

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARCELO PRNOBI DE VARGAS

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO DE DIFERENTES
HÍBRIDOS NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ**

PATO BRANCO

2021

MARCELO PRONOBİ DE VARGAS

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO DE DIFERENTES
HÍBRIDOS NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ**

**Productivity and quality of sorghum silage from different hybrids in the
southwest region of Paraná**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Denise Adelaide Gomes Elejalde.

Coorientador: Igor Kieling Severo.

PATO BRANCO

2021



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

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MARCELO PRNOBI DE VARGAS

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA SILAGEM DE SORGO DE DIFERENTES
HÍBRIDOS NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 18/outubro/2021

Denise Adelaide Gomes Elejalde
Doutorado em Zootecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

André Brugnara Soares
Doutorado em Zootecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Regis Luis Missio
Doutorado em Zootecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO

2021

AGRADECIMENTOS

A Prof. Dr.^a Denise Adelaide Gomes Elejalde pelo profissionalismo, competência, orientação, amizade, conselhos, empenho dedicado à elaboração deste trabalho e pela confiança em mim depositada.

Agradeço ao meu Coorientador Me. Igor Kieling Severo pelo auxílio na execução deste trabalho. Aos professores Dr. Regis Luis Missio e Dr. André Brugnara Soares por aceitarem o convite para compor a banca. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade de fazer o curso.

Aos amigos João Francisco Penso, Eder Sedenir Breitenbach e meu pai Valcir Rosa de Vargas, que auxiliaram na implantação e desenvolvimento do experimento, sem a ajuda dos quais a realização deste trabalho seria impossível.

A todos os meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando, mãe, irmã, vó etc, dos quais tenho muito orgulho, deixo meu agradecimento especial, com muito amor e carinho.

Ao Laboratório de Qualidade Agroindustrial e a Central de Análises -UTFPR – Campus Pato Branco, pelo auxílio ofertado pelos técnicos dos mesmos.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para que este trabalho se realizasse.

E, sobretudo, a Deus, pela vida e por iluminar meu caminho, dando força e me guiando nas dificuldades.

RESUMO

A silagem é uma forma de armazenar forragem de qualidade similar a planta fresca para fornecer em períodos que se tem uma baixa produção de forragem em relação às condições climáticas ou de sistema de produção. O experimento teve como objetivo encontrar o melhor híbrido de sorgo para a produção de silagem na região Sudoeste do Paraná buscando boa produtividade e qualidade do material ensilado com base em avaliações biométricas e quantitativas de matéria seca e verde. Os híbridos Agri 002E (híbrido forrageiro de porte alto), Maxsilo (híbrido sacarino), Qualysilo e Podium (híbridos silageiros) foram avaliados utilizando delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (avaliação dos híbridos) e quatro repetições, utilizando uma área total de 591,25 m². Foi realizada a identificação do número de dias necessários para atingir 50% de florescimento (DFLOR) e número de dias para a colheita (DCOLH), as avaliações biométricas altura das plantas (ALT) e diâmetro de colmo (DIAM) foram feitas antes da ensilagem, quando os grãos do centro da panícula atingiram o estágio de grão pastoso a farináceos. As avaliações de características da silagem, foram sob o mesmo delineamento experimental, mas com 12 repetições, minissilos experimentais que foram confeccionados com sacos plásticos de 20 micras com capacidade para 1 kg. A vedação foi realizada com auxílio de uma máquina industrial de embalar a vácuo (modelo GS620F), cinco minissilos foram destinados a determinação da estabilidade aeróbica e perdas de matéria seca, cinco para avaliação do pH e condutividade elétrica e os outros dois para atividade de água. A semeadura foi realizada 9 de dezembro de 2020, o sistema utilizado foi plantio direto semeadura na palhada do Mix Rx520. A adubação de base foi de 527,38 kg/ha do formulado 13-24-12, em cobertura foi aplicado 150 kg/ha N dividido em duas aplicações no estágio V3 e V6. As maiores alturas de planta foram encontradas nos híbridos Agri 002E e Maxsilo. Em relação ao ciclo da cultura, o híbrido Qualysilo foi o mais precoce e Agri 002E o mais tardio. A produção de matéria verde foi superior para o híbrido Agri 002E, seguido do híbrido Maxsilo que não diferiu do Podium. O material com maior rendimento de matéria seca foi o Agri 002E, sem, no entanto, diferir dos híbridos Maxsilo e Podium. O híbrido Qualysilo produziu menos matéria seca e verde. O material que obteve a maior participação de panícula na planta foi no híbrido Qualysilo, seguido do Podium e a menor participação no híbrido Maxsilo. Os híbridos avaliados apresentaram boa produtividade e também características agronômicas adequadas à produção de silagem com bom padrão fermentativo.

Palavras-chave: avaliação agronômica; produção de forragem; produtividade de matéria seca.

ABSTRACT

Silage is a way to store forage of similar quality to a fresh plant and to provide it in periods that have a low forage production in relation to climatic conditions. The experiment aimed to find the best sorghum hybrid for silage production in the Southwest region of Paraná, seeking good productivity and quality of ensiled material based on biometric and quantitative evaluations of dry and green matter. The hybrids Agri 002E (tall forage hybrid), Maxsilo (sugar hybrid), Qualysilo and Podium (silage hybrids) were evaluated using a completely randomized experimental design (DIC) with four treatments (hybrid evaluation) and four replications, using a total area of 591.25 m². The identification of the number of days needed to reach 50% of flowering (DFLOR) and number of days to harvest (DCOLH) they was carried out the biometric evaluations of plant height (ALT) and stem diameter (DIAM) were performed before ensiling, when the grains from the center of the panicle reached the milky grain stage. The evaluations of characteristics of the silage, were under the same experimental design, but with 12 repetitions, experimental minisilos that were made with plastic bags of 20 microns with a capacity of 1 kg. The sealing was carried out with the aid of an industrial vacuum packaging machine (model GS620F) five silages were used to determine the aerobic stability and the other five to evaluate the pH, electrical conductivity and water activity. Sowing were carried out the 2020/2021 summer crop in a no-tillage system sown in Mix Rx520 straw. The base fertilization was 527.38 kg/ha of the formula 13-24-12, in coverage 150 kg/ha was applied, divided into two applications in stage V3 and V6. The highest plant heights were found in the hybrids Agri 002E and Maxsilo. Regarding the crop cycle, the Qualysilo hybrid was the earliest and Agri 002E the latest. The production of green matter was higher for the Agri 002E hybrid, followed by the Maxisilo hybrid, which did not differ from Podium. The material with the highest dry matter yield was Agri 002E, without, however, differing from Maxisilo and Podium hybrids. The Qualysilo hybrid produced less dry and green matter. The material that obtained the largest participation of panicles in the plant was in the Qualysilo hybrid, followed by Podium and the smallest participation in the Maxisilo hybrid. The evaluated hybrids showed good productivity and also agronomic characteristics suitable for the production of silage with good fermentation pattern.

Keywords: agronomic evaluation; dry matter productivity; forage production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) durante o período experimental (dezembro de 2020 a março de 2021). UTFPR, Pato Branco-2021..... | 22 |
| Figura 2 - Valores de temperatura (°C) de silagem e do ambiente exposta ao ar por 156 horas. UTFPR, Pato Branco-2021..... | 29 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Análise química do solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..... | 23 |
| Tabela 2 - Características agronômicas de híbridos de sorgo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..... | 26 |
| Tabela 3 - Variáveis relacionadas a qualidade silagem de híbridos de sorgo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021..... | 28 |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 11 |
| 2.1 | Geral..... | 11 |
| 2.2 | Específicos..... | 11 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 12 |
| 3.1 | Cultura do sorgo..... | 12 |
| 3.2 | Uso do sorgo..... | 13 |
| 3.3 | Ensilagem..... | 14 |
| 3.4 | Silagem de sorgo..... | 16 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 18 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 21 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 27 |
| 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 28 |
| | REFERÊNCIAS..... | 29 |

1 INTRODUÇÃO

As forrageiras constituem a principal fonte para o suprimento das necessidades nutricionais dos ruminantes, sendo de suma importância no desempenho produtivo da pecuária de corte e leiteira, além de serem alimentos de baixo custo (DANTAS *et al.*, 2004). A escassez de alimentos volumosos durante o período de inverno faz muitas vezes que os produtores armazenem alimentos de melhor valor nutricional para a nutrição dos animais nesse período (COSTA *et al.*, 2015). Uma das principais alternativas para o armazenamento e conservação dos alimentos mantendo o valor nutritivo semelhante à planta fresca é a ensilagem, que consiste em preservar a forragem picada ou triturada, compactada em um silo por meio de fermentação anaeróbica (VENTURINI, 2019). Diversas gramíneas e leguminosas podem ser utilizadas para a produção de silagem. Entretanto, o milho e o sorgo têm sido apresentados como as espécies mais adaptadas ao processo de ensilagem. Devido à facilidade de cultivo, altos rendimentos e especialmente pela qualidade da silagem produzida, sem a necessidade de aditivos para estimular a fermentação (ZAGO, 1997).

A utilização da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem está amplamente difundida em todo o mundo, devido ao seu alto rendimento, resistência às situações adversas de clima, fertilidade e relação custo/benefício. A cultura do sorgo destaca-se pelo seu elevado valor nutritivo e características necessárias (teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e quantidade de matéria seca) para uma adequada ensilagem (VENTURINI, 2019).

O preço praticado para o sorgo está atrelado ao milho, sendo cotado em torno de 80% do preço que é comercializado o milho (EMBRAPA, 2015). Segundo dados da Conab (2020), os preços praticados na safra 2019/2020 foram de R\$ 24,51 a saca de milho e R\$ 19,12 a saca do sorgo. Os teores de energia do sorgo podem chegar a 90% do teor do milho, normalmente a substituição do milho pelo sorgo como suplemento energético abrange vantagens econômicas ao produtor, uma vez que essa substituição é tecnicamente viável (ZAGO, 1997).

A digestibilidade das partes da planta (colmos, folhas e panículas) tem marcada influência sobre a digestibilidade da planta total. A digestibilidade das panículas é sempre maior que das folhas e geralmente os colmos são as partes da

planta de menor digestibilidade, entretanto, existe uma acentuada variação dentro de cada parte entre diferentes híbridos. O que sugere a possibilidade de melhoria no valor nutritivo através da seleção de genótipos com melhor equilíbrio colmo, folha e panícula, bem como pela seleção de linhagens de maior digestibilidade das partes da planta (RODRIGUES, 2013).

Existem no mercado, muitos híbridos de sorgo, porém nem todos são aptos para a produção de silagem de qualidade. É importante o conhecimento de informações sobre o comportamento produtivo dos materiais na região, onde se pretende realizar o cultivo, além do detalhamento sobre a qualidade nutricional da planta (RODRIGUES *et al.*, 2007). Fatores como digestibilidade do colmo, produção de grão, resistência a doenças, adaptabilidade ao ambiente e produção de matéria seca afetam diretamente a qualidade da silagem a ser produzida e o desempenho animal (REZENDE *et al.*, 2011). Diante do que foi apresentado, o trabalho tem como objetivo a avaliação de quatro híbridos de sorgo destinado à produção de silagem, avaliando as características produtivas e quantitativas para a região Sudoeste do Paraná, com o intuito de verificar o híbrido mais adaptado.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O trabalho tem como objetivo a avaliação de características agronômicas de quatro híbridos de sorgo para a região sudoeste do Paraná, visando à escolha de um híbrido mais adequado para a produção de silagem na região.

2.2 Específicos

Avaliar a produtividade de forragem e os aspectos qualitativos da silagem de quatro híbridos de sorgo realizando avaliações biométricas e quantitativas de matéria seca e verde.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cultura do sorgo

A espécie *Sorghum bicolor* (L.) Moench conhecida como sorgo pertence ao gênero *Sorghum* da família *Poaceae*, é uma gramínea C4 com alta eficiência fotossintética (ICRISAT, 2020). Apresenta alta tolerância ao déficit de água e tem melhor desenvolvimento da cultura em temperaturas superiores a 21 °C (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2003). Originário da África e parte da Ásia, com domesticação entre 3 a 5 mil anos atrás, nesses continentes a produção é voltada principalmente para a alimentação humana. Enquanto que no Brasil é principalmente utilizado na produção animal como forragem para pastejo e produção de grãos (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015).

É o quinto cereal mais plantado no mundo, vindo logo depois do trigo, do arroz, do milho e da cevada (QUEIROZ *et al.*, 2014). Segundo dados da Conab (2020), a área plantada de sorgo no Brasil na safra 2020/2021 é de aproximadamente 835,2 mil hectares. Estima-se que cerca de 30 a 35% da área total cultivada com esta espécie é destinada para forragem (RODRIGUES *et al.*, 2007). Pode ser cultivado em diferentes climas e condições de solo, pois algumas de suas características agronômicas são resistência a doenças, pragas, tolerância à acidez do solo e sistema radicular bem desenvolvido (EMBRAPA, 2015). Este último permite a exploração de água em camadas mais profundas no solo, dando a possibilidade de ser cultivada em áreas aonde tem períodos de estiagem, possuindo maior tolerância ao estresse hídrico (BOTELHO *et al.*, 2010).

A cultura do sorgo possui uma grande vantagem que é a rebrota possibilitando um menor custo de produção por não precisar instalar a cultura novamente. A rebrota é possível porque a planta conserva seu sistema radicular vivo após a colheita de grãos ou da parte aérea (FOLONI *et al.*, 2015). Segundo Dantas *et al.* (2004), no segundo corte pode alcançar produção de 30 a 70% em relação ao primeiro, dependendo das condições de ambiente como temperatura, disponibilidade de água, fertilidade de solo, adubação, entre outros.

Agronomicamente os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero; forrageiro para silagem ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte

verde/fenação/cobertura morta e para vassoura (RIBAS, 2008). O primeiro grupo inclui tipos de porte baixo adaptados à colheita mecânica, com elevada produção de grãos e panículas bem desenvolvidas, podendo chegar a produzir 8 t/ha de grãos secos, no Brasil a utilização de grãos é voltada principalmente para alimentação animal (BORGES, 2014). O segundo grupo inclui tipos de porte alto apropriados para confecção de silagem ou produção de açúcar e álcool, são eles os sorgos sacarinos e os silageiros, o tipo sacarino tem porte acima de 2 metros possui o colmo doce e suculento (similar ao colmo da cana-de-açúcar), sendo utilizado na produção de açúcar e etanol, como também para confecção de silagem (RIBAS, 2008). O tipo silageiro possui porte entre 1,8 a 2,5 m, boa produção de matéria seca e boa relação grãos-planta, sendo destinado para a produção de silagem (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). O terceiro grupo inclui tipos utilizados principalmente para pastejo, corte verde, fenação e cobertura morta (variedades de capim sudão ou híbridos interespecíficos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) (RIBAS, 2008). O quarto grupo apresenta como característica principal a panícula na forma de vassoura, sendo utilizado principalmente na fabricação de vassouras e também como produto artesanal (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). Por possuir uma alta variabilidade genética possibilitou o melhoramento da espécie e o surgimento de um grande número de híbridos, esses materiais possuem características agrônomicas e produtivas diferentes, o que influencia diretamente a produtividade, padrões de fermentação e a qualidade da silagem para cada híbrido (PEDREIRA *et al.*, 2003).

3.2 Uso do sorgo

Os primeiros híbridos de sorgo forrageiro que foram introduzidos no Brasil eram de porte alto com uma alta produção de matéria verde por área e de baixo valor nutritivo. Depois os produtores buscaram materiais com melhor valor nutricional, permitindo o surgimento de novos híbridos com boa produtividade de matéria seca e valores nutricionais adequados, proporcionando silagem de boa qualidade. Esses cultivares, além de porte mais baixo são mais resistentes ao acamamento possibilitando o aumento no número de plantas por área e maior produção de matéria seca total (RODRIGUES, 2013). De acordo com Albuquerque

et al. (2013), híbridos de porte alto tem maiores porcentagens de plantas acamadas em relação a de portes menores.

Segundo Magalhães; Durães e Rodrigues (2003), a altura da planta é de grande importância para a classificação, podendo variar de 40 cm a 4 metros. A altura do caule até o extremo da panícula varia segundo o número e a distância dos entrenós, bem como segundo o pedúnculo e a panícula. Os sorgos de duplo propósito são menores que os forrageiros e maiores que os graníferos que variam de 2 a 2,5 m de altura, apresentam alta produção de grãos que proporcionam silagem com melhores valores nutritivos em relação as forrageiras de porte alto (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). Segundo Neumann *et al.* (2004) os híbridos de duplo propósito AGX-217 e AG-2005 produziram silagem de maior valor nutritivo, devido aos menores teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), maior digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), nutrientes digestíveis totais (NDT) em relação a híbridos forrageiros (AGX-213 e AG-2002). Com porte acima de 2 m o sorgo sacarino apresenta baixa produção de grãos e alta produção de biomassa, podendo ser utilizado para pastejo e silagem (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015).

A utilização do sorgo forrageiro ocorre quase totalmente na propriedade, o consumo e a estocagem da área colhida indicam que 97% do consumo é realizado na propriedade. A comercialização da silagem ou forragem do sorgo, ainda não é difundida por parte dos produtores, tendo em vista o aumento dos custos no transporte, não compensando para quem está comprando e quem vende o produto (DUARTE, 2003).

3.3 Ensilagem

Para se ter uma produção animal constante durante todo o ano é importante ter uma alimentação com valores nutricionais adequados, uma forma para suprir as necessidades em períodos que se tem escassez de pasto é o armazenamento da forragem na forma de silagem (CRUZ, 2016). A silagem consiste em preservar a forragem picada ou triturada, compactando em silo e criando um ambiente adequado para bactérias anaeróbicas, que fazem a fermentação de açúcares e produzem ácidos orgânicos que vão reduzir o pH do material (VENTURINI, 2019). A qualidade

da silagem é geralmente avaliada, conforme sua eficiência na conservação do material ensilado pelos seguintes parâmetros: produção de matéria seca, quantidade de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) em relação ao nitrogênio total (NT), produção de ácidos orgânicos durante a fermentação e o valor do pH (TOMICH *et al.*, 2003). Para manter as propriedades nutritivas da silagem por longos períodos busca-se materiais que tenham uma queda do pH rápida, uma maior proporção de ácido láctico em relação aos ácidos acético, propiônico e butírico e baixa produção de N amoniacal são características desejáveis para uma silagem de qualidade (D'OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014). Segundo Tomich *et al.* (2003) o ácido butírico está também correlacionado com a perda de palatabilidade e o consumo de forragem.

Os *clostrídios* e enterobactérias são microrganismos prejudiciais à qualidade da silagem, pois causam perdas de MS e energia do material. Entretanto, são sensíveis a baixos valores de pH e a disponibilidade de água, sendo inativos em silagens com pH abaixo de 4 e com mais de 28% de MS (TOMICH *et al.*, 2003). A composição do material ensilado, especialmente os teores de matéria seca e de carboidratos, bem como a natureza dos mesmos, interfere diretamente no processo fermentativo e conseqüentemente na qualidade da silagem (REZENDE, 2013).

A compactação do material é de grande importância na qualidade da forragem ensilada que consiste em expulsar o ar. A presença de oxigênio permite o desenvolvimento de microrganismos aeróbicos que utilizam o oxigênio para a degradação de substratos, os carboidratos solúveis são convertidos pela respiração a dióxido de carbono e água produzindo calor, causando a perda de matéria seca e energia, também ocorre a diminuição da produção de açúcares solúveis que vai reduzir a fermentação das bactérias produtoras de ácido láctico (PEDROSO, 1998). O teor de matéria seca e o tamanho das partículas tem influência na hora da compactação do silo, visando facilitar a compactação a forragem deve ser triturada ao tamanho médio de 2-2,5 cm (TOMICH *et al.*, 2003). Quando se tem níveis de matéria seca abaixo de 28% se tem uma maior perda por efluentes e maior atuação de microrganismo indesejáveis. Enquanto que com quantidades acima 40% de MS tem-se maior dificuldade em compactar a forragem e conseqüentemente aumento de microrganismos aeróbicos que resultarão em maiores perdas (JOBIM; NUSSIO, 2013).

Os açúcares solúveis são utilizados como substrato para as bactérias, que produzem ácidos orgânicos, que são responsáveis por acidificar a silagem

promovendo a conservação do material. A capacidade tampão é a resistência que a massa tem para a redução do pH, quando se tem um alto poder tampão necessita mais tempo para a diminuição do pH e estabilização da silagem. Quanto maior o poder tampão serão necessárias maiores produções de ácido lático para que o pH atinja níveis que inibam a ação dos *clostrídios* (JOBIM; NUSSIO, 2013). Outro fator que segundo Tomich *et al.* (2003) influencia na redução do pH é a amônia formada no processo de ensilagem impedindo uma rápida redução do pH da massa ensilada por alterar o curso de fermentação, para se ter uma conservação do material eficiente os autores consideram que deve possuir teores menores que 10% de N-NH₃/NT.

3.4 Silagem de sorgo

O sorgo é uma das plantas mais indicadas para produção de silagem, por apresentar elevado rendimento e características que favorecem o perfil de fermentação desejável, como adequados teores de matéria seca (MS) e de substratos fermentativos, além de baixo poder tampão (FERNANDES *et al.*, 2009). Suas características fenotípicas facilitam o plantio, manejo, colheita e armazenamento favorecendo o processo de ensilagem e viabilizando o uso da silagem de sorgo para a produção animal (ZEFERINO, 2015). Desta forma, a cultura do sorgo corresponde a 10 a 12% da área cultivada para silagem no Brasil, destacando-se pela alta produção de matéria seca/ha podendo alguns híbridos apresentarem produções superiores ao milho (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015).

Segundo Pereira Filho e Rodrigues (2015) o ponto ideal para realizar a ensilagem é quando a planta atingir entre 27 e 35% de matéria seca, no campo o produtor pode observar o estágio dos grãos e quando estiverem no estágio pastoso a farináceos poderá ser realizada a colheita. Outro fator determinante do sucesso da produção é a escolha do híbrido, que deve ser o mais adaptado à região do plantio e com características desejadas como ciclo, resistência, produtividade e digestibilidade (LIMA, 2008). Como nos assegura Rodrigues (2013) a digestibilidade da planta é dividida entre colmo, folha e panículas, tendo a panícula maior

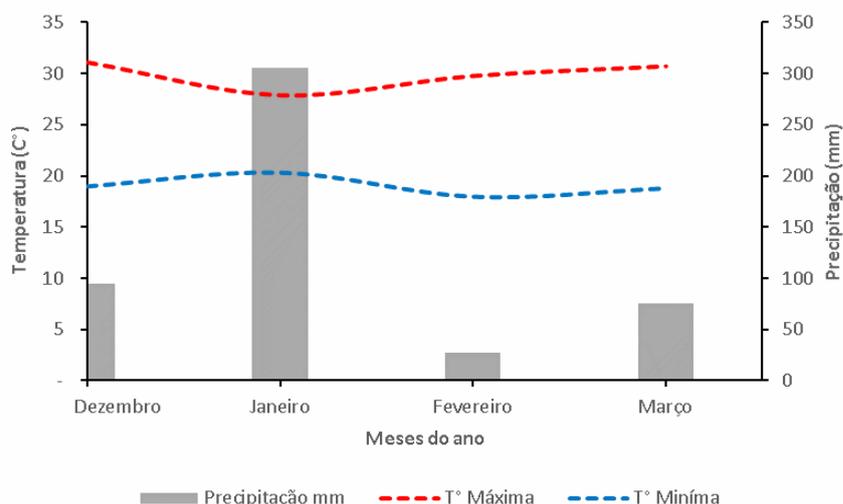
digestibilidade, entretanto, observa-se uma variação entre híbridos para cada parte da planta.

Além de utilizar híbridos com características produtivas e qualitativas adequadas devem também ser adotadas boas práticas de manejo. De acordo com Lima (2008) são fundamentais para o sucesso da produção práticas como: quantidade e qualidade de sementes, época de semeadura e profundidade, regulagem adequada da semeadoura, espaçamento correto, população de plantas, preparo, correção e fertilização do solo, além do controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido safra de verão 2020/2021 com o objetivo de avaliar quatro híbridos de sorgo no interior do município de Enéas Marques, Paraná, numa propriedade particular localizada nas coordenadas 25°50'32" Sul e 53°10'9" Oeste, altitude de 634 metros. O solo da região é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2018). Segundo Maack (2012) o clima da região conforme classificação de Köppen é de transição Subtropical Úmido Mesotérmico. 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 (dezembro de 2020 a março de 2021). UTFPR, Pato Branco, 2021



Fonte: Nasapower (2021)

Os híbridos avaliados foram distribuídos num delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e quatro repetições, os quatro híbridos avaliados foram: Agri 002E (classificado como híbrido forrageiro de porte alto), Maxsilo (híbrido sacarino), Qualysilo e Podium (híbridos silageiros), totalizando 16 unidades experimentais. As avaliações de características da silagem, foram sob o mesmo delineamento experimental, mas com 12 repetições (minissilos experimentais). Antecedendo a semeadura do sorgo foi realizada a amostragem de solo (0-20 cm) da área experimental para determinação da análise química do solo (tabela 1).

O experimento foi conduzido em 591,25 m² dividido em 16 unidades experimentais (UEs) com 17,5 m² cada, aonde foi utilizada 11,25 m² de área útil que

foram as três linhas centrais de cada parcela e descartadas as linhas laterais que serviram para bordadura. As densidades de semeadura foram de 187.353, 153.330, 149.629 e 130.740 plantas ha⁻¹ para Agri 002E, Maxsilo, Qualysilo e Podium, respectivamente, a densidade de população foi realizada conforme recomendação da empresa responsável por cada material. A semeadura modelo Marchesan PST2 foi regulada com espaçamento entre linhas de 0,7 m e profundidade de semeadura de 3 cm, sendo a semeadura realizada em 9 de dezembro de 2019.

Tabela 1 - Análise química do solo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

| pH | M.O. | P | K | Ca | Mg | H+Al | SB | Al ⁺³ | CTC | V |
|-------------------|--------------------|---------------------|------|------|------|------------------------------------|-------|------------------|-------|-------|
| CaCl ₂ | g.dm ⁻³ | mg.dm ⁻³ | | | | cmol _c .dm ³ | | | | % |
| 4,90 | 28,17 | 14,35 | 0,39 | 0,88 | 2,12 | 5,76 | 11,31 | 0 | 11,31 | 66,26 |

Fonte: Aatoria própria (2021)

O sistema de cultivo adotado foi o plantio direto semeado na palhada do Mix Rx520 (*Secale cereale*, *Pisum sativum* e *Brassica rapa*), na dessecação foram utilizados os herbicidas Roundup Transorb (2,08 L/ha) e Poker (0,41 L/ha). Para controle de pragas em pós emergência foram aplicados 200 ml/ha do inseticida Hero aos 18, 29 e 76 dias. A adubação de base foi de 527,38 kg/ha do formulado 13-24-12, em cobertura foi aplicado 150 kg/ha N dividido em duas aplicações nos estágios V3 e V6.

Para a avaliação do estande de plantas foi contabilizado o número de plantas das três linhas centrais. Foi identificado o número de dias necessários para atingir 50% de florescimento (DFLOR), sendo considerado como o número de dias entre a emergência e o florescimento da metade das panículas com as flores abertas em 50% das plantas. O número de dias para a colheita (DCOLH) foi definido como o número de dias entre a emergência das plântulas e o estágio de grãos pastoso a farináceos (terço médio da panícula em 50% das plantas).

Quando os grãos do centro da panícula atingiram o estágio de pastoso a farináceo foi realizado a avaliação biométrica, onde foram avaliadas a campo oito plantas por parcela, realizando leituras de altura das plantas (ALT) e diâmetro de colmo (DIAM). A altura de plantas foi medida com auxílio de uma régua topográfica, medindo do solo até a inserção da folha bandeira de cada planta. O diâmetro de colmo foi medido com paquímetro digital, medindo-se o colmo de cada planta (entre o primeiro e o segundo nó).

Para realizar a colheita foi cortado a 20 cm do solo 6,25 m² de cada parcela, aonde foram pesadas todas as plantas para calcular a produtividade de matéria verde. Após a pesagem foram separadas 10 plantas para realizar a separação morfológica e o restante foram trituradas num triturador estacionário regulado para tamanho de partícula de 2 a 3 cm, para posteriormente serem confeccionados os minissilos.

Na fração folha incluiu-se a lâmina e a bainha, enquanto que a panícula foi separada na inserção da última folha. Após, estas frações, foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C durante 72 horas e pesadas para determinação de sua participação perante a massa de forragem produzida e/ou ensilada. A produção de matéria seca de forragem foi determinada utilizando-se o teor de matéria seca da forragem, aonde foram realizadas duas amostras de cada híbrido e secas em estufa com circulação de ar forçado a 55 °C durante 72 horas para determinar a porcentagem de matéria seca no material.

Os minissilos foram confeccionados com sacos plásticos de 20 micras com capacidade para 1 kg. A vedação foi realizada com auxílio de uma máquina industrial de embalar a vácuo (Modelo GS620F). Foram feitos 12 minissilos por tratamento e abertos após 63 dias da ensilagem. Cinco minissilos foram destinados para determinação da estabilidade aeróbica segundo O'kiely; Clancy e Doyle (2001) e perdas de matéria seca conforme Schmidt (2006). Cinco minissilos foram utilizados para avaliação do pH segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2005) e condutividade elétrica pela metodologia proposta por Kraus *et al.* (1999). Dois minissilos foram usados para realizar atividade de água conforme Mari (2003).

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando 5% de significância. As análises que demonstraram significância pelo teste F ($P < 0,05$) foram submetidas à comparação por teste de médias realizada através do programa computacional Rstudio (TEAM, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de planta foi maior ($P < 0,05$) nos híbridos Agri 002E e Maxisilo, em relação aos demais (tabela 2). Resultado esperado pelo fato dos materiais serem de grupos diferentes de sorgo, sendo Agri 002E e Maxisilo de maior porte, enquanto que Podium e Qualysilo são de menor estatura. Venturini (2019) avaliando silagem do híbrido Agri 002E para alimentação de bovinos observou altura de 3,58 metros. Kasper *et al.* (2017) avaliando produtividade de híbridos de sorgo e milho encontraram valores de 1,59 e 2,22 m para os híbridos Qualysilo e Maxisilo, respectivamente. Silva *et al.* (2020) estudando a produtividade do primeiro e segundo corte de sorgo observaram altura de 1,70 m para o híbrido Podium. Vale enfatizar que os valores observados para os híbridos nos trabalhos supracitados são todos semelhantes aos verificados no presente estudo. De acordo com Neumann *et al.* (2002) a altura da planta está relacionada com o potencial produtivo de matéria verde e seca por área.

O híbrido Qualysilo apresentou maior diâmetro de colmo ($P < 0,05$), sem diferir dos híbridos Podium e Agri 002E, enquanto que o Maxisilo teve menor diâmetro (tabela 2). Os valores encontrados no trabalho foram próximos aos observados por Fernandes (2013) entre 1,62 e 2,24 cm. Observou-se que os híbridos que tiveram o menor diâmetro de colmo são também aqueles que apresentaram maior população de plantas por ha, o que está de acordo com Demétrio *et al.* (2008) que observou que quanto maior a densidade de plantas menor o diâmetro de colmo.

Em relação ao ciclo da cultura, o híbrido Agri 002E foi o mais tardio entre os materiais avaliados sendo ensilado aos 112 dias, o híbrido Podium teve seu florescimento aos 78 dias após o plantio e a colheita aos 107 dias, o Maxisilo floresceu aos 66 dias após o plantio e foi ensilado aos 98 dias. O híbrido mais precoce foi o Qualysilo tendo o seu florescimento aos 61 dias após o plantio e ensilado aos 91 dias. Os híbridos avaliados seguiram padrão de dias de florescimento e colheita indicados pela empresa responsável pelo material.

A produção de matéria verde total (MVT) foi superior ($P < 0,05$) para o híbrido Agri 002E, seguido pelos híbridos Maxisilo e Podium que não diferiram entre si, todos apresentaram maior MVT que o Qualysilo (tabela 2). Observa-se que a altura

das plantas e a precocidade está ligada com a produção de matéria verde, isso explica a maior produtividade do híbrido Agri 002E e a menor no Qualysilo, o híbrido Podium apesar de ter a mesma altura do Qualysilo teve maior produtividade de matéria verde, isso se dá pelo híbrido possuir um ciclo de vida mais longo.

Tabela 2 - Características agrônômicas de híbridos de sorgo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

| | Híbrido | | | | CV (%) | P |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------|-------|
| | Agri 002E | Maxisilo | Podium | Qualysilo | | |
| ALT (m) | 3,22 ^a | 2,98 ^a | 1,87 ^b | 1,87 ^b | 4,81 | 0,025 |
| DIAM (cm) | 1,78 ^{ab} | 1,74 ^b | 1,95 ^{ab} | 1,98 ^a | 5,90 | 0,021 |
| DCOLH (dias) | 112,00 ^a | 98,00 ^c | 107,00 ^b | 91,00 ^d | 2,08 | 0,029 |
| DFLOR (dias) | 0,00 ^d | 66,00 ^b | 78,00 ^a | 61,00 ^c | 7,08 | 0,032 |
| MVT (t/ha) | 82,69 ^a | 60,28 ^b | 54,44 ^b | 41,30 ^c | 7,38 | 0,044 |
| MST (t/ha) | 18,43 ^a | 17,68 ^a | 17,15 ^a | 13,47 ^b | 7,24 | 0,036 |
| MS (%) | 22,29 ^b | 29,37 ^a | 31,49 ^a | 32,67 ^a | 3,48 | 0,041 |
| FOLHA (%) | 23,88 ^a | 10,61 ^b | 20,58 ^a | 21,37 ^a | 8,27 | 0,011 |
| COLMO (%) | 76,12 ^a | 65,96 ^b | 48,44 ^c | 27,26 ^d | 5,90 | 0,038 |
| PANÍCULA (%) | 0,00 ^d | 23,42 ^c | 30,97 ^b | 51,36 ^a | 9,44 | 0,046 |

Altura (ALT), (DIAM) diâmetro, (DCOLH) dias para a colheita, (DFLOR) dias para o florescimento, (MVT) massa verde total, (MST) matéria seca total, (MS) Matéria seca, porcentagem (FOLHA) na matéria seca, porcentagem de (COLMO) na matéria seca e porcentagem de (PANÍCULA) na matéria seca. Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Autoria própria (2021)

O híbrido que apresentou o maior produção de matéria seca total (MST; $P < 0,05$) foi o Agri 002E, sem no entanto, diferir dos híbridos Maxisilo e Podium, o menor valor de MST foi observado no híbrido Qualysilo (tabela 2). O híbrido Qualysilo apresentou maior porcentagem de matéria seca (MS; $P < 0,05$), sem no entanto, diferir dos híbridos Podium e Qualysilo. O híbrido Agri 002E apresentou o menor teor de MS na silagem, o que está relacionado ao colmo suculento (NEUMANN *et al.*, 2002) que representou 76,12% da constituição da planta (tabela 2). Além disso, esse híbrido não apresentou panículas, diferentemente dos demais. Conforme descreve (ZAGO, 1997), a panícula é a principal responsável pelo

aumento no teor de MS do material ensilado seguido das folhas e posteriormente o colmo.

Para se ter uma melhor qualidade na silagem produzida é de fundamental importância o conhecimento da composição da planta em termos de colmo, folha e panícula (FLARESSO; GROSS; ALMEIDA, 2000). A proporção de folha foi superior ($P < 0,05$) no híbrido Agri 002E, sem no entanto, diferir dos híbridos Qualysilo e Podium, a menor proporção de folha foi encontrado no híbrido Maxisilo (tabela 2). Neste trabalho não foi avaliada a composição bromatológica dos híbridos. Entretanto, a proporção de folha está ligada com o aumento de PB e o maior teor de FDN, conforme Bruno *et al.* (1992) que avaliando cultivares de sorgo para silagem observou uma correlação positiva entre PB e FDN em relação a porcentagem de folhas.

A proporção de colmo na planta foi superior ($P < 0,05$) para o híbrido Agri 002E, seguido decrescentemente pelo Maxisilo, Podium e Qualysilo (tabela 2). A menor participação de colmo na fração da planta contribuiu para melhorar a qualidade da silagem, considerando que essa fração apresenta uma menor qualidade em relação a outras partes da planta, principalmente pelo fato de possuir elevado teor de fibras conferindo uma menor digestibilidade (LUPATINI *et al.*, 2004).

A maior participação de panículas nas plantas ocorreu no híbrido Qualysilo ($P < 0,05$; tabela 2) seguido do Podium, enquanto que o híbrido Maxisilo apresentou menor quantidade. O híbrido Agri 002E não teve produção de panícula, resultado também observado por Giroto; Rodovalho e Nakao (2021). A ausência de panícula está relacionada com o híbrido ser sensível ao fotoperíodo, a planta floresce em dias curtos, ou seja, floresce em noites longas (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). A gema vegetativa (terminal) permanece vegetativa até que os dias encurtem o bastante, precisa ser menor que 12 horas e 20 minutos para haver a diferenciação na gema floral onde ocorrerá a indução floral (EMBRAPA, 2015). A panícula é de grande importância para produzir silagem de qualidade. Segundo Flaresso; Gross e Almeida (2000) a panícula é a fração da planta que mais contribui para produzir silagem de alta energia, destacando em seu estudo o híbrido AG-2005E com 47,4% de participação de panícula na planta.

Os valores de atividade de água não diferiram significativamente ($P > 0,05$) entre os híbridos avaliados. A atividade de água se refere a água que está livre, ou seja, não está participando de nenhuma reação, essa variável varia de 0 a 1. É

importante verificar essa variável porque água livre favorece o crescimento microbiológico, afetando os atributos e características dos alimentos (TROLLER; CHRISTIAN, 1978). Embora não tenha havido diferença significativa os valores obtidos foram entre 0,91 e 0,92 caracterizando uma silagem de boa qualidade. Conforme Jobim e Nussio (2013) silagens com valores abaixo de 0,94 a_w apresentam inibição do crescimento das bactérias do gênero *Clostridium*. Essas bactérias são responsáveis por características não desejáveis como a produção de ácido butírico e a degradação da fração proteica, com consequente redução do valor nutricional da silagem (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015).

Tabela 3 -Variáveis relacionadas a qualidade silagem de híbridos de sorgo. UTFPR, Pato Branco - PR, 2021

| Variáveis | Híbrido | | | | CV (%) | P |
|---|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------|-------|
| | Agri 002E | Maxisilo | Podium | Qualysilo | | |
| Atividade de água, a_w | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0,91 | 0,54 | 0,093 |
| Condutividade elétrica, mS cm ⁻¹ | 0,57 ^c | 0,73 ^a | 0,63 ^{bc} | 0,64 ^b | 6,22 | 0,018 |
| pH | 3,02 ^b | 3,04 ^b | 3,16 ^b | 4,18 ^a | 4,09 | 0,030 |
| Perdas de matéria seca, % | 3,69 ^b | 3,84 ^{ab} | 3,46 ^b | 4,68 ^a | 9,50 | 0,014 |

Fonte: Autoria própria (2021)

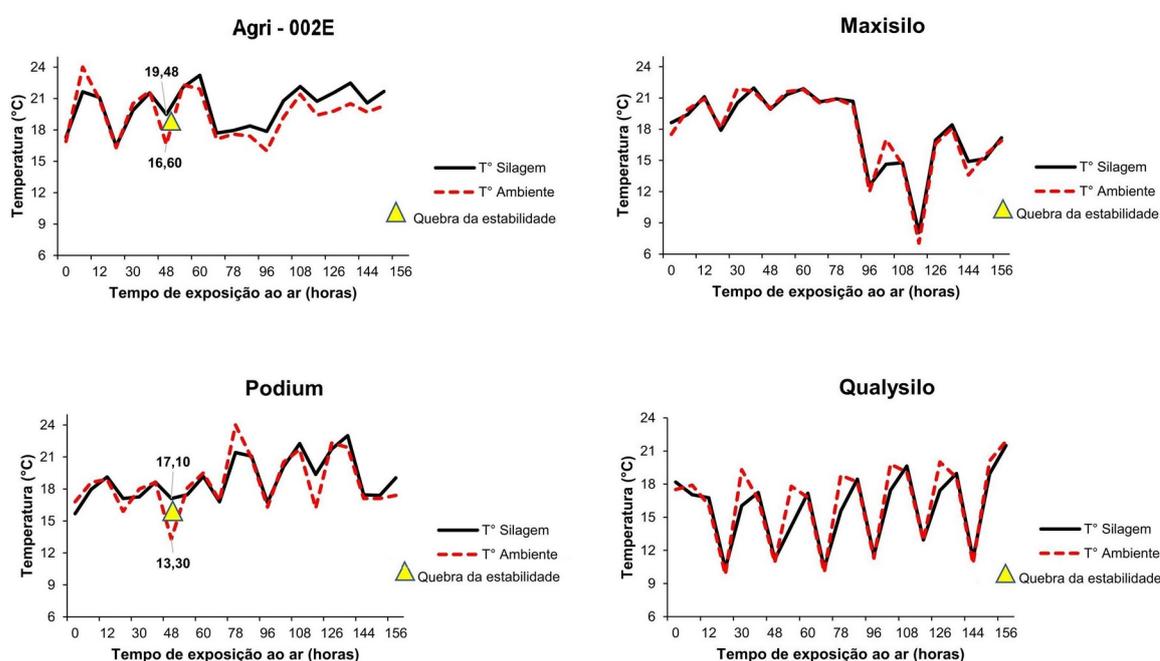
A condutividade elétrica foi superior ($P < 0,05$) para o híbrido Maxisilo, seguido do híbrido Qualysilo, que não diferiu do Podium e, esse não diferiu do Agri 002E (tabela 2). De acordo com Jobim *et al.* (2007) a condutividade elétrica pode contribuir para mensuração das perdas de conteúdo intracelular oriundos dos processamento na ensilagem. Avaliando a quantidade de líquido liberado pelo rompimento das células, Kraus *et al.* (1999) observaram eletrólitos dispersos na solução, oriundos do extravasamento do conteúdo celular. Os resultados observados no trabalho estão abaixo dos valores verificados por Castro *et al.* (2001), valor médio 0,88 mS cm⁻¹ avaliando silagem de Tifton com diferentes teores de matéria seca.

O híbrido que apresentou o maior pH foi o Qualysilo, seguido decrescentemente pelo Podium, Maxisilo e Agri 002E ($P < 0,05$; tabela 3). De acordo com França *et al.* (2011) para se ter uma boa conservação do material ensilado o pH deve estar na faixa de 3,7 a 4,2, valores entre 5,0 e 7,0 caracterizam baixa conservação da forragem. Neste trabalho observou-se que os híbridos Podium,

Maxisilo e Agri 002E apresentaram valores de pH abaixo de 3,7. Segundo Rodrigues *et al.* (2007) abaixo 3,5 é favorável ao desenvolvimento de microrganismos ácido-tolerantes, como leveduras que são capazes de produzir etanol acarretando perdas de nutrientes na silagem.

As perdas de matéria seca variaram entre 3,46 a 4,68%, o híbrido que teve maior perda foi o Qualysilo, o qual não diferiu do Maxisilo e esse não diferiu dos híbridos Podium e Agri 002E ($P < 0,05$; tabela 3). Valores superiores comparativamente aos observados no estudo de Pesce *et al.* (2000) que avaliando genótipos de sorgo em silos tipo PVC verificaram perda de matéria seca entre 0,6 e 3,2%. Os valores superiores podem estar relacionados com o tipo de silo que foi utilizado no presente estudo (saco plástico). De acordo com Corrêa (1996) quando o silo não possui dreno os efluentes permanecem no mesmo até a abertura do silo subestimando as perdas de matéria seca.

Figura 2 - Valores de temperatura (°C) de silagem e do ambiente exposta ao ar por 156 horas. UTFPR, Pato Branco, 2021



Fonte: Autoria própria (2021)

Avaliando a estabilidade aeróbia durante 156 horas observou-se que apenas os híbridos Agri 002E e Podium tiveram quebra da estabilidade após 48 horas de exposição da silagem ao ar (figura 2). Resultado também encontrado por Parodes *et al.* (2017) avaliando estabilidade aeróbia de silagem de sorgo. A estabilidade aeróbia

é a resistência da forragem em relação a sua deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade em que a massa vai deteriorar (JOBIM *et al.*, 2007). Os materiais avaliados mostraram ter uma boa estabilidade aeróbia, possibilitando diminuir as perdas de forragem.

6 CONCLUSÕES

Os híbridos Agri 002E, Maxisilo e Podium se destacaram pelo potencial produtivo de matéria seca por unidade de área ensilada. Entretanto, levando em consideração produtividade e qualidade do material o híbrido Podium seria o mais recomendado para região Sudoeste do Paraná, conferindo potencial produtivo de matéria seca, panícula e folha.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral o híbrido Podium foi o material que observou-se uma boa produtividade de matéria seca e equilíbrio entre panícula, folha e colmo. Durante o trabalho surgiram algumas dúvidas que podem ser esclarecidas num futuro trabalho, Como por exemplo, qual seria a população adequada de plantas/ha? O híbrido Agri 002E poderia ser ensilado mais tarde, podendo assim conferir uma maior produção de matéria seca? Como seria a resposta dos híbridos sob diferentes níveis de adubação?

Outro ponto importante para a avaliação de forragens conservadas é a composição bromatológica do material. No presente trabalho, essas análises não foram feitas em função da demanda de tempo e recursos financeiros, mas sabe-se que esses resultados enriqueceriam a discussão e caracterização dos híbridos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; *et al.* Características agronômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 164–182, 2013. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/420>. Acesso em: 7 nov. 2020.

BORGES, G. A. **Características agronômicas e composição química de genótipos de sorgo lignocelulósico**. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Unimontes, 2014. Disponível em: <https://www.posgraduacao.unimontes.br/ppgz/wp-content/uploads/sites/24/2019/11/G%C3%ADison-Alcantara.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.

BOTELHO, P. R. F.; *et al.* Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 287–297, 2010. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/309>. Acesso em: 7 nov. 2020.

BRUNO, O. A.; *et al.* Cultivares de sorgos forrajeros para silaje: I. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de la planta. **Revista Argentina de Producción Animal**, v. 1, n. 763, p. 157–162, 1992.

CASTRO, F. G. F.; *et al.* Parâmetros físico-químicos da silagem de Tifton 85 (*Cynodon sp.*) sob efeito do pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. 2001. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. FEALQ, 2001.

CONAB. **Indicadores da agropecuária**. 2020. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 27 out. 2020.

CORRÊA, C. E. S. **Qualidade das silagens de tres híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em diferentes estadios de maturacao**. 1996. 88 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

COSTA, N. R.; *et al.* Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 9–19, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-737X2015000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 15 set. 2020.

CRUZ, S. S. **Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude**. 2016. 161 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138161>. Acesso em: 7 nov. 2020.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. E. Produção de Silagem de Milho para Suplementação do Rebanho Leiteiro. **Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, n. 1, p. 10, 2014. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105773/1/COT-74-Persio-Producao-de-Silagem-de-Milho-para-Suplementacao-do-Rebanho-Leiteiro.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2020.

DANTAS, J. A. da S.; *et al.* Silagem de sorgo influencia no desempenho de bovinos e búfalos. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Belem, 2004. p. 101–117. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900612/silagem-de-sorgo-influenciando-no-desempenho-de-bovinos-e-bufalos>. Acesso em: 5 ago. 2021.

DEMÉTRIO, C. S.; *et al.* Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1691–1697, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/pab/a/zxcdsS9MxRpBzNgzxfD9N4z/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 6 ago. 2021.

DUARTE, J. de O. Sorgo: aspectos econômicos. **Embrapa Milho e Sorgo- Documentos (INFOTECA-E)**, n. 1, p. 27, 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/486643>. Acesso em: 7 nov. 2020.

EMBRAPA. Cultivo do sorgo. 2015. **Sistema de Produção Embrapa**. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/expediente?p_p_id=expedienteportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-3&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=7&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=8301&expedienteportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet_redirect=https%3A%2F%2Fwww.spo.cnptia.embrapa.br%2Fconteudo%3Fp_p_id%3Dconteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2%26p_r_p_-76293187_sistemaProducaold%3D8301%26p_r_p_-996514994_topicold%3D9201. Acesso em: 28 out. 2020.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>. Acesso em: 7 nov. 2020.

FERNANDES, F. E. P.; *et al.* Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2111–2115, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-35982009001100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 7 nov. 2020.

FERNANDES, P. G. **Avaliação agrônômica de dois cultivares de sorgo sacarino (Sorghum bicolor (L.) Moench) em Sete Lagoas – MG**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologias Agropecuárias/Produção Vegetal) - Universidade Estadual

do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2013. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/PRODVEGETAL_3434_1369146112.pdf. Acesso em: 19 jul. 2021.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. de. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1608–1615, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbz/a/chcKftf8k9qp663XVKGxKHD/?lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2021.

FOLONI, J. S. S.; *et al.* Rebrotas de soqueiras de sorgo em função da altura de corte e da adubação nitrogenada. **Ceres**, v. 55, n. 2, 2015. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3301>. Acesso em: 7 nov. 2020.

FRANÇA, A. F. D. S.; *et al.* Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 383–391, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/540>. Acesso em: 18 jul. 2021.

GIROTTI, H. C.; RODOVALHO, W. M. A.; NAKAO, A. H. Parâmetros agronômicos de cultivares de sorgos forrageiros em primeiro corte e rebrotas em razão da densidade de semeadura em solos arenosos. **UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, v. 10, n. 12, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/4140>. Acesso em: 16 jul. 2021.

ICRISAT. Sorgo exploreit. 2020. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. Disponível em: <http://exploreit.icrisat.org/profile/Sorghum/193>. Acesso em: 7 nov. 2020.

JOBIM, C. C.; *et al.* Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 101–119, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbz/a/cGcwzhYPxNb5mwmw9SJgZgm/?lang=pt>. Acesso em: 24 set. 2021.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**. 1. ed. Jaboticabal: Multipress, 2013. p. 649–660. Acesso em: 10 out. 2020.

KASPER, N.; *et al.* Desempenho produtivo de híbridos de milho e sorgo silageiros produzidos na fronteira oeste do rs. *In*: SIEPE, 9., 2017. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2017. v. 9, p. 7. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/97794>. Acesso em: 14 jul. 2021.

KRAUS, T.; *et al.* Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, MI, v. 42, n. 4, p. 847–852, 1999. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=13262&t=3>.

LIMA, J. A. de. Silagem de Sorgo. **Instituto de Zootecnia (IZ-APTA)**, São Paulo, p. 8, 2008. Disponível em: <http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1222456015.pdf>.

LUPATINI, G. C.; *et al.* Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 02, 2004. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/102>. Acesso em: 14 jul. 2021.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2012. Acesso em: 17 out. 2020.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Fisiologia da planta de sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, n. 1, p. 4, 2003. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16163/1/Com_86.pdf.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-20102003-164240/>. Acesso em: 7 nov. 2020.

NASAPOWER. 2021. **Power Data Access Viewer**. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

NEUMANN, M.; *et al.* Avaliação da qualidade e do valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. MOENCH). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 01, 2004. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/95>. Acesso em: 7 nov. 2020.

NEUMANN, M.; *et al.* Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 293–301, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbz/a/YCxC5HJnT8DhV7fnDwBGJ/?lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2021.

O'KIELY, P.; CLANCY, M.; DOYLE, E. Aerobic Stability Of Grass Silage Mixed With A Range Of Concentrate Feedstuffs At Feed-Out. 19., 2001. **International grassland congress**. Dublin: University College Dublin, 2001. v. 19, p. 794–795.

PARODES, B.; *et al.* Estabilidade aeróbia de silagens de sorgo sob longos períodos de armazenamento. 9., 2017. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Fronteira da Paz, 2017. v. 9, p. 6. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/98603>.

PEDREIRA, M. dos S.; *et al.* Características agrônômicas e composição química de oito híbridos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de**

- Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1083–1092, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1516-35982003000500008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 7 nov. 2020.
- PEDROSO, A. de F. Silagem: princípios básicos - produção - manejo. 1998. In: **Embrapa Pecuária Sudeste - Resumo em anais de congresso (ALICE)**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. 1998. p. 11-40. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/44489>. Acesso em: 18 out. 2021.
- PEREIRA FILHO, I. A. P.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1015482/1/500-perguntas-sorgo.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020.
- PESCE, D. M. C.; *et al.* Porcentagem, perda e digestibilidade in vitro da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, p. 250–255, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/abmvz/a/tGDVGpbXzWYLrSh44Vmdgzv/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- QUEIROZ, V. A. V.; *et al.* A Cultura do Sorgo Granífero no Brasil: Aspectos Relativos à Produção. 1., 2014. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Sete Lagoas, MG, 2014. v. 1, p. 17. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/118719/1/doc-170.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2020.
- REZENDE, C. F. **Comportamento de diferentes híbridos de sorgo forrageiro para a ensilagem no Município de Jataí-GO**. 2013. 27 f. Dissertação (Produção Vegetal) – Universidade Federal De Goiás, Jataí, 2013. Disponível em: <https://posagronomia.jatai.ufg.br/p/22128-caio-franco-rezende>. Acesso em: 7 nov. 2020.
- REZENDE, G. M.; *et al.* Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 171–179, 2011. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/316>. Acesso em: 28 out. 2020.
- RIBAS, P. M. Importância econômica do sorgo. 2008. **Sistemas de Produção**,. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45490862.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.
- RODRIGUES, J. A. S. Produção e utilização de silagem de sorgo. 2013. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. 2013. p. 9. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95409/1/Producao-utilizacao.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.
- RODRIGUES, P. H. M.; *et al.* Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista**

Brasileira de Zootecnia, v. 36, p. 1751–1760, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbz/a/6rK5DBYCSgPnBGf8H8vMbLf/?lang=pt>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-06102006-170541/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005.

SILVA, H. W. da.; *et al.* Produtividade de sorgo forrageiro em função do intervalo de corte e da rebrota. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14441–14450, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/7968>. Acesso em: 6 ago. 2021.

TEAM, R. C. **RStudio**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

TOMICH, T. R.; *et al.* Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**, Corumbá, MS, n. 1, p. 20, 2003. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81132/1/DOC57.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020.

TROLLER, J. A.; CHRISTIAN, J. H. B. Water Activity—Basic Concepts. **Water Activity and Food**. London: Academic Press, 1978. p. 1–12. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-700650-5.50007-X>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012700650550007X>.

VENTURINI, T. **Caracterização da silagem do sorgo forrageiro AGRI 002E e utilização na alimentação de bovinos**. 2019. 148 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/4413>. Acesso em: 14 set. 2020.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. 2. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1997. p. 9–26. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/483986>. Acesso em: 28 out. 2020.

ZEFERINO, G. L. **Análise de Cultivares de Sorgo para extração de etanol e produção de silagem**. 2015. 44 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura (CVL)) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,

Cascavel, 2015. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/765>. Acesso em: 7 nov. 2020.