

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IGOR KIELING SEVERO

HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM DIFERENTES  
DENSIDADES POPULACIONAIS NA SAFRA E SAFRINHA

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**IGOR KIELING SEVERO**

**HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM DIFERENTES  
DENSIDADES POPULACIONAIS NA SAFRA E SAFRINHA**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**IGOR KIELING SEVERO**

**HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM DIFERENTES DENSIDADES  
POPULACIONAIS NA SAFRA E SAFRINHA**

**Corn hybrids for silage at different population densities in the crop  
season and out of-season**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Solos e Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.

Orientador: Regis Luis Missio

**PATO BRANCO**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite o download e o compartilhamento da obra desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-la ou utilizá-la para fins comerciais.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Pato Branco



IGOR KIELING SEVERO

**HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM DIFERENTES DENSIDADES PÓPULACIONAIS NA SAFRA E SAFRINHA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Área de concentração: Solos E Sistemas Integrados De Produção Agropecuária.

Data de aprovação: 23 de Fevereiro de 2021

Prof Regis Luis Missio, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Andre Brugnara Soares, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Guilherme Ribeiro, Doutorado - Fundação Universidade Federal do Pampa - Unipampa (Unipampa)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 23/02/2021.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por guiar e iluminar meu caminho.

Aos meus pais e minha vó, por sempre estarem me priorizando, pela paciência, dedicação, apoio, carinho e infinitos gestos de amor que me deram sempre, pelas oportunidades, sabedorias e orações que foram essenciais. Ao meu padrasto Aroldo Viera do Santos, por sempre estar me apoiando e incentivando de alguma maneira, e por contribuir na minha criação e formação. À minha namorada, Géssica Ramos Porfírio, por ter vindo morar em Pato Branco, estando sempre comigo, me incentivando e dando apoio nas horas boas e difíceis.

Ao professor, orientador e amigo Dr. Regis Luis Missio, pela orientação durante estes dois anos do mestrado, pois sempre esteve presente durante este período, me auxiliando no que fosse preciso e com sua orientação obtive amplo conhecimento.

Às professoras Lisiane Fernandes Soares, Denise Adelaide Gomes Elejalde e Marta Helena Dias da Silveira, que com o passar do tempo aprendi muito com elas, formando uma grande amizade, tendo respeito e admiração por elas. Aos professores Dr. Guilherme Ribeiro e Dr. André Brugnara Soares por aceitarem o convite para compor a banca, pois suas contribuições serão de grande valia para minha aprendizagem.

Aos colegas e amigos da pós-graduação em agronomia Luryan Tairini Kagimura, Rafael Henrique Pertille, Angélica Caroline Zatta, Patricia Bortolanza Pereira, Felipe Grisard Penteado e Lucas Candioto, pelo companherismo e ajuda durante o andamento dos experimentos. Aos integrantes de graduação do grupo NESPA e GISPA, por toda ajuda no experimento que foi auxiliado pelos membros dos mesmos, onde formei grandes amizades e obtive grande conhecimento.

À empresa Brevant sementes pela colaboração e auxílio ao experimento. Ao Laboratório de Qualidade Agroindustrial e a Central de Análises - UTFPR – Campus Pato Branco, pelo auxílio ofertado pelos técnicos dos mesmos.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - 88882.432069/2019-01.

## RESUMO

SEVERO, Igor Kieling. 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 (Área de Concentração: Solos e sistemas integrados de produção agropecuária), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2021.

Objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e aspectos qualitativos da silagem de híbridos de milho cultivados na safra e safrinha em diferentes densidades de semeadura. Foram realizados dois ensaios experimentais. No primeiro ensaio foram avaliados os aspectos produtivos, no qual foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições de área, com os tratamentos em arranjo fatorial 3x4 (três híbridos e quatro densidades populacionais), sendo a época (safra ou safrinha) utilizada na análise estatística como medida repetida no tempo. No segundo ensaio experimental, foram avaliados os aspectos qualitativos da silagem utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 3x4 (três híbridos e quatro densidades populacionais) com cinco repetições (silos experimentais), utilizando-se a época como medida repetida no tempo. As populações de plantas avaliadas foram de 60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Os híbridos avaliados foram o B2688, B2433 e B2410. A primeira semeadura foi realizada no dia 09 de outubro de 2019 (safra) e a segunda semeadura no dia 19 de fevereiro de 2020 (safrinha), através do sistema de plantio direto. A adubação de base foi constituída de 670 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK na formulação 5-25-15. A adubação de cobertura foi de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N, realizada em duas aplicações, uma no estádio V4 e outra no estádio V8 da cultura. No primeiro experimento foram realizadas avaliações de estande inicial e final de plantas, diâmetro de colmo, altura de inserção de espiga, altura de plantas, teor de matéria seca da planta inteira, produção de matéria verde e seca, separação morfológica (folha, colmo, sabugo, palha da espiga), componentes de rendimento (peso de grãos, fileira por espiga, grãos por fileira e grãos por espiga) e escore de requeima. No segundo experimento, após 60 dias da ensilagem, foram realizadas as avaliações de estabilidade aeróbia, pH, condutividade elétrica, atividade de água, perdas de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e proteína bruta da silagem. O híbrido B2433 apresentou maior produção de matéria seca em relação ao híbrido B2410, não havendo diferença para as demais comparações entre estes híbridos para esta característica. Apenas a atividade de água e a condutividade elétrica foram alteradas pelos híbridos de milho, as quais foram superiores para o híbrido B2410 em relação aos demais, que não diferiram entre si. A elevação da densidade de plantas de 60 para 120 mil plantas ha<sup>-1</sup> elevou a produção de matéria seca de silagem. A condutividade elétrica, bem como o conteúdo de fibra em detergente neutro e ácido da silagem, aumentou com a elevação da densidade de plantas de milho. Já o pH e a estabilidade aeróbica da silagem foram reduzidos com a elevação da densidade de plantas de milho por hectare. O teor de proteína bruta e as perdas de matéria seca apresentaram variação quadrática com a elevação da densidade de plantas de milho, com os maiores valores observados para as populações de 80 e 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A produção de forragem, bem como o pH e a condutividade elétrica da silagem, foi superior no período da safra principal. A silagem produzida

na safrinha apresentou os maiores valores de atividade de água, proteína bruta e fibra em detergente ácido. O conteúdo de fibra em detergente neutro, as perdas de matéria seca e a estabilidade aeróbica da silagem não diferiu entre as épocas de semeadura do milho. A elevação da densidade de semeadura e a utilização de híbridos mais produtivos no período da safra principal são alternativas para elevar a produção de silagem de qualidade.

**Palavras-chave:** Épocas de plantio. População de plantas. *Zea mays*.

## ABSTRACT

SEVERO, Igor Kieling. Corn hybrids for silage at different population densities in the crop season and out of-season. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Solos e sistemas integrados de produção agropecuária), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2021.

The objective was to evaluate the productive performance and qualitative aspects of the silage of corn hybrids cultivated in the harvest and off-season in different sowing densities. Two experimental tests were carried out. In the first trial, the productive aspects were evaluated, in which a randomized block design was used with four area replications, with treatments in a 3x4 factorial arrangement (three hybrids and four population densities), with the season (season and out of-season) used in statistical analysis as a repeated measure over time. In the second experimental trial, the qualitative aspects of the silage were evaluated using a completely randomized design, with treatments in a 3x4 factorial arrangement (three hybrids and four population densities) with five replications (experimental silos), using the season as a measure repeated in time. The plant populations evaluated were 60,000, 80,000, 100,000 and 120,000 plants ha<sup>-1</sup>. The evaluated hybrids were B2688, B2433 and B2410. The first sowing was carried out on October 9, 2019 (season) and the second sowing on February 19, 2020 (off-season), through the no-till system. The basic fertilization consisted of 670 kg ha<sup>-1</sup> of NPK fertilizer in formulation 5-25-15. The cover fertilization was 140 kg ha<sup>-1</sup> of N, performed in two applications, one at the V4 stage and the other at the V8 stage of the crop. In the first experiment, evaluations of initial and final plant stand, stem diameter, ear insertion height, plant height, dry matter content of the entire plant, production of green and dry matter, morphological separation (leaf, stem, cob, cob straw), yield components (grain weight, row per ear, grains per row and grains per ear) and score for late blight. In the second experiment, after 60 days of ensiling, evaluations of aerobic stability, pH, electrical conductivity, water activity, dry matter losses, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and crude silage protein were carried out. The hybrid B2433 showed higher production of dry matter in relation to the hybrid B2410, with no difference for the other comparisons between these hybrids for this characteristic. Only water activity and electrical conductivity were altered by the corn hybrids, which were higher for the B2410 hybrid than the others, which did not differ from each other. The increase in plant density from 60 to 120 thousand plants ha<sup>-1</sup> increased the production of silage dry matter. The electrical conductivity, as well as the neutral detergent and acidic fiber content of the silage, increased with the increase in the density of corn plants. The pH and aerobic stability of the silage were reduced with the increase in the density of corn plants per hectare. The crude protein content and dry matter losses showed quadratic variation with the increase in the density of corn plants, with the highest values observed for the populations of 80 and 100 thousand plants ha<sup>-1</sup>, respectively. The forage production, as well as the pH and electrical conductivity of the silage, was higher during the main crop period. The silage produced in the off-season showed the highest values of water, crude protein and fiber in acid detergent activity. The neutral detergent fiber content, dry matter losses and silage aerobic stability did not differ between maize sowing times. The increase in the sowing density and the use of more productive hybrids in the period of the main harvest are

alternatives to increase the production of quality silage.

**Keywords:** Planting times. Plant population. *Zea mays*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) durante o período experimental (outubro de 2019 a julho de 2020). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....19

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características agronômicas dos híbridos de milho para silagem. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	20
Tabela 2 – Análise química do solo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	20
Tabela 3 – Probabilidade estatística e coeficiente de variação para as variáveis produtivas de acordo com os fatores de variação (híbridos, densidades populacionais e épocas). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	25
Tabela 4 – Variáveis relacionadas com os componentes de produção de acordo com os híbridos de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	26
Tabela 5 – Variáveis relacionadas com os componentes de produção de acordo com a densidade populacional de plantas de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	29
Tabela 6 – Variáveis relacionadas com os componentes de produção de acordo com a época de semeadura. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	33
Tabela 7 – Desdobramento da interação entre épocas de plantio e híbridos de milho para variáveis relacionadas com os componentes de produção. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	35
Tabela 8 – Probabilidade estatística e coeficiente de variação para as variáveis relacionadas com a qualidade da silagem de acordo com os fatores de variação (híbridos, densidades populacionais e época). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	38
Tabela 9 – Variáveis relacionadas com os aspectos qualitativos da silagem de acordo com os híbridos de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	39
Tabela 10 – Variáveis relacionadas com a qualidade da silagem de acordo com a população de plantas. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	41
Tabela 11 – Variáveis relacionadas com os aspectos qualitativos da silagem de acordo com as épocas de semeadura. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 Épocas de plantio.....	13
2.2 Densidade Populacional.....	15
2.3 Híbridos de milho para silagem.....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Local e época.....	19
3.2 Tratamentos.....	19
3.3 Experimento 1.....	20
3.4 Experimento 2.....	23
3.5 Análise estatística.....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>25</b>
4.1 Experimento 1.....	25
4.2 Experimento 2.....	38
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é utilizado na alimentação animal, alimentação humana e fabricação de etanol, sendo o terceiro cereal mais cultivado no mundo, ficando atrás da cultura do trigo (2º) e do arroz (1º), apresentando grande importância social e econômica (GALON et al., 2020). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com mais de 100 milhões de toneladas de grãos, sendo superado apenas pela China e Estados Unidos (CONAB, 2020; USDA, 2020).

O cultivo do milho no Brasil, de forma geral, ocorre em duas épocas (período de safra principal e no período de safrinha). No Sul do Brasil, o milho geralmente é semeado de agosto a setembro e, à medida que se desloca para os estados do Centro-Oeste e Sudeste, a época de semeadura na safra varia de outubro a novembro (CRUZ, 2010). De acordo com este autor, no estado do Paraná, os maiores rendimentos das lavouras de milho são obtidos quando a semeadura da safra se concentra nos meses de setembro e outubro.

O milho safrinha, predominantemente plantado entre a primeira quinzena de fevereiro e primeira quinzena de março, no Paraná. No qual o zoneamento agrícola de Pato Branco permite que o milho safra seja implantado entre a primeira semana de setembro a última semana de dezembro. Já o período safrinha para a localidade de Pato Branco, a semeadura é recomendada a partir da segunda semana de fevereiro, até o final do mesmo. Todavia a safrinha tem sua produtividade bastante afetada pelo regime de chuvas e por fortes limitações de radiação solar e temperatura na fase final de seu ciclo (CRUZ, 2010). Isso ocorre em razão da semeadura na safrinha ocorrer após uma cultura de verão, em que a data de semeadura do milho safrinha depende da época da semeadura da cultura antecessora e de seu ciclo. Paralelamente, tem se observado que a área plantada na safra tem reduzido e a área plantada na safrinha tem aumentado (CONAB, 2020), o que pode ser atribuído à elevação da área plantada com a cultura da soja em função de seu elevado preço de comercialização nos últimos anos (DEPAULA; FORTES, 2019). Isso também pode ser estendido para a produção de silagem, com o avanço do cultivo da soja na primeira safra e a produção de silagem de milho a partir da semeadura na safrinha.

A densidade de semeadura tem papel importante no rendimento da cultura milho, já que esta gramínea é a mais sensível à variação na densidade de plantas (CRUZ, 2010). Segundo este autor, a densidade ótima é variável para cada situação e, basicamente, depende da cultivar, disponibilidade hídrica e nível de fertilidade de solo, em que qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de semeadura. Além disso, deve-se considerar que ocorreram avanços no melhoramento genético do milho nos últimos anos (COOPER et al., 2020). Desta forma, a avaliação de novos híbridos é extremamente importante para os sistemas de produção, especialmente para àqueles dependentes da produção de silagem. Vale destacar, que de forma geral, tem se verificado número incipiente de estudos com híbridos de milho em diferentes épocas e densidades de semeadura para a produção de silagem, especialmente para as condições do Sudoeste do Paraná. A bacia leiteira desta mesorregião apresenta elevado número de propriedades leiteiras (KIYOTA, 2011), nas quais a silagem de milho tem grande importância para a produção de leite. Corroborando, Argenta et al. (2001a) citam que é necessário reavaliar as recomendações de densidade para a cultura do milho, devido às modificações ocorridas com relação ao seu desempenho agrônômico.

O presente estudo, neste contexto, apresenta as seguintes hipóteses: 1 – Híbridos com diferentes ciclos produtivos apresentam diferentes desempenhos entre o período de safra e safrinha? 2 – As densidades de semeadura mais adequadas variam entre as épocas de plantio e entre híbridos? 3 – É possível aumentar a produção de silagem pelo adequado posicionamento do híbrido na época de plantio? 4 – É possível aumentar a produção de silagem, sem alterar a qualidade da silagem, com a elevação da densidade de semeadura? 5 – A produção e a qualidade da silagem de milho são maiores no período da safra?

Considerando o exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o desempenho produtivo e aspectos qualitativos da silagem de híbridos de milho cultivados na safra e safrinha em diferentes densidades de semeadura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Épocas de plantio

Para ter condições ideais de crescimento e desenvolvimento, as plantas de milho precisam de condições climáticas adequadas, as quais afetam todos os seus processos fisiológicos (BLACKLOW, 1972; WESTGATE et al., 2004). As principais condições climáticas estão relacionadas à boa disponibilidade hídrica (SHAW, 1977; WESTGATE et al., 2004) e aos valores adequados de temperaturas (SILVA et al., 2019), principalmente. Diferentes épocas de plantio implicam em parâmetros meteorológicos distintos e em oscilações no rendimento produtivo das plantas (SANGOI et al., 2010). Segundo Argenta et al. (2001a), o cultivo de milho é afetado diretamente pela escolha da época de semeadura e o manejo dado à cultura. Segundo estes autores, estes dois fatores interferem na produção de fitomassa, na interceptação da radiação solar, na acumulação de fotoassimilados e, portanto, na produção de forragem e de grãos.

O milho tem uma faixa de temperatura média ideal para expressar seu potencial máximo, sendo esta faixa de 25 a 30 °C (FANCELLI, 2015). Entretanto, em diferentes estágios de desenvolvimento, as plantas de milho apresentam diferentes respostas às mudanças de temperatura, sendo mais sensíveis: a fase da semeadura até a emergência das plantas, a fase de floração e a fase de enchimento (GARCÍA-LARA; CHUCK-HERNANDEZ; SERNA-SALDIVAR, 2019). O estresse hídrico e temperaturas inadequadas apresentam maiores impactos negativos durante as fases de emergência e de florescimento da planta e também durante a fase de acúmulo de amido nos grãos (HAKE et al., 2009). A disponibilidade hídrica dependerá do regime de chuvas da região ou uso da irrigação, do tipo e textura do solo e da demanda de água na atmosfera (SHAW, 1977). Períodos amplos de falta de água podem trazer consequências negativas no vigor vegetativa das plantas, nos processos fisiológicos e na produção de forragem e de grãos (FANCELLI, 2015).

O milho é uma cultura muito exigente em água, com necessidade hídrica entre 450 a 600 mm de água bem distribuídos durante o ciclo da cultura para

um pleno desenvolvimento (FANCELLI; NETO, 2000). Durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o crescimento do milho em função de decréscimos da área foliar e da biomassa. Deste modo, se o déficit hídrico ocorrer no período crítico, ou seja, da prefloração ao início do enchimento de grãos, a recuperação da capacidade produtiva da cultura pode não ocorrer de forma satisfatória, uma vez que os eventos reprodutivos são muito mais rápidos do que os verificados durante o crescimento vegetativo (MORIZET; TOGOLA, 1984).

A definição do período mais adequado de semeadura, desta forma, será aquela que fará com que as etapas de desenvolvimento da planta coincidam com os períodos em que os fatores ambientais serão favoráveis (ALLEN; COORS; ROTH, 2003). O Brasil possui características climáticas favoráveis que permite o cultivo do milho durante dois períodos distintos, dentro de um mesmo ano agrícola (CONAB, 2018). Esses períodos são denominados como a primeira safra (safra de verão) e a segunda safra (safrinha).

A primeira safra é a época ideal para a semeadura, pois o clima tende a permitir um ambiente mais favorável ao crescimento das plantas (GARCÍA-LARA; CHUCK-HERNANDEZ; SERNA-SALDIVAR, 2019). Entretanto, a produção de milho na época da safra principal vem diminuindo, o que está associado ao binômio com o cultivo da soja no verão e do milho na safrinha (BATTISTI et al., 2020).

A segunda safra é aquela conduzida com uso de semeadura tardia, normalmente em sucessão à outra lavoura previamente conduzida na safra de verão (CRUZ et al., 2015). No Brasil, segundo dados da CONAB (2021), a segunda safra de milho vem tendo crescente participação no ramo dessa commodity e desde 2011/2012, a safrinha representa a maior participação na produção de grãos de milho, apresentando maiores valores de área plantada. Esta mudança é motivada por uma combinação entre inovações tecnológicas e fatores econômicos, comerciais e sociais (CONAB, 2018).

No sul do Brasil, a melhor época de semeadura do milho está concentrada no início da primavera, entre meados de setembro e final de outubro. Quando semeado neste período, o milho floresce entre meados de dezembro e meados de janeiro, coincidindo a fase de maior área foliar da cultura com os dias mais longos do ano. Esta condição potencializa a atividade fotossintética da planta e

o enchimento de grãos (SANGOI et al., 2010). Segundo Forsthofer et al. (2006), a semeadura realizada antes da época mais adequada (final de julho a início de setembro) ou depois da época ideal (nos meses de dezembro a janeiro) reduz o potencial produtivo do milho. A produtividade é limitada em função da redução de chuvas, temperaturas e radiação (CESSA; SOUSA, 2014; CUNHA et al., 2019; ZAMPIERI et al., 2019). Entretanto, de acordo com Duarte; Paterniani (2000), a adaptação dos híbridos de milho variam em relação à época de semeadura. De forma geral, os híbridos de ciclo mais longo são recomendados na safra principal e os ciclos mais precoces são recomendados para a segunda safra para evitar o inverno e/ou o período seco (EDREIRA; OTEGUI, 2012). Neumann et al. (2016), neste contexto, analisaram o potencial produtivo de híbridos de milho para silagem em diferentes épocas de semeadura no Paraná (primeira, segunda, terceira e quarta semana de novembro), e verificaram redução da produção de matéria seca com o retardamento da semeadura (28.321; 26.179; 20.291 e 18.758 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), o que foi atribuído aos fatores climáticos menos favoráveis.

## 2.2 Densidade Populacional

A densidade populacional é um dos componentes de manejo da cultura que tem grande influência no rendimento produtivo do milho, já que pequenas alterações na população implicam modificações relativamente grandes no rendimento final (SILVA et al., 2006). O incremento na densidade de plantas de forma excessiva pode, entretanto, elevar a competição intraespecífica por fotoassimilados, principalmente no estágio de florescimento (SANGOI, 2001). Isso, por consequência, estimula a dominância apical, que consequentemente aumentará a esterilidade feminina e provocará redução do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos (MARCHÃO et al., 2006). Por outro lado, tem se verificado que o adensamento controlado do número de plantas pode elevar o rendimento de grãos (TAKASU et al., 2014), o que depende do ambiente e do genótipo utilizado (FILHO et al., 2002).

O número ideal de plantas por área é variável, uma vez que a planta de milho altera seu rendimento de acordo com o grau de competição intraespecífica

proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (CRUZ et al., 2006). Em síntese, a densidade de plantas ótima é o número de plantas capaz de explorar de maneira mais eficiente os recursos ambientais para expressar seu potencial genético (ENDRES; TEIXEIRA, 1997). A elevação da densidade de plantas pode alterar a fisiologia das plantas, acarretando em elevação da estatura, redução da espessura dos colmos, redução do tamanho de espigas (SANGOI et al., 2002; NETO et al., 2003), o que pode resultar em maior acamamento.

A densidade de plantas ideal é aquela que possibilita a melhor utilização de luz, água e nutrientes. Entretanto, a densidade ideal de plantas por área pode variar de acordo com a época de semeadura (safra e safrinha). Para época da safra principal, os programas de melhoramento de milho tem verificado elevada resposta produtiva em elevadas densidades populacionais, de 80 mil a 100 mil plantas por hectare  $\text{ha}^{-1}$  (NETO et al., 2003). Pesquisas atuais indicam que as populações de plantas aumentaram drasticamente na produção de milho nos últimos 40 anos (FROMME; SPIVEY; GRICHAR, 2019). Para o cultivo safrinha a recomendação da densidade de plantas é menor, em torno de 44 a 55 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , como atenuante aos estresses causados pelas condições climáticas (SHIOGA et al., 2004). Neste contexto, Demétrio et al. (2008) verificaram elevadas produtividades em densidades populacionais entre 75 mil e 80 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  (13 t.  $\text{ha}^{-1}$  e 14 t.  $\text{ha}^{-1}$  de grãos, respectivamente). Analisando diferentes densidades populacionais (55, 70, 85 e 100 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) sobre a produção de silagem de milho, verificaram produção de matéria seca de 19.8 t.  $\text{ha}^{-1}$  para a menor densidade populacional e 26 t.  $\text{ha}^{-1}$  para a maior densidade populacional (FERREIRA; TEETS, 2017). Neumann et al. (2018), avaliando três híbridos de milho para silagem e três densidades populacionais (60, 70 e 80 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ ), verificaram maior produção de matéria seca (30 t.  $\text{ha}^{-1}$ ) para a maior densidade populacional. Os mesmos autores verificaram que as densidades de cultivo não afetaram a qualidade nutricional da silagem. Scarlat et al. (2019), avaliaram três densidades populacionais (70, 83 e 100 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) de híbrido de milho silagem, e verificaram que o aumento da densidade populacional aumentou os teores de proteína da silagem. Alvarez et al. (2006), analisaram a composição bromatológica da silagem de milho em diferentes densidades populacionais (55 e 75 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) não verificando

diferença na qualidade da silagem. Os mesmos autores explicam que este resultado está relacionado com o correto processo de ensilagem e adequado processo fermentativo. Em condições não limitantes (disponibilidade hídrica) pode-se aumentar a densidade de semeadura, 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). Neste sentido, Machado et al. (2018) verificaram que a restrição hídrica não alterou os teores de fibra da silagem produzida em diferentes densidades populacionais. Entretanto, estes autores não avaliaram os aspectos produtivos de diferentes densidades populacionais em situação de restrição hídrica.

### 2.3 Híbridos de milho para silagem

A escolha do material genético para a produção de silagem deve ser apropriada ao objetivo traçado para a cultura de forma que os custos de produção e o desempenho animal não sejam prejudicados (ALLEN et al., 1997). Isso se baseia no fato de que os híbridos de milho podem apresentar grandes diferenças genotípicas e fenotípicas (ALLEN; COORS; ROTH, 2003; GRALAK et al., 2014). No Brasil, segundo Filho; Borghi (2016), mais de 400 cultivares de milho estavam disponíveis no mercado na safra 2016/2017. Os mesmos autores apresentam características de 315 materiais disponíveis e destes, 156 eram destinados para produção de silagem. Esses híbridos se diferenciam quanto ao ciclo, tolerância às doenças e pragas, adaptações aos tipos de solos, condições ambientais e tipos de manejo (FILHO; BORGHI, 2016). No entanto, muitas vezes os mesmos híbridos empregados para produção de grãos são recomendados para produção silagem, embora algumas características almejadas não sejam as mesmas para a finalidade forrageira (NEUMAN et al., 2018). Um híbrido de milho adequado para produção de silagem deve apresentar elevada produção de forragem, elevada participação de grãos na massa ensilada (ZOPOLLATTO, 2007) e elevada digestibilidade da fibra em detergente neutro (52,33 a 68,40%) (PIMENTEL et al., 1998).

A adaptação de híbridos a uma determinada região produtora pode variar de acordo com a época de semeadura (DUARTE; PATERNIANI, 1999).

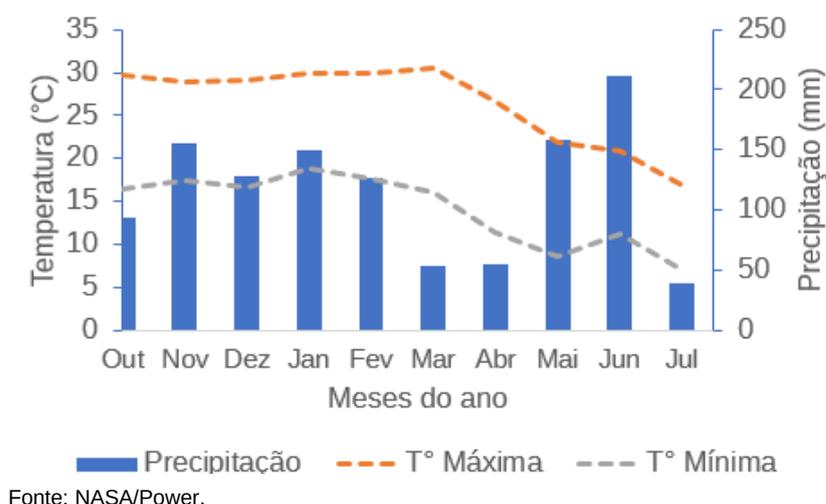
Assim, em áreas geográficas extensas, como a do estado do Paraná, a avaliação regionalizada de cultivares de milho, nos períodos de safra e safrinha, permite conhecer melhor os ambientes onde cada cultivar se sobressai e comparar suas vantagens e limitações para a produção de silagem. Isso, de certa forma, está relacionado com a duração do ciclo dos diferentes híbridos, que podem ser classificados em três categorias principais: superprecoces, precoces e tardios (SANGOI et al., 2010). Os híbridos superprecoces necessitam em torno de 780 a 830 graus-dias, os precoces entre 831 a 890 graus-dia e os híbridos tardios exigem entre 891 a 1200 graus-dia (FANCELLI; NETO, 2000). Desta forma, em períodos mais quentes e longos, que variam de acordo com a época do ano o número de dias para que o híbrido complete seu ciclo é menor. Períodos com dias nublados e curtos, característicos do período safrinha, determinam que o número de dias que um híbrido completa seu ciclo seja maior. Além disso, híbridos de ciclo mais curto podem atingir maiores rendimentos produtivo com o aumento densidade populacional em relação a híbridos tardios (FROMME; SPIVEY; GRICHAR, 2019). Segundo esses autores cultivares mais precoces possuem geralmente plantas de menor estatura e massa vegetativa, o que resulta em menor sombreamento dentro da cultura, possibilitando, com isto, menor espaçamento entre plantas e melhor aproveitamento de luz (FLESCH; VIEIRA, 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e época

O presente projeto foi composto por dois ensaios experimentais, os quais foram desenvolvidos entre outubro de 2019 e julho de 2020. Os ensaios experimentais foram desenvolvidos na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco (26°41'17" S e 52°41'17" O), em que o solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é do tipo Cfa (Subtropical úmido), conforme classificação de Köppen (Maack, 1968), com altitude média de 760 m. Os dados climáticos durante o período experimental são apresentados na Figura 1.

**Figura 1** – Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) durante o período experimental (outubro de 2019 a julho de 2020). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



#### 3.2 Tratamentos

Foram avaliados três híbridos de milho (B2410, B2433 e B2688) e quatro populações de plantas (60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha<sup>-1</sup>) durante a safra principal e a segunda safra (safrinha). As características dos híbridos utilizados são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Características agronômicas dos híbridos de milho para silagem. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Híbridos	Aptidão	Ciclo	GDU
B2688PWU*	Grãos / Silagem	Precoce	860
B2433PWU	Grãos / Silagem	Superprecoce	840
B2410PWU	Grãos	Superprecoce	815

Fonte: Brevant Sementes, 2020; \*PWU = PowerCore™ULTRA; GDU= Unidade de graus-dias para o florescimento.

### 3.3 Experimento 1

O primeiro ensaio experimental foi realizado com intuito de avaliar o desempenho agronômico dos híbridos cultivados em diferentes densidades populacionais na safra principal e na safrinha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos em arranjo fatorial 3x4 (três híbridos e quatro densidades populacionais), com quatro repetições de área. O fator época (safra ou safrinha) foi utilizado na análise estatística como medida repetida no tempo (LITTELL et al., 2006).

Antecedendo ao experimento, a área foi demarcada e dividida em quatro blocos (fator de bloqueamento: declividade de 3%). Cada bloco foi constituído por 12 parcelas, na qual cada parcela apresentava 15,75 m<sup>2</sup> de área útil (5 m x 2,7 m). Entre um bloco e outro foi deixado um corredor de 1 m de largura. Da mesma forma, foi deixado um corredor de 1 m de largura ao redor da área constituída pelas 48 parcelas e a bordadura da área experimental, que foi constituída por três linhas semeadas do híbrido de milho (B2410). A área útil, somados as áreas de cada parcela, foi de 0,91 ha. Antecedendo a semeadura do milho, foi realizada a amostragem de solo (0-20 cm) da área experimental para determinação da análise química do solo (Tabela 2).

**Tabela 2** – Análise química do solo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	Al <sup>+3</sup>	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>				%
4,80	48,25	4,45	0,26	3,90	2,50	5,76	6,66	0,15	12,42	53,62

A semeadura do milho no período da safra principal foi realizada dia 9

de outubro de 2019, enquanto a semeadura no período de safrinha foi realizada no dia 19 de fevereiro de 2020, respeitando o zoneamento agrícola da região. A semeadura foi realizada de forma manual com utilização de matraca, utilizando-se duas sementes por cova, em profundidade de 3-4 cm e 45 cm de espaçamento entre linhas. A semeadura em ambas as épocas ocorreu 30 dias após a dessecação da cultura antecessora (*Avena strigosa*), utilizada para cobertura do solo. Após 15 dias da semeadura, foi realizado o desbaste das plantas, mantendo-se uma planta por cova.

A adubação de base foi constituída de 670 kg ha<sup>-1</sup> de adubo NPK na formulação 5-25-15 e a adubação de cobertura foi realizada com 140 kg ha<sup>-1</sup> de N, dividida em duas aplicações a lanço, uma no estágio V4 e outra no estágio V8 da cultura do milho, conforme recomendação do Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (SBCS/NEPAR, 2017). Quando houve presença de plantas daninhas e insetos pragas foi realizado controle químico com herbicida e inseticida, respectivamente. Foi realizado constante monitoramento dos insetos pragas, de forma que quando as pragas atingiam nível de controle era realizado com controle químico, antes que as infestações ocasionassem perdas econômicas à cultura. Ambos híbridos analisados possuíam tecnologia *Roundup Ready* (RR), na qual confere resistência ao herbicida glifosato e a tecnologia *PowerCore*<sup>TM</sup>Ultra, que se caracteriza pela presença nas plantas de quatro proteínas inseticidas que conferem alta eficiência no controle das lagartas, como lagarta-do-cartucho, broca-do-colmo e lagarta-da-espiga; e controle auxiliar superior para as lagartas de solo, como lagarta-elasma e lagarta-rosca. Na evidencia de pragas em nível de controle, foram realizadas aplicações do inseticida Klorpan (na dose de 120 ml) e do herbicida glifosato (na dose de 400 ml), sendo a aplicação calibrada para um volume de calda proporcional a 200 L ha<sup>-1</sup>.

A avaliação de estande inicial foi realizada após o desbaste das plântulas, contabilizando visualmente o número de plantas que emergiram nas três linhas centrais de cada parcela, totalizando 15 metros lineares. No dia da colheita, foi determinado o estande final de plantas, contabilizando o número total de plantas nas mesmas três linhas centrais de cada parcela. Para a avaliação biométrica foram avaliadas oito plantas aleatórias das três linhas centrais de cada parcela. Foram

realizadas as avaliações de altura das plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo. A altura de plantas foi realizada com auxílio de uma trena de cinco metros, medindo do solo até o ápice do pendão de cada planta. A altura de inserção de espiga foi medida com auxílio de uma trena de cinco metros, medindo da altura do solo até o pedúnculo floral feminino de cada planta. A leitura do diâmetro de colmo foi realizada, com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se o colmo das plantas (entre o primeiro e o segundo nó).

A colheita para o período de safra principal foi realizada quando cada híbrido apresentava ponto de ensilagem, ou seja, quando os grãos atingiram o estágio farináceo-duro. Na safrinha, em função do início das geadas na região, a colheita ocorreu no mesmo momento para todos os híbridos, ou seja, os híbridos apresentavam os grãos no estágio leitoso/pastoso. A colheita na safrinha visou evitar colher as plantas com elevado teor de matéria seca (não recomendado para ensilagem) após a incidência de formação de geadas. A decisão foi baseada levando em consideração o monitoramento da previsão climática para a região (SIMEPAR, 2020).

A colheita das plantas ocorreu de forma manual, a uma altura de 15 cm do solo. Foram colhidas as plantas das três linhas centrais (2 metros lineares/linha) de cada parcela. A colheita ocorreu no centro de cada linha da parcela. Após o corte, oito plantas de cada parcela foram avaliadas para escore de requeima, utilizando-se uma escala de 1 a 9, em que: 1 – requeima (folhas necrosadas) acentuada na primeira folha abaixo da espiga e 9 ausências de requeima nas folhas abaixo da espiga até a base da planta. Após, todas as plantas colhidas de cada parcela foram contabilizadas e pesadas para determinação da produção de forragem verde ( $\text{kg/MV ha}^{-1}$ ). A produção de forragem foi determinada a partir do estande final de plantas e o peso verde de cada planta (peso das plantas colhidas de cada parcela/número de plantas colhidas). A produção de matéria seca de forragem foi determinada utilizando-se o teor de matéria seca das plantas de milho de cada parcela. Para tanto, após a colheita, cinco plantas de cada parcela foram processadas em forrageiro estacionário (2-3 cm de tamanho de partícula), sendo retiradas duas amostras (300 g), as quais foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C durante 72 horas.

A avaliação da composição morfológica das plantas foi realizada em três plantas de cada parcela, as quais foram separadas em colmo, folha, sabugo, grãos e palha da espiga. As amostras da separação morfológica foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C por 72 horas. Após as amostras foram pesadas para a estimativa da proporção destes componentes da planta com base na matéria seca. Os componentes de rendimento foram determinados a partir da separação morfológica. Deste modo, foi realizada a contagem visual do número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira. O número de grãos por espiga (GE) foi determinado pela equação 1.

$$GE = (\text{n}^\circ \text{ de fileiras por espiga} * \text{n}^\circ \text{ de grãos por fileiras}) / \text{n}^\circ \text{ de espigas} \quad (1)$$

A produção de grãos (PG, t. de matéria seca ha<sup>-1</sup>) por ocasião da colheita foi determinada pela equação 2:

$$PG = \text{peso seco dos grãos por planta} * \text{estande final de plantas} \quad (2)$$

### 3.4 Experimento 2

O segundo ensaio experimental foi realizado com intuito de avaliar os aspectos qualitativos da silagem produzida dos híbridos cultivados com diferentes densidades populacionais na safra principal e na safrinha. O delineamento experimental utilizado, neste caso, foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em arranjo fatorial 3x4 (três híbridos e quatro densidades populacionais), com cinco repetições (silos experimentais). O fator época (safra ou safrinha) foi utilizado na análise estatística como medida repetida no tempo (LITTELL et al., 2006).

Para a ensilagem uma amostra composta de plantas foi utilizada. Esta amostra foi composta por duas plantas de cada parcela em cada tratamento. As amostras foram processadas com auxílio de um forrageiro estacionário (2-3 cm de tamanho de partícula), processando duas plantas por vez. A forragem processada foi homogeneizada, sendo confeccionados 10 silos experimentais/tratamento. A ensilagem ocorreu em sacos plásticos de 20 micras com capacidade para 1 kg, sendo a vedação realizada com auxílio de uma Máquina Industrial de Embalar a Vácuo (modelo GS620F). Os silos experimentais foram armazenados por 60 dias em

temperatura ambiente e com ausência de luz. Passado este período, cinco silos experimentais de cada tratamento foram destinados para determinação da estabilidade aeróbia, (O'KIELY et al., 2001) e perdas de matéria seca (SCHMIDT, 2006). O restante dos silos experimentais (cinco) foram destinados para avaliação do pH (SILVA; QUEIROZ, 2002), condutividade elétrica (KRAUS et al., 1997), atividade de água por (MARI, 2003) teor de proteína bruta (AOAC, 1995), teor de fibra em detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991) e teor de fibra em detergente ácido (VAN SOEST, 1994).

### 3.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se a metodologia de modelos mistos (LITTELL et al., 2006), considerando a época de plantio como medida repetida no tempo. O teste de Tukey para comparação de médias foi aplicado para o fator de variação qualitativo (híbridos de milho). A análise de regressão polinomial foi aplicada para o fator quantitativo (densidades populacionais). A comparação de médias para o fator época de plantio ocorreu por meio do teste t de Student. Além disso, os dados foram submetidos à análise de correlação. O nível crítico de significância utilizado foi de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.2).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Experimento 1

Na Tabela 3 são apresentados resultados da análise de variância para os aspectos produtivos. Não foi verificada interação ( $P > 0,05$ ) entre híbridos, densidade populacional e época de plantio; híbridos e densidades populacionais; e entre densidades populacionais e época de plantio para nenhuma das variáveis avaliadas. Por outro lado, pode-se destacar que interação significativa entre os fatores de variação (híbridos x época de plantio) foi verificada somente para a produção de grãos no momento da colheita, número de grãos por espiga, proporção de grãos, proporção de colmos, proporção de palha e teor de matéria seca das plantas, cujos desdobramentos serão abordados no decorrer do manuscrito.

**Tabela 3** – Probabilidade estatística e coeficiente de variação para as variáveis produtivas de acordo com os fatores de variação (híbridos, densidades populacionais e épocas). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Fatores de Variação							CV (%)
	H	D	E	H x D	H x E	D x E	H x D x E	
EI, plantas	0,60	<0,01	0,03	0,08	0,49	0,55	0,11	3,28
EF, plantas	0,12	<0,01	<0,01	0,06	0,25	0,23	0,10	2,25
Altura, cm	0,02	0,06	<0,01	0,67	0,31	0,72	0,13	3,51
AIE, cm	0,01	<0,01	<0,01	0,73	0,79	0,14	0,62	8,08
DC, cm	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,34	0,80	0,46	8,42
PMV, t. ha <sup>-1</sup>	0,56	<0,01	<0,01	0,55	0,61	0,16	0,55	16,36
PMS, t. ha <sup>-1</sup>	0,02	<0,01	<0,01	0,50	0,08	0,76	0,23	17,10
PG, t. ha <sup>-1</sup>	0,28	<0,01	<0,01	0,19	0,01	0,10	0,33	24,78
FE, n°	<0,01	0,18	<0,01	0,10	0,12	0,31	0,49	9,02
GF, n°	0,73	<0,01	<0,01	0,29	0,13	0,48	0,28	13,00
GE, n°	0,02	<0,01	<0,01	0,06	0,01	0,71	0,43	15,07
Grãos, %	0,37	0,67	<0,01	0,07	0,02	0,14	0,28	16,30
Folhas, %	<0,01	0,01	0,24	0,17	0,06	0,51	0,27	15,16
Colmo, %	0,22	0,10	<0,01	0,26	0,01	0,06	0,05	20,19
Palha, %	0,12	0,04	<0,01	0,11	0,02	0,09	0,69	23,89
Sabugo, %	0,39	0,08	0,02	0,17	0,38	0,15	0,05	23,03
ER, pontos	0,76	0,11	<0,01	0,63	0,06	0,14	0,52	10,32
MS, %	<0,01	0,99	<0,01	0,06	<0,01	0,35	0,06	3,59

H=híbrido; D= densidade de semeadura; E= época de plantio; CV = coeficiente de variação; EI = estande inicial de plantas; EF = estande final de plantas; AIE = altura de inserção de espiga; DC = diâmetro de colmo; PMV = produção de matéria verde; PMS = produção de matéria seca; PG = produção de grãos; FE = fileiras por espiga; GF = grãos por fileira; GE = grãos por espiga; ER = escore de requeima; MS = matéria seca.

Quanto ao efeito dos híbridos avaliados, verificou-se que estande inicial e final de plantas não foi alterado ( $P>0,05$ ) por este fator de variação (Tabela 4). Estes resultados estão possivelmente associados aos similares tratos culturais aos quais eles foram submetidos. Além disso, os híbridos avaliados são caracterizados por apresentarem similares tecnologias relacionadas à resistência a pragas do solo e da parte aérea (Tabela 1), o que possivelmente possibilitou similar persistência das plantas e, conseqüentemente, similar população de plantas no momento da colheita.

**Tabela 4** – Variáveis relacionadas com os componentes de produção de acordo com os híbridos de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Híbridos		
	B2410	B2433	B2688
Estande inicial, mil plantas ha <sup>-1</sup>	89,33	88,56	88,61
Estande final, mil plantas ha <sup>-1</sup>	88,08	86,82	88,68
Altura de plantas, m	2,30 <sup>b</sup>	2,38 <sup>ab</sup>	2,40 <sup>a</sup>
Altura de inserção de espiga, m	1,10 <sup>b</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,16 <sup>a</sup>
Diâmetro de colmo, cm	2,13 <sup>a</sup>	1,98 <sup>b</sup>	2,05 <sup>ab</sup>
Produção de matéria seca, t. ha <sup>-1</sup>	18,73 <sup>b</sup>	20,88 <sup>a</sup>	19,82 <sup>ab</sup>
Fileira por espiga, n <sup>o</sup>	16,07 <sup>b</sup>	17,45 <sup>a</sup>	17,98 <sup>a</sup>
Grãos por fileira, n <sup>o</sup>	25,52	25,46	25,99
Sabugo, %	8,36	7,75	8,22
Folhas, %	15,31 <sup>c</sup>	16,87 <sup>b</sup>	18,63 <sup>a</sup>
Escore de requeima, pontos	6,76	6,64	6,71

Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na linha diferem entre si ( $P<0,05$ ).

O híbrido B2688 apresentou maior altura ( $P<0,05$ ) de planta em relação ao B2410, o qual não diferiu do híbrido B2433 e, esse não diferiu do B2688 (Tabela 4). A maior altura das plantas do híbrido B2688 em relação ao híbrido B2410, neste contexto, pode estar associada ao melhoramento genético voltado para o aumento da altura e produção de forragem deste genótipo. A altura da planta está positivamente associada com a produção de matéria seca (CUNHA; LIMA, 2010), bem como com a porcentagem de colmo e acamamento, características pouco desejáveis para a produção eficiente de forragem (ALBUQUERQUE et al., 2011). Neste estudo, entretanto, não houve acamamento de plantas. Além disso, vale destacar que genótipos mais tardios ou de ciclo mais longos apresentam, de forma geral, plantas com maior estatura (KLEIN et al., 2018).

O híbrido B2410 apresentou a menor ( $P<0,05$ ) altura de inserção de

espiga em relação aos híbridos B2433 e B2688, que não diferiram entre si para esta variável (Tabela 4). A altura de inserção de espiga seguiu o comportamento da altura de plantas, apresentando correlação de 0,92 ( $P < 0,001$ ) com esta variável. De forma geral, a inserção de espiga é determinada pela altura de plantas (KLEIN et al., 2018). Paziani et al. (2009), salientaram que esta variável é de suma importância pela relação com a facilidade de colheita dos grãos e com a redução das perdas durante esse processo.

Os valores de diâmetro de colmo, por outro lado, foram superiores ( $P < 0,05$ ) para o híbrido B2410, seguidos pelo híbrido B2688, sendo os menores valores observados para o híbrido B2433 (Tabela 4). O diâmetro de colmo está intimamente associado à altura de plantas, de forma que plantas com maior altura tendem apresentar menor diâmetro de colmo (SILVA et al., 2005; FILHO, 2007). No presente estudo, foi verificada correlação negativa entre altura de planta ( $r = -0,48$ ;  $P < 0,0001$ ) e altura de inserção de espiga ( $r = -0,57$ ;  $P < 0,0001$ ). Alvarez et al. (2006), neste contexto, avaliando híbridos de milho com diferentes ciclos vegetativos também verificaram que híbridos mais tardios, apresentaram maiores alturas e menor diâmetro de colmo. Menores diâmetros de colmo podem acarretar em maior acamamento de plantas, o que não é desejado.

A produção de matéria verde não foi alterada pelos híbridos (Tabela 4). Entretanto, a produção de matéria seca foi superior ( $P < 0,05$ ) para o híbrido B2433, seguido do híbrido B2688, e menor para o híbrido B2410 (Tabela 4). A diferença referente ao padrão de resposta das variáveis ao fator híbrido pode estar relacionada com o conteúdo de matéria seca das plantas por ocasião da colheita. Além disso, em relação às diferenças de produtividade de matéria seca demonstra que os híbridos com maior altura apresentaram maior produção de forragem. A produção de matéria seca foi correlacionada positivamente com a altura de plantas ( $r = 0,79$ ;  $P < 0,0001$ ) e altura de inserção de espigas ( $r = 0,80$ ;  $P < 0,0001$ ), e inversamente correlacionado com o diâmetro de colmo ( $r = -0,47$ ;  $P < 0,0001$ ). Estes resultados são coerentes com aqueles encontrados na literatura, já que na maioria dos casos os estudos que avaliaram híbridos de diferentes ciclos verificaram que aqueles híbridos de ciclo mais longo, com maior altura, também foram aqueles com maior produção de forragem (SANTOS et al., 2002; MELLO et al., 2005; PAZIANI et

al., 2009). Todavia, existem relatos na literatura que híbridos de milho de diferentes ciclos não diferirem quanto à produtividade (MODOLO et al., 2010). Esta falta de diferença entre híbridos pode estar relacionada às variações climáticas, como temperatura do ar e do solo, umidade relativa, chuva, radiação solar e fotoperíodo (VILHEGAS, 2001).

O número de grãos por fileira não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os híbridos avaliados (Tabela 4). Esta variável está diretamente relacionada com o comprimento médio da espiga, sendo que sua magnitude depende da interação entre híbridos e ambientes (VILELA et al., 2012), em que o manejo da cultura exerce forte influência sobre esta característica (FANCELLI; NETO, 2000). O similar manejo, bem como a não ocorrência de pragas em nível de dano econômico, neste contexto, possivelmente contribuíram para os similares resultados entre os híbridos avaliados para esta variável.

A proporção de folhas foi superior ( $P<0,05$ ) para o híbrido B2688, com valores intermediários para o híbrido B2433, sendo os menores valores verificados para o híbrido B2410 (Tabela 4). Zopalloto et al. (2009) evidenciaram que os híbridos apresentaram respostas diferentes, alterando a relação na participação dos componentes da planta de milho. A atribuição às condições ambientais tende a encurtar o ciclo dos híbridos devido à soma térmica e redução das condições ideais para o desenvolvimento da cultura. A maior proporção de folhas para este híbrido pode estar relacionado com o maior porte e ao seu ciclo de produção ser mais longo, o que possivelmente possibilitou maior índice de área foliar, tal como proposto por Coors et al. (1994).

Quanto ao escore de requeima, que indica o número de folhas sadias e verdes no momento da colheita (quanto maior o escore, melhor), verificou-se que não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os híbridos avaliados (Tabela 4). Estes resultados podem estar relacionados ao fato dos híbridos terem sido colhidos num mesmo estágio de desenvolvimento vegetativo. A proporção de folhas verdes no momento da colheita das plantas de milho para ensilagem é importante na medida em que as folhas verdes apresentam melhor qualidade em relação às folhas secas e/ou senescentes, visto que, como se sabe, o conteúdo de fibra indigestível aumenta e o conteúdo de carboidratos solúveis reduz com a senescência das folhas.

No que se refere ao efeito das densidades populacionais avaliadas, verificou-se que o estande inicial e final aumentou ( $P < 0,05$ ) com a elevação da densidade de plantas (Tabela 5). A variação destas características, logicamente, foi relacionada com os tratamentos estabelecidos. O que se pode destacar a respeito, é que a maior densidade de plantas inicial e final que ficou mais distante do objetivo ocorreu na maior densidade de plantas desejada (120 mil plantas  $ha^{-1}$ ). Isso possivelmente ocorreu em função da maior dificuldade de realizar a semeadura de grande número de sementes por metro linear de forma manual.

**Tabela 5** – Variáveis relacionadas com os componentes de produção de acordo com a densidade populacional de plantas de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Populações, mil plantas $ha^{-1}$			
	60	80	100	120
Estande inicial, mil plantas $ha^{-1}$	61,60	79,73	98,58	115,42
Estande final, mil plantas $ha^{-1}$	61,02	77,56	96,33	114,13
Altura de plantas, m	2,34	2,36	2,39	2,40
Altura de inserção de espiga, m	1,05	1,11	1,18	1,22
Diâmetro de colmo, cm	2,16	2,08	2,02	1,95
Produção de matéria seca, t. $ha^{-1}$	13,91	15,16	16,65	15,00
Produção de matéria verde, t. $ha^{-1}$	47,93	52,21	57,34	51,79
Produção de grãos, t. $ha^{-1}$	5,88	6,52	7,71	7,58
Fileira por espiga, $n^{\circ}$	17,62	17,00	16,71	17,36
Grãos por fileira, $n^{\circ}$	27,16	26,97	25,08	23,43
Grãos por espiga, $n^{\circ}$	493,46	473,00	431,2	423,28
Colmo, %	34,19	35,95	32,38	33,94
Sabugo, %	8,65	7,41	8,54	7,83
Palha, %	9,11	9,23	9,14	7,89
Folhas, %	15,84	16,49	17,12	18,29
Escore de requeima, pontos	6,95	6,72	6,56	6,55
Matéria seca, %	29,03	29,03	29,03	28,96

Estande inicial =  $7694,71 + 901,562x$ ;  $P = 0,001$ ; Altura de inserção de espiga =  $0,87578 + 0,00296x$ ,  $P = 0,004$ ; Diâmetro de colmo =  $2,375 - 0,00357x$ ;  $P = 0,001$ ; Produção de matéria seca =  $10,929 + 98,67277x$ ,  $P = 0,001$ ; Produção de grãos =  $4,08603 + 3152,4x$ ,  $P = 0,001$ ; Grãos/fileira =  $31,556 - 0,06549x$ ,  $P = 0,093$ ; Grãos/espiga =  $568,78619 - 1,2616x$ ,  $P = 0,001$ ; Folhas, % =  $13,35154 + 0,03985x$ ,  $P = 0,004$ ; Palha, % =  $3,45227 - 0,004108x$ ,  $P = 0,041$ .

A densidade populacional não alterou ( $P > 0,05$ ) a altura de plantas (Tabela 5). Estes resultados não eram esperados, visto que as plantas tendem a elevar sua altura com o aumento da densidade de plantas por hectare em função da maior competição por luz (LIMA; ALVAREZ; CONTARDI, 2016). Este aspecto, no entanto, ficou evidenciado pela elevação ( $P < 0,05$ ) da altura de inserção de espiga e redução do diâmetro de colmo com o aumento da densidade populacional de plantas (Tabela 5).

A produção de matéria verde não foi alterada ( $P > 0,05$ ) pelo aumento da densidade de plantas de milho por hectare (Tabela 5). Entretanto, quando expresso com base da matéria seca, verificou-se que a produção de forragem e de grãos aumentou ( $P < 0,05$ ) com a elevação da densidade de plantas de milho por hectare. Estes resultados demonstram que o aumento da população de plantas é uma estratégia útil para elevar a produção de silagem. Deve-se destacar que nas altas densidades de plantas (100 e 120 mil plantas  $ha^{-1}$ ) a produtividade de matéria verde e seca de silagem esteve de acordo com a média regional, que varia entre 40 a 50 t. de matéria verde  $ha^{-1}$  e 12 a 18 t de matéria seca  $ha^{-1}$ , respectivamente (VIEIRA et al., 2015). Estes resultados foram similares aos obtidos por Kappes et al. (2011) e Neumann et al. (2018), que também verificaram elevação da produção de matéria seca por hectare com o aumento da densidade de plantas de milho. Entretanto, Alvarez et al. (2006) não verificaram elevação da produção de forragem com o aumento da densidade populacional (55.000 e 75.000 plantas  $ha^{-1}$ ). Isso pode ser justificado pela maior competição intraespecífica pelos recursos do ambiente, prejudicando a manutenção das demais estruturas do vegetal (ARGENTA et al., 2001a; KAPPES et al., 2011).

O número de fileiras por espiga não foi alterado ( $P < 0,05$ ) pela densidade de plantas de milho por hectare (Tabela 5). Estes resultados podem estar associados ao fato desta característica ser menos associada ao tamanho de espiga, sendo mais afetada pela arquitetura foliar (ereta) dos híbridos, que promove a otimização da interceptação de luz, resultando em efeito positivo sobre a produtividade em altas populações (STACCIARINI et al., 2010). Por outro lado, o número de grãos por fileira e o número de grãos por espiga foram reduzidos ( $P < 0,05$ ) à medida que aumentou a população de plantas, o que pode ser explicado em razão destas características serem mais associadas ao tamanho de espiga (COORS; MARDONES, 1989). Na prática, o que se observa é que a elevação da densidade de plantas eleva a competição por luz, acarretando elevação da altura das plantas ao tentarem captar maior quantidade de radiação, determinando que a produção de espigas seja maior, porém com menor tamanho (SCHEEREN et al., 2004).

A proporção de colmo e sabugo não foi alterada ( $P > 0,05$ ) pelo aumento

da população de plantas por hectare (Tabela 5). Estes resultados podem ser atribuídos a um efeito de diluição causado pela redução da espessura de colmo, aumento da produção de folhas e grãos com o aumento da densidade de plantas. A proporção de colmo das plantas de milho para produção de silagem é importante em razão de este componente apresentar grande participação na massa de forragem a ser ensilada, de forma que alterações na sua proporção e/ou na sua composição podem alterar a composição/qualidade da silagem (NEUMANN et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2013). Vale destacar, por outro lado, que o sabugo é importante, especialmente para as plantas, já que são responsáveis por armazenar nutrientes e transportar estes nutrientes para o desenvolvimento e enchimento dos grãos (GARCÍA-LARA; CHUCK-HERNANDEZ; SERNA-SALDIVAR, 2019). A proporção de palha das espigas, por outro lado, reduziu com o aumento da densidade de plantas de milho por hectare. Esses resultados indicam que as plantas direcionaram mais fotoassimilados para elevação de sua estatura e captação de luz em detrimento a produção de palha nas espigas a fim de sustentar a produção de grãos, o que pode ser comprovado pela correlação significativa da proporção de palha com a altura de plantas ( $r = -0,41$ ;  $P < 0,001$ ) e produção de grãos ( $r = -0,46$ ;  $P < 0,001$ ).

A proporção de folhas aumentou ( $P < 0,05$ ) com a elevação da densidade de plantas de milho por hectare (Tabela 5). Estes resultados podem ser atribuídos ao aumento da competição por luz, alongamento do caule e redução do diâmetro do caule, ocasionando, assim, aumento da produção de folhas responsáveis pelo processo de fotossíntese (MACHADO et al., 2018). Isso foi evidenciado neste estudo pela correlação negativa entre proporção de folhas e proporção de colmo ( $r = -0,21$ ;  $P = 0,036$ ) e diâmetro de colmo ( $r = -0,21$ ;  $P = 0,043$ ). O aumento da densidade de plantas também tem impacto sobre a competição por luz, provocando maior crescimento em altura em detrimento ao crescimento radial do colmo (PALHARES, 2003).

O escore de requeima não foi alterado ( $P > 0,05$ ) pela densidade de plantas de milho por hectare (Tabela 5). Estes resultados não eram esperados, já que com o aumento da população de plantas a interceptação luminosa tende ser maior e a incidência de luz nas folhas inferiores da planta menor. Com isso, esperava-se maior senescência das folhas baixas, maior número de folhas secas

e, conseqüentemente, menores escores de requeima. Kappes et al. (2013), neste contexto, verificaram que o aumento da densidade (50, 60, 70, 80 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>) determinou elevação dos valores de requeima. Estes autores relatam que a severidade da requeima aumenta em condições de alta umidade relativa e temperatura diurna variando de moderada a alta, bem como em noites frias, com formação de orvalho e, principalmente, quando a temperatura se eleva logo após dias chuvosos.

O teor de matéria seca das plantas por ocasião da colheita não foi alterado ( $P>0,05$ ) pelas densidades de plantas de milho por hectare (Tabela 5). Estes resultados não eram esperados, visto que com o maior desenvolvimento em altura e redução do diâmetro de colmo das plantas com a elevação da densidade de plantas esperava-se um aumento do teor de matéria seca em razão da redução do diâmetro de colmo estar associada ao aumento do conteúdo de fibra em detergente neutro e elevação do conteúdo de matéria seca desta fração, que apresenta grande participação na massa de forragem (RAHOUMA, 2021). Entretanto, os resultados obtidos podem estar associados ao fato de que o aumento da densidade proporcionou aumento da proporção de folhas, o que pode ter reduzido o impacto da redução de umidade via redução de colmo, mesmo esta fração apresentando menor conteúdo de água que o colmo (LUO et al., 2017). Além disso, os resultados similares de proporção de folhas verdes (escore de requeima) podem ter contribuído para os resultados obtidos. Neuman et al. (2019), neste sentido, verificaram que o teor de matéria seca aumentou com o aumento da densidade de plantas (55 e 70 mil plantas por ha<sup>-1</sup>). Por outro lado, os dados do presente estudo foram similares aos verificados por Neuman et al. (2018), os quais avaliando diferentes populações de plantas não verificaram alteração do teor de matéria seca das plantas de milho no momento da colheita para produção de silagem.

Quanto à época de plantio, verificou-se que o estande inicial e final foi superior ( $P<0,05$ ) para o período de safra principal (Tabela 6). Estes resultados podem estar associados com o déficit hídrico ocorrido para o período safrinha (Figura 1). Segundo Beruski; Schiebelbein, Pereira (2020), as condições climáticas adversas afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho, que pode ser intensificado por condições ambientais extremas, principalmente no

que diz respeito à ocorrência de temperaturas e episódios de estresse hídrico em diferentes estágios fenológicos da cultura. O estresse hídrico na germinação, por exemplo, reduz o número de plantas por área (MAGALHÃES; DURÃES, 2008), enquanto, na fase vegetativa, reduz a área foliar e, conseqüentemente, a taxa fotossintética e o acúmulo de carboidratos (YAN; ZHONG; SHANGGUAN, 2016). Além disso, deve-se mencionar que as plantas de milho são fortemente influenciadas pelo estresse hídrico na fase inicial, sendo que os efeitos adversos ao desenvolvimento da cultura se prolongam ao decorrer dos estágios de desenvolvimento da cultura (SONG; JIN; HE, 2019).

**Tabela 6** – Variáveis relacionadas com os componentes de produção de acordo com a época de semeadura. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Época de semeadura	
	Safra	Safrinha
Estande inicial, mil plantas ha <sup>-1</sup>	89,36 <sup>a</sup>	88,31 <sup>b</sup>
Estande final, mil plantas ha <sup>-1</sup>	88,16 <sup>a</sup>	86,36 <sup>b</sup>
Altura de plantas, m	2,62 <sup>a</sup>	2,12 <sup>b</sup>
Altura de inserção de espiga, m	1,33 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>
Diâmetro de colmo, cm	2,15 <sup>a</sup>	1,95 <sup>b</sup>
Produção de matéria verde, t. ha <sup>-1</sup>	71,96 <sup>a</sup>	62,44 <sup>b</sup>
Produção de matéria seca, t. ha <sup>-1</sup>	25,11 <sup>a</sup>	14,51 <sup>b</sup>
Fileira por espiga, n <sup>o</sup>	18,70 <sup>a</sup>	15,64 <sup>b</sup>
Grãos por fileira, n <sup>o</sup>	33,32 <sup>a</sup>	18,00 <sup>b</sup>
Folha, %	16,60	17,28
Sabugo, %	8,60 <sup>a</sup>	7,61 <sup>b</sup>
Escore de requeima, pontos	7,09 <sup>a</sup>	6,31 <sup>b</sup>

Médias seguidas de letras sobrescritas diferentes na linha diferem entre si (P<0,05).

A altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo e produção de forragem foram superiores (P<0,05) para o período da safra principal (Tabela 6). A explicação para estes resultados está relacionada ao fato do período da safra ser caracterizado pela incidência de condições climáticas mais favoráveis para o desenvolvimento das plantas (CERICATO et al., 2020), especialmente no que se refere à pluviosidade e temperatura. Além disso, o período safrinha, como já mencionado, foi caracterizado pela incidência de escassez hídrica (período longo sem incidência de chuvas), o que agravou as diferenças climáticas entre as duas épocas e, conseqüentemente, impulsionou as diferenças nos aspectos produtivos entre as épocas avaliadas. De forma geral, os resultados apresentados são coerentes com a literatura, já que tem sido demonstrado que lavouras de milho

cultivadas na época safra apresentam maiores componentes de rendimento e produção de forragem em relação ao período de safrinha (FARINELLI et al., 2003).

O número de grãos por fileira e o número de fileiras por espiga, da mesma forma, foram superiores ( $P < 0,05$ ) para as lavouras de milho cultivadas no período da safra principal (Tabela 6), o que é atribuído às condições climáticas mais favoráveis neste período. Os componentes de rendimento de grãos de milho, neste contexto, são definidos durante o desenvolvimento da planta (HANWAY, 1966; NEL; SMITH, 1978). O número de grãos por fileira é afetado pelo tamanho da espiga sendo definido a partir das 12 folhas até a fecundação, enquanto o número de fileiras por espiga é definido quando a planta apresenta de oito a 12 folhas expandidas (BALBINOT et al., 2005). Vale destacar que estes momentos importantes para a definição dos componentes de rendimento coincidiram com o período de estiagem no período de safrinha, o que certamente acentuou as diferenças para estas variáveis entre as épocas de semeadura da cultura de milho para produção de silagem.

A proporção de folha não foi alterada ( $P > 0,05$ ) pela época de semeadura do milho para produção de silagem (Tabela 6). Entretanto, a proporção de sabugo das plantas de milho foi superior ( $P < 0,05$ ) para o período safra. Estes resultados estão associados ao fato das plantas de milho cultivadas no período de safrinha terem apresentado menor desenvolvimento em função da estiagem, especialmente no que se refere ao tamanho das espigas e preenchimento de grãos. Bergamaschi (1992) comenta que a restrição hídrica afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas, reduzindo a área foliar e a fotossíntese e afetando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico das culturas, por modificar o balanço de energia do sistema.

O escore de requeima foi superior ( $P < 0,05$ ) para a semeadura no período de safra principal em relação ao período de safrinha (Tabela 6). Estes resultados podem ser atribuídos ao maior número de folhas necrosadas encontradas nas plantas colhidas na safrinha, o que pode ter sido resultado do estresse hídrico ocorrido neste período. Além disso, deve-se destacar que a colheita na safrinha ocorreu após a ocorrência de algumas geadas, o que pode ter contribuído para a menor quantidade de folhas verdes e sadias.

Na Tabela 7 são apresentados os desdobramentos para a interação entre híbridos de milho e época de semeadura verificada ( $P < 0,05$ ) para a produção de grãos, proporção de grãos, grãos/espiga, proporção de colmo, proporção de palha da espiga e teor de matéria seca das plantas por ocasião da colheita.

**Tabela 7** – Desdobramento da interação entre épocas de plantio e híbridos de milho para variáveis relacionadas com os componentes de produção. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Itens	Híbridos		
	B2410	B2433	B2688
Produção de grãos, t. ha <sup>-1</sup>			
Safra	12,23 <sup>Ab</sup>	11,79 <sup>Ab</sup>	13,37 <sup>Aa</sup>
Safrinha	2,91 <sup>Ba</sup>	1,92 <sup>Bb</sup>	2,43 <sup>Bb</sup>
Grãos, %			
Safra	41,66 <sup>Aa</sup>	44,16 <sup>Aa</sup>	43,94 <sup>Aa</sup>
Safrinha	24,56 <sup>Ba</sup>	18,86 <sup>Bb</sup>	18,76 <sup>Bb</sup>
Grãos por espiga, n <sup>o</sup>			
Safra	558,64 <sup>Ab</sup>	666,29 <sup>Aa</sup>	634,89 <sup>Aa</sup>
Safrinha	283,83 <sup>Ba</sup>	271,41 <sup>Ba</sup>	316,33 <sup>Ba</sup>
Colmo, %			
Safra	27,87 <sup>Ba</sup>	22,02 <sup>Bb</sup>	21,25 <sup>Bb</sup>
Safrinha	41,46 <sup>Ab</sup>	43,57 <sup>Ab</sup>	48,49 <sup>Aa</sup>
Palha, %			
Safra	6,72 <sup>Bb</sup>	8,47 <sup>Aa</sup>	8,27 <sup>Ba</sup>
Safrinha	10,35 <sup>Aa</sup>	8,74 <sup>Ab</sup>	10,48 <sup>Aa</sup>
Matéria seca da planta inteira, %			
Safra	33,21 <sup>Ac</sup>	34,12 <sup>Ab</sup>	36,18 <sup>Aa</sup>
Safrinha	23,35 <sup>Bb</sup>	25,30 <sup>Ba</sup>	22,23 <sup>Bc</sup>

Médias seguidas de letras maiúsculas sobrescritas na coluna diferem entre si ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas de letras minúsculas sobrescritas diferentes na linha diferem entre si ( $P < 0,05$ ).

Verificou-se, neste sentido, que a produção de grãos foi superior para o período de safra em todos os híbridos (Tabela 7). Por outro lado, B2688 apresentou maior produção de grãos por ocasião da colheita em relação aos demais híbridos no período da safra. Estes resultados podem estar associados ao ciclo mais longo deste híbrido (860 graus-dia) em relação aos demais. Já no período de safrinha o híbrido B2410 apresentou maior produção de grãos em relação aos demais, que não

diferiram entre si. Estes resultados podem estar associados à maior precocidade deste híbrido (815 graus-dia) em relação aos demais (860 e 840 graus-dia). De fato, para o período de safrinha é recomendado híbridos mais precoces, o que possibilita a colheita antes de eventos climáticos adversos com a proximidade do inverno e/ou período seco (grande parte do território) (ANDREA et al., 2019).e do inverno e/ou período seco (grande parte do território) (ANDREA et al., 2019).

A proporção de grãos foi superior ( $P < 0,05$ ) para o período safra, em relação ao período safrinha em todos os híbridos (Tabela 7). Todavia, diferentemente da produção de grãos, a proporção de grãos não diferiu entre os híbridos no período safra, enquanto na safrinha a proporção de grãos foi superior para o híbrido B2410 em relação aos demais. Possivelmente estes resultados estejam associados ao menor ciclo produtivo deste híbrido, de forma que a estiagem, que foi mais rígida nos meses de fevereiro e março, tenha afetado menos a fase de definição dos componentes de rendimento da espiga neste híbrido, muito embora, esse evento climático tenha afetado a produção de grãos como um todo (para todos os híbridos). Segundo Magalhães e Durães (2008), a definição do número de fileiras por espiga ocorre entre os estádios V8 e V12 e a definição deste componente de produtividade se deve em grande parte ao fator genético e às condições ambientais.

O número de grãos por espiga foi superior ( $P < 0,05$ ) no período de safra principal em todos os híbridos (Tabela 7). Entretanto, o híbrido B2410 apresentou menor número de grãos por espiga em relação aos demais para o período de safra principal, não havendo diferença para esta variável entre os híbridos no período de safrinha. Estes resultados podem estar associados à maior aptidão para produção de grãos deste híbrido, que apresentava espigas com elevado desenvolvimento de grãos. O maior preenchimento dos grãos, neste caso, pode ter contribuído para o menor número de grãos por espiga. A falta de diferença entre os híbridos na safrinha pode ser atribuída, por outro lado, ao estresse hídrico, o qual limitou a expressão do potencial genético de todos híbridos neste período.

A proporção de colmo foi inferior ( $P < 0,05$ ) para o período de safra principal em todos os híbridos (Tabela 7). Entretanto, verificou-se que o híbrido B2410 apresentou maior proporção de colmo em relação aos demais híbridos na

safra principal, enquanto o híbrido B2433 apresentou a maior proporção de colmo em relação aos demais na safrinha. Ficou evidenciado que a proporção de colmo foi correlacionada com o diâmetro de colmo ( $r=0,40$ ;  $P<0,0001$ ). Por outro lado, a proporção de colmo foi inversamente correlacionada com a altura ( $r= -0,77$ ;  $P<0,0001$ ), produção de forragem ( $r= -0,60$ ;  $P<0,0001$ ), produção de grãos ( $r= -0,82$ ;  $P<0,0001$ ), proporção de grãos ( $r= -0,92$ ;  $P<0,0001$ ) e proporção de folhas ( $r= -0,21$ ;  $P=0,036$ ). Estes resultados demonstram que a elevação da proporção de colmo é antagônica ao aumento da produção de silagem de qualidade.

A proporção de palha da espiga foi superior ( $P<0,05$ ) nos híbridos B2410 e B2688 para o período de safrinha em relação ao período de safra principal (Tabela 7), não havendo diferença para a produção de palha do híbrido B2433 entre safra e safrinha. Além disso, verificou-se que o híbrido B2410 e B2688 apresentaram menores valores de palha na espiga em relação ao híbrido B2433 na safra, enquanto este último híbrido apresentou menor proporção de palha na espiga em relação aos demais híbridos no período safrinha. Verificou-se que a proporção de palha foi negativamente correlacionada com a produção de grãos ( $r= -0,46$ ;  $P<0,0001$ ), produção de forragem ( $r= -0,45$ ;  $P<0,0001$ ) e altura de planta ( $r= -0,41$ ;  $P<0,0001$ ), e positivamente correlacionado com o diâmetro de colmo ( $r=0,25$ ;  $P<0,013$ ). Estes resultados evidenciam que a proporção de palha foi diluída pela maior produção de forragem e/ou grãos. Além disso, a correlação entre proporção de palha e diâmetro de colmo evidencia que plantas que se desenvolvem menos em altura elevaram seu diâmetro de colmo, o que é associado a menores densidades e/ou maior interceptação luminosa, acarretando maior produção de palha, o que possivelmente pode estar associado com o tamanho da espiga.

O teor de matéria seca das plantas no momento da colheita foi superior ( $P<0,05$ ) para safra principal em relação à safrinha, o que pode ser explicado pelo estágio de desenvolvimento das plantas (farináceo-duro vs. leitoso/pastoso) no momento de colheita (Tabela 7). Por outro lado, verificou-se que no período de safra principal o híbrido B2410 apresentou menores valores de matéria seca, com valores intermediários para o híbrido B2433, sendo os maiores valores apresentados pelo híbrido B2688. Por outro lado, no período de safrinha os maiores valores de matéria seca foram verificados para o híbrido B2433, com valores intermediário para o

híbrido B2410, e os menores valores verificados para o híbrido B2688. Considerando que a colheita no período da safra principal ocorreu quando os híbridos atingiram o mesmo estágio de desenvolvimento (farináceo-duro), as diferenças encontradas para o teor de matéria seca das plantas no momento da colheita podem ser atribuídas às diferenças entre os componentes morfológicos destes híbridos, como diâmetro de colmo, proporção de colmo e proporção de folha. Por outro lado, no período de safrinha, as diferenças entre os híbridos para os teores de matéria seca das plantas por ocasião da colheita podem estar relacionadas com as diferenças nos componentes morfológicos e com o ciclo produtivo dos híbridos. Na safrinha a colheita ocorreu quando os híbridos se encontravam com os grãos no estágio de desenvolvimento leitoso/pastoso. Esta fase apresenta um período mais longo em relação a fase em que o grão se apresenta como farináceo-duro (HORTS et al., 2019), e como consequência híbridos mais tardios tendem a apresentar-se com menor desenvolvimento. O teor de matéria seca aumenta com o avanço do desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 2021).

## 4.2 Experimento 2

Verifica-se na Tabela 8 que não foram verificadas interações ( $P < 0,05$ ) entre os fatores de variação para as variáveis de qualidade da silagem.

**Tabela 8** – Probabilidade estatística e coeficiente de variação para as variáveis relacionadas com a qualidade da silagem de acordo com os fatores de variação (híbridos, densidades populacionais e época). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Fatores de Variação							CV (%)
	E	H	D	H x D	H x E	D x E	H x D x E	
AW, UFC g <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	0,13	0,06	0,10	0,05	0,24	0,46
CE	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,64	0,09	0,59	7,09
pH	<0,01	0,63	<0,01	0,08	0,10	0,07	0,18	3,71
PB, %	0,04	0,22	<0,01	0,35	0,08	0,76	0,12	5,00
FDN, %	0,34	0,17	<0,01	0,10	0,35	0,49	0,29	1,43
FDA, %	<0,01	0,17	<0,01	0,38	0,34	0,06	0,98	5,08
PMS, %	0,46	0,81	<0,01	0,73	0,18	0,98	0,42	6,22
EA, h	0,15	0,83	<0,01	0,87	0,20	0,41	0,90	5,46

E= épocas de semeadura; H = híbridos; D = densidades de semeadura; CV = coeficiente de variação; AW = atividade de água; CE = condutividade elétrica; pH = potencial hidrogeniônico; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; PMS = perdas de matéria seca; EA = estabilidade aeróbia.

O híbrido B2410, neste contexto, produziu silagem com maiores valores ( $P < 0,05$ ) para a atividade de água e condutividade elétrica em relação aos demais híbridos, que não diferiram entre si (Tabela 9). Estes resultados podem ser explicados pelo teor de matéria seca das plantas deste híbrido por ocasião da colheita, especialmente na safra. A avaliação da atividade de água, bem como da condutividade elétrica, que é um indicativo da quantidade de eletrólitos do material ensilado, é de grande importância para a avaliação da qualidade das forragens conservadas, visto que os microrganismos que atuam na fermentação durante o processo de conservação das forragens tem sua atividade largamente afetada pela atividade de água. O desenvolvimento microbiano, neste contexto, ocorre em um intervalo da atividade de água entre 0,60 a 0,99 (ARAÚJO et al., 2005).

**Tabela 9** – Variáveis relacionadas com os aspectos qualitativos da silagem de acordo com os híbridos de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Híbridos		
	B2410	B2433	B2688
Atividade de água, UFC g <sup>-1</sup>	0,94 <sup>a</sup>	0,93 <sup>b</sup>	0,93 <sup>b</sup>
Condutividade elétrica, mS cm <sup>-1</sup>	0,60 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>	0,58 <sup>b</sup>
pH	3,71	3,72	3,71
Proteína bruta, %	5,05	5,01	4,94
Fibra em detergente neutro, %	51,30	50,99	51,16
Fibra em detergente ácido, %	22,65	22,59	22,46
Perdas de matéria seca, %	9,64	9,72	9,69
Estabilidade aeróbia, h	53,27	53,50	53,51

Médias seguidas de letras maiúsculas sobrescritas na coluna diferem entre si ( $P < 0,05$ ). Médias seguidas de letras minúsculas sobrescritas diferentes na linha diferem entre si ( $P < 0,05$ ).

Os valores de pH ( $P > 0,05$ ) não foram alterados pelos híbridos avaliados (Tabela 9). Vale destacar que os valores encontrados caracterizam as silagens produzidas como bem conservadas, cujo pH pode variar 3,6 a 4,2, enquanto silagens de baixa qualidade apresentam pH variando 5,0 a 7,0 (TOMICH, 2004). Os resultados do presente estudo foram similares aos obtidos por Araújo et al. (2012) e Buso et al. (2018), os quais verificaram que o pH da silagem não foi alterado pelos diferentes híbridos de milho avaliados, o que indica que os processos fermentativos ocorridos dentro do silo foram adequados, o que manteve o valor nutricional da silagem.

Os teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido das silagens não foram alterados ( $P > 0,05$ ) pelos híbridos avaliados

(Tabela 9). Os valores verificados para o teor de proteína bruta foram próximos aos encontrados por Melo et al. (2005), que verificaram valores variando entre 5,3 a 5,9%. Da mesma forma, os resultados encontrados foram similares aos verificados por Neumann et al. (2018), que avaliaram três híbridos de milho e não verificaram diferença para o teor de proteína bruta entre os híbridos testados. Estes autores atribuíram os similares teores de proteína bruta da silagem ao similar conteúdo de grãos das silagens. Por outro lado, Gralak et al. (2014) avaliando 35 diferentes híbridos de milho para silagem verificaram que os genótipos que apresentavam maiores teores de proteína foram aqueles que apresentavam menores teores de grãos. Os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, por outro lado, foram similares aos resultados obtidos por Velho et al. (2020), os quais não verificaram diferença para estas características para diferentes híbridos avaliados. Segundo Neumann et al. (2020), a proporção de colmo é o principal componente que impacta o conteúdo de fibra da silagem. Neste estudo, os híbridos que apresentaram maiores valores de diâmetro de colmo e/ou proporção de colmo foram aqueles com maior produção de grãos. É possível, portanto, que o aumento da quantidade de fibra proveniente do colmo destes híbridos tenha sido diluído pela maior produção de grãos destes híbridos, podendo justificar, pelo menos em parte, os resultados obtidos.

As perdas de matéria seca e a estabilidade aeróbia não foram alteradas ( $P > 0,05$ ) pelos híbridos avaliados (Tabela 9). Estes resultados foram possivelmente associados aos baixos teores de pH das silagens, bem como relacionados com o tipo de silo utilizados (sacos plásticos) e com a rápida desensilagem. Estratégias que reduzam a exposição da face aberta do silo ao ar são importantes para minimizar a exposição da silagem ao oxigênio (HOLMES; BOLSEN, 2009), o que reduz as perdas de matéria seca por oxidação e a quebra da estabilidade aeróbia (CARVALHO et al., 2021).

A atividade de água da silagem não foi alterada ( $P > 0,05$ ) pela elevação da densidade de plantas de milho por hectare (Tabela 10). Estes resultados podem ser atribuídos ao similar conteúdo de matéria seca das plantas por ocasião da colheita. Segundo Severo et al. (2020), a avaliação da atividade de água pode ser mais precisa para demonstrar variação do teor de umidade no processo de

ensilagem em relação à avaliação do conteúdo de matéria seca pelo método convencional (secagem em estufa).

**Tabela 10** – Variáveis relacionadas com a qualidade da silagem de acordo com a população de plantas. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Densidade populacional, mil plantas ha <sup>-1</sup>			
	60	80	100	120
Atividade de água, UFC g <sup>-1</sup>	0,94	0,93	0,93	0,93
Condutividade elétrica, mS cm <sup>-1</sup>	0,53	0,60	0,64	0,58
pH	3,85	3,74	3,63	3,64
Proteína bruta, %	4,82	5,11	5,08	4,98
Fibra em detergente neutro, %	41,92	51,79	55,14	55,75
Fibra em detergente ácido, %	20,54	22,62	22,05	24,70
Perdas de matéria seca, %	8,91	9,98	10,85	9,01
Estabilidade aeróbia, h	56,87	57,20	52,66	46,40

Condutividade elétrica =  $0.54467 + 0.00055762x$ ,  $P < 0,001$ ; pH =  $4.0595 - 0.00377x$ ,  $P < 0,001$ ; Proteína bruta =  $3.06988 + 0.04329x + 0.002275x^2$ ,  $P = 0,001$ ; Fibra em detergente neutro =  $32.21937 + 0.2116x$ ,  $P < 0,001$ ; Fibra em detergente ácido =  $20.01396 + 0.02887x$ ,  $P < 0,001$ ; Perdas de matéria seca =  $-5.42093 + 0.34916x - 0.0019x^2$ ,  $P < 0,0001$ ; Estabilidade aeróbia =  $63.60540 - 0.11169x$ ,  $P < 0,0001$ .

A condutividade elétrica foi reduzida ( $P < 0,05$ ) com o avanço da densidade de plantas de milho por hectare (Tabela 10). A condutividade elétrica indica, de forma indireta, o grau de rompimento celular durante o processamento da forragem, através da liberação de eletrólitos (ZOPOLLATTO et al., 2009). Considerando, pode-se pressupor que os resultados obtidos podem estar relacionados com a redução da espessura de colmo com o avanço da densidade de plantas de milho por hectare. Vale lembrar que o processamento das plantas para ensilagem foi realizado em forrageiro estacionário, em que a alimentação com as plantas de milho é realizada manualmente. Deve-se ressaltar que a alimentação do forrageiro não levava em consideração a redução do diâmetro de colmo, realizando-se o processamento de duas plantas por vez, normalmente. Desta forma, é possível presumir que a facilidade para a picagem do material era maior nas plantas com menor diâmetro de colmo, o que pode ter beneficiado a picagem e o extravasamento do conteúdo celular na massa ensilada. Isso também é a possível explicação para a redução do pH da silagem com a elevação da população de plantas de milho por hectare.

O teor de proteína bruta variou de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) em função da elevação da densidade de plantas de milho para produção de silagem (Tabela 10), atingindo valores máximos para a densidade de plantas de 80.000

plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Estes resultados podem estar associados com a elevada proporção de folhas e a intermediária produção de grãos nesta densidade populacional, combinação que pode ter acarretado maior conteúdo de proteína bruta da silagem em função do conteúdo de proteína das folhas e a menor diluição em função da intermediária produção de grãos. A redução do teor proteico a partir da densidade de 80.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  pode estar associada à baixa proporção de folhas, elevação da fração fibrosa do colmo e diluição do teor proteico pelas altas produções de grãos. Já na menor densidade o teor proteico da silagem pode ter sido menor em relação à densidade de plantas de 80.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  em função da menor proporção de folhas, principalmente. Avaliando híbridos de milho para silagem, Borghi et al. (2007) verificaram que o teor de proteína diferiu (10,4; 9,8 e 9,2) nas diferentes densidades populacionais (55, 65 e 75 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente). Estes autores relatam que as diferentes densidades populacionais ocasionam estresse nas plantas em função da competição por luz e nutrientes, reduzindo a proporção folha e caule, o que afeta o teor de proteína da planta. Junior et al. (2011), por outro lado, ressaltam que baixos teores de proteína bruta da silagem de milho estão relacionados com o aumento do conteúdo de fibra das plantas em função do aumento da proporção de colmo e redução da proporção de folhas (ricas em proteína bruta).

A elevação da densidade de plantas de milho por hectare, por outro lado, acarretou elevação ( $P < 0,05$ ) do conteúdo de fibra em detergente neutro e ácido da silagem (Tabela 10). Estes resultados estão associados ao fato de que o aumento da população de plantas por hectare impacta na elevação da altura e redução do diâmetro de colmo como forma de aumentar a competição por radiação (ARGENTA et al., 2001b). Isso pode acarretar maior conteúdo de fibra na forragem a ser ensilada, já que o conteúdo de carboidratos solúveis do caule tende a reduzir, enquanto a quantidade de fibras tende a se manter dentro de certos limites a fim de manter a sustentação da planta (RABELO et al., 2014).

As perdas de matéria seca da silagem apresentaram variação quadrática ( $P < 0,05$ ) com o aumento da densidade populacional (Tabela 10), atingindo valores máximos para a população de 100.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Estes resultados podem ser explicados, pelo menos em parte, pela redução da

estabilidade aeróbia da silagem com a elevação da densidade de plantas por hectare, o que indica que o aumento da densidade de plantas pode ter possibilitado maior disponibilidade de carboidratos solúveis na massa ensilada, o que pode ter ocorrido pela maior facilidade de processamento de plantas com menor diâmetro de colmo. Segundo Woolford (1990), a deterioração da silagem, quando exposta ao ar, é inevitável e pode resultar em perda substancial de matéria seca. Esses eventos ocorrem, principalmente, em silagens resultantes de fermentação desejável, cuja marca é a elevada concentração de lactato (MUCK, 2010). De acordo com Hill; Leaver, (2002), há aumento na temperatura das silagens em virtude do balanço entre a taxa de calor produzida pela atividade microbiana e as perdas de calor, o que está diretamente relacionado à oxidação da matéria seca, que provoca perdas na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

A atividade de água foi superior ( $P < 0,05$ ) para a silagem produzida a partir das plantas de milho cultivadas na safrinha em relação às aquelas cultivadas na safra (Tabela 11).

**Tabela 11** – Variáveis relacionadas com os aspectos qualitativos da silagem de acordo com as épocas de semeadura. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Variáveis	Época de semeadura	
	Safra	Safrinha
Atividade de água, UFC g <sup>-1</sup>	0,93 <sup>b</sup>	0,94 <sup>a</sup>
Condutividade elétrica, mS cm <sup>-1</sup>	0,60 <sup>a</sup>	0,57 <sup>b</sup>
pH	3,74 <sup>a</sup>	3,68 <sup>b</sup>
Proteína bruta, %	4,95 <sup>b</sup>	5,08 <sup>a</sup>
Fibra em detergente neutro, %	51,22	51,09
Fibra em detergente ácido, %	22,06 <sup>b</sup>	22,90 <sup>a</sup>
Perdas de matéria seca, %	9,64	9,73
Estabilidade aeróbia, h	52,80	53,76

Médias seguidas de letras minúsculas sobrescritas diferentes na linha diferem entre si ( $P < 0,05$ ).

Estes resultados podem ser atribuídos ao menor teor de matéria seca das plantas no período de safrinha. A atividade de água indica o teor de água livre no alimento, fração esta que é possível de utilização pelos microrganismos (CASTRO et al., 2006). Entretanto, os microrganismos em geral são fundamentais no processo de fermentação das silagens e têm sua atividade amplamente afetada pela atividade de água, sendo o desenvolvimento da maioria das bactérias e fungos indesejáveis, que ocorrem com valores de atividade de água acima de 0,90

(ANDRADE et al., 2019). Todavia, destaca-se que elevados valores de atividade de água (0,93 a 0,97), estão relacionados ao crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, que estes se proliferam quando há excesso de umidade no material e são indesejáveis por impedir a queda do pH das forragens e afetar negativamente seu valor nutritivo (JOBIM et al., 2007).

A condutividade elétrica foi superior ( $P < 0,05$ ) para o período safra (Tabela 11), o que pode estar relacionado ao maior desenvolvimento das plantas em relação ao período de safrinha. Esse maior desenvolvimento possivelmente conferiu maior concentração de eletrólitos (sais inorgânicos, ácidos inorgânicos, ácidos orgânicos, etc.) do material colhido na safra principal em relação à safrinha, que apresentou maior conteúdo de água. A elevação do pH com o aumento da densidade de plantas de milho por hectare, de certa forma, confirma a hipótese anterior, já que a medição do pH da silagem mede a concentração de  $H^+$  na solução, que indica a quantidade de ácidos dissolvidos. Além disso, o maior teor de umidade da forragem colhida na safrinha também é um fator determinante para o maior pH da silagem produzida na safrinha, uma vez que o maior conteúdo de água das forrageiras é um limitante para o abaixamento do pH da silagem (MCDONALD et al., 1991).

O teor de proteína bruta foi superior ( $P < 0,05$ ) para a silagem produzida na safrinha (Tabela 11). Estes resultados podem ser atribuídos ao menor desenvolvimento das plantas no período de safrinha, especialmente no que se refere a menor produção de grãos, tal como sugere (GRALAK et al., 2014). Paziani et al. (2009), contudo, mencionam que a elevação da proporção de folhas das plantas é um dos principais fatores para a elevação significativa para o teor de proteína da silagem. No presente estudo, entretanto, a proporção de folhas não diferiu entre as plantas de milho cultivadas na safra e safrinha. Segundo Costa et al. (2006), por outro lado, conteúdos de proteína bruta abaixo de 7% podem ser limitantes para produção animal, pois interferem de forma negativa no funcionamento da microbiota do rúmen. Verifica-se, neste contexto, que os valores de proteína bruta obtidos neste estudo, embora considerados baixos, estão dentro dos valores verificados por Mizubutti et al. (2002), que verificaram que o teor de proteína bruta da silagem de milho variou de 4,6 a 9,5%.

A época de semeadura não alterou ( $P>0,05$ ) o conteúdo de fibra em detergente neutro da silagem de milho (Tabela 11). Entretanto, o conteúdo de fibra em detergente ácido foi superior para a silagem proveniente do período safrinha. Estes resultados podem ser explicados pela maior proporção de colmo das plantas cultivadas no período de safrinha. Dentre os componentes morfológicos das plantas de milho, o colmo apresenta grande participação na massa ensilada, além de apresentar elevado teor de fibra em relação às folhas e grãos (KLEIN et al., 2018).

Não foi verificado ( $P>0,05$ ) alteração das perdas de matéria seca em função das épocas de semeadura do milho para produção de silagem (Tabela 11). Estes resultados podem estar relacionados ao baixo pH e a similar estabilidade aeróbica apresentado pelas silagens. Além disso, a similar densidade de forragem nos silos também pode ter contribuído para os resultados encontrados, já que este fator é um dos principais impactantes das perdas de matéria seca (BORREANI et al., 2018). O rápido processo de ensilagem e desensilagem também podem ter contribuído para a redução das perdas por oxidação. Segundo Jobim et al. (2007), as perdas em silagens têm sido realizadas em silos de laboratório, que apresenta grande importância para a avaliação da qualidade de fermentação (padrão de fermentação) da forragem, mas na maioria das vezes subestima as perdas em relação as situações de campo.

A estabilidade aeróbia da silagem não foi alterada ( $P>0,05$ ) pelas épocas de semeadura do milho (Tabela 11). Estes resultados podem estar associados aos baixos pH obtidos para as silagens produzidas, visto que silagens com uma boa taxa de fermentação apresentam alta estabilidade após a abertura do silo (JUNIOR et al., 2017). A estabilidade aeróbica da silagem é determinada pela oxidação de substrato (ácidos, etanol e açúcares), especialmente após a abertura do silo por fungos e leveduras, o que resulta em elevação do pH, redução da digestibilidade e conteúdo de energia (JOBIM et al., 2007). Segundo estes pesquisadores, a temperatura, concentração de carboidratos solúveis, população de fungos, leveduras e a concentração de ácidos orgânicos em interação com o pH são os parâmetros que mais afetam a estabilidade das silagens.

## 5 CONCLUSÕES

O híbrido B2433 apresenta maior potencial para produção de silagem em relação aos híbridos B2410 e B2688 para as condições da região do Sudoeste do Paraná.

A elevação da densidade populacional de 60 para 120 mil plantas ha<sup>-1</sup> eleva a produção de silagem de milho.

A produtividade de silagem de milho é maior no período de safra principal em relação ao período de safrinha.

A qualidade da silagem tende ser melhor no período da safra principal, embora maiores teores de proteína bruta possam ocorrer em silagens produzidas no período de safrinha.

Os híbridos B2410, B2433 e B2688 possibilitam produção de silagem com similares aspectos qualitativos.

A elevação da densidade populacional de 60 para 120 mil plantas ha<sup>-1</sup> eleva o teor de fibra e as perdas de matéria seca da silagem de milho, além de reduzir a estabilidade aeróbia.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os híbridos de milho utilizados no presente estudo são relativamente utilizados na região, entretanto poucas informações científicas sobre estes estão disponíveis, especialmente no que se referem às densidades populacionais a serem aplicadas nas diferentes épocas de semeadura da Região Sudoeste do Paraná. De forma geral, verificou-se que a produção de silagem no período de safra principal é mais vantajosa em função da maior produção de forragem, que pode ser impulsionada pela elevação da densidade populacional de plantas. Entretanto, novas dúvidas surgiram, tais como: é viável técnica e economicamente a elevação da densidade populacional acima daquelas testadas neste estudo? Existem outros híbridos de milho que podem possibilitar maior produtividade e qualidade de silagem para a região? Existem outras estratégias para a elevação da produtividade e qualidade de milho?

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C.J.B.; PINHO, R.G.V.; BRANT, R.D.S.; MENDES, M.C.; REZENDE, P.M.D. Composição da matéria seca do sorgo forrageiro em diferentes arranjos de plantas no Semi-Árido de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 115-138, 2011.
- ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. **Corn Silage**. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARISSON, J.H. (Eds.) *Silage Science and technology*. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of América; Soil Science Society of America, 2003. p. 547-608.
- ALLEN, M.S.; OBA, M.; CHOI, B.R. Silage: feed costs and performance affected by type of corn hybrid. **Feedstuffs**, v. 69, n. 28, p.11-31, 1997.
- ALVAREZ, C.G.D; PINHO, R.G; BORGES, I.D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.402-408, 2006.
- ANDRADE, W.R.; MOURA, M. M. A.; ROCHA, V.R., COSTA, R.F.; SANTOS, L.H.T.; SILVA, M.M.D. Quality of sorghum silage with leucaena. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 41, 2019.
- ANDREA, M.C.D.S.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J.D.; TIEPPO, R.C. Impacts of Future Climate Predictions on Second Season Maize in an Agrosystem on a Biome Transition Region in Mato Grosso State. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 2, p. 335-347, 2019.
- AOAC. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, 1995.
- ARAÚJO, K.G.; VILLELA, S.D.J.; LEONEL, F.P.; COSTA, P.M., FERNANDES, L.O., TAMY, W.P.; ANDRADE, V.R. Yield and quality of silage of maize hybrids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 6, p. 1539-1544, 2012.
- ARAÚJO, L.D.F.; OLIVEIRA, L.D.S.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O.L.; SILVA, F.L. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 379-384, 2005.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; NETO, V.B. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 71-78, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001b.
- BALBINOT, A.J.; BACKES, R.; ALVES, A.; OGLIARI, J.; FONSECA, J. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de

polinização aberta de milho. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2005.

BATTISTI, R.; FERREIRA, M.D.P.; TAVARES, É.B.; KNAPP, F.M.; BENDER, F.D.; CASAROLI, D.; JÚNIOR, J.A. Rules for grown soybean-maize cropping system in Midwestern Brazil: Food production and economic profits. **Agricultural Systems**, v. 182, p. 102850, 2020.

BERGAMASCHI, H. **Desenvolvimento do déficit hídrico em culturas**. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1992. p. 25-32.

BERUSKI, G.C.; SCHIEBELBEIN, L.M.; PEREIRA, A.B. Maize Yield Components as Affected by Plant Population, Planting Date and Soil Coverings in Brazil. **Agriculture**, v. 10, n. 12, p. 579, 2020.

BLACKLOW, W.M. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of Corn (*Zea mays* L.) 1. **Crop Science**, v. 12, n. 5, p. 647-650, 1972.

BORGHI, É.; 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. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 4, 2007.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R.J.; HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.

BREVANT. **Milho**. Disponível em: <<https://www.brevant.com.br/produtos/milho.html>>. Acesso em: 06 jun. 2020.

BUSO, W.H.D.; MACHADO, A.S.; RIBEIRO, T.B.; SILVA, L.O. Produção e composição bromatológica da silagem de híbridos de milho sob duas alturas de corte. **Journal Of Neotropical Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 74-80, 2018.

CARVALHO, I.Q.D.; JOBIM, C.C.; OSMARI, M.P.; DANIEL, J.L.P. Occurrence of visible losses and relationship with corn silage management in dairy farms in the State of Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, 2021.

CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; HADDAD, C.M.; CAMPOS, F.P.D.; COELHO, R.M.; MARI, L.J.; TOLEDO, P.D.A. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 358-371, 2006.

CERICATO, A.; FERRARI, W.; ARGENTON, M.J.; CIPRIANI, K.; LAJÚS, C.R. **Análise Técnica e Econômica de Híbridos de Milho Safra: 2015/2016 Submetida a Diferentes Épocas de Semeadura**, Appris, 2020. 51p.

CESSA, R.M.A.; SOUZA, F.R. Estresse hídrico e o manejo de irrigação na cultura do milho. **Cultivar: Grandes Culturas**, v.178, p.10-12, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) 2018. **Milho - Conjuntura semanal**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/busca?searchword=milho&searchphrase=all&limitstart=0>>. Acesso em: 06 maio 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) 2020. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) 2021. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Disponível em: <[C:\Users\lagros\Downloads\E-book\\_BoletimZdeZSafrasZ-Z5oZlevantamento.pdf](C:\Users\lagros\Downloads\E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z5oZlevantamento.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2021.

COOPER, M.; TANG, T.; GHO, C.; HART, T., HAMMER, G.; MESSINA, C. Integrating genetic gain and gap analysis to predict improvements in crop productivity. **Crop Science**, v. 60, n. 2, p. 582-604, 2020.

COORS, J. G.; CARTER, P. R.; HUNTER, R. B. **Silage corn**. In: HALLAUER, A. R. (Ed.). Specialty Corns. Boca Raton: CRC, p. 305-340, 1994.

COORS, J.G.; MARDONES, M.C. Twelve cycles of mass selection for prolificacy in maize. **Crop Science**, v. 29, n.2, p. 262-266, 1989.

COSTA, K. A. P.; COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I. P. de; FAQUIN, V.; MACHADO, E. L.; RAMOS, J. C.; LIMA FILHO, A. K. de. Efeitos quantitativo e qualitativo do nitrogênio e do potássio no desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v. 1, n. 1, p. 56-70, 2006.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H. M.; OLIVEIRA, M.F. DE.; SANTANA, D.P. **Manejo da cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

CRUZ, J.C. **Cultivo do milho - semeadura**. 2010, Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/semeadura.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2020.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C. Preparo do solo e semeadura. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. (Ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. cap. 4, p. 77-107.

CUNHA, B.A.D.; NEGREIROS, M.M.D.; ALVES, K.A.; TORRES, J.P. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 4, p. 424-427, 2019.

CUNHA, E.E.; LIMA, J.M.P. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 701-706, 2010.

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

- DEMINICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; JARDIM, J.G. Silagem de milho: características agronômicas e considerações. **Revista Electrónica de Veterinária**, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2009.
- DEPAULA, G.; FORTES, A. The Adaptation of Soy-corn Double-cropping to the Brazilian Savanna. **Agricultural Policy Review**, v. 2019, n. 2, p. 2, 2019.
- DUARTE, A.P.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z. **Fatores bióticos e abióticos em cultivares de milho e estratificação ambiental: avaliação IAC/ CATI/Empresas – 1999/2000**. Campinas: IAC, 2000. 150 p.
- EDREIRA, J.I.R.; OTEGUI, M.E. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. **Field Crops Research**, v. 130, p. 87-98, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. Ed., Sistemas de Produção, Rio de Janeiro, 2006.
- ENDRES, V.C.; TEIXEIRA, M.R.O. **População de Plantas e arranjo entre fileiras**. IN: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Milho: informações técnicas. Dourados, MS:EMBRAPA / CPAO, 1997, p. 108 - 110.
- FANCELLI, A.L.; NETO, D.D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000.
- FANCELLI, A.L. **Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo**. BORÉM, A.; GALVÃO, JCC; PIMENTEL, MA Milho: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV, p. 50-76, 2015.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agrônômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.
- FERREIRA, G.; ALFONSO, M.; DEPINO, S.; ALESSANDRI, E. Effect of planting density on nutritional quality of green-chopped corn for silage. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.5918-5921, 2014.
- FERREIRA, G.; TEETS, C.L. Effect of planting density on yield, nutritional quality, and ruminal in vitro digestibility of corn for silage grown under on-farm conditions. **The Professional Animal Scientist**, v. 33, n. 4, p. 420-425, 2017.
- FILHO, D.F. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.
- FILHO, I.A.P; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017**. Embrapa Milho e Sorgo - Documentos (INFOTECA-E), 2016.
- FILHO, J.P.R.A. **Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. 2002. 70f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- FLESCH, R. D.; VIEIRA, L.C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brazil. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004.

FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F.D.; STRIEDER, M.L.; MINETTO, T.J.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SILVA, A.A.D. Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.

FROMME, D.D.; SPIVEY, T.A.; GRICHAR, W.J. Agronomic response of corn (*Zea mays* L.) hybrids to plant populations. **International Journal of Agronomy**, v. 2019, 2019.

GALON, L.; GABIATTI, R.L.; AGAZZI, L.R.; WEIRICH, S.N.; RADÜNZ, A.L.; BRANDLER, D.; PERIN, G.F. Competição entre híbridos de milho com plantas daninhas. **South American Sciences**, v. 2, n. 1, p. e21101-e21101, 2020.

GARCÍA-LARA, S.; CHUCK-HERNANDEZ, C.; SERNA-SALDIVAR, S.O. **Development and Structure of the Corn Kernel**. In: Corn: Chemistry and Technology. AACC International Press. 3 Ed. p. 147-163. 2019.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; POSSATO JÚNIOR, O.; ROSSI, E.S.; SILVA, C.A.; RIZZARD, D.A.; MENDES, M.C.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agrônômicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

RAHOUMA, M.A.A. Effect of Plant Density on Silage Yield and Quality of some Maize (*Zea mays* L.) Hybrids. **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 42, n. JANUARY-MARCH, p. 89-94, 2021.

HAKE, S. **Handbook of maize**. New York: Springer, 2009.

HANWAY, J.J. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). **Agronomy Journal**, v.55, n.5, p.487-492, 1966.

HILL, J.; LEAVER, J.D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, v.102, p.181-195, 2002.

HOLMES, B.J; BOLSEN, K.K. What's new in silage management. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 15., 2009, Madison, USA. **Proceedings...** Madison, USA, 2009. p.61-76.

HORST, E.H.; LÓPEZ, S.; NEUMANN, M.; GIRÁLDEZ, F.J.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H. Effects of Hybrid and Grain Maturity Stage on the Ruminant Degradation and the Nutritive Value of Maize Forage for Silage. **Agriculture**, v. 10, n. 7, p. 251, 2020.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101– 119, 2007.

JUNIOR, W.G.F; GONÇALVES, L.C.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; CARVALHO, W.T.V.; MAURÍCIO, R.M.; RODRIGUES, J.A.S.; BORGES, A.L.C.C. Effect of grain maturity stage on the quality of sorghum BRS-610 silages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 5, p. 1215-1223, 2011.

JUNIOR, V.H.B.; GUIMARÃES, V.A.P; FORTALEZA, A.P.S; JUNIOR, F.L.M.;

- MORAES, G.J.E.; MEZA, D.A.R. Aerobic stability in corn silage (*Zea mays* L.) ensiled with different microbial additives. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 39, n. 4, p. 357-362, 2017.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O. Efeito dos arranjos espaciais de plantas na sanidade de híbridos de milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. 1, p. 53-65, 2013.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.
- KIYOTA, N. **Silagem de milho na atividade leiteira do sudoeste do Paraná: do manejo de solo e de seus nutrientes á ensilagem de planta inteira e grãos úmidos**. Instituto Agrônômico do Paraná, 2011.
- KLEIN, L.J.; VIANA, A.F.P.; ADAMS, S.M.; RODRIGUES, L.S. da. Desempenho produtivo de híbridos de milho para a produção de silagem da planta inteira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 101-110, 2018.
- KRAUS, T.J.; KOEGER, R.G.; STRAUB, R.J.; SHINNERS, K.J. **Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning**. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis: ASAE, 1997. 12p.
- LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; OLIVER, S. (2006). **SAS for mixed models**. SAS publishing.
- LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.C.F.; CONTARDI, L.M. Influência do espaçamento entre linhas em características fitotécnicas e acúmulo de massa seca de híbridos de milho. **Ambiência**, v. 12, p. 1027-1039, 2016.
- LUO, Z., LI, P.; CAI, D.; CHEN, Q.; QIN, P.; TAN, T.; CAO, H. Comparison of performances of corn fiber plastic composites made from different parts of corn stalk. **Industrial crops and products**, v. 95, p. 521-527, 2017.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Universidade Federal do Paraná e Instituto de Geologia e Pesquisas Tecnológicas, Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Estado do Paraná, p. 350, 1968.
- MACHADO, D.S.; PEREIRA, L.B.; NÖRNBERG, J.L.; FILHO, D.C.A.; 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.1 1-17, 2018.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHÃES, P.C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p.63-87.
- MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; XIMENES, P.A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, p.170-181, 2006.
- MARI, L.J. **Intervalo entre corte em capim-marandu (*Brachiaria brizantha***

**(Hochst ex. A.Rich.) Stapf cv. Marandu): produção valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem.** 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MCDONALD, P.J.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The Biochemistry of Silage.** 2.ed. Marlow. Chalcombe Publications, 1991. 226p.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M.G.; DAVID, D.B. de. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.

MIZUBUTTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.D.A.; ROCHA, M.A.D.; SILVA, L.D.D.F.D.; PINTO, A.P.; FERNANDES, W.C.; ROLIM, M.A. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 267-272, 2002.

MODOLO, A.J.; CARNIELETTO, R., KOLLING, E.M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.

MORIZET, J.; TOGOLA, D. **Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs.** In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE, 1984, Versailles. Les besoins en eau des cultures. Paris: Inra, 1984. p.351-360.

MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010. Supl. especial.

NASAPOWER. **Power Data Access Viewer.** Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acesso em: 01 out. 2020.

NETO, D.D.D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.63-77, 2003.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.F.; RESTLE, J.; OST, P.R.; LUSTOSA, S.B.C.; FALBO, M.K. Silagem de milho (*Zea mays* L.) em diferentes alturas de corte e tamanho de partícula: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 379-397, 2007.

NEUMANN, M.; HORTS, E.H.; FIGUEIRA, D.N.; LEÃO, G.F.M.; CECCHIN, D. Potential of corn silage production in different sowing times in the Paraná Midwest region. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 9, n. 1, p. 37-44, 2016.

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

NEUMANN, M.; VENANCIO, B.J.; HORST, E.H.; CRISTO, F.B.; PETKOWICZ, K.; PONTAROLO, G.B.; MARTINS, M.B.A. Corn hybrid silage quality according to harvesting time. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 369-382, 2020.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: International grassland congresso, 19, 2001. São Pedro-SP. **Proceedings...** Piracicaba-FEALQ, 2001. p. 794-795.

OLIVEIRA, F.C.L.D.; JOBIM, C.C.; SILVA, M.S.D.; BUMBIERIS, V.H.J. Productive characteristics of maize hybrids at different cutting heights for silage and organic matter and mineral rates in post-harvest residues. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 35, n. 2, p. 133-138, 2013.

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

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

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.

RABELO, C.H.S.; REZENDE, A.V.; RABELO F.H.S.; NOGUEIRA D.A.; SENEDESE, S.S.; VIEIRA, P.F.; BERNARDES C.L.; CARVALHO, A. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológicas e digestibilidade in vitro. **Ciência Rural**, v.44, n.2, p.368-373, 2014.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência rural**, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.1, n. 2, p. 60-66, 2002.

SANGOI, L.; SILVA, P.D.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, p. 88, 2010.

SANTOS, P.G.; JULIATTI, F.C.; BUIATTI, A.L.; HAMAWAKI, O.T. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

SEVERO, I.K.; MÜLLER, S.S.; MISSIO, R.L.; ELEJALDE, D.A.G., RIEGER, R.D.; MORAES, G.K. Silagem de milho colhida com diferentes alturas e adição de inoculante microbiano e enzimático. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian**

**Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 63, 2020.

SCARLAT, M.; SAMUIL, C.; STAVARACHE, M.; NAZARE, A. I.; VÎNTU, V. The influence of some technological factors on the quality of corn silage in the conditions of jija-bahlui depression. **Romanian Journal of Grassland and Forage Crops**, v. 20, p. 47, 2019.

SCHEEREN, B.R.; BAZONI, R.; BONO, J.A.; ARIAS, S.S.; OLIVEIRA, R.; SALOMÃO, L. Arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 55-60, 2004.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia). USP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2006.

SHAW, R.H. Corn and corn improvement. **American Society of Agronomy**, Madison, p. 599-617, 1977.

SHIOGA, P.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. 03, 2004.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 166p.

SILVA, E. C.; BUZZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em semeadura direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 353-362, 2005.

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: Evangraf, 2006. 63p.

SILVA, A.P.F.; DA COSTA, D.J.; VICENTE, D.L.C.; SILVA, A.A. da; PEREIRA, C.S. Produção de milho em diferentes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 13, n. 4, p. 330-338, 2019.

Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR. **Alerta geada** (2020). Disponível em: <[http://www.simepar.br/prognosweb/simepar/alerta\\_geada](http://www.simepar.br/prognosweb/simepar/alerta_geada)>. Acesso em: 04 mar. 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO- SBCS. **Núcleo Estadual Paraná. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, p. 428, 2017.

SONG, L.; JIN, J.; HE, J. Effects of severe water stress on maize growth processes in the field. **Sustainability**, v. 11, n. 18, p. 5086, 2019.

SOUZA, A.M.; NEUMANN, M.; JUNIOR, V.H.B.; MANCHUR, A.D.; PONTAROLO, G. B.; JUNIOR, J.C.H.; PLODOVISKI, D.C. Effect of advancing maturity stages of corn for silage on chemical characterization, digestibility and production costs. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 283-300, 2021.

STACCIARINI, T.D.C.V.; CASTRO, P.H.C.D.; BORGES, M.A.; GUERIN, H.F.; MORAES, P.A.C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Ceres**, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

TAKASU, A.T.; RODRIGUES, R.A.F.; GOES, R.J.; ARF, O.; HAGA, K.I. Desempenho agronômico do milho sob diferentes arranjos populacionais e espaçamento entrelinhas. **Agrarian**, v. 7, n. 23, p. 34-41, 2014.

TOMICH, T.R. Características químicas e digestibilidade in vitro de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1672-1682, 2004 (Suplemento, 1).

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE- USDA (2020). **Production, Supply and Distribution**. Disponível em: <[http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=DATA\\_STATISTICS](http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=DATA_STATISTICS)>. Acesso em: 20 out. 2020.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.D.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

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

VIEIRA, V.D.C.; MORO, V.; FARINACIO, D.; MARTIN, T.N.; MENEZES, L.F.G. Caracterização da silagem de milho, produzida em propriedades rurais do sudoeste do Paraná. **Ceres**, v. 58, n. 4, 2015.

VILELA, R.G.; ARF, O.; KAPPES, C.; KANEKO, F.H.; DE CASTILHO GITTI, D.; FERREIRA, J.P. Desempenho agronômico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, 2012.

VILHEGAS, A.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; VIDIGAL, M.C.G.; BRACCINI, A.L.; SAGRILLO, E. Efeito de épocas de semeadura e estabilidade de híbridos de milho em semeaduras de safrinha no noroeste do Paraná. **Bragantia**, v.60, n.1, p. 45-51, 2001.

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. 1993. p. 1–32.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology*, v. 68, p. 101-116, 1990.

YAN, W.; ZHONG, Y.; SHANGGUAN, Z. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. *Acta Agriculturae Scandinavica*, v.66, p.133-140, 2016.

ZAMPIERI, M.; CEGLAR, A.; DENTENER, F.; DOSIO, A.; NAUMANN, G.; VAN DEN BERG, M.; TORETI, A. When will current climate extremes affecting maize production become the norm?. *Earth's Future*, v. 7, n. 2, p. 113-122, 2019.

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.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, suplemento especial, p. 170-189, 2009.