade populacional de plantas irá interferir nos parâmetros agronômicos e índices bromatológicos específicos dos híbridos de milho avaliados.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar as características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho da empresa Helix Sementes, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais em diferentes densidades populacionais.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar o desempenho dos híbridos de milho na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais com a finalidade de identificar materiais mais adequados para ensilagem.
- Avaliar a relação entre os híbridos e o aumento da população de plantas por hectare, buscando incrementar a produtividade sem prejudicar a qualidade bromatológica.
- Avaliar as características agronômicas e bromatológicas destes híbridos visando aperfeiçoar o posicionamento dos mesmos no mercado de sementes da região.
- Definir a melhor população de acordo com a equação de resposta ao incremento populacional.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Características morfológicas e fisiológicas da planta de milho

A planta de milho (*Zea mays* L.) é caracterizada como alógama, prevalecendo a polinização cruzada. Pertence à família Poaceae, possui estrutura floral monoica e o seu mecanismo de florescimento é protoândrico, com flores femininas nas axilas das folhas (espigas) e com flores masculinas na extremidade superior (pendão) (GARCÍA-LARA E SERNASALDIVAR, 2019).

A parte aérea da planta é subdividida em colmo, folhas, espiga e pendão. O colmo tem função estrutural e confere sustentação à planta. Possui também função de reserva de nutrientes e fonte de fotoassimilados para o desenvolvimento dos grãos (MAGALHÃES et al., 1995). As folhas produzem fotoassimilados utilizados durante o crescimento e o desenvolvimento da planta. A produção de matéria seca da planta como um todo irá depender diretamente do metabolismo das folhas. A quantidade de folhas, arquitetura e tamanho são influenciados pelas condições ambientais e pelas características genéticas de cada híbrido (WESTGATE et al., 2004; GRALAK et al., 2014).

Na tabela 1 é apresentado os estágios vegetativos (V) e reprodutivos (R) do milho. As subdivisões são designadas numericamente de (V1) a (Vn), que representa a última folha antes do pendoamento (VT). O primeiro e último estágios vegetativos são representados respectivamente por (VE) e (VT). Os estágios reprodutivos são divididos em florescimento (R1), grão leitoso (R2), grão pastoso (R3), grão farináceo-duro (R4) e maturidade fisiológica (R6).

Tabela 1. Estágios vegetativos e reprodutivos de uma planta de milho.

Estágios Vegetativos	Estágios Reprodutivos
VE – Emergência	R1 – Florescimento
V1 – Primeira Folha	R2 – Grão Leitoso
V2 – Segunda Folha	R3 – Grão Pastoso
V3 – Terceira Folha	R4 – Grão Farináceo – duro
V6 – Sexta Folha	R6 – Maturidade Fisiológica
V9 – Nona Folha	
V12 – Décima Segunda Folha	
V15 – Décima Quinta Folha	
V18 – Décima Oitava Folha	
VT – Pendoamento	

Fonte: Ritchie, Hanway e Benson (2003)

O caule do tipo colmo é subdividido em nós e entrenós. As folhas encontram-se distribuídas de forma alternada na parte superior do colmo. Apresenta sistema radicular próprio de gramíneas do tipo fasciculado, atingindo profundidade de 1,5 a 3,0 m de comprimento, localizado nas camadas mais superficiais do solo, em torno de 0,30 m, o que dificulta a tolerância ao estresse hídrico (FORNASIERI FILHO, 2007).

Dentre as partes da planta de milho o colmo é a que possui maior participação, representando cerca de 25% da planta, enquanto as folhas representam cerca de 15% (LAUER, 2013). Na silagem de planta inteira de milho a grande participação do colmo pode promover o aumento da concentração de fibra indigestível, uma vez que neste componente são depositadas altas concentrações de lignina (WILSON, 1993). Estudos mostram que o colmo tem digestibilidade de fibra 10 pontos percentuais inferior em relação às folhas da planta de milho (LIMA, 2019).

A espiga é a inflorescência feminina e cada uma possui de 500 a 1000 óvulos, que se tornarão os grãos (sementes). Sua estrutura engloba sabugo, grãos e palha (GARCÍA-LARA E SERNA-SALDIVAR, 2019). Os grãos de milho são formados por três estruturas: pericarpo,

endosperma e o embrião. A relação entre as quantidades de endosperma vítreo e farináceo que define a estrutura dos grãos. O endosperma é composto em sua maioria por células preenchidas com grânulos de amido, que são imersos em zeína, matriz proteica de prolamina (WATSON, 2003). Os híbridos de milho são facilmente distintos em dois grupos, os de grão macio e os de grão duro, que se diferenciam pela proporção de cada tipo de endosperma, vítreo ou farináceo (NUSSIO *et al.*, 2001).

Os híbridos de milho cultivados no Brasil são em sua grande maioria de textura dura, predominando o tipo de endosperma vítreo. Esta predominância se deve à priorização dos programas de melhoramento em regiões tropicais, devido às adversidades climáticas de colheita e armazenamento (PEREIRA, 2014). Segundo CRUZ *et al.* (2014), dentre os híbridos disponíveis no mercado brasileiro, apenas 6,2% possui grãos dentados com endosperma farináceo.

Estudos, no entanto, mostram que materiais com endosperma vítreo possuem menor digestibilidade ruminal e intestinal de amido em animais ruminantes (PEREIRA, 2014). Portanto é necessário buscar materiais de endosperma farináceo ou utilizar de melhores estratégias de processamento e tempo de fermentação para melhorar a digestibilidade do amido dos híbridos cultivados no Brasil.

4.2. Histórico de desenvolvimento de híbridos para silagem no Brasil

Dentre os tipos de silagem que podem ser produzidas a partir de uma planta de milho, a silagem de planta inteira é a mais popular e utilizada delas. Neste tipo de silagem não somente aspectos produtivos devem ser considerados, mas também a composição morfológica da planta. A proporção de colmo, folhas, grãos, palha e sabugo na planta são importantes, uma vez que influencia a produtividade e afeta diretamente o valor nutricional da silagem, devido as diferenças histológicas destes componentes (GUSMÃO, 2021; NÚSSIO *et al.*, 2001).

Materiais comumente destinados à silagem possuem maior estatura e conseqüentemente maior participação da porção fibrosa em sua composição. Conseqüentemente a digestibilidade da fibra deve ser um ponto avaliado na escolha do híbrido (NUSSIO *et al.*, 2001). A porção fibrosa é constituída por folha, colmo, sabugo e palha, e compõe de 50 a 60% de toda a planta de milho. Desta porção boa parte possui baixa digestibilidade em relação a porção energética (LAUER, 2013). Porém a digestibilidade pode variar de híbrido para híbrido.

As pesquisas de melhoramento genético para desenvolvimento de materiais com propósito de produção de grãos têm sido importantíssimas no mercado, resultando em híbridos de alto potencial produtivo. Porém, no Brasil, são raros os programas de melhoramento genético de milho voltados para a seleção de genótipos e obtenção de cultivares com características específicas para a produção de silagem (GRALAK *et al.* 2014). Desta forma empresas que dedicam seus esforços e recursos para a obtenção de materiais específicos para silagem, devem ser priorizadas na hora da escolha do híbrido.

Os programas de melhoramento genético de milho não acompanharam a necessidade do mercado em produzir híbridos destinados especificamente à produção de silagem no Brasil. Sendo assim, a maioria das empresas posicionam os mesmos híbridos destinados ao mercado de grãos para a produção de silagem, embora algumas características almejadas não sejam as mesmas para a finalidade forrageira. Este posicionamento de generalização das recomendações tende a limitar os aspectos produtivos e a resposta em produção animal.

Em silagens de planta inteira de milho, além da participação de grãos, devem ser considerados aspectos tão importantes quanto, a digestibilidade da matéria seca e a composição da porção fibrosa, pois são fatores que limitam o valor nutricional da silagem. Mas na maioria dos casos estes fatores são relevados no melhoramento de materiais para silagem, pois se priorizam híbridos comerciais para servir de base para a extração de novas linhagens, uma vez que estes já foram avaliados em diversos ambientes e estão geralmente associados a alta produtividade de grãos e características agrônômicas desejáveis (GABRIEL, 2015).

Em alguns países são utilizadas estratégias como a utilização de híbridos com maior relação folha/colmo, com o intuito de aumentar a digestibilidade da fibra em silagens de planta inteira (SATTLER *et al.*, 2010; FERRARETTO; SHAVER, 2015). Porém a utilização destes híbridos no Brasil se torna inviável uma vez que o clima tropical da região não é propício para a adaptação destes materiais de clima temperado em função de sua susceptibilidade a pragas e doenças e de suas menores produtividades (GUSMÃO, 2021).

Um híbrido de milho adequado para silagem deve apresentar elevada produção de biomassa, resistência a pragas e doenças, resistência ao acamamento, alta participação de grãos na massa ensilada (ZOPOLLATTO, 2007) e principalmente alta digestibilidade de fibra em detergente neutro (FDN) (PIMENTEL *et al.*, 1998). Esta última nem sempre priorizada nos programas de melhoramento, por não fazer parte das exigências do melhoramento de materiais para grãos.

4.3. Técnicas de Arranjo Populacional

A planta de milho apresenta metabolismo fotossintético C4, que proporciona alta taxa de fotossíntese, devido ao maior aproveitamento da radiação solar (GARCÍA-LARA & SERNASALDIVAR, 2019). Estas características possibilitam manejos no arranjo populacional das lavouras de milho, como forma de aproveitar da sua alta capacidade fotossintética, para estimular maior produção de biomassa e de grãos.

O aumento da densidade de plantas associado à redução do espaçamento entre-linhas são as principais técnicas de arranjo populacional de plantas. Entre as formas existentes de manipulação do arranjo populacional, a densidade de plantas é a que tem maior interferência na produção de milho, pois pequenas alterações na população podem alterar significativamente o rendimento da cultura (SANGOI *et al.*, 2011).

A maior sensibilidade do milho a variações na densidade de plantas, quando comparado a outras espécies, se deve à baixa capacidade de perfilhar, à pequena prolificidade, à limitada capacidade de alterar o número e a dimensão das folhas e à estrutura floral monoica das plantas. (SANGOI *et al.*, 2011).

O aumento da densidade de plantas é uma forma de aumentar a velocidade de interceptação e a quantidade de radiação incidente interceptada pela cultura do milho. Em contrapartida a utilização de densidades muito altas, podem reduzir a atividade fotossintética da planta e a eficiência de conversão da radiação, fazendo com que a planta concentre suas energias na produção e dispersão de pólen, reduzindo as taxas de crescimento e desenvolvimento da espiga e dos estigmas. (SANGOI *et al.*, 2002).

Um arranjo de plantas adequado tende a aumentar a eficiência de interceptação luminosa devido ao aumento do índice de área foliar, além de melhorar a eficiência do uso de água e nutrientes, resultando em maior produção de matéria seca e grãos (MOLIN, 2000). O arranjo de plantas ideal depende dentre outros fatores, da cultivar, da fertilidade do solo, da disponibilidade de água e da época de semeadura (AMARAL *et al.*, 2005), porém a utilização de altas densidades deve vir acompanhada do incremento da adubação nitrogenada (SHIOGA, 2014).

ZOZ *et al.* (2018) ressalta que na época da safrinha é ainda mais interessante explorar os diferentes arranjos populacionais, uma vez que estará muito mais relacionado a ele a

capacidade da planta de suportar limitações climáticas, sobretudo o estresse hídrico enfrentado neste período.

A maioria dos trabalhos relacionados à densidade de plantas envolve também o comparativo entre diferentes espaçamentos. PEREIRA *et al.* (2017), no entanto, chegou à conclusão que a alteração de espaçamentos entre linhas não afetou nenhuma das variáveis agronômicas e bromatológicas estudadas. MACHADO *et al.* (2018), também não encontraram interação significativa entre espaçamento e densidade populacional para todas as variáveis que estudaram.

Na mesma linha de raciocínio SKONIESKI *et al.*, 2014 avaliaram apenas o efeito do espaçamento entre plantas na silagem de milho (40, 60 e 80 cm), mantendo a população de 65.000 plantas. Chegando à conclusão que a redução do espaçamento proporcionou melhor distribuição espacial das plantas, mas não afetou estatisticamente a composição morfológica do material colhido. Além disso o material com espaçamento menor apresentou aumento nos teores de lignina e FDN e diminuiu a quantidade de nutrientes digestíveis totais (NDT).

Em contrapartida ZOZ *et al.* (2018) avaliando diferentes arranjos populacionais na safrinha, variando duas densidades populacionais (60.000 e 75.000 plantas ha⁻¹) e três espaçamentos (0,4; 0,6 e 0,8 m), chegou à conclusão que a população de 60.000 plantas e o espaçamento de 0,4 m proporcionaram maiores produtividades. Ou seja, neste trabalho o que realmente foi efetivo para o incremento em produtividade foi o espaçamento entre linhas. Este fato também se deve ao cenário desafiador da segunda safra, onde deve-se priorizar menores populações.

BATISTA *et al.* (2019) também avaliou densidades de semeadura na safrinha, porém variou apenas população e não espaçamento. Nos seus resultados os melhores desempenhos foram dos híbridos plantados nas densidades de 55 e 65 mil plantas ha⁻¹. Evidenciando assim que o adensamento populacional deve ser explorado sim, porém com ressalvas para as épocas de semeadura e as adversidades que a lavoura irá enfrentar.

Na arquitetura das plantas destinadas a grãos, houve nos últimos tempos ganhos genéticos que favorecem a exploração de diferentes arranjos populacionais. Entre eles podemos destacar um menor ângulo de inserção foliar, o que possibilita o adensamento, fator decisivo nos ganhos de produtividade. Isto ocorre devido ao fato dos materiais apresentarem menor competição entre plantas, decorrente de uma menor área foliar, menor quantidade de folhas por planta e uma arquitetura de folhas mais eretas (SANGOI *et al.*, 2002.A).

Portanto híbridos melhorados geneticamente para a produção de grãos tendem a suportar maiores densidades populacionais devido à sua arquitetura. MARCHÃO *et al.* (2005) também variando densidades populacionais e correlacionando seus efeitos com produtividade de grãos, conclui que o rendimento de grãos é significativamente influenciado pela densidade de plantas; e que a redução do espaçamento entre linhas, associada à utilização de cultivares de milho de porte menor, pode ser acompanhada de incrementos na densidade de plantas. Concluiu ainda que em espaçamento reduzido (45 cm) é possível, dependendo do híbrido, aumentar o rendimento de grãos com o incremento na densidade de plantas.

Híbridos destinados a silagem, no entanto, em sua maioria possuem folhas decumbentes e estrutura de planta bem maior que os destinados para grãos, portanto este é o desafio: encontrar densidades de plantio adequadas a híbridos de silagem que possuem arquitetura de planta diferente do que se vê estudando para grãos. Estratégias de arranjo populacional sempre se mostraram eficientes para incentivar o aumento de produtividade, basta encontrar o ideal para a época de plantio e para a finalidade da lavoura.

4.4. Fatores que influenciam a escolha da densidade de plantas

A planta de milho tem grande sensibilidade à estiagem na floração. Quando a probabilidade de estiagem nesta fase é grande, é aconselhável diminuir a densidade para que o solo possa suprir as plantas com suas reservas hídricas. Portanto altas densidades de plantas só devem ser recomendadas em condições de alta precipitação ou sob sistema de irrigação. Quando há maior densidade de plantas, aumenta-se o índice de área foliar e, conseqüentemente, o consumo d'água. Altos índices de área foliar, associados a estresse hídrico, aumentam a assincronia entre a dispersão de pólen e a exteriorização dos estilo-estigmas (SANGOI *et al.*, 2007).

Em condições não limitantes de fertilidade e disponibilidade hídrica pode-se aumentar a densidade de plantio, visando incremento na produtividade sem alterar a qualidade da silagem, porém são necessários estudos avaliando efeito de densidade em condições de limitação hídrica (FERREIRA *et al.*, 2014).

A cultura do milho é muito exigente em fertilidade do solo, portanto a necessidade nutricional é outro aspecto a ser considerado na escolha da densidade de plantas. À medida que se eleva a densidade de plantas, a alta demanda por nutrientes exige a aplicação de maiores doses, principalmente de nitrogênio, que é o elemento absorvido em maior quantidade.

Experimentos desenvolvidos na região centro-sul do Paraná, indicam que para densidades superiores a 65.000 plantas ha⁻¹ é indicado aplicar uma taxa adicional de nitrogênio de 10 kg ha⁻¹ para cada 0,5 plantas m⁻² (FONTOURA & BAYER, 2008).

Dentre os nutrientes o nitrogênio possui papel importantíssimo no desenvolvimento da cultura do milho, sendo um dos principais suprimentos a serem observados, para evitar a redução da produtividade. Ele desempenha papel importante na funcionalidade dos componentes dos aminoácidos, que são constituintes das proteínas, formadores de clorofila e enzimas necessárias para o desenvolvimento da planta (MAR, *et al.*, 2003). Portanto existem diversos trabalhos envolvendo além de estratégias de arranjo populacional, o incremento da adubação nitrogenada como forma de se atingir melhores produtividades (BATISTA *et al.*, 2018; ZOZ *et al.*, 2018).

O mercado tem lançado ultimamente híbridos mais tolerantes ao adensamento. É uma tendência do mercado de híbridos de milho. Porém essa característica não é generalizada e depende do híbrido e da empresa. Algumas características da planta são importantes para que o aumento da densidade possa ser utilizado como estratégia eficiente. Entre elas podemos destacar: precocidade, estatura de planta e altura de inserção de espigas baixas, tolerância a doenças foliares e de colmo (SANGOI *et al.*, 2002).

A latitude também pode influir na escolha da densidade de plantas, uma vez que, quanto maior a latitude, menor é a duração do período de crescimento da cultura. Consequentemente é necessário priorizar cultivares mais precoces que demandam maior população de plantas para aumentar o rendimento. Além disso, os dias são mais longos em regiões de altas latitudes, proporcionando maior disponibilidade de radiação na época da primavera/verão, aumentando os benefícios da utilização de maiores populações de plantas para o aproveitamento da radiação que se faz disponível neste período. Estas características fazem com que a utilização de altas densidades de plantas na região sul do Brasil, seja uma estratégia a ser tomada para incrementar as produtividades desta região, em relação às demais regiões do país (SANGOI, 2012).

A época de semeadura também tem influência na escolha da densidade de plantas, principalmente em regiões de maior latitude. No geral as semeaduras realizadas mais cedo permitem maiores densidades de plantas, uma vez que as condições climáticas garantem maiores índices de radiação solar e pluviosidade, podendo as plantas expressarem o máximo do seu potencial produtivo, mesmo em populações maiores, devido à condição climática ideal. Quando a semeadura é tardia, no fim da primavera e começo do verão, as condições climáticas

são menos favoráveis ao desenvolvimento da planta e ao aumento da densidade (SANGOI, 2012).

Nos últimos anos a utilização de espaçamentos entre linhas reduzidos (45 a 60 cm) cresceu muito. Há diversos fatores que favorecem a adoção desta prática, como: desenvolvimento de híbridos mais tolerantes a altas densidades de plantas, maior número de herbicidas para o controle seletivo de plantas daninhas em pós-emergência, maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados para o cultivo de milho em menores espaçamentos entre linhas (SILVA *et al.*, 2006).

4.5. Efeito da densidade de plantio sobre as características agronômicas e bromatológicas das silagens

MACHADO *et al.*, 2018, concluiu que a redução no espaçamento entre linhas reduz a participação de folhas senescentes na massa ensilada, encontrando no adensamento de plantas uma alternativa para melhoria do valor nutricional da silagem. Estes autores também concluíram que a redução no espaçamento entre linhas para 50 cm incrementou teor de proteína bruta e o potencial de degradabilidade da fração proteica da silagem, por reduzir a participação de folhas secas na massa ensilada e aumento da eficiência de utilização do nitrogênio.

O aumento da densidade populacional pode também trazer impactos negativos. BORSOI *et al.* (2021), avaliando a interação entre densidade populacional e altura de corte, sobre as concentrações de macro minerais na silagem, concluiu que o aumento da população de plantas reduziu significativamente os teores de N, Mg e K na silagem. Ressaltando a importância de se encontrar uma densidade de plantio ideal que não prejudique a cultura principalmente devido à alta competição por nutrientes.

BAGDADI *et al.*, 2012 avaliando maiores incrementos na densidade populacional (90, 110 e 130 mil plantas por hectare) e sua correlação com diferentes métodos de cultivo (Preparo convencional, cultivo reduzido, preparo mínimo e plantio direto), observou que o adensamento da população de plantas reduziu a qualidade nutritiva do milho forrageiro. O teor de proteína bruta (PB) caiu, o de fibra em detergente ácido (FDA) aumentou e a digestibilidade da MS diminuiu, da menor para a maior densidade de plantas. A redução da qualidade da forragem com o aumento da densidade de plantas foi atribuída ao declínio da relação folha/caule, e à redução da proporção espiga/planta inteira. Por outro lado, o rendimento de matéria seca aumentou com o aumento da densidade.

MENDES, *et al.*, 2013 avaliaram alguns caracteres agronômicos de dois híbridos de milho submetidos à diferentes taxas de adubação nitrogenada (0, 180 e 240 kg N ha⁻¹) e diferentes densidades populacionais (75.000 e 90.000 plantas ha⁻¹). Os autores concluíram que cada híbrido comportou de uma maneira ao adensamento populacional, evidenciando que nem todos os híbridos estão sujeitos a respostas positivas quando submetidos ao adensamento populacional.

Por outro lado, PEREIRA *et al.* (2017) avaliando três densidades populacionais (49.500, 66.000 e 82.500 plantas ha⁻¹) e três espaçamentos (0,5, 0,7 e 0,9 m) quanto à caracteres agronômicos e de produtividade de silagem expressa na matéria verde e na matéria seca, afirmaram significativo aumento no rendimento de grãos e produção de silagem com o incremento na densidade populacional.

NEUMANN *et al.*, 2019 avaliaram o efeito de diferentes doses de adubação associados a dois espaçamentos (0,4 e 0,8 m) e duas densidades de plantio (50.000 e 70.000 plantas ha⁻¹). Independentemente do nível de adubação, quando cultivado em espaçamento reduzido e maior população de plantas as parcelas apresentaram maior produção de matéria verde e seca e maior produção de grãos. O aumento da população de plantas afetou a distribuição dos componentes na matéria seca, sendo observado maior participação de folhas e caule e redução da participação do sabugo a medida que se aumentou a densidade populacional.

SEVERO (2021) em seu trabalho avaliou o desempenho produtivo e a qualidade da silagem de híbridos de milho submetidos a diferentes densidades populacionais, cultivados na safra e na safrinha. O autor chegou à conclusão que a elevação da densidade populacional elevou a produção de biomassa em ambos os casos, mas que também elevou o teor de fibra e as perdas de matéria seca, além de reduzir a estabilidade aeróbia do material ensilado. Visto isto, é preciso encontrar um ponto de equilíbrio entre o adensamento de plantas e a qualidade da silagem entregue.

O aumento na densidade populacional para valores entre 70.000 a 90.000 plantas ha⁻¹ e a redução no espaçamento entre linhas para 45 a 50 cm podem proporcionar aumentos significativos na produtividade e participação de grãos (SANGOI, 2012). Em contrapartida o aumento da população de plantas no milho silagem pode ocasionar o aumento da participação de partes fibrosas de baixa digestibilidade, como o colmo; o aumento do desgaste nutricional do solo; o aumento dos níveis de acamamento; bem como o aumento de doenças e requeima (CRUZ *et al.*, 2021).

A porção fibrosa da silagem é determinada pelo teor de fibra em detergente neutro (FDN), determinado pela digestão da silagem em solução que solubiliza o conteúdo celular (celulose, hemicelulose e lignina); e pelo teor de fibra em detergente ácido (FDA) que indica a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microorganismos do rúmen. A digestão da parede celular do material fibroso é um dos principais limitantes do desempenho animal, portanto é essencial a seleção de híbridos que possuam maior digestibilidade da FDN, visando melhorar a eficiência dos sistemas de produção com alta inclusão de forragem na dieta (GRALAK et al., 2014).

Para que as alterações no arranjo populacional resultem no aumento significativo da produtividade, sem prejudicar a qualidade da silagem, alguns requisitos devem ser observados, como: suprimento hídrico adequado durante todo o período de desenvolvimento da cultura; manejo apropriado da fertilidade do solo, utilização de híbridos simples de alto potencial produtivo; manejo fitossanitário eficiente e ótima qualidade de sementeira, visando alta qualidade de estande final (SANGOI, 2012).

A capacidade de adaptação do milho às condições edafoclimáticas distintas, dependem do seu potencial genético e do sistema de plantio empregado, bem como da competência do genótipo utilizado em suportar até certo ponto altas densidades populacionais. Cada híbrido responde de forma diferente ao manejo empregado, sendo alguns genótipos capazes de suportar elevados índices produtivos em função da exploração de recursos como luminosidade, boa nutrição, boa captação hídrica, entre outros (SILVA *et al.*, 2021).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização

O experimento foi desenvolvido em parceria com a empresa Helix Sementes e Mudanças LTDA, pertencente ao grupo Agrocere.

O ensaio foi conduzido na Fazenda Ponte Funda, localizada no município de Patrocínio-MG. Foi plantado na safra 2022/23, sendo a data de plantio 13 de outubro de 2022. O solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa, A moderado. A área experimental está situada a 18°51'13"S, e 47°11'55"O, e a uma altitude média de 900 m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é de transição entre os tipos Cwa (Clima

tropical de altitude com inverno seco e verão úmido) e Aw (Tropical chuvoso com inverno seco).

5.2. Plantio e Tratos culturais

Cada parcela foi constituída de quatro linhas, plantadas em cinco metros, sendo a primeira e a quarta linhas consideradas como bordadura e a segunda e a terceira linhas consideradas úteis para as avaliações. O espaçamento entre linhas foi de 60 cm e as populações de plantas ajustadas para atender aos estandes de 55 mil, 65 mil, 75 mil e 85 mil plantas ha⁻¹.

O ensaio foi realizado com sete híbridos fornecidos pela empresa Helix Sementes e Mudas LTDA (tabela 2). Dentre os híbridos foram utilizados materiais já tradicionalmente posicionados para silagem na região (1 e 2), materiais de dupla aptidão (7), materiais lançados na última safra (5 e 6), que ainda estão sendo avaliados comercialmente e materiais pré-comerciais que ainda não foram lançados (3 e 4) porém foram selecionados por apresentarem amido descompactado e grão farináceo. Todos com aptidão para produção de silagem.

Tabela 2. Quadro de Híbridos utilizados no ensaio.

Código	Híbrido	Ciclo	Nível de Investimento
1	BM 3066 PRO3	Precoce	Alto
2	BM 3069 PRO3	Precoce	Alto
3	HLX 2301 PRO3	Pré-Comercial	Pré-Comercial
4	HLSP 2201 PRO3	Pré-Comercial	Pré-Comercial
5	BM 953 PRO4	Super Precoce	Alto
6	BM 3088 PRO4	Precoce	Alto
7	SHS 7970 PRO3	Precoce	Alto / Médio

A adubação utilizada na semeadura foi de 30 kg ha⁻¹ de N, 112,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e 37,5 kg ha⁻¹ de K₂O, através do adubo formulado de plantio 08-30-10 à dose de 375 kg ha⁻¹ aplicado a uma profundidade média de 7 cm no sulco de plantio.

Foi realizado plantio direto, sendo a semeadura efetuada manualmente nos sulcos previamente adubados pela semeadora mecânica. A quantidade de plantas por unidade de área está relacionada com a quantidade de sementes utilizadas e com a sua distribuição na linha, sendo definido o espaçamento entre elas através da regulagem de espaçamento da semeadora manual própria para experimentos. O cálculo para regulagem do espaçamento é feito dividindo

um hectare em metros lineares (para o espaçamento 0,6 m = 16.666 m) pela população desejada (55, 65, 75 ou 85 mil). Obtendo-se assim o espaçamento exato entre as plantas dentro da mesma linha de plantio (tabela 3).

Tabela 3. Quadro de regulagem da semeadora manual.

Densidade Plantio (plantas ha ⁻¹)	Espaçamento Plantadeira (m)
55.000	0,303
65.000	0,256
75.000	0,222
85.000	0,196

Foram plantadas duas sementes por cova, para evitar falhas e realizado três desbastes após a semeadura, garantindo o número exato de plantas correspondente à população dos respectivos tratamentos (55, 65, 75 e 85 mil plantas ha⁻¹) (tabela 4).

Tabela 4. Número de plantas mantidas por parcela útil (2 linhas de 5 metros), descontando as linhas de bordadura.

Densidade Plantio (plantas ha ⁻¹)	Nº plantas/parcela (2 linhas de 5 m)
55.000	33
65.000	39
75.000	45
85.000	51

A adubação de cobertura utilizada foi de 120 kg ha⁻¹ de N e de 80 kg ha⁻¹ de K₂O através do adubo de cobertura 30-00-20 à dose de 400 kg ha⁻¹. Foram realizadas também duas aplicações de adubo foliar à base de aminoácidos, macro e micronutrientes.

As plantas foram mantidas em condições ideais de sanidade, fazendo-se o controle de insetos-praga e de plantas invasoras. O controle de plantas invasoras foi realizado na pós-emergência do milho utilizando herbicidas à base de glifosato e atrazina. Para o controle de insetos-praga, em especial a lagarta do cartucho e cigarrinha foram feitas aplicações de inseticidas à base de imidacloprido, triflumuron e metomil. Não foi realizado controle de doenças foliares com fungicida, para avaliar o potencial dos híbridos de resistência às principais doenças por infestação natural.

5.3. Colheita e Avaliações

O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas, sendo a parcela principal a densidade populacional e a subparcela, o híbrido, considerando 3 repetições.

As parcelas foram colhidas a 30 cm de altura. A Colheita foi dividida em dois grupos de maturidade de acordo com a tabela 5. Os híbridos foram avaliados visualmente quanto ao ponto de maturidade indicado pela $\frac{1}{2}$ linha do leite, procurando atingir o mais próximo possível o teor de 35% de matéria seca em todas as parcelas.

Tabela 5. Grupos de maturidade e datas de colheita.

	Híbridos	Data de Colheita
Grupo 1	H2, H3, H4 e H5	02/02/2023
Grupo 2	H1, H6 e H7	09/02/2023

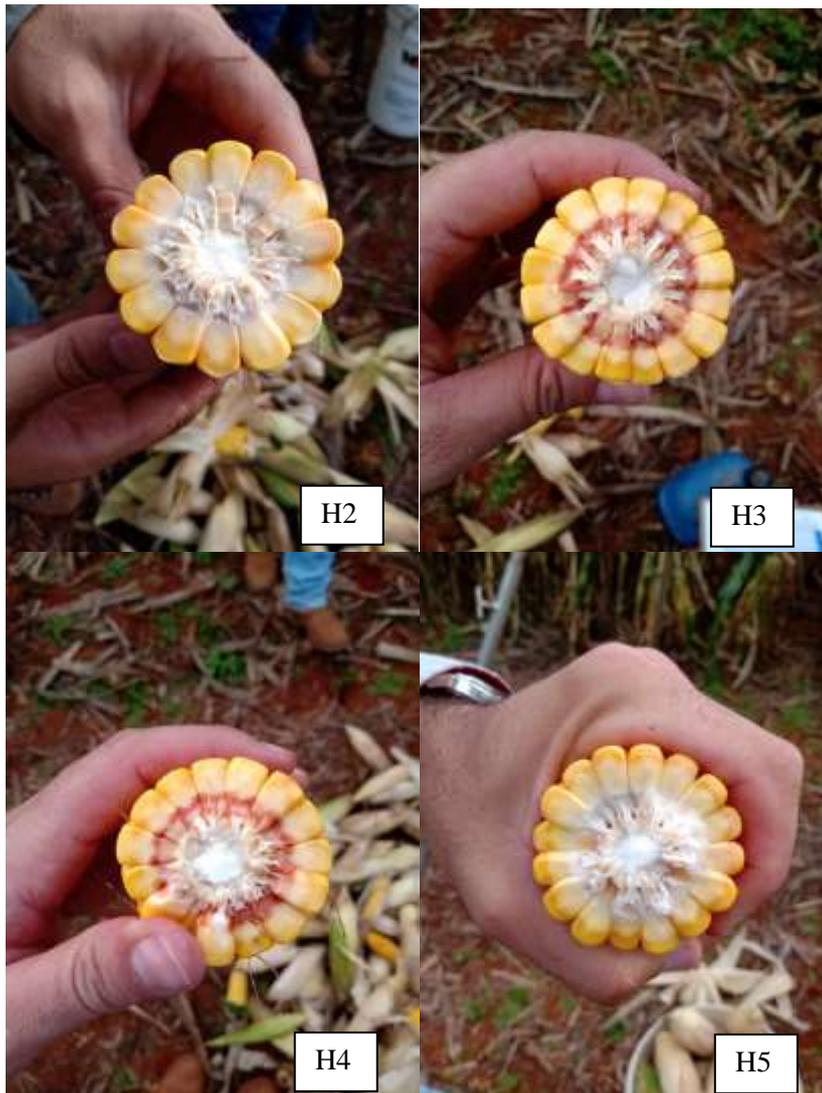


Figura 1. Fotos do estágio de maturação do Grupo 1 no momento da colheita. Na sequência H2, H3, H4 e H5.

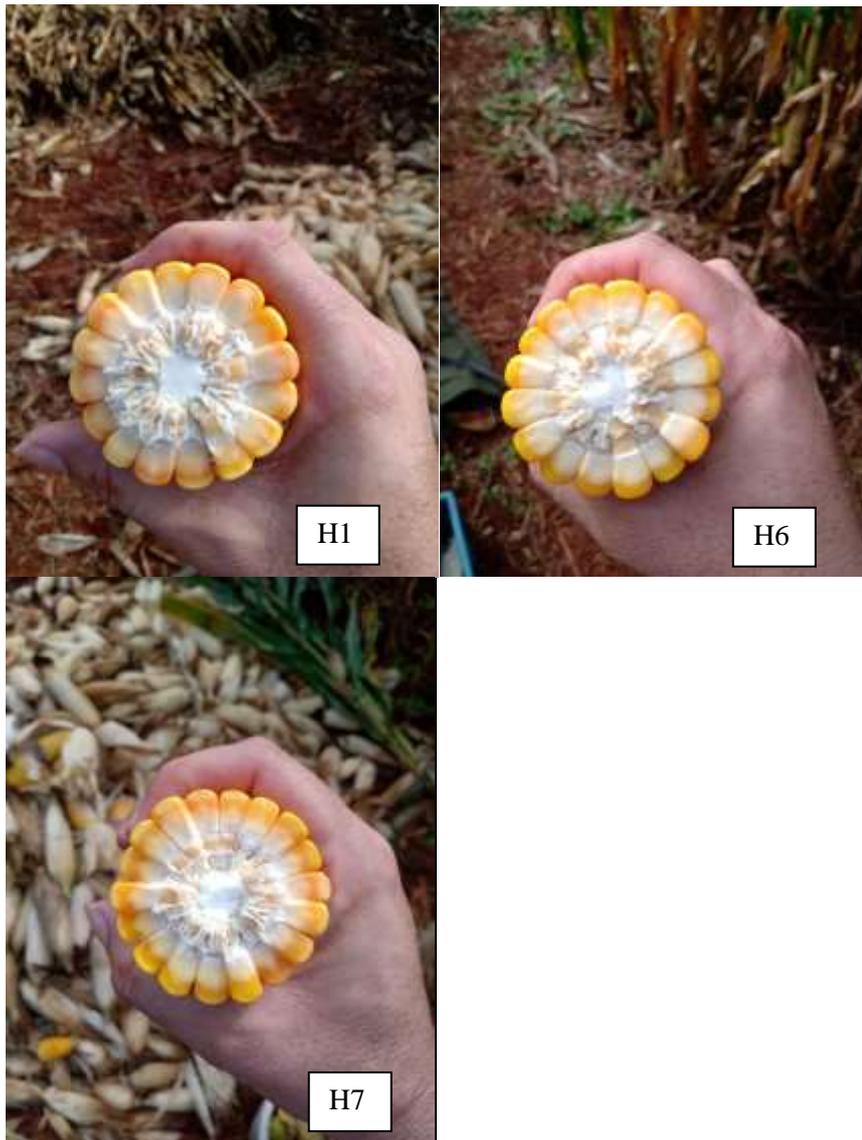


Figura 2. Fotos do estágio de maturação do Grupo 2 no momento da colheita. Na sequência H1, H6 e H7.

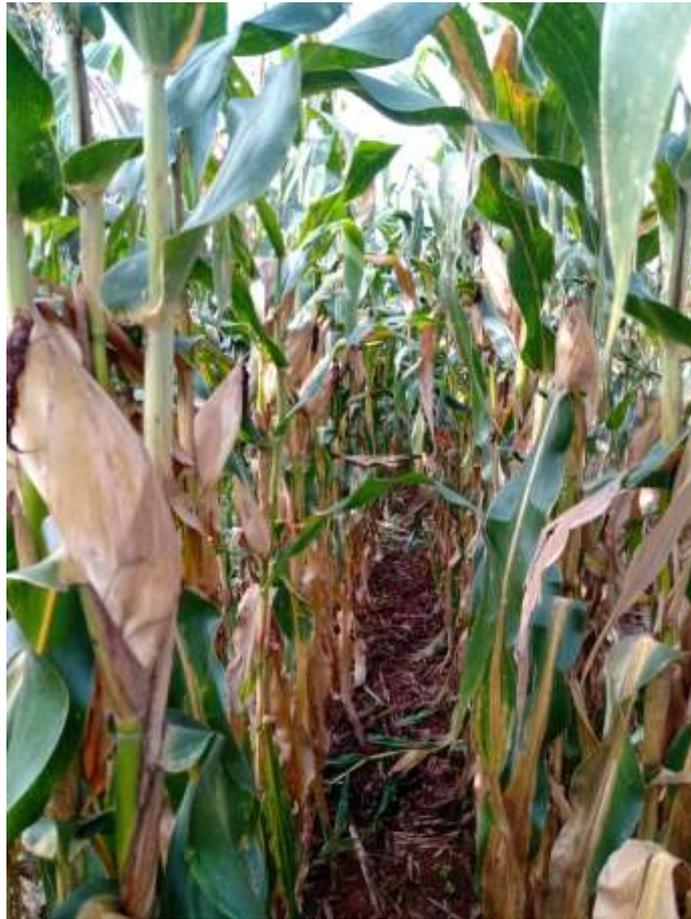


Figura 3. Foto da planta inteira mostrando o estágio de maturação médio das parcelas no momento da colheita.

5.3.1. Avaliações de Caracteres Agronômicos

Os caracteres agronômicos avaliados foram:

Altura de plantas (AP): As avaliações foram feitas 20 dias após o florescimento, com o auxílio de uma régua graduada, medindo a distância da base da planta até a inserção da folha bandeira, com obtenção do valor médio de plantas representativas da parcela.

Atura de inserção da espiga (AE): As avaliações foram feitas 20 dias após o florescimento, com o auxílio de uma régua graduada, medindo a distância da base da planta até a inserção da primeira espiga, com obtenção do valor médio de plantas representativas da parcela.

Nota de Doenças (ND): As avaliações foram feitas 20 dias após o florescimento. Foram realizadas com o auxílio da escala proposta pela Agrocerec (1996). As notas de severidade desta escala variam de 1 a 9 onde 1 = 0%; 2 = 1%; 3 = 2,5%; 4 = 5%; 5 = 10%; 6 = 25%; 7 = 50%; 8 = 75% e 9 = >75% de área foliar lesionada, considerando a severidade média das doenças em

todas as plantas da parcela. No momento da avaliação de nota de doenças, foi levantada também a doença predominante em cada parcela e a presença de sintomas de enfezamento.

Produtividade da porção vegetativa (folha + colmo): Avaliada no momento da colheita pesando as plantas colhidas na parcela, cortadas a 30 cm do solo. As plantas das parcelas foram segregadas quanto à porção vegetativa pesadas separadamente com o auxílio de uma balança digital e os valores extrapolados por hectare.

Produtividade de espigas: Avaliada no momento da colheita. As plantas das parcelas foram segregadas quanto à porção espigas, pesadas separadamente com o auxílio de uma balança digital e os valores extrapolados por hectare. O dado foi utilizado para a construção da variável relação espiga/planta, que corresponde à quantos por cento o peso da espiga representa em relação ao peso da planta inteira (espigas + porção vegetativa).

Produtividade de Massa Verde: Avaliada no momento da colheita pesando as plantas colhidas na parcela, cortadas a 30 cm do solo, sendo o somatório da produtividade da porção vegetativa + espigas.

Plantas acamadas e quebradas (A+Q): Avaliado no momento da colheita realizando a contagem de plantas acamadas ou quebradas em cada parcela útil (2 linhas centrais). As plantas acamadas e quebradas foram consideradas na contagem do stand de plantas, porém não foram pesadas para estimativa de produtividade de MV e MS.

Produtividade de Matéria Seca: As análises bromatológicas calcularam o teor de MS, que foi utilizado para corrigir a produtividade de Matéria Verde para Matéria Seca.



Figura 4. Foto do momento da colheita, pesagem das parcelas com o auxílio do tripé e da balança digital.

5.3.2. Avaliações de Valores Bromatológicos

Durante a colheita, foi selecionada uma planta representativa de cada parcela para moagem e determinação dos valores bromatológicos. As plantas das parcelas foram picadas em ensiladeira estacionária, com motor elétrico e tamanho de partículas médio regulado para 18 mm.

As amostras frescas obtidas após a moagem de cada parcela foram embaladas em sacos plásticos, despressurizadas e congeladas. Posteriormente foram enviadas ao laboratório particular da Agrocerec em Rio Claro-SP, onde foram analisadas via NIRS, com exceção da MS, de acordo com os protocolos definidos pelo laboratório, possibilitando comparar as diferenças e o potencial dos híbridos avaliados.



Figura 5. Imagem do momento da moagem das parcelas em ensiladeira estacionária.



Figura 6. Imagem das amostras despressurizadas e acondicionadas no congelador, aguardando envio ao laboratório.

Foram feitas análises bromatológicas dos seguintes parâmetros:

- **Matéria seca MS (%):** Pré-secagem à 65°C para permitir a moagem e conservação das amostras. A umidade perdida na pré-secagem também é contabilizada para a determinação da MS. Secagem em estufa com controle de temperatura. Temperatura superior ao ponto de ebulição da água (105°C), até se obter a constância de peso da amostra.
- **Proteína bruta PB (%MS):** NIRS de bancada.
- **Fibra em detergente neutro (FDN) (%MS):** NIRS de bancada.
- **Fibra em detergente ácido (FDA) (%MS):** NIRS de bancada.
- **Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) (%MS):** NIRS de bancada.
- **Etrato Etéreo (EE) (%MS):** NIRS de bancada.
- **Amido (%):** NIRS de bancada.

As análises via NIRS utilizam de espectrometria de infravermelho próximo, baseadas na interação da matéria física com a luz na região do infravermelho próximo (700 a 2500 nm). A refletância ou absorção dos raios de luz pelas amostras é comparada matematicamente com espectros de amostras previamente analisadas por química convencional padronizada e aprovada pela indústria e que seguem uma metodologia específica. Esta comparação permite a calibração do equipamento. Amostras calculadas por NIRS se tornam confiáveis quando vem de amostras de referência cuidadosamente selecionadas e preparadas para calcular a relação de absorção para concentração (Lei de Beer: absorção de luz = fator de ajuste x comprimento do caminho x concentração) (SAPIENZA et al., 2008).

Um software especializado utiliza, portanto, as relações matemáticas para combinar os espectros de NIRS e a química de referência que os acompanha para gerar um modelo preditivo usado para prever a composição das amostras teste. Quanto maior a quantidade de amostra dos alimentos avaliados via NIRS, mais confiáveis são os resultados das análises destes alimentos (SAPIENZA et al., 2008). A silagem de milho é amplamente analisada em laboratórios no mundo todo, portanto gera curvas seguras de predição de sua composição via análise NIRS.

O software utilizado foi o ISISCAN e o equipamento NIRS modelo XDS Rapid Content Analyzer da Foss NIRSystems. As amostras de cada parcela foram previamente moídas com granulometria padrão de 0,5 mm, homogeneizadas e inseridas nas cápsulas do equipamento, onde é preciso preencher todo seu conteúdo, compactando-a, pois caso a amostra não preencha totalmente a área poderá comprometer a análise. Logo após as amostras foram inseridas no equipamento, que, operado pelo software, realizou as leituras das curvas, apresentando ao final

as informações relacionadas a cada amostra e os resultados de cada parâmetro analisado (PB, FDN, FDA, NDT, EE e Amido).

5.4. Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi subdividido em duas etapas: Avaliações de caracteres agronômicos e avaliações de valores bromatológicos.

Para as avaliações destas características foram consideradas as variáveis 4 densidades populacionais (55, 65, 75 e 85 mil plantas ha⁻¹) e 7 híbridos, em 3 repetições, conduzido em DBC com arranjo fatorial (4 x 7), sendo 4 o número de densidades populacionais, 7 o número de híbridos, em 3 repetições, totalizando 84 unidades experimentais.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do pacote computacional SISVAR® (Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados) (FERREIRA, 1999). As médias das variáveis agronômicas e bromatológicas foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Foram feitos gráficos de regressão que mostram o comportamento dos híbridos quanto às variáveis avaliadas nas diferentes densidades populacionais.

6 RESULTADOS

6.1. CARACTERES AGRONÔMICOS

Os dados de produtividade e todas as variáveis de caracteres agronômicos estudadas, foram influenciadas ($P < 0,001$) pelos híbridos (tabela 6). Os híbridos 1, 2 e 6 apresentaram as maiores e os híbridos 3, 4, 5 e 7 apresentaram as menores produtividades de massa verde (MV) ha⁻¹, não diferindo estatisticamente entre si (tabela 7). Os híbridos 1,2 e 6 também apresentaram maiores médias de produtividade de matéria seca (MS) ha⁻¹, enquanto os híbridos 3,4 e 5 apresentaram as menores ($P < 0,05$) (tabela 7).

Os híbridos 2, 6 e 7 apresentaram maior altura de plantas (AP), não diferindo entre si, enquanto o híbrido 5 apresentou menor ($P < 0,05$), os outros híbridos tiveram valores intermediários (tabela 7). Os híbridos que apresentaram maior altura de espigas (AE) foram 1, 2, 6 e 7, não diferindo estatisticamente entre si e os híbridos 4 e 5 apresentaram as menores médias ($P < 0,05$) (tabela 7). Os híbridos 1, 2, 5 e 7 apresentaram as maiores médias de relação

espiga/planta, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto os híbridos 4 e 6 apresentaram as menores médias de relação espiga/planta ($P < 0,05$) (tabela 7).

Em relação às notas de doenças (ND), os híbridos 5 e 3 apresentaram as maiores notas de doenças (ND), enquanto os híbridos 1, 2, 6, e 7 foram os que apresentaram as menores notas de doenças, não diferindo estatisticamente entre si ($P < 0,05$) (tabela 7). A doença foliar predominante observada na maioria das parcelas foi a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*). Ela foi observada em 76% das parcelas. Outro fator avaliado, foi a incidência de sintomas de enfezamento e 36% das parcelas apresentaram sintomas. Os híbridos 3 e 4 foram os que mais apresentaram sintomas de enfezamento. No geral os sintomas de enfezamento observados foram amenos, não prejudicando a altura de plantas, apenas expressando na maioria das vezes mudança de coloração na área foliar e em alguns casos ressecamento das espigas.

Tabela 6. Coeficiente de variação, erro padrão da média e probabilidade dos efeitos de híbrido de milho, densidade populacional e interação dos dois fatores sobre as variáveis agrônômicas estudadas.

Variável	Híbrido	Densidade Populacional	Híbrido x Dens. Populacional	CV	EPM
AP (cm)	<0,001	0,032	0,920	3,76	3,017
AE (cm)	<0,001	0,286	0,214	6,91	3,162
ND	<0,001	0,025	0,215	15,74	0,229
A+Q	<0,001	<0,001	0,037	112,71	0,205
MV (ton ha ⁻¹)	<0,001	0,015	0,758	9,57	1,545
MS (ton ha ⁻¹)	<0,001	0,010	0,955	10,60	0,612
E/P (%)	<0,001	0,525	0,801	4,86	0,523

AP: altura de plantas; AE: altura de inserção da primeira espiga; ND: nota de doenças; A+Q: acamadas e quebradas; MV: produtividade massa verde; MS: produtividade matéria seca; E/P: relação espiga/planta.

Tabela 7. Tabela de médias de caracteres agronômicos para híbridos.

Variável	Tratamentos						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
AP (cm)	271,25b	289,58a	271,25b	267,08bc	257,91c	300,42a	288,75a
AE (cm)	168,33a	165,41a	150,83b	137,08c	141,25bc	175,00a	172,50a
ND	3,75a	4,08a	6,50bc	5,67b	6,75c	4,25a	4,33a
A+Q	0,08b	0,08b	0,25b	0,17b	0,42b	1,50a	1,92a
MV (ton.ha ⁻¹)	58,69ab	64,31a	51,08c	53,55bc	50,47c	61,69a	51,85c
MS (ton.ha ⁻¹)	21,93a	22,50a	17,52b	17,86b	18,57b	21,87a	19,88ab
E/P (%)	39,33a	39,12a	36,38bc	34,00d	38,95a	34,94cd	38,27ab

Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. AP: altura de plantas; AE: altura de inserção da primeira espiga; ND: nota de doenças; A+Q: acamadas e quebradas; MV: produtividade massa verde; MS: produtividade matéria seca; E/P: relação espiga/planta.

A densidade populacional afetou significativamente nas produtividades de Massa Verde ha⁻¹ ($P = 0,0147$) e Matéria Seca ha⁻¹ ($P = 0,0102$). Houve aumento linear da produção de massa verde, de 53,15 a 58,36 Ton. MV ha⁻¹ com o aumento da densidade populacional de 55 até 85 mil plantas ha⁻¹, sendo observado o aumento de 176 kg de MV há⁻¹ para cada aumento de mil plantas na densidade populacional (figura 7). Da mesma forma foi observado aumento linear na produção de matéria seca, de 19,15 a 21,16 Ton. MS ha⁻¹ com o aumento da densidade de plantas de 55 para 85 mil plantas ha, sendo observado o aumento de 71 kg de MS há⁻¹ para cada aumento de mil plantas na densidade populacional (figura 8). Este comportamento foi observado independente do híbrido utilizado.

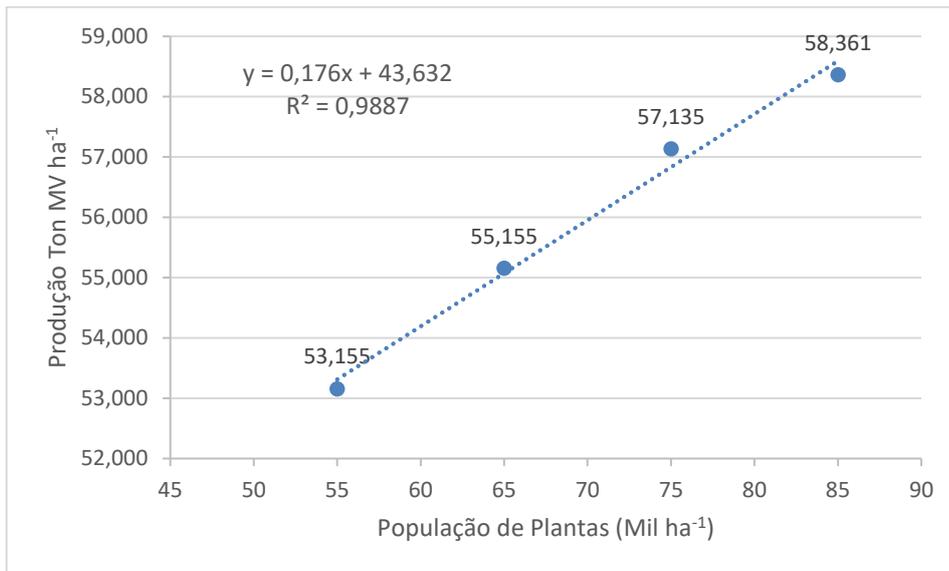


Figura 7. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de produção de MV ha⁻¹ em função dos níveis de densidade populacional.

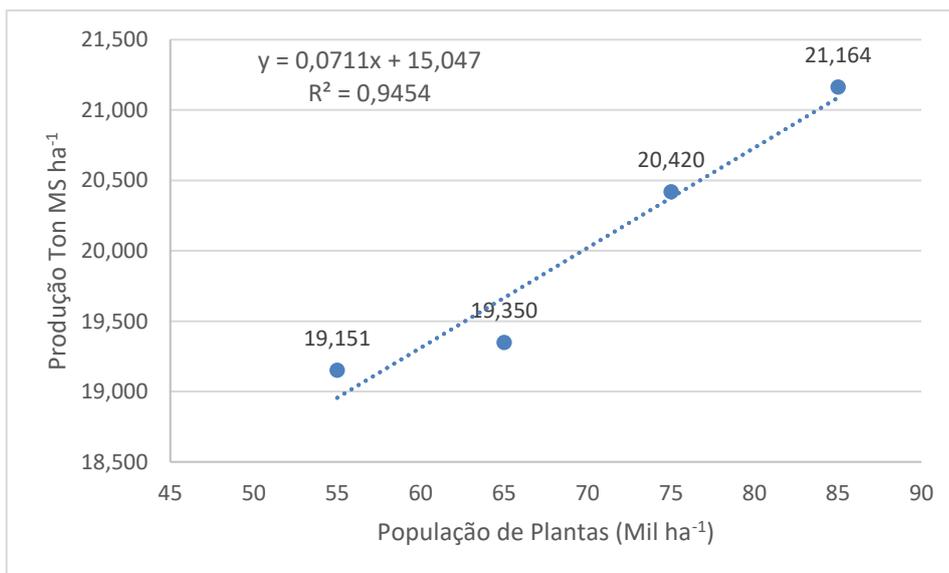


Figura 8. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de produção de MS ha⁻¹ em função dos níveis de densidade populacional.

Houve efeito da densidade populacional sobre altura de plantas (AP) ($P = 0,032$) e nota de doenças ($P = 0,025$). Foi observado aumento linear de 273,81cm para 282,38cm em altura de plantas e de 4,62 para 5,38 em nota de doenças à medida em que aumentou a densidade de plantas de 55 para 85 mil plantas há⁻¹, sem interação entre os fatores (figura 9 e 10). A altura de plantas aumentou 0,307 cm a cada aumento de mil plantas na densidade populacional e as notas de doenças aumentaram 0,024 a cada aumento de mil plantas na densidade populacional.

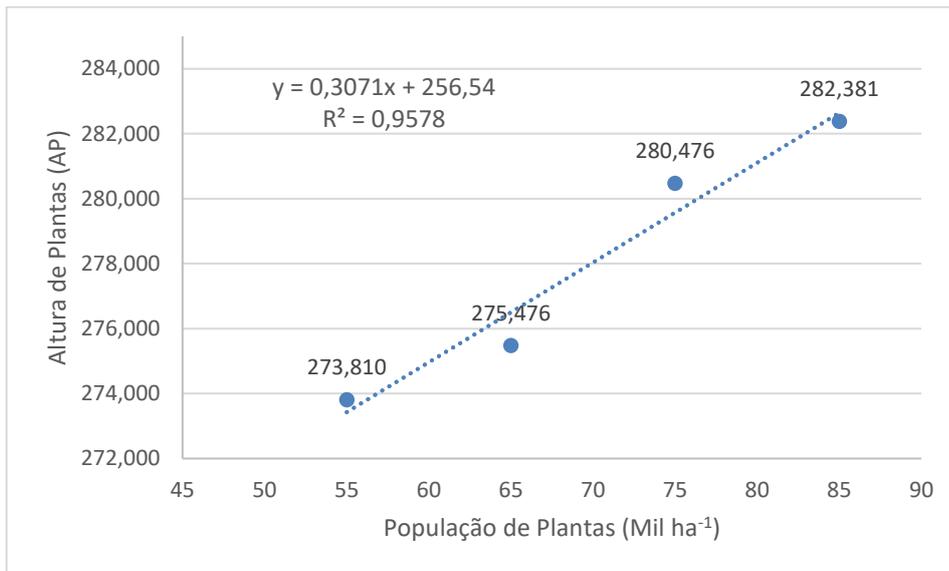


Figura 9. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de altura de plantas (AP) (cm) em função dos níveis de densidade populacional

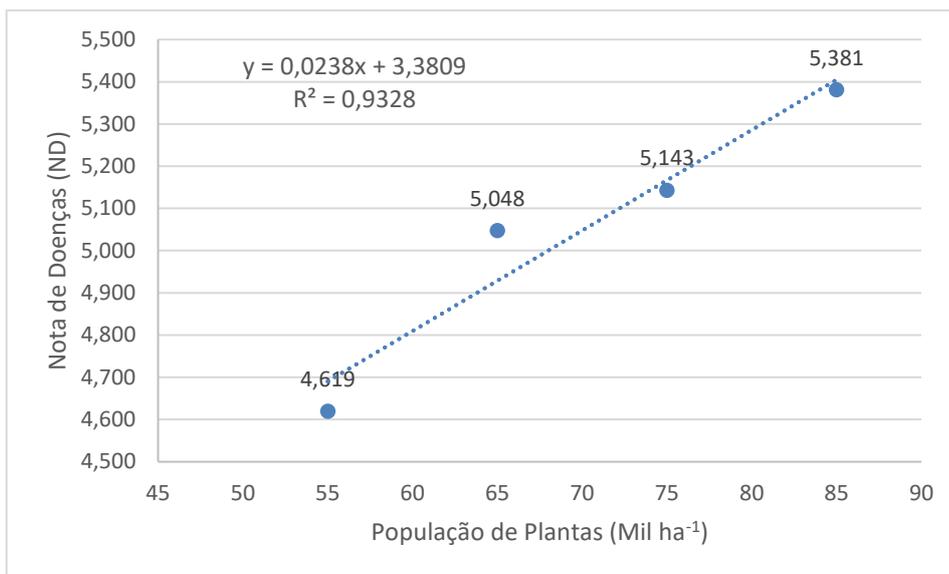


Figura 10. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de nota de doenças (ND) em função dos níveis de densidade populacional.

As variáveis altura de espiga e relação espiga/planta, não foram influenciadas estatisticamente pela alteração da densidade populacional ($P > 0,05$). A tabela 8 apresenta os pesos médios de espigas e de planta inteira das parcelas. Estes dados foram utilizados para confeccionar a variável relação espiga/planta.

Tabela 8. Pesos médios de espigas e de planta inteira (espiga+porção vegetativa) em kg.

Híbrido	Densidade Populacional							
	55.000		65.000		75.000		85.000	
	PME	PMPI	PME	PMPI	PME	PMPI	PME	PMPI
1	0,415	1,044	0,373	0,938	0,304	0,790	0,264	0,672
2	0,431	1,066	0,369	0,974	0,347	0,901	0,315	0,797
3	0,323	0,893	0,281	0,779	0,230	0,644	0,246	0,662
4	0,300	0,890	0,267	0,782	0,251	0,744	0,237	0,690
5	0,317	0,837	0,300	0,760	0,290	0,738	0,232	0,601
6	0,385	1,129	0,308	0,895	0,293	0,823	0,270	0,762
7	0,345	0,905	0,298	0,812	0,276	0,706	0,240	0,623

PME: peso médio de espigas, PMPI: peso médio de planta inteira (espiga+porção vegetativa).

A interação híbrido x densidade populacional foi significativa apenas à variável plantas acamadas e quebradas ($P = 0,037$) (tabela 6). A comparação dos híbridos dentro de cada densidade populacional é apresentada na tabela 9. Foi observada diferença entre os híbridos apenas nas densidades 75 e 85 mil plantas ha^{-1} . Com 75 mil plantas ha^{-1} , os híbridos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram valores semelhantes e inferiores ao híbrido 6, que apresentou as maiores médias de plantas acamadas e quebradas. O Híbrido 7 foi semelhante a todos os outros. Com 85 mil plantas ha^{-1} , os mesmos híbridos apresentaram as menores médias de plantas acamadas e quebradas, seguido pelos híbridos 6 e 7, que apresentaram os maiores valores.

Tabela 9. Média de plantas acamadas e quebradas (A+Q) dos híbridos em cada densidade populacional.

Híbrido	Densidade Populacional			
	55.000	65.000	75.000	85.000
1	0,00	0,00	0,00 a	0,33 a
2	0,00	0,33	0,00 a	0,00 a
3	0,00	0,00	0,33 a	0,67 a
4	0,00	0,00	0,00 a	0,67 a
5	0,00	0,00	0,33 a	1,33 ab
6	0,00	1,67	2,33 b	3,67 c
7	0,33	1,33	1,67 ab	2,67 bc

Médias seguidos pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento da densidade populacional dentro de cada híbrido, observou-se que houve diferença apenas para os híbridos H6 e H7 (figura 11). Observou-se uma maior incidência de plantas acamadas e quebradas à medida que se intensificou a densidade populacional ($P < 0,001$) para os dois híbridos, porém com intensidade diferente. Houve

maiores quantidades de plantas acamadas e quebradas nas parcelas com densidade populacional de 85 mil plantas ha^{-1} , e menores quantidades de plantas acamadas e quebradas na densidade populacional de 55 mil plantas ha^{-1} tanto para o H6 quanto para o H7. No H6 houve aumento de 0,117 e no H7 aumento de 0,07 plantas acamadas a cada mil plantas a mais na densidade populacional.

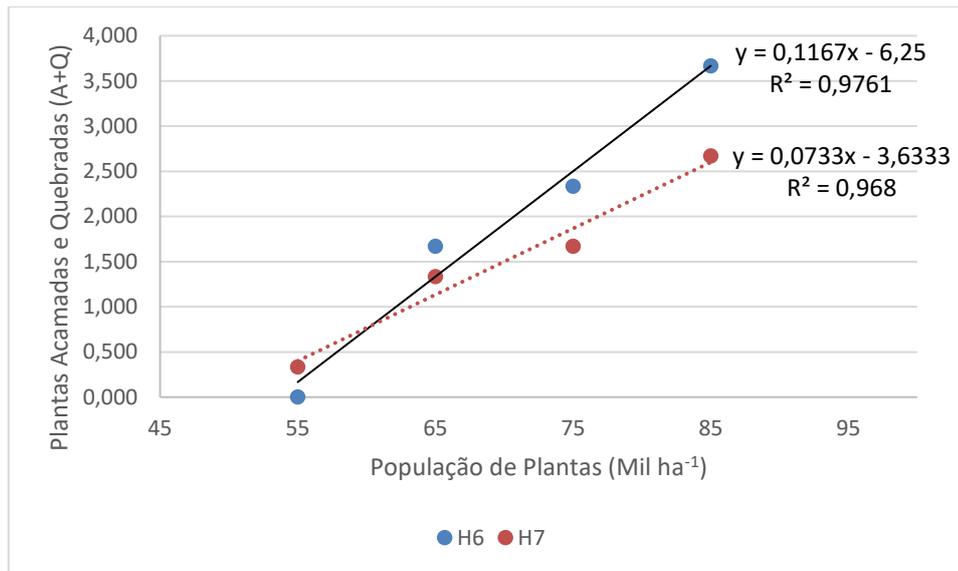


Figura 11. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de plantas acamadas e quebradas (A+Q) dos híbridos H6 e H7 em função dos níveis de densidade populacional.

6.2. VALORES BROMATOLÓGICOS

Todas as variáveis de valores bromatológicos foram influenciadas estatisticamente pelos híbridos ($P < 0,05$), com exceção do NDT e FDN. Nenhuma variável bromatológica foi influenciada pela densidade populacional ($P > 0,05$), porém houve interação significativa entre híbridos e densidade populacional ($P < 0,05$) para todas as variáveis bromatológicas, com exceção à MS e NDT (tabela 10).

Com relação ao teor de MS, houve efeito apenas de híbrido. A média geral de MS das parcelas foi de 35,88%. O H7 apresentou teor de MS superior aos híbridos H2, H3 e H4, porém semelhante aos híbridos H1, H5 e H6 (tabela 11). Não houve alteração estatisticamente significativa de teor de MS entre as densidades populacionais, e nem na interação híbrido x

densidade populacional ($P > 0,05$). Com relação ao NDT, não houve efeito de nenhum dos fatores estudados e nem da sua interação (tabela 10).

Tabela 10. Coeficiente de variação, erro padrão da média e probabilidade dos efeitos de híbrido de milho, densidade populacional e interação dos dois fatores sobre as variáveis bromatológicas estudadas.

Variável	Híbrido	Densidade Populacional	Híbrido x Dens. Populacional	CV	EPM
MS (%)	<0,001	0,128	0,389	6,05	0,627
PB (%MS)	<0,001	0,627	0,015	4,92	0,079
FDN (%MS)	0,126	0,631	0,027	6,09	0,760
FDA (%MS)	0,012	0,424	0,028	5,04	0,370
NDT (%MS)	0,474	0,777	0,104	1,91	0,341
EE (%MS)	<0,001	0,544	<0,001	6,29	0,033
AMIDO (%MS)	0,013	0,273	0,014	9,21	0,678

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais; EE: extrato etéreo. Dados da composição bromatológica são apresentados como porcentagem da MS.

Tabela 11. Tabela de médias de valores bromatológicos para os híbridos.

Variável	Tratamentos						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
MS (%)	37,42ab	35,00bcd	34,41cd	33,42d	37,08abc	35,58abcd	38,25a
PB (%MS)	5.83a	5.33cd	5.84a	5.49bcd	5.72ab	5.19d	5.62abc
FDN (%MS)	43.93	42.76	42.30	41.73	43.42	44.35	44.22
FDA (%MS)	26.40a	25.59ab	25.12ab	24.42b	25.10ab	25.84ab	25.82ab
NDT (%MS)	61.47	61.71	61.69	62.50	61.71	61.65	61.84
EE (%MS)	2.52a	2.41abc	2.33bc	2.22c	2.47ab	2.31bc	2.53a
Amido (%MS)	24.82ab	25.63ab	26.95a	26.61a	26.15ab	23.58b	24.86ab

Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais; EE: extrato etéreo. Dados da composição bromatológica são apresentados como porcentagem da MS.

Os híbridos 1 e 3 apresentaram os maiores teores de Proteína Bruta (PB), enquanto o híbrido 6 apresentou os menores teores, independente da densidade populacional (tabela 11). O híbrido 1 apresentou maiores teores de FDA, enquanto híbrido 4 apresentou os menores teores, independente da densidade populacional. Os demais tiveram valores intermediários, porém não diferiram destes estatisticamente destes dois (tabela 11).

Os híbridos 1 e 7 apresentaram os maiores teores de EE, enquanto o híbrido 4 apresentou o menor teor, independente da densidade populacional (tabela 11). Os híbridos 3 e 4 apresentaram os maiores teores de amido, enquanto o híbrido 6 apresentou o menor teor de amido, independente da densidade populacional. Os demais tiveram valores intermediários, porém não diferiram destes estatisticamente destes três (tabela 11).

A interação híbrido x densidade populacional, indica que o efeito da densidade populacional é dependente do híbrido e vice-versa.

A tabela 12 apresenta os dados do desdobramento da interação dos híbridos dentro de cada densidade populacional, para as variáveis proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e amido, que tiveram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

Tabela 12. Média dos valores bromatológicos dos híbridos no desdobramento da interação de híbrido dentro de cada densidade populacional.

Híbrido	Densidade Populacional			
	55.000	65.000	75.000	85.000
PB (%MS)				
1	5,87 a	5,69 abc	5,98 a	5,77 ab
2	5,20 ab	5,43 bc	5,44 ab	5,27 ab
3	5,59 ab	6,24 a	5,74 ab	5,78 ab
4	5,52 ab	5,03 c	5,57 ab	5,83 a
5	5,69 ab	5,81 ab	5,71 ab	5,68 ab
6	5,09 b	5,35 bc	5,22 b	5,11 b
7	5,83 a	5,96 ab	5,28 b	5,43 ab
FDN (%MS)				
1	47,26 a	44,29 ab	42,22	41,96
2	41,23 ab	44,44 ab	42,61	42,75
3	43,57 ab	42,23 ab	43,80	39,61
4	38,50 b	39,16 b	44,64	44,61
5	41,35 ab	43,06 ab	43,82	45,46
6	43,25 ab	46,18 a	44,89	43,08
7	43,22 ab	44,47 ab	43,56	45,61
FDA (%MS)				
1	28,02 a	26,15 ab	25,78	25,67
2	24,63 b	27,30 a	25,22	25,21
3	26,19 ab	24,86 ab	25,57	23,85
4	23,54 b	23,36 b	25,66	25,10
5	25,96 ab	25,24 ab	24,36	24,85
6	26,12 ab	26,75 a	25,65	24,83
7	24,79 b	25,37 ab	27,19	25,93
EE (%MS)				
1	2,41 bc	2,34 ab	2,62 a	2,70 a
2	2,45 abc	2,29 ab	2,53 ab	2,36 ab
3	2,28 bc	2,20 b	2,41 abc	2,42 ab
4	2,28 bc	2,40 ab	2,13 c	2,09 b
5	2,59 ab	2,41 ab	2,48 abc	2,38 ab
6	2,21 c	2,32 ab	2,31 abc	2,42 ab
7	2,81 a	2,63 a	2,19 bc	2,48 a
AMIDO (%MS)				
1	21,37 b	24,27 ab	25,91	27,72
2	27,21 ab	23,47 ab	25,83	26,01
3	25,61 ab	26,54 ab	26,21	29,42
4	29,70 a	28,98 a	23,09	24,68
5	27,29 a	26,37 ab	26,29	24,63
6	24,57 ab	22,57 b	22,46	24,73
7	25,71 ab	24,85 ab	23,67	25,23

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo.

Na comparação dos híbridos dentro de cada densidade populacional, para os teores de PB, verificou-se que na densidade de 55 mil plantas ha^{-1} , os híbridos H1 e H7 apresentaram maiores valores, sendo estes superiores ao H6, porém semelhantes aos outros híbridos. Na densidade de 65 mil plantas ha^{-1} o híbrido H3 apresentou os maiores valores de PB e o híbrido H4 apresentou os menores valores, enquanto os demais apresentaram valores intermediários. Com 75 mil plantas ha^{-1} , o híbrido com maior teor de PB foi o H1, que foi superior aos híbridos H6 e H7, enquanto os outros foram semelhantes a estes três. E com 85 mil plantas ha^{-1} , o H4 foi superior ao H6, enquanto os outros foram semelhantes a estes dois (tabela 12).

No desdobramento de densidade populacional dentro de cada híbrido para proteína bruta (PB), houve diferença apenas para os híbridos 3, 4 e 7 (figura 12). O híbrido H3 apresentou um aumento da PB até o valor máximo calculado de 6,2% atingido na densidade de 71,8 mil plantas ha^{-1} , depois queda. O híbrido H4 apresentou menor teor calculado de PB (5,33%) com 65,24 mil plantas ha^{-1} , depois aumento, sendo o maior teor de PB encontrado na maior densidade (85 mil plantas ha^{-1}). O híbrido H7 apresentou comportamento linear de queda de PB a medida que se aumentou a densidade populacional de 55 para 85 mil plantas ha^{-1} , com decréscimo de 0,019% no teor de PB a cada mil plantas na densidade. Para os híbridos H3 e H7 não foi encontrada uma equação que explicasse bem o comportamento dos dados em função das densidades de plantas.

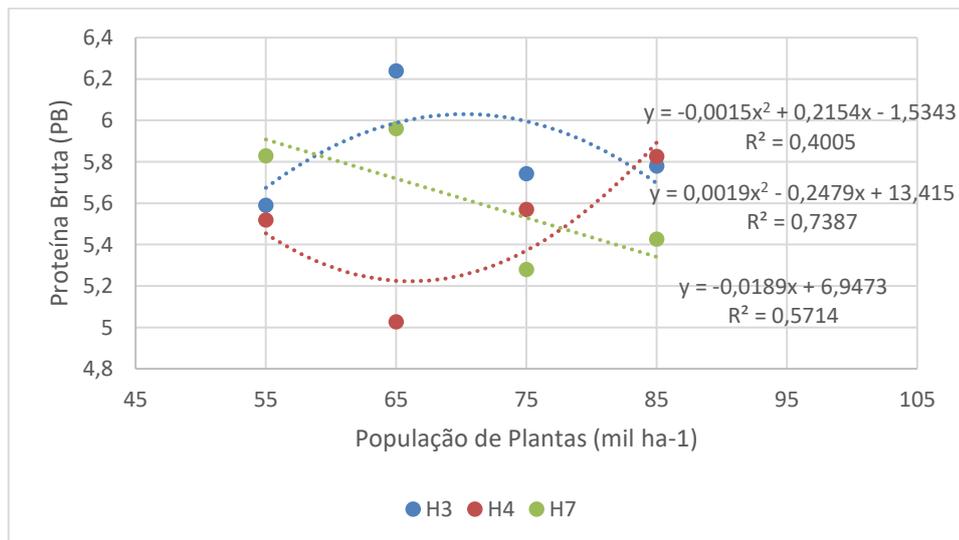


Figura 12. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de proteína bruta (PB) dos híbridos H3, H4 e H7 em função dos níveis de densidade populacional.

Os teores de FDN dos híbridos dentro de cada densidade populacional, foram diferentes apenas nas densidades de 55 e 65 mil plantas ha^{-1} (Tabela 12). Com 55 mil plantas ha^{-1} , o H1 apresentou o maior e o H4 o menor teor de FDN, enquanto os outros híbridos apresentaram valores intermediários e semelhantes a estes dois. Na densidade de 65 mil plantas ha^{-1} , o H6 apresentou o maior e o H4 novamente o menor teor de FDN, enquanto os outros híbridos apresentaram valores intermediários e semelhantes a estes dois.

No desdobramento de densidade populacional, dentro de cada híbrido para fibra em detergente neutro (FDN), apenas para o híbrido H4, mostrou diferença nas médias com a alteração das densidades populacionais (figura 13). O híbrido H4 apresentou menor concentração de FDN (38,5%) na menor população de plantas (55 mil plantas ha^{-1}), crescendo linearmente 0,238% em teor de FDN a cada mil plantas na densidade populacional.

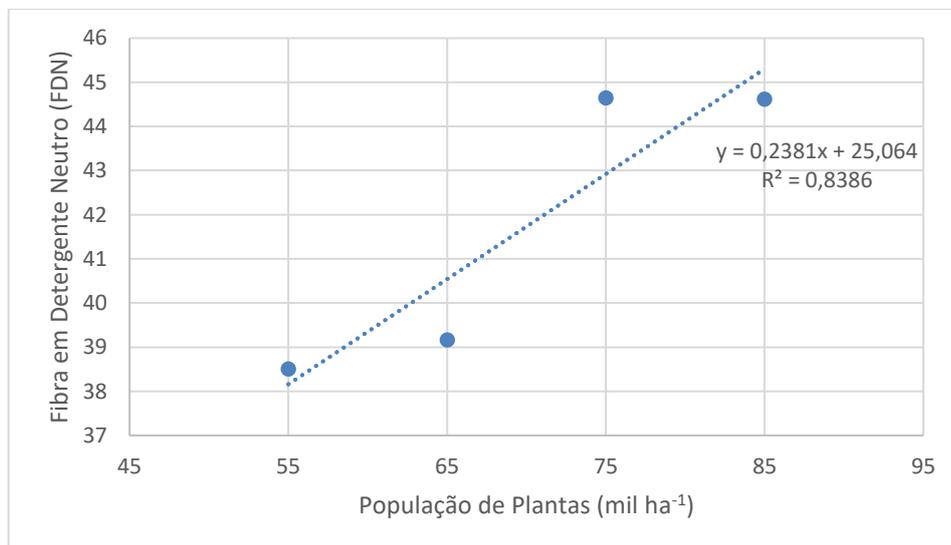


Figura 13. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de fibra em detergente neutro (FDN) do híbrido H4 em função dos níveis de densidade populacional.

Houve diferença significativa dos teores de FDA entre os híbridos nas densidades 55 e 65 mil plantas ha^{-1} (tabela 12). Com 55 mil plantas, os híbridos 2, 4 e 7 apresentaram valores menores que o híbrido 1, enquanto os outros foram intermediários e semelhantes a estes. Com 65 mil plantas ha^{-1} , o híbrido 4 teve menor valor de FDA que os híbridos 2 e 6, enquanto os outros foram intermediários e semelhantes a estes. Nenhum dos híbridos apresentaram diferenças estatisticamente significativas de fibra em detergente ácido (FDA) e nutrientes digestíveis totais (NDT), no desdobramento de densidade populacional dentro de cada híbrido.

A avaliação dos híbridos dentro de cada densidade populacional mostrou grande variação de extrato etéreo em todas as densidades, com valores variando de 2,09% a 2,81% (tabela 12). Na densidade populacional de 55 mil plantas ha⁻¹ o H7 apresentou o maior e o H6 o menor teor de EE, enquanto os demais apresentaram valores intermediários. Na densidade populacional de 65 mil plantas ha⁻¹ o H7 apresentou novamente o maior e o H3 o menor teor de EE, enquanto os demais apresentaram valores intermediários e semelhantes a estes dois. Na densidade populacional de 75 mil plantas ha⁻¹ o H1 apresentou o maior e o H4 o menor teor de EE, enquanto os demais apresentaram valores intermediários. Na densidade populacional de 85 mil plantas ha⁻¹ o H1 apresentou novamente o maior teor, juntamente com o H7 e o H4 apresentou novamente menor teor de EE, enquanto os demais apresentaram valores intermediários e semelhantes a estes três.

No desdobramento de densidade populacional, dentro de cada híbrido para extrato etéreo (EE), apenas os híbridos H1 e H7 mostraram diferenças estatisticamente significativas (figura 14). O H1 apresentou menor teor calculado de EE (2,38%) na população de 55,75 mil plantas ha⁻¹, depois aumento do teor de EE com o aumento da população, subindo até 2,7% com 85 mil plantas ha⁻¹. O H7 apresentou queda no teor de EE de 2,81% com 55 mil plantas ha⁻¹ para 2,57% com 73,58 mil plantas ha⁻¹, ponto mais baixo da curva de EE, depois aumento.

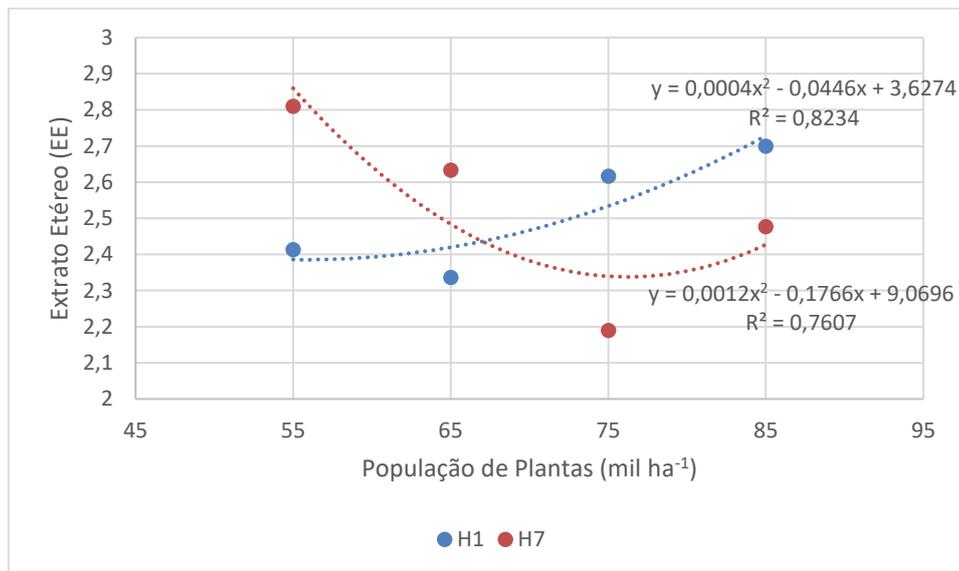


Figura 14. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de extrato etéreo (EE) dos híbridos H1 e H7 em função dos níveis de densidade populacional.

Foi observada variação significativa nos teores de amido entre os híbridos apenas nas densidades de 55 e 65 mil plantas ha^{-1} (tabela 12). Com 55 mil plantas ha^{-1} , os híbridos H4 e H5 apresentaram maiores valores que o híbrido H1, enquanto com 65 mil plantas ha^{-1} , o H4 apresentou maior valor que o H6. Os outros híbridos apresentaram valores intermediários, porém não diferenciaram destes.

No desdobramento de densidade populacional, dentro de cada híbrido para amido, os híbridos H1 e H4 mostraram diferenças estatisticamente significativas, sendo apresentado no figura 15 a curva de tendência dos híbridos. O híbrido H1 comportou-se de forma linear à medida que se aumentou população de plantas, aumentando 0,207% em teor de amido a cada mil plantas na densidade populacional. O híbrido H4 teve maior teor de amido (29,7%) com a menor população (55 mil plantas ha^{-1}), sofrendo queda no teor de amido até a população 87,77 mil plantas ha^{-1} , ponto de menor concentração de amido, com teor calculado de 24,18%.

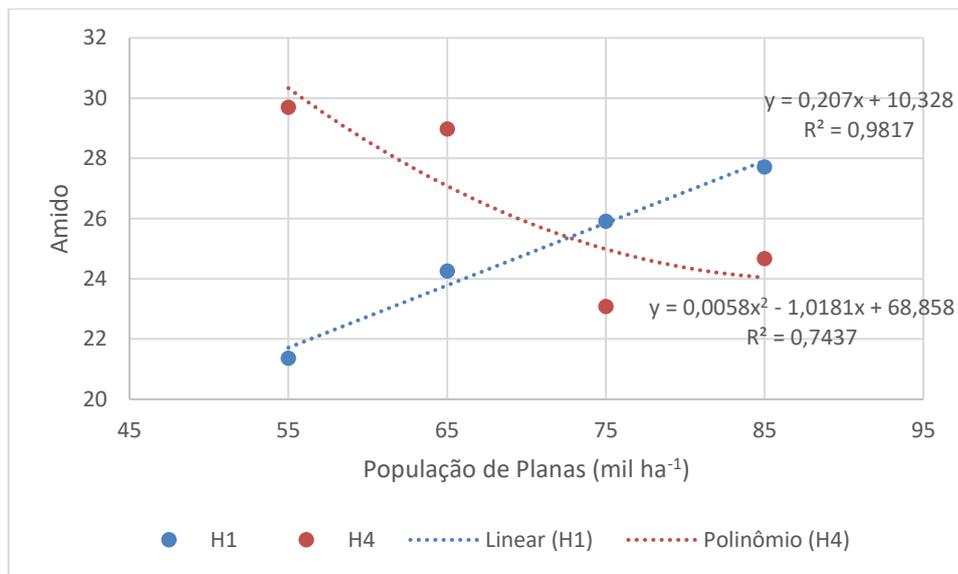


Figura 15. Representação gráfica, equação de regressão e coeficiente de determinação das médias de amido dos híbridos H1 e H4 em função dos níveis de densidade populacional.

7 DISCUSSÕES

Nussio (1991) recomenda que a MS de plantas que serão ensiladas devem estar em torno de 30 a 37%. A colheita foi conduzida de forma a atingir o mais próximo possível de 35 % de MS em todos os híbridos, para minimizar o efeito de MS na determinação dos caracteres agrônomicos e valores bromatológicos, portanto a média geral de MS das parcelas foi de

35,88%, com pequena variação entre os híbridos e nenhuma variação entre as densidades populacionais. Apenas o H1 e o H7 apresentaram valores de MS superiores aos 37%, o restante dos híbridos atingiu teor de MS dentro do recomendado, atingindo assim o objetivo do escalonamento da colheita em níveis de precocidade dos híbridos, que era o de colher as parcelas o mais próximo possível dos 35% de MS.

Vários autores (MACHADO et al., 2018, SEVERO, 2021, CRUZ *et al.*, 2021) encontraram em seus trabalhos efeitos estatisticamente significativos sobre os valores bromatológicos à medida que se aumentou a densidade populacional. Principalmente no teor de FDN e FDA que tende a aumentar com maior densidade populacional, pois ocorre aumento da participação de partes fibrosas (colmo e folhas), muitas delas de baixa digestibilidade.

Cabe salientar a importância destas variáveis, visto que as fibras obtidas por este método são compostas de celulose, hemicelulose e lignina, sendo os principais elementos determinantes da qualidade de uma forragem e, na silagem de milho, estes contribuem por aproximadamente 60% da matéria seca (BORGUI et al., 2007). A presença especialmente da lignina em grande quantidade é considerada negativa, pois é uma fração da fibra de menor degradabilidade no rúmen, menor aproveitamento pelo ruminante e conseqüentemente menor valor nutritivo (MENEZES, et al., 2021).

LIMA, 2020 observou em seu trabalho que a redução no espaçamento entre linhas promoveu maiores teores de FDN, FDA, celulose e hemicelulose, porém os teores de MS, MN (matéria mineral) e PB não foram afetados nem pelos espaçamentos e nem pelas densidades de plantio. NEUMANN, et al, 2018, no entanto, não observou alterações nos valores nutricionais (proteína bruta, matéria mineral, FDN, FDA e NDT) das silagens dos híbridos por ele estudado, submetidos às densidades populacionais de 60,70 e 80 mil plantas ha⁻¹, corroborando com este trabalho.

BAGDADI *et al.*, 2012, quando avaliou maiores densidades populacionais (90, 110 e 130 mil plantas ha⁻¹) observou que o adensamento da população de plantas reduziu a qualidade nutritiva da forragem, principalmente queda no teor de PB, aumento de FDA, e queda na digestibilidade da MS. O que nos leva a concluir que são necessários futuros trabalhos com densidades ainda maiores, para avaliarmos quando o adensamento populacional começa a interferir na qualidade bromatológica destes híbridos.

Os caracteres agrônômicos, principalmente produção de MS e MV ha⁻¹, foram significativamente alterados pela densidade populacional, independente do híbrido, no entanto

a interação híbrido x densidade populacional não foi significativa. NEUMANN et.al., 2018 encontrou resultados similares em seu trabalho, onde a variação em caracteres agronômicos como produção de biomassa e composição física da planta é observada à medida que se varia a densidade populacional, independente do híbrido, porém não apresentou interações significativas para a relação híbrido x densidade populacional. Mostrando o potencial que a densidade de plantas tem de incrementar positivamente caracteres agronômicos, independente do híbrido estudado.

No trabalho de NEUMANN et.al., 2018, os híbridos apresentaram 220 kg a mais de MS ha^{-1} a cada mil plantas na densidade populacional, valores ainda maiores que os observados neste trabalho. De maneira geral o adensamento populacional não alterou os valores nutricionais das silagens e trouxe resultados expressivos em incremento de produtividade, corroborando com os resultados deste trabalho.

LIMA, 2020, avaliando o efeito de diferentes espaçamentos (45 e 90 cm) e densidades populacionais (60, 70, 80 e 90 mil plantas ha^{-1}) do híbrido BM 3061 (também pertencente à Helix Sementes), também observou crescimento linear em produtividade de MV e MS ha^{-1} , sendo eles: 121 kg de MV a cada mil plantas na densidade populacional e 43 kg de MS a cada mil plantas na densidade populacional.

VELHO et al., 2020, relata em sua meta-análise que a média geral de produção de MS ha^{-1} dos trabalhos analisados a nível nacional é de 18,98 toneladas ha^{-1} . Considerando esta média, os híbridos utilizados neste trabalho produziram acima da média nacional, sendo a média de todas as parcelas 20,02 ton. de MS ha^{-1} . Os híbridos BM3066 PRO3 (H1), BM 3069 PRO3 (H2) e BM 3088 PRO4 (H6) apresentaram as maiores médias (21,93, 22,50 e 21,87 ton. MS ha^{-1} , respectivamente). Até mesmo os híbridos menos produtivos, apresentaram médias aproximadas à média geral nacional apresentada por VELHO et al., 2020 em seu trabalho, indicando a boa condução do trabalho e o potencial produtivo dos híbridos.

A produção de matéria seca ha^{-1} acompanhou a produção de massa verde ha^{-1} , que do ponto de vista prático é um resultado bastante atrativo ao produtor, uma vez que este incremento em produtividade à medida que se adensou população, representa um maior retorno por hectare, proporcionando a possibilidade de alimentar mais animais com um volumoso produzido na mesma área. BORGUI et al., 2007, pelo contrário, quando avaliou variações na densidade populacional, não observou diferenças na produtividade de matéria seca nas densidades de 55, 65 e 75 mil plantas ha^{-1} .

Ao contrário de MENDES, *et al.*, 2013 que concluiu que cada híbrido comportou de uma maneira ao adensamento populacional, neste trabalho todos os híbridos tiveram resultados estatisticamente positivos para caracteres agronômicos, principalmente produção de MS ha⁻¹, com o adensamento populacional, corroborando com os resultados de PEREIRA *et al.*, 2017, NEUMANN *et al.*, 2019, SEVERO, 2021 e ALVAREZ, *et al.*, 2006, que concluíram que quando cultivado em maior população de plantas as parcelas apresentaram maior produção de matéria seca por hectare.

O aumento da população de plantas, ao contrário do esperado não influenciou a relação espiga/planta. Esperava-se que, com uma quantidade maior de plantas por hectare, a proporção espiga/planta seria menor, porém não foi estatisticamente significativa, indicando novamente a alta capacidade produtiva dos híbridos de suportarem o adensamento populacional sem perder relação espiga/planta. Contradizendo NEUMANN *et al.*, 2019 que observou com o adensamento populacional uma redução na participação de espigas, e aumento na participação de folhas e colmo na silagem; PEREIRA *et al.*, 2017, que concluiu que o aumento na densidade de plantas reduz significativamente o número de espigas por planta e LIMA, 2020 que observou queda linear do número de espigas por planta com o aumento da densidade populacional. Estes dois últimos, porém, não avaliaram a relação espiga/planta e sim a quantidade média de espigas por planta.

As plantas submetidas as maiores densidades populacionais também apresentaram maior altura de plantas. Isso se deve a uma tendência natural de aumento da altura das plantas em situação de altas densidades populacionais (ARGENTA *et al.*, 2001). Plantas mais altas tendem a aumentar a participação de colmos e folhas, que apresentam maior concentração de FDA e FDN, e diminuir a participação de grãos, que possuem maior concentração de amido, na silagem, provocando uma tendência de aumento do teor de FDN e FDA e a diminuição do teor de amido do material ensilado (REZENDE *et al.*, 2015).

Os híbridos 3 e 4 que apresentaram maior teor de amido também são os que apresentaram menor produtividade de MV ha⁻¹ e MS ha⁻¹ e as menores alturas de plantas, juntamente com o H5 e H1. Conseqüentemente o híbrido 6 que apresentou menor teor de amido está entre os que apresentaram maior produtividade de MV e MS ha⁻¹ e maior altura de plantas. Quanto maior a altura de plantas e maior a produção de MV e MS ha⁻¹, menor a participação de grãos na silagem e menor o teor de amido. Os teores de FDA e FDN, no entanto, não foram afetados pela densidade populacional, isoladamente, neste trabalho.

A variável altura de inserção da espiga não apresentou diferença significativa com o aumento da densidade populacional. PEREIRA, *et al.*, 2017 no seu trabalho, também não encontrou diferença significativa para altura de inserção de espigas com o adensamento populacional. ALVAREZ, *et al.*, 2006, por sua vez, obteve maiores alturas de plantas e de espigas com a maior densidade populacional (75.000 plantas ha⁻¹) praticada em seu trabalho. DEMÉTRIO *et al.*, 2008, também encontrou aumento da altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga, além de redução do número de grãos por espiga. 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).

O aumento da densidade populacional para valores acima de 65.000 plantas ha⁻¹, que é o recomendado para a maioria dos híbridos no verão, na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, proporcionou maiores valores de produção de MV e MS ha⁻¹, porém apresentou maiores notas de doenças. A expressão do desempenho agrônômico ou potencial genético e produtivo dos híbridos está associada à resistência e/ou tolerância a determinados patógenos, que causam inúmeros prejuízos e perdas significativas da produção, podendo, também, ser responsáveis por intoxicações nos animais ocasionadas por micotoxinas (LUPATINI, *et al.*, 2004). As médias de notas de doenças dos híbridos estudados são consideradas baixas indicando boa tolerância genética às principais doenças.

Os híbridos, em geral, apresentaram maiores notas de doenças à medida que se aumentou a densidade populacional, independente do híbrido estudado. Resultados similares foram observados por CASA *et al.* 2007, que avaliou dois híbridos, em duas safras, submetidos à cinco densidades populacionais (25, 50, 75, 100 e 125 mil plantas ha⁻¹) e observou incremento linear na incidência de doenças com o aumento da densidade populacional. A justificativa à maior incidência a doenças é que a maior densidade populacional aumenta a competição por água, luz e nutrientes, levando a predisposição da planta ao ataque de patógenos.

A doença predominante identificada nas parcelas foi a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*). A helmintosporiose provoca lesões necróticas, elípticas, medindo de 2,5 a 15 cm. As primeiras lesões aparecem nas folhas velhas e em condições de ataque severo pode ocorrer a queima completa dos tecidos foliares. É considerada uma das doenças mais importantes do milho e pode causar perdas superiores a 40% da produção. Podem ser utilizadas como medidas

de controle a resistência genética, rotação de culturas e o uso de fungicidas a base de Propiconazol e Tebuconazol (COTA et al., 2013).

Outro fato observado no levantamento das notas de doenças foi a incidência de enfezamento. Este problema tem se destacado entre os mais preocupantes do milho, podendo provocar perdas de até 100% em produtividade. Os enfezamentos afetam grandemente o sistema fotossintético, diminuindo a síntese e competindo por fotoassimilados (OLIVEIRA et al., 2004). Além disso causam diversas alterações hormonais, principalmente em estruturas reprodutivas, inviabilizando-as (MICHEREFF, 2001). Para o controle de pragas fundamentado no Manejo Integrado de Pragas, deve-se realizar a rotação de culturas, sincronização da semeadura, eliminação de tigueras e tratamento de sementes (ALVES; FORESTI, 2017). Além disso, como controle químico do inseto vetor (*Daubulus Maydis*) existem 54 inseticidas registrados com essa finalidade à base de Tiametoxam, Lambda-cialotrina, Imidacloprido, Clotianidina, Acetamiprido, Beta-ciflutrina, Acefato, entre outros (AGROFIT, 2020).

A incidência de plantas acamadas e quebradas foi maior, no geral, quando se intensificou a densidade populacional e para alguns híbridos, como o H6 e H7, foi mais expressiva ainda. Resultados similares foram observados por (KAPPES, 2010; MARCHÃO et al., 2005, BRACHTVOGEL, 2008 e FERREIRA, 2012). O coeficiente de variação desta variável foi alto, 112,7%, este fato foi observado também em outros trabalhos (FERREIRA et al., 2009 e MARCHÃO et al., 2005). Segundo MARCHÃO et al. (2005) a ocorrência de altos valores de coeficiente de variação se explica muitas vezes pelo método de mensurar tais dados, sobretudo em experimentos com densidade de semeadura variável. Porém, deve-se considerar que os valores médios observados são relativamente baixos demonstrando que o acamamento não foi um fator limitante ao incremento na densidade de plantas. Conforme ARGENTA et al. (2001), o menor diâmetro do colmo e a sua maior fragilidade em altas densidades, favorecem o aumento da porcentagem de plantas acamadas e quebradas antes da colheita.

Vários trabalhos envolvendo densidades de plantas indicam a sua influência em diversos fatores agrônômicos e bromatológicos, porém vale lembrar que cada híbrido possui um potencial genético diferente que o leva à níveis de produtividades e sanidade diferentes. Os híbridos em geral suportaram as altas populações (85 mil plantas ha⁻¹) sem apresentar prejuízos em seus valores bromatológicos. Esse potencial genético associado com maiores doses de adubação nitrogenada pode proporcionar resultados de produtividade de MS por ha⁻¹ ainda maiores, como os observados por MENDES, et al., 2013.

8 CONCLUSÕES

Todos os híbridos mostraram diferenças nos caracteres agronômicos e valores bromatológicos.

A densidade populacional afetou os caracteres agronômicos, porém não afetou os valores bromatológicos.

A interação híbridos x densidade populacional afetou os valores bromatológicos, mostrando que a alteração dos valores bromatológicos com o adensamento populacional depende do híbrido.

O híbrido BM 3069 PRO3 (H2) apresentou as maiores produções de MV e MS ha⁻¹ e maiores alturas de plantas na densidade populacional de 85 mil plantas ha⁻¹, sem prejuízos aos valores bromatológicos, além de apresentar melhor sanidade foliar e baixa incidência de plantas acamadas e quebradas, sendo o mais indicado para o plantio com finalidade forrageira na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROCERES. Guia Agroceres de sanidade. São Paulo: Sementes Agroceres, 1996. 72p.

AGROFIT - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Consulta de Pragas e doenças. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>.

ALVAREZ, C.G.D.; VON PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de Características Agrônomicas e de Produção de Forragem e Grãos de Milho em Diferentes Densidades de Semeadura e Espaçamento entre Linhas. Ciênc. Agrotec., Lavras/MG, v.30; n.3, p. 402-408, 2006.

ALVES, E.; FORESTI, J. Manejo da cigarrinha e dos enfezamentos do milho. In: BIOGENE ARTIGOS. Anais eletrônicos. BioGene, 2017.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 29, p. 467-473, 2005.

ARGENTA, G. S.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BARROS NETO, V. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 1, p. 1-78, jan. 2001.

BAGHDADI, A.; HALIM, R. A.; MAJIDIAN, M. WAN DAUD W.N. AHMAD, I. Plant density and tillage effects on forage corn quality. Journal of Food, Agriculture & Environment, v.10, n.2, p.366-370, 2012.

BASTOS, M. S. Características agrônomicas de híbridos de milho para produção de silagem cultivados em quatro estados brasileiros. Dissertação (mestrado acadêmico) 68 p. Universidade Federal de Lavras, 2019.

BATISTA, V.V.; GIARETTA, R.; LINK, L.; GIACOMEL, C.L.; ADAMI, P.F. Densidades de plantas e níveis de nitrogênio no desempenho de híbridos de milho safrinha. Nativa, Sinop, v.7, n.2, p. 117-125, mar/abr 2019.

BORGUI, E.; MELLO, L.; BERGAMASCHINE, A.F.; CRUSCIOL, C.A. Produtividade e qualidade de forragem de milho em função da população de plantas, do sistema de preparo do solo e da adubação. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v.13, n.4, p.465-471, out-dez, 2007

BERNARDES, T.F.; DO REGO, A.C.; CASAGRANDE, D.R.; LARA, M. A.S.; LIMA, L.M.; SILVA, N.C. Produção e uso de silagens em fazendas leiteiras em três mesorregiões do Estado de Minas Gerais. Revista de Ciências Agrárias, v. 56, n. 2, p. 133-138, 2013

BORSOI, E.; SOLIVO, G.; ROTAVA, A.; ALVES, M.; ALMEIDA, J. G.; ZOTTI, C.A. Efeito da densidade populacional e altura de corte do milho silagem sobre as concentrações de macrominerais. II Circuito Regional de Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento. Unaesc, 2021.

BRACHTVOGEL, E. L. Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.

CASA, R.T.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 353-357, 2007

CIAPPINA, A.L. Caracterização de híbridos e associação entre caracteres para produção de silagem em milho. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento de Plantas). Escola de agronomia – Universidade Federal de Goiás. Goiânia/GO. 2019.

COTA, L.V.; SILVA, D.D.; COSTA, R.V. Helminthosporiose causada por *Exserohilum turcicum* na cultura do milho. Circular Técnica 195. Embrapa. Sete Lagoas-MG, 2013.

CRUZ, J.C. Cultivo do milho - semeadura. Empresa Brasileira de Agropecuária - EMBRAPA, 2010.

CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P.; NETO, M.M.G. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Milho para Silagem. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2021.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; e QUEIROZ, L. R.. Quatrocentas e sessenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra. EMBRAPA, 2014.

CRUZ, P. G.; FIGUEIREDO, M. P.; PEREIRA, L. G. R.; BERGAMASCHI, K. B.; RODRIGUES, C. S.; RECH, C. L. S. Fracionamento e cinética da fermentação ruminal in vitro dos carboidratos de cinco variedades de cana-de-açúcar. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 11, n. 4, p. 784-793, 2010.

DEMÉTRIO, C.S.; FILHO, D.F.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos à diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

ESALQLAB. Departamento de Zootecnia Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP – Piracicaba/SP. Disponível em: <http://esalqlab.com.br/>. Acesso em: 15/11/22.

FARIA, T.F.R.; PINESE, F.@; GIMENES, F.M.A.; DEMARCHI, J.J.A.A.; CAMPOS, F.P.; PREMAZZI, L.M.; MATTOS, W.T.; GERDES, L. Composição bromatológica de silagens de milho comerciais produzidas no Brasi. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, p. 20-27. 2021.

FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, v. 98, p. 2662–2675, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1999.

FERREIRA, G.; ALFONSO, M.; DEPINO, S. Effect of planting density on nutritional quality of green-chopped corn for silage. *Journal of Dairy Science*, v.97, p.5918-5921, 2014.

FERREIRA, J. M.; MOREIRA, R. M. P.; HIDALGO, J. A. F. Capacidade combinatória e heterose em populações de milho crioulo. *Ciência Rural*, Santa Maria, Rio Grande do Sul, v. 39, n.6, p. 332-339, 2009.

FERREIRA, J.P. Características agronômicas do milho sob diferentes arranjos espaciais e densidades de plantas em região de cerrado. Dissertação de Mestrado. 86p. UNESP. Ilha Solteira-SP.

FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa, 2008. 32p.

Fornasieri Filho, D. Manual da cultura do milho. Funep. 2007.

GABRIEL, A. Características agronômicas e bromatológicas da forragem de topcrosses de linhagens S3 de milho em diferentes espaçamentos. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S.O. Corn History and Culture. In: *Corn: Chemistry and Technology*. AACC International Press. 3 Ed. p. 1-18. 2019.

GRALAK, E, et al. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agronômicos e bromatológicos da silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

GUSMÃO, J. O. Optimizing the utilization of whole plant corn silage and snaplage by selecting hybrids and maturities. Dissertação. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 86 p. 2021.

JUNIOR, A.B.S.; FERREIRA, P.V.; CUNHA, J.L.X.L.; LIRA, R.C.; CARVALHO, I.D.E. Desempenho Produtivo de Genótipos de Milho sob Diferentes Arranjos Espaciais para a Produção de Silagem. *Ciência Agrícola*, Rio Largo, v.15, n. 2, p. 1- 10, 2017.

KAPPES, C. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2010.

KUNS, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LAUER, J. Corn Silage Yield Drivers and Profit Robbers. World Dairy EXPO, Madison, WI, USA. 2013.

LIMA, L.B. Avaliação Agronômica e Bromatológica de Híbridos de milho Submetidos a Espaçamentos e Densidades Populacionais. Dissertação. Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 43p 2020.

LIMA, L.M. Factors determining yield and nutritive value of corn hybrids for silage. Tese de doutorado (P.hD). Universidade federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, 2019.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agronômico de híbridos de milho (zea mays, l.) para produção de silagem. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.3, n.2, p.193-203, 2004

MACHADO, D. S.; PEREIRA, L. B.; NORBERG, J. L.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; FRASSON, J. J. N. Composição estrutural da planta e bromatológica da silagem de milho semeado com diferentes arranjos populacionais. *Revista Científica de Produção Animal*. V.20, n.1, p. 11-17, 2018.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃO, F.O.M.; PAIVA, E. Fisiologia da planta de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, circular técnica, n° 20. 1995.

MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J. O. Produção do Milho Safrinha em Função de Doses e Épocas de Aplicação de Nitrogênio, *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.

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

MENEZES, R.A.; GONÇALVES, L.C.; PIRES, R.P.A.A.; MENEZES, G.L.; OLIVEIRA, A.F. Lignina: caracterização, efeito e manipulação na nutrição de ruminantes. *Nutritime Revista Eletrônica*, on-line, Viçosa, v.18, n.4, p.8961-8970, jul/ago, 2021.

MENDES, M.C.; MATCHULA, P.H.; ROSSI, E.S.; OLIVEIRA, B.R.; DA SILVA, C.A.; SÉKULA, C.R. Adubação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.12, n.2, p. 92-101, 2013.

MENDES, M. C.; PINHO, R. G. V.; PEREIRA, M. N.; FARIA FILHO, E. M.; SOUZA FILHO, A. X. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 285-297, 2008.

MICHEREFF, S. J. Fundamentos de Fitopatologia. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, 172 p. 2001.

MOLIN, R. Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho. Cas-tro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2000.

NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; COELHO, M. G.; FIGUEIRA, D. N.; SPADA, C. A.; PERUSSOLO, L. F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. Archivos de zootecnia, Córdoba, Guarapuava, v. 66, n. 253, 2017.

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, n1, p. 49-62, 2018.

NEUMANN, M.; TURCO, G. M. S.; VENTURA FARIA., M.; VIGNE, G. L. D.; DE SOUZA, A. M. Produção e composição física da planta de milho para silagem em diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias. Vol. 12, p87-97. 11p. Jan-Abr 2019.

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício, In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4. Piracicaba – SP. FEALQ, p.59-168. 1991.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade porção vegetativa no valor alimentício do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SILAGENS CONSERVADAS, 1, 2001, Maringá. Anais... Maringá: UEM/CCA/DZO, p 127-145. 2001.

OLIVEIRA, E.; DUARTE, A. P.; CARVALHO, R. V.; OLIVEIRA, A. C. Molicutes e vírus na cultura do milho no Brasil: caracterização e fatores que afetam sua incidência. In: OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C. M. Doenças em milho. Molicutes, vírus, vetores e mancha por Phaeosphaeria. p. 17-34. Brasília, DF, 2004.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. Diversidade e Inovações na Cadeia Produtiva de Milho e Sorgo na Era dos Transgênicos. Campinas: Instituto Agrônomo/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. 780p.

PEREIRA, M. N. Dureza do Grão de Milho: um tópico brasileiro. Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado. 142 p. Lavras, MG. 2014.

PEREIRA, L.B.; MACHADO, D.S.; FILHO, D.C.A.; BRANDONI, I.L.; SILVA, V.S.; ARGENTA, F.M.; MOURA, A.F.; BORCHATE, D. Características agrônômicas da planta e produtividade da silagem e grãos de milho submetido a diferentes arranjos populacionais. Magistra, Cruz das Almas/BA, v. 29, n.1, p. 18-27, 2017.

PIMENTEL, J.J.O.; SILVA, J.F.C; VALADARES FILHO, S.C.; CECON P.R.; SANTOS, P.S. Efeito da suplementação protéica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.27, n.5, p.1042-1049, 1998.

REZENDE, A.V.; WATANABE, D.J.; RABÊLO, F.H.S. Características agronômicas, bromatológicas e econômicas de alturas de corte para ensilagem da cultura do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.2, p.961-970, 2015.

RITCHIE, S. W., HANWAY, J. J., & BENSON, G. O. Como a planta de milho se desenvolve. Piracicaba: Potafos. *Informações agronômicas*, 103. 20p. 2003.

SAPIENZA, D.; BERZAGUI, P.; MARTIN, N.; TAYSOM, D. OWENS, F.; MAHANNA, B.; SEVENICH, D.; ALLEN, R. Near Infrared Spectroscopy for forage and feed testing. NIRS Forage and Feed Testing Consortium. 2008.

SANGOI, L. Estratégias de Manejo do Arranjo de Plantas de Milho. Diversidade e Inovações na Cadeia Produtiva de Milho e Sorgo na Era dos Transgênicos. Campinas: Instituto Agrônomo/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, cap.12. p.197-214, 2012.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M.A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from diferente eras to changes in plant density. *Fild Crops Research*, Amsterdam, v.79, p.39-51, 2002.

SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO C.; GRACIETTI L. C.; Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 37, n. 3, p. 259 - 267, 2002.A

SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P.R.F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V.P.; CASA, R.T.; SOUZA, C.A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, p.609- 616, 2011.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos de milho. Lages: Graphel, 64p. 2010.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos. Lages: Graphel 9p. 2007.

SEVERO, I. K. Híbridos de milho para silagem em diferentes densidades populacionais na safra e safrinha. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

SHIOGA, O. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 3, n. 3, p. 381-390, 2004.

SILVA, D.F.; GARCIA, P.H.M.; SANTOS, G.C.L.; DE FARIAS, I.M.S.C.; DE PÁDUA, G.V.G.; PEREIRA, P.H.B.; DA SILVA, F.E.; BATISTA, R.F.; NETO, S.G.; CABRAL, A.M.D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. *Reserch, Society and Development*, v.10, n.3. 2021.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho. Porto Alegre:Evagraf. 64p. 2006.

SKONIESK, F. R.; NÖRNBERG, J. L.; KESSLER, J. D. DAVID, D.B.; AZEVEDO, E. B.; BRUNING, G. PIMENTEL, C. M. M. Corn plant arrangement and its effect on silage quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.43, n.3, p.114-119, 2014.

SATTLER, S. E.; FUNNELL-HARRIS, D. L.; PEDERSEN J. F. Brown midrib mutations and their importance to the utilization of maize, sorghum, and pearl millet glucanase tissues. *Plant Science*, v. 178, p. 229–238, 2010.

WATSON, S.A. Description, development, structure, and composition of the corn kernel. In: WHITE, P.J., JOHNSON, L.A. (Eds.), *Corn Chemistry and Technology*. In: vol. 2. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, pp. 69–106. 2003.

WESTGATE, M.E.; OTEGUI, M.E.; ANDRADE, F.H. Physiology of the corn plant. In: SMITH C.W., BETRAN, J., e RUNGE E.C.A. *Corn: Origin, History, Technology and Production*. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, NJ, 2004.

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G. et al. (Eds.) *Forage cell wall structure and digestibility*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 1–32. 1993.

VELHO, J. P.; ZARDIN, P. B.; JOBIM, C. C.; HAYGERT-VELHO, I. M. P.; ALESSIO, D.R. M.; GIOTTO, E.; 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. *Seminário: Ciências Agrárias*, v.41, n.1, p.237-254, 2020.

ZOPOLLATTO, M. Produtividade, composição morfológica e valor nutritivo de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para produção de silagem sob os efeitos da maturidade. 2007. 228 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, USP, Piracicaba, 2007.

ZOZ, T.; LANA, M.C.; STEINER, F.; ZOZ, A.; ZOZ, J.; ZUFFO, A.M. Densidade Populacional, espaçamento e adubação nitrogenada na semeadura de milho de segunda safra. *Rev. Agro. Amb.*; v. 12, n. 1, p. 103-125, 2018.