

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE RANCATTI

**QUALIDADE DA SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO EM
DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE RANCATTI

**QUALIDADE DA SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO EM
DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2021**

FELIPE RANCATTI

**QUALIDADE DA SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO EM
DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Regis Luis Missio

Coorientador: M. Sc. Igor Kieling Severo

PATO BRANCO

2021

Rancatti, Felipe

Qualidade da silagem de híbridos de milho em diferentes densidades de semeadura / Felipe Rancatti.

Pato Branco. UTFPR, 2021

33 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Regis Luis Missio

Coorientador: M. Sc. Igor Kieling Severo

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 28 – 31

1. Agronomia. 2. Perdas de matéria seca. 3. pH. 4. Proteína bruta. I. Missio, Regis Luis, orient. II. Severo, Igor Kieling, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

Qualidade da silagem de híbridos de milho em diferentes densidades de semeadura

Por

Felipe Rancatti

Monografia defendida em sessão pública às 08 horas 30 min. do dia 19 de abril de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Lucas Candioto - PPGAG-PB UTFPR - Mestrando

Prof^a. Dr^a. Lisiane Fernandes Soares - UTFPR *Campus* Pato Branco

Prof. Dr. Regis Luis Missio - UTFPR *Campus* Pato Branco - Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour - Professor responsável TCC 2

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho ao meu professor-orientador e coorientador que tornaram este trabalho possível e todos os amigos e colegas que de alguma forma me ajudaram

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que sempre me guiou nos meus caminhos que me trouxeram até aqui.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por disponibilizarem professores com conhecimentos e dotados de profissionalismo.

Aos meus pais Paulo Rancatti e Anita Bosa Rancatti pelo apoio, atenção, e afeto que nunca se negaram a dar o máximo de esforço e tempo a mim. A minha namorada Josiane Beatriz Perreira e minha filha que sempre me deram forças para continuar neste caminho.

Ao meu professor-orientador Régis Luis Missio, que me trouxe grande conhecimento para conclusão deste projeto e se mostrou também como um grande amigo e exemplo de pessoa. E a todos os professores que participaram da minha jornada.

O meu coorientador Igor Kieling Severo, que foi essencial para a conclusão deste projeto e se tornou um grande amigo.

Aos colegas de Universidade em especial os mais próximos, onde construímos conhecimento e pudemos evoluir pessoalmente e profissionalmente juntos.

A todos aqueles que de alguma forma me ajudaram nesta caminhada, muito obrigado!

RESUMO

RANCATTI, Felipe. Qualidade da silagem de híbridos de milho em diferentes densidades de semeadura. 33 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

Objetivou-se avaliar as características qualitativas da silagem de híbridos de milho com diferentes densidades de semeadura em sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com os tratamentos em arranjo fatorial 3x4 (três híbridos de milho e quatro densidades de plantas), utilizando-se cinco repetições (silos experimentais) em dois anos agrícolas. Os híbridos avaliados foram: B2688, B2433 e B2410. As densidades de plantas avaliadas foram: 60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base foi constituída de 670 kg ha⁻¹ de adubo químico (NPK: 5-25-15). A adubação de cobertura foi de 140 kg ha⁻¹ de N, dividida em duas aplicações (V4 e V8). Após 60 dias da ensilagem, cinco silos de cada tratamento foram destinados para determinação estabilidade aeróbia e perdas de matéria seca, e outros cinco silos foram destinados para avaliação da atividade de água, condutividade elétrica, pH, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). A condutividade elétrica e a atividade de água foram superiores para a silagem do híbrido B2410 em relação aos demais, que não diferiram entre si. As demais características da silagem avaliadas não foram influenciadas pelos híbridos. O pH e a estabilidade aeróbica da silagem reduziram com o aumento da densidade de plantas. A condutividade elétrica, FDN e FDA da silagem aumentaram com a elevação da densidade de plantas. O teor de proteína bruta e as perdas de matéria seca variaram de forma quadrática com a elevação da densidade de plantas, apresentando os maiores valores para as densidades de 80.000 e 100.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. A elevação da densidade de plantas de milho eleva o teor de fibras da silagem, reduzindo a estabilidade aeróbia. A qualidade da silagem dos híbridos B2688, B2433 e B2410 não apresenta diferença.

Palavras-chave: Perdas de matéria seca. pH. Proteína bruta.

ABSTRACT

RANCATTI, Felipe. Silage quality of corn hybrids at different sowing densities. 33 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

The objective was to evaluate the qualitative characteristics of the silage of corn hybrids with different sowing densities under no-tillage system. The experimental design used was completely randomized with the treatments in a 3x4 factorial arrangement (three corn hybrids and four plant densities), using five replications (experimental silos) in two agricultural years. The evaluated hybrids were: B2688, B2433 and B2410. The plant densities evaluated were: 60,000, 80,000, 100,000 and 120,000 plants ha⁻¹. The basic fertilization consisted of 670 kg ha⁻¹ of chemical fertilizer (NPK: 5-25-15). The cover fertilization was 140 kg ha⁻¹ of N, divided into two applications (V4 and V8). After 60 days of silage, five silos from each treatment were used to determine aerobic stability and dry matter losses, and another five silos were used to assess water activity, electrical conductivity, pH, crude protein, neutral detergent fiber (NDF) and acid (FDA). The electrical conductivity and the water activity were superior for the silage of the hybrid B2410 in relation to the others, which did not differ among themselves. The other characteristics of the evaluated silage were not influenced by the hybrids. The pH and aerobic stability of the silage decreased with increasing plant density. The electrical conductivity, NDF and FDA of the silage increased with the increase in plant density. The crude protein content and dry matter losses varied quadratically with the increase in plant density, with the highest values for densities of 80,000 and 100,000 plants ha⁻¹, respectively. The increase in the density of corn plants increases the fiber content of the silage, reducing aerobic stability. The silage quality of hybrids B2688, B2433 and B2410 does not differ.

Keywords: Dry matter losses. pH. Crude protein.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Variáveis relacionadas com os aspectos qualitativos da silagem de acordo com os híbridos de milho. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021..... | 21 |
| Tabela 2 – Variáveis relacionadas com a qualidade da silagem de acordo com a população de plantas. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021..... | 23 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|------------------------------|
| AIE | Altura de inserção de espiga |
| cm | Centímetro |
| CV | Coefficiente de variação |
| D | Densidade populacional |
| DBC | Delineamento blocos ao acaso |
| DC | Diâmetro de colmo |
| E | Épocas de plantio |
| EF | Estande final |
| EI | Estande inicial |
| FE | Fileira por espiga |
| g | Gramas |
| GD | Graus dia |
| GE | Grãos por espiga |
| GF | Grãos por fileira |
| h | Horas |
| H | Híbridos |
| ha | Hectare |
| Kg | Kilograma |
| m | Metros |
| m ² | Metros quadrados |
| mL | Mililitros |
| mm | Milímetros |
| MS | Matéria seca |
| MV | Matéria verde |
| n° | Número |
| PG | Peso de grão |
| PMS | Perda de matéria seca |
| PWU | PowerCore Ultra |
| t. | Toneladas |
| T° | Temperatura |
| UEs | Unidades experimentais |

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1 GERAL..... | 13 |
| 2.2 ESPECÍFICOS..... | 13 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 14 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS..... | 19 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 21 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 27 |
| REFERÊNCIAS..... | 28 |

1 INTRODUÇÃO

Grande parte do 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 safra e a safrinha. A primeira safra é considerada época ideal para a semeadura, pois, o clima tende a permitir um ambiente favorável ao crescimento das plantas (GARCÍA-LARA; CHUCK-HERNANDEZ; SERNA-SALDIVAR, 2019). A segunda safra (safrinha) é aquela realizada com semeadura tardia, normalmente em sucessão à outra lavoura da safra de verão (CRUZ; PERREIRA; ALVARENGA, 2015).

A densidade de plantas pode variar de acordo com a época de semeadura. Para época da safra principal, os programas de melhoramento de milho têm verificado elevada resposta produtiva em elevadas densidades populacionais, de 80 mil a 100 mil plantas ha^{-1} (NETO *et al.*, 2003). Para o cultivo safrinha as recomendações de densidade diminuem, em torno de 44 a 55 mil plantas ha^{-1} , como atenuante aos estresses causados pelas condições climáticas (SHIOGA; OLIVEIRA; GERAGE, 2004).

A produtividade de cada híbrido é decorrente da combinação entre sua carga genética e o ambiente do cultivo, sendo que, à falta de informações regionais sobre o comportamento agrônomo dos diversos materiais genéticos que existem no mercado é um obstáculo para a escolha de novos híbridos de milho destinados para silagem (ROSA *et al.*, 2004). A densidade de semeadura tem grande importância para a cultura do milho, já que esta gramínea é a mais sensível à variação na densidade de plantas (CRUZ, 2010). Segundo Cruz (2010), a densidade ótima é variável para cada situação e depende da cultivar/híbrido, da disponibilidade hídrica e nível de fertilidade de solo, que também podem afetar a densidade ótima na cultura do milho. Além disso, deve-se considerar que ocorreram avanços no melhoramento genético do milho nos últimos anos (COOPER *et al.*, 2020), sendo importante avaliar o desempenho e a qualidade para estes híbridos, cujas informações científicas são incipientes na literatura.

A hipótese do presente estudo é que existem diferenças para a qualidade da silagem entre híbridos utilizados no mercado, assim como a elevação da densidade de plantas de milho pode alterar a qualidade da silagem.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a qualidade da silagem de híbridos de milho com diferentes densidades de semeadura.

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar características relacionadas com o processo de fermentação da silagem de híbridos de milho.

Avaliar características bromatológicas da silagem de híbridos de milho.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O milho é um cereal originário do México e Guatemala, vale do Tehucan, (atual México), onde foram encontradas as mais antigas espigas de milho, datadas de 7.000 a.C. (LERAYER, 2006). O milho é uma planta herbácea, monóica, possuindo os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes, e anual, completando seu ciclo entre quatro e cinco meses. É considerado também uma planta alógama, realizando praticamente 100% de sua reprodução de forma cruzada (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). Botânicamente, o milho é considerado uma gramínea da família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* (L.). É taxonomicamente identificado como *Zea mays* (L.) spp. *mays*, a fim de distinguir de seu parente silvestre mais próximo, o Teosinto, ambos com $2n = 2x = 20$ cromossomos (PATERNIANI; CAMPOS 1999).

A produtividade da agropecuária brasileira depende muito das pastagens e das condições climáticas que se tornam as principais causas da baixa produtividade. Diante disso, com a intensificação da produção pecuária, ocorre a necessidade da utilização estratégica de forragens conservadas, principalmente na forma de silagem, em complementação ao manejo de pastagens e em combinação com o uso racional de grãos, além de resíduos da lavoura ou subprodutos da agroindústria, que tem um custo mais elevado. O uso da silagem torna a produção pecuária menos independente das condições climáticas e menos vulnerável as variações do mercado econômico de grãos (ROSA *et al.*, 2004).

Entre tantas gramíneas e leguminosas que podem ser utilizadas para a confecção de silagem, a cultura de milho tem sido apresentada como a espécie mais adaptada ao processo de ensilagem, por sua facilidade de cultivo, altos rendimentos por área e, principalmente, pela qualidade e palatabilidade da silagem produzida (ZAGO *et al.*, 1991). Para a produção de silagem, é necessária uma forrageira com elevada produção de massa por área e que detenha alta qualidade energética com boa palatabilidade para os animais. Estes aspectos fazem do milho uma planta ideal para produção de silagem, pois produz alta quantidade de matéria seca e tem baixa capacidade tampão, alta capacidade energética e contem níveis adequados de

carboidratos solúveis, para garantir fermentação satisfatória através da população de bactérias produtoras de lactato (PIMENTEL *et al.*, 1998).

No Paraná, o plantio do milho na safra ocorre nos meses de setembro a dezembro, enquanto o plantio na safrinha está concentrado no período de janeiro a março (SEAB/DERAL, 2010). O termo safrinha surgiu no Paraná devido as baixas produtividades dos primeiros cultivos, na década de 70, que comparado com a safra normal de verão gerava um volume muito pequeno de grãos. Embora o termo safrinha é pejorativo, não correspondendo ao excelente nível atual de produtividade de parte das lavouras do Paraná (CRUZ, 2010). O cultivo do milho durante a primeira safra 2018/19 no Paraná teve uma produção de 3.170,9 mil t., e na segunda safra 2018/19 foi de 13.674,6 mil t. (CONAB, 2019), demonstrando a importância da semeadura na safrinha para a produção de milho no estado. Segundo Brunini (1997), as semeaduras realizadas no período da safrinha, resultam em um alongamento do seu ciclo, devido ao fato que a planta de milho desenvolva a maior parte de seu ciclo em meses cuja taxa de acúmulo térmico de desenvolvimento diário é muito baixa.

As forragens conservadas em silos podem ter seu valor alimentício qualitativo bastante alterado em razão dos procedimentos de produção e conservação (JOBIM *et al.*, 2007). O teor de matéria seca da forragem no momento da ensilagem, determinado pelo momento e/ou época de corte, é um dos principais fatores determinante do processo fermentativo e, portanto, da qualidade da silagem (KUNG; SHAVER, 2001). O teor de umidade é um fator de grande importância, sendo determinante da qualidade fermentativa das forragens. O intervalo de 30 a 35% de matéria seca possibilita um adequado desenvolvimento das bactérias desejáveis, produtoras de ácido láctico (KUNG; SHAVER, 2001). Uma maneira rápida e prática para identificar o teor de matéria seca do milho, é a observação da linha de leite que reflete o preenchimento do grão pelo amido, quando ela estiver entre 1/3 a 2/3 do grão, indicando que a colheita já pode ser realizada (GODOI; SILVA, 2010).

Outro fator importante para a qualidade da silagem é a vedação do silo e a boa compactação da silagem para que o máximo possível de ar seja expulso da massa ensilada. Silagens confeccionadas com baixa massa específica

(compactação inadequada), possivelmente devido ao elevado teor de matéria seca das plantas na colheita, que apresentam maior teor de ar residual na massa ensilada. Com mais ar disponível para os microrganismos, vai aumentar o período de respiração dos mesmos, ocorrendo maior liberação de CO₂ e perda de matéria seca, e maior consumo de carboidratos solúveis, redução na velocidade de produção de ácidos orgânicos e maior valor final de pH (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Além disso, baixos valores de massa específica determinam maior porosidade e infiltração de ar no painel do silo aberto, menor estabilidade aeróbica e maiores perdas no período pós-abertura. Essas características, acarretam elevadas perdas de matéria seca, redução no valor nutritivo da silagem e no consumo pelos animais, com elevação do custo da tonelada de matéria seca produzida (JOBIM *et al.*, 2007). Nesse sentido, ao ensilar forragens de alto teor de matéria seca (acima de 35%) esse quadro tende a ser agravado. Porém, materiais colhidos antes do ponto ideal com baixo teor de matéria seca, quando compactados podem formar efluentes, o que acarreta perdas qualitativas e quantitativas, além de reduzir o pool de carboidratos solúveis essenciais à boa fermentação. A formação de efluentes por excesso de umidade é mais comum em gramíneas. (HUFFMAN, 1989; JOBIM *et al.*, 2007).

O processo de ensilagem, consiste no corte e picagem da planta forrageira em seu ponto ideal de umidade, e posterior armazenamento da massa resultante em silos (NOVAES; LOPES; CARNEIRO, 2004). Segundo Van Soest (1994), este processo visa conservar a forragem por períodos específicos de menor disponibilidade de pastagem, mantendo a qualidade do material original, sendo que em algumas partes do mundo a produção de silagens contribui com 10-25% dos alimentos destinados para ruminantes. A qualidade das silagens, entretanto, tem sido avaliada basicamente a partir de avaliações pelo consumo animal e/ou por avaliações da composição bromatológica, com poucas informações sobre características que remetem ao processo fermentativo. Os recursos metodológicos disponíveis atualmente permitem quantificar e qualificar perdas ocorridas no processo de conservação, exposição aeróbia e oferta dos volumosos aos animais, sugerindo que a adoção de estratégias de manejo dessas forragens deverá,

preferencialmente, ser acompanhada de avaliação de perdas integradas no processo (JOBIM *et al.*, 2007).

A fim de contribuir com o esclarecimento de novas metodologias relacionadas à avaliação de forragens conservada, vale destacar algumas metodologias mais recentes e, muitas vezes pouco utilizadas. A estabilidade aeróbia da silagem pode ser conceituada como a resistência da massa de forragem à deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após exposta ao ar (JOBIM *et al.*, 2007). A presença de O₂, pela entrada de ar durante o período de estocagem ou na abertura do silo, favorece o crescimento de microrganismos aeróbios. Esses microrganismos utilizam vários substratos derivados diretamente da forragem ou indiretamente da fermentação (LIMA; ALVAREZ; CONTARDI, 2016). A deterioração aeróbia das silagens, ocasionada por fungos filamentosos e leveduras, é indesejável em razão da grande perda de nutrientes, associada ao baixo consumo voluntário do material e até mesmo a rejeição completa da silagem pelos animais (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A medida do valor de pH em silagens, embora não seja uma novidade metodológica, é considerado um importante indicador da qualidade de fermentação (JOBIM *et al.*, 2007). O aumento do pH após a exposição da silagem ao ar é um importante indicador da deterioração da massa ensilada. A condutividade elétrica é definida como a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, e quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica. Em silagens, a condutividade elétrica não expressa especificamente quais os íons que estão presentes em determinada amostra, mas pode contribuir para a mensuração das perdas de conteúdo intracelular oriundos do processamento na ensilagem (JOBIM *et al.*, 2007).

O termo atividade da água foi criado para denominar a água disponível para crescimento microbiano e reações que possam deteriorar os alimentos (DITCHFIELD *et al.*, 2000). O valor da atividade da água indica o nível de água em sua forma livre nos materiais, sendo de grande importância para a avaliação da

qualidade de fermentação durante a ensilagem e para a atividade microbológica durante a fase de utilização da silagem (JOBIM *et al.*, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *Campus Pato Branco* (26°41'17" Sul e 52°41'17" Oeste). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2013), o clima da região é o subtropical úmido do tipo Cfa (ALVARES *et al.*, 2013), enquanto a altitude média é de 760 m.

Os tratamentos avaliados foram quatro densidades de semeadura (60.000, 80.000, 100.000 e 120.000 plantas ha⁻¹) e três híbridos de milho (B2688, B2433 e B2410), conduzidos em dois anos agrícolas.

A área experimental foi demarcada antes da implantação do experimento. Foram utilizadas 48 parcelas para o plantio do milho, onde cada parcela apresentava 13,5 m² de área útil (5 m x 2,7 m). Para avaliar o efeito dos aspectos produtivos, cada tratamento foi implantado em quatro parcelas. Vale lembrar, no entanto, que no presente estudo, as repetições foram os silos experimentais.

A semeadura do milho, no primeiro ano agrícola, foi realizada dia 9 de outubro de 2019, enquanto a semeadura no segundo ano agrícola foi realizada no dia 19 de fevereiro de 2020. A semeadura foi realizada de forma manual com utilização de matraca, 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.

A adubação de base foi constituída de 670 kg ha⁻¹ de adubo NPK na formulação 5-25-15. A adubação de cobertura foi realizada com 140 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia (45% de N), realizada em duas aplicações a lanço (V4 e V8). Quando houve presença de plantas daninhas e insetos pragas e atingiu-se o nível de controle, foi realizado controle químico com herbicida e inseticida, respectivamente.

A colheita para o período de safra principal foi realizada quando os grãos atingiram o estágio farináceo-duro (planta com cerca de 35% de matéria seca). Na safrinha, em função do início das geadas na região, a colheita ocorreu quando os grãos se encontravam no estágio leitoso/pastoso. A colheita das plantas ocorreu de forma manual à 15 cm do solo. Foram colhidas plantas das três linhas

centrais (2 metros lineares) de cada parcela. Posteriormente cinco plantas de cada parcela foram processadas em forrageiro estacionário (2-3 cm de tamanho de partícula), sendo retiradas duas amostras (300 g) para secagem em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C durante 72 horas.

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. Cinco silos experimentais de cada tratamento foram destinados para determinação da estabilidade aeróbia (O'KIELLY; CLANCY; DOYLE, 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.*, 1999), atividade de água (MARI, 2003) teor de proteína bruta (AOAC, 1995), teor de fibra em detergente neutro (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) e teor de fibra em detergente ácido (VAN SOEST, 1994).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com os tratamentos em arranjo fatorial 3 x 4 (três híbridos e quatro densidades populacionais), com cinco repetições (cinco silos experimentais para cada variável).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se a época de plantio como medida repetida no tempo, bem como análise de regressão polinomial. O teste Tukey foi utilizado para a comparação de médias. O nível crítico de significância utilizado foi de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fim de contextualizar os resultados de qualidade da silagem é importante que sejam destacados alguns resultados de características produtivas encontrados em um estudo anterior, neste mesmo experimento. Desta forma, ressalta-se que a produção de silagem (14, 15, 17 e 15 t. MS ha⁻¹, P = 0,001), produção de grãos (6, 7, 8 e 8 t. MS ha⁻¹; P = 0,001) e proporção de folhas (15,8; 16,5; 17,1 e 18,35 MS; P = 0,001) aumentaram com a elevação da densidade de plantas (60, 80, 100 e 120 mil plantas ha⁻¹, respectivamente). Além disso, as plantas apresentaram alongamento de colmo (1,05; 1,11; 1,18 e 1,22 m; P = 0,001) e redução do diâmetro de colmo (2,16; 2,08; 2,02 e 1,95 cm; P = 0,001), enquanto a proporção de colmo não foi alterada (P<0,05) pela densidade de plantas (60, 80, 100 e 120 mil plantas ha⁻¹, respectivamente).

Não foi verificada interação (P<0,05) entre híbridos e densidades populacionais para as variáveis estudadas, tampouco entre estes fatores de variação e o ano agrícola. Sendo assim os resultados foram apresentados de acordo com fatores de variação principais. 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 1).

Tabela 1 – 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 ⁻¹ | 0,94 ^a | 0,93 ^b | 0,93 ^b |
| Condutividade elétrica, mS cm ⁻¹ | 0,60 ^a | 0,58 ^b | 0,58 ^b |
| pH | 3,71 | 3,72 | 3,71 |
| Proteína bruta, % | 5,74 | 5,69 | 5,61 |
| 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 |

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

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 têm 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).

Os valores de pH ($P < 0,05$) não foram alterados pelos híbridos de milho (Tabela 1), em que os valores obtidos caracterizam as silagens como bem conservadas, visto que silagens de alta qualidade apresentam pH variando de 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 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.

O teor de proteína bruta da silagem não foi alterado ($P < 0,05$) pelos híbridos de milho (Tabela 1). 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%. Neumann *et al.* (2018), não verificaram diferença para o teor de proteína bruta entre os híbridos testados no seu trabalho, o que foi atribuído ao similar conteúdo de grãos das silagens. 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 das silagens foram similares entre os híbridos de milho (Tabela 1). Estes resultados foram similares aqueles 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 em parte os resultados obtidos.

As perdas de matéria seca e a estabilidade aeróbia não foram alteradas ($P < 0,05$) pelos híbridos avaliados (Tabela 1). Estes resultados foram possivelmente associados aos baixos valores 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 2). 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 2 – 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 ⁻¹ | | | |
|---|--|-------|-------|-------|
| | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Atividade de água, UFC g ⁻¹ | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| Condutividade elétrica, mS cm ⁻¹ | 0,53 | 0,60 | 0,64 | 0,58 |
| pH | 3,85 | 3,74 | 3,63 | 3,64 |
| Proteína bruta, % | 5,47 | 5,81 | 5,77 | 5,66 |
| 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 = $63.60540 - 0.11169x$, $P < 0,001$.

A condutividade elétrica e o pH da silagem foram reduzidos ($P < 0,05$) com o avanço da densidade de plantas de milho (Tabela 2). A condutividade elétrica indica, indiretamente, o grau de rompimento celular durante o processamento da forragem, através da liberação de eletrólitos (ZOPOLLATTO; DANIEL; PRATTI,

2009). É possível que os resultados obtidos neste estudo estejam associados a maior facilidade de picagem das plantas de milho com menor diâmetro de colmo, o que pode ter elevado o extravasamento celular (carboidratos fermentáveis), o que pode resultar na queda do pH da silagem (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O teor de proteína bruta variou de forma quadrática ($P < 0,05$) em função da elevação da densidade de plantas de milho (Tabela 2), atingindo valores máximos para a densidade de plantas de 80.000 plantas ha^{-1} . Estes resultados podem ser atribuídos à variação da participação de grãos e de folha na massa ensilada, indicando que a densidade populacional de 80 mil plantas ha^{-1} foi aquela em que a relação entre estes componentes mais impactou o conteúdo de proteína da silagem. Quando se avalia a relação entre proporção de folhas e de grãos, verifica-se que a densidade de 100 mil plantas é aquela em que esta relação (folhas/grãos) é maior (0,37; 0,42; 0,46 e 0,43 entre as populações de 60, 80, 100 e 120 plantas ha^{-1} , respectivamente). Dentre os principais componentes da planta de milho, a folha é aquela com maior teor de proteína bruta, os grãos apresentam valores intermediários para esta característica, enquanto os colmos apresentam menor conteúdo de proteína bruta (WEAVER *et al.*, 1978).

A elevação da densidade de plantas de milho por hectare, por outro lado, acarretou aumento ($P < 0,05$) do conteúdo de fibra em detergente neutro e ácido da silagem (Tabela 2). Este resultado pode estar associado com o incremento da altura e redução do diâmetro de colmo das plantas, que ocorre em função da competição por luz (ARGENTA *et al.*, 2001). A elevação da altura pode acarretar na redução do conteúdo de carboidratos solúveis do caule, enquanto a quantidade de fibras tende a se manter a fim de manter a sustentação da planta (RABELO *et al.*, 2014). O conteúdo de FDN apresentou elevada correlação negativa com o pH da silagem (-0,75; $P = 0,001$), demonstrando que o efeito da redução do diâmetro de colmo sobre a picagem do material e liberação de carboidratos fermentescíveis (maior picagem e, conseqüentemente, maior liberação de carboidratos) pode ter compensado a diminuição do conteúdo celular pela produção de colmos mais finos.

As perdas de matéria seca da silagem apresentaram variação quadrática ($P < 0,05$) com o aumento da densidade populacional (Tabela 2), atingindo

valores máximos para a população de 100.000 plantas 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 indesejável (MUCK, 2010). De acordo com Hill e Leaver (2002), o aumento na temperatura das silagens está associado ao calor produzido pela atividade microbiana, o que está diretamente relacionado à oxidação da forragem e perdas na forma de dióxido de carbono (CO₂).

A elevação da densidade de plantas de milho acarretou redução (P<0,05) da estabilidade aeróbica da silagem (Tabela 2). A redução da estabilidade aeróbia com o avanço da densidade indica/confirma o aumento da disponibilidade de carboidratos solúveis na massa ensilada, o que pode ter ocorrido pela facilidade de processamento de plantas com menor diâmetro de colmo. Características físicas relacionadas com o processamento mecânico da forragem e a densidade das partículas estão associadas ao tipo de fermentação e compactação da massa ensilada (SILVA; FRANCISCHINI; SENA MARTINS, 2015). De acordo com McDonald, Henderson e Heron (1991), tamanhos de partículas entre 20 a 30 mm favorecem a disponibilidade de carboidratos solúveis, estimulando o crescimento de bactérias lácticas. Silagens resultantes de fermentação desejável, cuja marca é a elevada concentração de lactato e carboidratos solúveis, possibilitam crescimento mais acelerado de fungos e leveduras após a abertura do silo, o que acelera a elevação da temperatura e quebra da estabilidade aeróbica (MUCK, 2010).

Destaca-se, por fim, que a interação com o setor produtivo foi extremamente importante por resultar em demandas práticas e/ou dificuldades encontradas no campo. A similaridade da qualidade da silagem dos diferentes híbridos avaliados permite escolher àquele que ciclo produtivo melhor se encaixa no sistema de produção de acordo com os arranjos produtivos. Além disso, a similar qualidade da silagem entre híbridos pode possibilitar ao setor produtivo redução de

custo de produção em função da escolha de híbridos que apresentam menor custo de semente, desde que o posicionamento do híbrido dentro da janela disponível para cultivo esteja correta. A redução para da qualidade da silagem com a elevação da densidade de semeadura, que determina elevação do conteúdo de fibra e redução da estabilidade aeróbica, pode ser contornado pelo setor produtivo com a adequação da relação volumoso/concentrado da dieta e pelo adequado manejo de desensilagem. Entretanto, novos estudos devem ser realizados neste contexto.

6 CONCLUSÕES

A elevação da densidade populacional de 60 para 120 mil plantas ha⁻¹ tende a reduzir a qualidade da silagem de milho em função de elevar o teor de fibra e aumentar as perdas em função da mais rápida quebra da estabilidade aeróbica após a abertura do silo.

A qualidade da silagem dos híbridos B2410, B2433 e B2688 é similar.

Novos estudos devem ser realizados no intuito avaliar estratégias para minimizar a redução da qualidade (elevação do teor de fibra e redução da estabilidade aeróbica) em função da elevação da densidade de semeadura viabilizando o aumento de produtividade da silagem sem perdas significativas de qualidade. Estratégias pós-colheita, como a adequação da relação volumoso/concentrado da dieta e manejo de desensilagem, devem ser pesquisadas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Koppens climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- ARAÚJO, Lúcia de F *et al.* 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, Gilber; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; SANGOI, Luís. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência rural**, v. 31, n. 6, p. 1075–1084, dez. 2001.
- BRUNINI, Orivaldo. Probabilidade de cultivo do milho safrinha no Estado de São Paulo. In: IAC/CENTRO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DO MÉDIO VALE DO PARANAPANEMA, I. **Seminário sobre a cultura do milho safrinha**. Campinas, 1997.
- BUSO, Wiliam Henrique Diniz *et al.* 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, Igor Quirrenbach *et al.* Occurrence of visible losses and relationship with corn silage management in dairy farms in the State of Paraná. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 43, n. 1, p. 6, 2021.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 25 mar. 2021.
- CONAB. **Milho - Conjuntura semanal**. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/busca?searchword=milho&searchphrase=all&limitstart=0>. Acesso em: 06 maio 2020.
- COOPER, Mark *et al.* Integrating genetic gain and gap analysis to predict improvements in crop productivity. **Crop Science**, v. 60, n. 2, p. 582–604, 2020.
- CRUZ, José Carlos. **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, José Carlos; FILHO, Israel Alexandre Perreira; ALVARENGA, Ramon Costa. Preparo do solo e semeadura. In:_____. **Milho: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. cap. 4, p. 77–107.
- DITCHFIELD, Cynthia. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013.

- GARCÍA-LARA, Silveiro; CHUCK-HERNANDEZ, Cristina; SERNA-SALDIVAR, Sergio O. Development and structure of the corn kernel. In: ____. **Corn: third edition**. Online: *Corn: chemistry and technology*, 2019. cap. 6, p. 147–163.
- GODOI, Carlos Rosa; SILVA, Ednea Freitas Portilho. Silagem de milho como opção de volumoso aos ruminantes. **Pubvet**, v. 4, n. 1, p. 802–808, 2010.
- GRALAK, Eliza *et al.* 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.
- 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, n. 1, p. 181–195, 2002.
- HOLMES, Barbara J; BOLSEN, K K. What is new in silage management. In: **International silage conference**. [s.n.], 2009. p. 61–76. Disponível em: <https://www.asi.k-state.edu/doc/beef/silagemgmtnew.pdf>.
- HUFFMAN, C F. Roughage quality and quantity in the dairy ration, a review. **Journal of Dairy Science**, v. 22, n. 11, p. 889–980, 1939.
- JOBIM, Clóves Cabreira *et al.* Methodological advances in evaluation of preserved forage quality. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 101–119, 2007.
- KRAUS, Thomas J *et al.* Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. **Transactions of the ASAE**, v. 42, n. 4, p. 847, 1999.
- KUNG, Limin; SHAVER, Randy. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on forage**, v. 3, n. 13, p. 1–5, 2001.
- LERAYER, Alda. **Milho: tecnologia do campo a mesa**. São Paulo, 2006. LIMA, Sebastião Ferreira de; ALVAREZ, Rita de Cássia Félix; CONTARDI, Lucymara Merquides. Influência do espaçamento entre linhas em características fitotécnicas e acúmulo de massa seca de híbridos de milho. **Ambiência**, v. 12, n. 1, p. 1027–1039, 2016.
- MARI, Lucas José. **Intervalo entre corte em capim-marandu (Brachiaria brizantha (Hochst ex. A.Rich.) Stapf cv. Marandu): produção valor nutritivo e perdas associadas a fermentação da silagem**. 59 p. Dissertação (Mestrado) — Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- MCDONALD, Peter; HENDERSON, Andrew Ralph; HERON, Sarah E. **The biochemistry of silage**. Marlow: Chacombe publications, 1991.
- MELLO, Renius *et al.* 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.
- MUCK, Richard E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 183–191, 2010.

NETO, Durval Dourado *et al.* Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 63–77, 2003.

NEUMANN, Mikael *et al.* Corn hybrid silage quality according to harvesting time. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 369–382, 2020.

NEUMANN, Mikael *et al.* 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.

NOVAES, Luciano Patto; LOPES, Fernando César Ferraz; CARNEIRO, Jailton Carneiro. **Silagens: pontos críticos e oportunidades**. Juiz de Fora, 2004.

O'KIELY, Pdraig O; CLANCY, M D; DOYLE, E M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESSO, 19. **International grassland congresso**. São Pedro, 2001. p. 794–795. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Evelyn-Doyle-4/publication/267416728_ID21-28_AEROBIC_STABILITY_OF_GRASS_SILAGE_MIXED_WITH_A_RANGE_OF_CONCENTRATE_pdf.

PATERNIANI, Ernesto; CAMPOS, Moacir. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 1999.

PIMENTEL, Joabe Jobson de Oliveira *et al.* 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, Carlos Henrique Silveira *et al.* 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.

ROSA, Joilmaro Rodrigo Perreira *et al.* Avaliação do comportamento agrônômico da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 302–312, 2004.

SCHMIDT, Patrick. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros disgestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 228 p. Tese (Doutorado) — Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

SEAB/DERAL. **Sistemas de produção do milho safrinha no Paraná**. 2010. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/>. Acesso em: 29 mar. 2020.

SEVERO, Igor Kieling *et al.* Silagem de milho colhida com diferentes alturas e adição de inoculante microbiano e enzimático. **Revista de ciências agrárias**, v. 63, n. 1, p. 1–7, 2020.

SHIOGA, Pedro Sentaro; OLIVEIRA, Edson lima de; GERAGE, Antônio Carlos. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 381–390, 2004.

- SILVA, Alessandro Guerra Da; FRANCISCHINI, Ricardo; MARTINS, Paula Daiane De Sena. Desempenhos agrônômico e econômico de cultivares de milho na safrinha. **Agrarian**, v. 8, n. 27, p. 1–11, 2015.
- SILVA, D J; QUEIROZ, A C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 166 p.
- SOEST, Peter J Van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- SOEST, Peter J Van; 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.
- TOMICH, Thierry Ribeiro *et al.* Características químicas e digestibilidade in vitro de silagens de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1672–1683, 2004.
- VELHO, João Pedro *et al.* Meta-analysis of corn plants, green fodder (ensilage), and silages of different types of maize hybrids used in experimental conditions in Brazil. **Ciências agrárias**, v. 41, n. 1, p. 237–254, 2020.
- WEAVER, D E *et al.* Effect of maturation on composition and in vitro dry matter digestibility of corn plant parts. **Journal of Dairy Science**, v. 61, n. 12, p. 1782–1788, 1978.
- WOOLFORD, Michael K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, n. 1, p. 101–116, 1990.
- ZAGO, Cláudio Prates. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ, Simpósio sobre Nutrição de bovinos. Piracicaba, 1991.
- ZOPOLLATTO, Maity; DANIEL, João Luiz; PRATTI, Luiz Gustavo. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 170–189, 2009.