

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MAGNO DANIEL PORFIRIO

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E VALOR NUTRICIONAL DO SORGO
FORRAGEIRO BRS 658 COM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS**

Marechal Cândido Rondon – PR

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MAGNO DANIEL PORFIRIO

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E VALOR NUTRICIONAL DO SORGO
FORRAGEIRO BRS 658 COM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS**

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - na Área de Concentração: Produção e Nutrição Animal.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Marcela Abbado Neres

Marechal Cândido Rondon - PR

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Porfirio, Magno Daniel Avaliação agrônômica e valor nutricional do sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes arranjos populacionais / Magno Daniel Porfirio; orientador(a), Marcela Abbado Neres, 2019. 67 f.

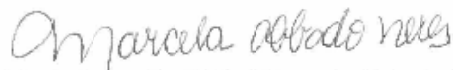
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019.

1. Silagem. 2. Nutrição animal. 3. Sorgo. 4. Arranjos populacionais. I. Neres, Marcela Abbado. II. Título.

MAGNO DANIEL PORFIRIO

Avaliação agrônômica e valor nutricional do sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes arranjos populacionais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Zootecnia", Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", Linha de Pesquisa "Produção e Nutrição de Ruminantes/Forragicultura", APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:



Orientadora – Prof.^a Dr.^a Marcela Abbado Neres

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Dr.^a Caroline Daiane Nath

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon
(PNPD-PPZ)



Membro – Prof. Dr. Arlindo Fabrício Corrêa

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC) – *Campus* Toledo

Marechal Cândido Rondon, 16 de setembro de 2019.

A Deus, por iluminar e abençoar minha vida.

*À minha mãe, **Natalia Binko**, a quem tanto amo e admiro.
Obrigada por todo amor, respeito, confiança e incentivo.*

*À minha esposa, **Claudia Anete Führ**, pelo companheirismo, confiança, incentivo e
principalmente amor sincero e verdadeiro.*

*Aos meus queridos irmãos, **Marcelo, Marcela e Marilsa**, pela amizade, ajuda e parceria
que nos une.*

*Aos meus sobrinhos e afilhadas, **Thamires (in memoriam), Vinicius, Laura, Amanda e
Alice**, pois vocês são meu incentivo para continuar a minha carreira.*

E a todos os meus amigos, pela ajuda e por acreditarem em mim.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná (UNIOESTE) e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ), pela oportunidade de realização do Mestrado.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Marcela Abbado Neres, pela valiosa orientação, paciência e confiança depositada em mim.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIOESTE que participaram desta jornada.

A colega e Dr^a Caroline Daiane Nath, por toda ajuda prática e teórica para realização deste trabalho e por sua amizade.

Aos colegas Carlos Cleison Führ, Claudia Anete Führ, Vitor Gustavo Kuhn, Sarah Maria Hoppen, João Paulo Fonesi de Carvalho, Fernando Andre Anschau e Josias Luis Fornari, que me auxiliaram sem medirem esforços durante a execução deste trabalho, pela atenção, dedicação e responsabilidade em todos os instantes.

Ao Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (USP), em especial ao Thiago Henrique da Silva, pela atenção, paciência e colaboração nas análises estatísticas.

Aos funcionários do Laboratório de Química Agrícola e Ambiental, pela realização da análise química do solo.

Aos funcionários da Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, da UNIOESTE, pela colaboração nos trabalhos.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná – *campus* Toledo, pela disponibilização do espaço físico para a moagem das amostras, assim como à técnica de laboratório Zélia Salete de Souza por sua disponibilidade e atenção.

Aos professores da Pontifícia Universidade Católica do Paraná por todo incentivo durante a graduação para a continuação do meu conhecimento através do mestrado, em especial aos professores Dr. Nelson Massaru Fukumoto e Dr. Arlindo Fabrício Corrêa.

A empresa RIBER KWS SEMENTES Ltda. que gentilmente cedeu as sementes para a realização deste experimento.

A Alexon Bobato e Edina Alves Bobato, que me deram oportunidade de ter uma experiência incrível de trabalho durante o mestrado, e aos amigos e colegas de trabalho que fiz durante o meu curto período no laboratório Biosollo no Paraguai.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta conquista, os meus mais sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Magno Daniel Porfirio, filho de Luiz Daniel Porfirio e Natalia Binko, nasceu em Santa Helena – PR, no dia 26 de maio de 1990.

Ingressou no Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco, no ano de 2005, onde concluiu o Ensino Médio em 2009.

Ingressou na Pontifícia Universidade Católica do Paraná– PUCPR, *campus* de Toledo - Paraná, no ano de 2012, cumprindo todas as exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, colando grau em janeiro de 2017.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon - Paraná, no ano de 2017, cumprindo todas as exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia em setembro de 2019.

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E VALOR NUTRICIONAL DO SORGO FORRAGEIRO BRS 658 COM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS

Resumo: Objetivou-se com o presente estudo avaliar o potencial produtivo e a qualidade nutricional do sorgo BRS 658 com diferentes arranjos populacionais. O delineamento experimental em blocos completos casualizados, em esquema fatorial duplo (3x3) com quatro blocos, nos quais teve-se como fatores os espaçamentos (3) sendo 0,5 m; 1,0 m e 1,5 m e as densidades populacionais (3) sendo, 50; 100 e 150 mil plantas ha⁻¹. A análise estatística foi realizada por meio do programa estatístico SAS. Não houve interações para as fontes de variação densidade populacional e espaçamento entre linhas de semeadura para nenhuma das variáveis analisadas. Para produtividade os melhores resultados são 86440 e 86491 kg MV ha⁻¹ no espaçamento de 1 metro e para densidade populacional de 50 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Para matéria seca a maior produtividade foi para espaçamento de 1 m com valor de 11157 kg ha⁻¹ independente de densidade, para a densidade populacional a maior produtividade foi de 22946 kg ha⁻¹ para 50 mil plantas. Para diâmetro de colmo e altura houve diferença somente para as densidades estudadas, com 28,69 mm e 303,82 cm para as densidades de 150 e 50 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Para variável matéria seca, matéria mineral e matéria orgânica houve efeito linear de densidade independente de espaçamento, com maiores resultados de 264,50 g kg⁻¹ MN, 70,34 e 938,90 g kg⁻¹ MS para as densidades de 50, 150 e 50 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. A variável PIDN apresentou efeito quadrático para densidade independente de espaçamento com maior resultado de 510,20 g kg⁻¹ PB para densidade de 50 mil plantas ha⁻¹. A média geral para nutrientes digestíveis totais foi 567,3 g kg⁻¹ MS, para digestibilidade *in vitro* da matéria seca 425,9 g kg⁻¹ MS, para digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro 551,5 g kg⁻¹ MS, para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica 570,7 g kg⁻¹ MS, para carboidratos solúveis 78,31 g kg⁻¹ MS e para carboidratos totais foi de 846,7 g kg⁻¹ MS. Para o fracionamento de carboidratos a média observada para fração A + B1 foi de 160,6 g kg⁻¹ CT, para fração B2 472,9 g kg⁻¹ CT e fração C 366,5 g kg⁻¹ CT. Os diferentes arranjos populacionais avaliados não alteram a produtividade, as características agronômicas e bromatológicas, a digestibilidade dos nutrientes, a concentração de carboidratos e os nutrientes digestíveis totais do sorgo forrageiro BRS 658. O espaçamento entre linhas de 1,0 m e a densidade de semeadura de 50 mil plantas ha⁻¹ resulta em maior produtividade de matéria seca e verde, semeado na densidade de

150 mil plantas ha⁻¹ apresenta menor altura com maior diâmetro de colmo e matéria mineral.

Palavras-chave: densidade, digestibilidade, espaçamento, matéria seca, nutrientes, produtividade.

AGRONOMIC EVALUATION AND NUTRITIONAL VALUE OF BRS 658 FORAGE SORGHUM WITH DIFFERENT POPULATION ARRANGEMENTS

Abstract: The aim of this study was to evaluate the productive potential and nutritional quality of sorghum BRS 658 with different population arrangements. The experimental design in randomized complete blocks, in a double factorial scheme (3x3) with four blocks, in which there were factors such as spacing (3) being 0.5 m; 1.0 m and 1.5 m and population densities (3) being 50; 100 and 150 thousand plants ha⁻¹. Statistical analysis was performed using the SAS statistical program. There were no interactions for the sources of population variation and row space to any of the variables analyzed. For the best results are 86440 and 86491 kg MV ha⁻¹ at 1 meter spacing and population density of 50,000 plants ha⁻¹, respectively. For the largest dry matter, the spacing of 1 m with the value of 11157 kg ha⁻¹ independent density, for the population density the highest evaluation was 22946 kg ha⁻¹ for 50 thousand plants. For stem diameter and height there was difference only for the studied densities, with 28.69 mm and 303.82 cm for the densities of 150 and 50 thousand plants ha⁻¹, respectively. For variable dry matter, mineral matter and organic matter there was linear effect of density independent of spacing, with higher results of 264.50 g kg⁻¹ MN, 70.34 and 938.90 g kg⁻¹ MS for the densities of 50, 150 and 50 thousand plants ha⁻¹, respectively. The variable PIDN presented quadratic effect for density independent of spacing with higher result of 510.20 g kg⁻¹ PB for density of 50 thousand plants ha⁻¹. The overall average for total digestible nutrients was 567.3 g kg⁻¹ MS, for *in vitro* dry matter digestibility 425.9 g kg⁻¹ MS, for *in vitro* neutral detergent fiber digestibility 551.5 g kg⁻¹ MS for *in vitro* digestibility of organic matter 570.7 g kg⁻¹ MS, for soluble carbohydrates 78.31 g kg⁻¹ MS and for total carbohydrates was 846.7 g kg⁻¹ MS. For the carbohydrate fractionation the average observed for fraction A + B1 was 160.6 g kg⁻¹ TC, for fraction B2 472.9 g kg⁻¹ TC and fraction C 366.5 g kg⁻¹ TC. The different population arrangements evaluated do not alter the yield, agronomic and bromatological characteristics, nutrient digestibility, carbohydrate concentration and total digestible nutrients of BRS 658 forage sorghum. Row space 1.0 m and sowing density 50 one thousand plants ha⁻¹ results in higher yield of green and dry matter, sown in the density of 150 thousand plants ha⁻¹ presents smaller height with larger stem and mineral matter diameter.

Keywords: density, digestibility, spacing, dry matter, nutrients, productivity.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E BROMATOLÓGICA DA FORRAGEM DO SORGO BRS 658 EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS

Tabela 1 - Avaliação agronômica do sorgo BRS 658 em diferentes arranjos populacionais de plantas..... 36

Tabela 2. Composição bromatológica da forragem do sorgo BRS 658 em diferentes arranjos populacionais. 41

CAPÍTULO 2. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO SORGO FORRAGEIRO BRS 658 EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS

Tabela 1. Composição nutricional do sorgo forrageiro BRS 658 em diferentes arranjos populacionais..... 57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 A cultura do Sorgo.....	17
2.2 Produção de Forragem e a Influência do Arranjo Populacional.....	19
2.3 Valor Nutricional da Forragem de Sorgo	21
2.4 Referências	23
3. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E BROMATOLÓGICA DO SORGO FORRAGEIRO BRS 658 EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS	27
3.1 Introdução.....	29
3.2 Material e Métodos.....	30
3.3 Resultados e Discussões	34
3.4 Conclusões.....	43
3.5 Referências	44
4. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO SORGO FORRAGEIRO BRS 658 EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS	Erro! Indicador não definido.
4.1 Introdução.....	50
4.2 Material e Métodos.....	51
4.3 Resultados e Discussões	55
4.4 Conclusões.....	61
4.5 Referências	62

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador mundial de carne bovina (FAO, 2017), sendo o 4º maior produtor mundial de leite com uma produção de 33,6 bilhões de litros em 2016 (IBGE, 2017), demonstrando assim a grande capacidade para a produção de alimentos, além de ser o país que comporta o maior rebanho comercial de bovinos do mundo.

Sendo destaque no cenário mundial, quanto à potencialidade de produção animal, a pecuária brasileira tem como sua principal fonte de alimentação pastagens formadas por gramíneas tropicais, especialmente na região sul, onde há elevada produção de forragem na primavera e no verão, devido às altas temperaturas, disponibilidade hídrica e elevada luminosidade. Por outro lado, nas estações de outono e inverno devido à baixa disponibilidade hídrica, menor luminosidade e baixas temperaturas a produção de forragem pode ser considerada baixa, principalmente em campos naturais e com déficit de nutrientes no solo (CÓRDOVA, 2004).

O sorgo vem se destacando entre os volumosos utilizados para suprir a necessidade dos animais durante os períodos de escassez em determinadas regiões, principalmente por seu aspecto mais rústico que o milho e por apresentar algumas vantagens, dentre elas: menores custos de produção, maior tolerância à estiagem, melhor capacidade de se recuperar após longos períodos de estiagem e maior produção de matéria seca sob estas condições, devido ao alto potencial de rebrota. Segundo Moraes et al. (2013), o sorgo apresenta maior produtividade de matéria seca em relação à cultura do milho podendo ser cultivado no período de safrinha, diversificando a atividade agropecuária e diminuindo os custos. A produtividade mínima aceitável para o sorgo é de 40 toneladas de massa verde por hectare (PIRES, 2007).

Diversos híbridos estão sendo introduzidos no mercado, porém, há falta de informações sobre suas características agronômicas produtivas e qualitativas, ou ainda, sua indicação de melhor arranjo de plantas na área para se obter uma melhor eficiência produtiva. Um dos híbridos desenvolvidos foi o sorgo forrageiro BRS 658 com produtividade de cerca de 50 t ha⁻¹, com destaque pela grande porcentagem de grãos na massa, resistência ao acamamento, tolerância à seca combinada ao baixo custo de produção (EMBRAPA, 2016).

Segundo Zago (1991), a caracterização agronômica dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância para se obter uma forragem ou silagem de sorgo de alta produção e com elevado valor nutritivo. Conforme Almeida

Filho et al. (1999), a identificação de plantas mais adaptadas às condições em que serão cultivadas contribuirá para obtenção de maiores rendimentos da cultura do sorgo, pois ressalta-se que, além da genética e do ambiente, a produção é influenciada, dentre outros fatores, por qualidade da semente, época de semeadura, população de plantas, espaçamento entre linhas, preparo, correção e adubação do solo, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Contudo, existem poucas informações sobre os efeitos destes fatores sobre a qualidade da forragem produzida.

Diante disso, o emprego de tecnologia na produção de alimentos é um fator primordial, pois alterações na qualidade da forragem podem ocorrer quando o manejo for inadequado. Visando aumentar a eficiência do manejo adotado com a cultura do sorgo, objetivou-se avaliar o potencial produtivo e a qualidade nutricional do sorgo forrageiro BRS 658 com diferentes arranjos populacionais, testando a hipótese de que a utilização de diferentes arranjos populacionais (número de plantas na linha e espaçamento entre linhas) poderá alterar a produtividade e o valor nutricional das plantas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor*) tem como seu centro de origem a África, mas algumas evidências indicam que tenha havido duas regiões de dispersão, África e Índia (RIBAS, 2003). O sorgo forrageiro é uma gramínea (*Poaceae*) anual, raramente perene, do gênero *Sorghum*, sendo uma planta C4, de dia curto e com altas taxas fotossintéticas e requer temperaturas superiores a 21°C para um bom desenvolvimento e crescimento (MAGALHÃES et al., 2003).

Conforme descrito por Rodrigues Filho et al. (2006), o sorgo suporta temperaturas elevadas, média tolerância à acidez do solo e desenvolve-se bem em áreas secas e quentes, apresentando boa produção de massa seca. Segundo Ribas (2003) o cultivo é realizado em regiões muito secas e/ou muito quentes, onde o cultivo de outros cereais como o milho é inviável, ainda de acordo com o autor, entre as espécies cultivadas, é uma das mais versáteis e mais eficientes fotossinteticamente e com grande velocidade de crescimento e desenvolvimento.

Segundo Magalhães et al. (2003), o sorgo necessita 330 kg de água para produzir 1 kg de matéria seca, já o milho necessita 370 kg de água para produzir 1 kg de matéria seca e o trigo utiliza 500 kg de água para produzir 1 kg de matéria seca. Silva (2011), descreve que o sorgo possui um sistema radicular profundo com raízes finas e ramificadas, o que facilita o processo de absorção de água. Outra característica é a capacidade da planta de diminuir o metabolismo em momentos de déficit hídrico, ou seja, murcha (hiberna) e rapidamente se recupera quando estresse é interrompido.

O sorgo é classificado em cinco grupos: granífero, forrageiro, sacarino, lignocelulósico e vassoura. O sorgo granífero, como o próprio nome já diz, apresenta grande quantidade de grãos com baixa estatura. Grande porte, grande participação de folhas e baixa produção de grãos são características do sorgo forrageiro muito utilizado na produção de silagem, fenação, pastejo e cobertura de solo. Para produção de açúcar e etanol são utilizados o sorgo sacarino e o sorgo lignocelulósico, com maior produção de biomassa e que possuem teores elevados de carboidratos solúveis. O último grupo é utilizado de maneira artesanal, conforme denominação é utilizado para confecção de vassouras (RIBAS, 2010). As variedades destinadas ao pastejo animal são selecionadas

para apresentar alta rusticidade e grande capacidade de rebrote após cortes/pastejos sucessivos (LEITE, 2006).

O sorgo forrageiro apresenta a característica de possuir alta capacidade de perfilhamento, sendo influenciada pelo grau de dominância apical, que segundo Magalhães et al. (2003) é regulado por fatores hormonais, ambientais e principalmente genéticos. Todas as gemas dos nós apresentam a capacidade de formar perfilhos, mas permanecem em dormência devido à dominância apical (MAGALHÃES et al., 2003). A produção de perfilhos pela planta é estimulada através do dano no ápice da planta, como por exemplo a desfolhação através do pastejo animal ou através de roçada mecânica, ou até mesmo o ataque de insetos. A produção de perfilhos é maior em dias curtos e em temperaturas mais baixas, porém os perfilhos são menos tolerantes ao déficit hídrico do que a planta principal (MAGALHÃES et al., 2003).

No Brasil, existem diversas cultivares de sorgo disponíveis para uso como forrageiras, as quais são classificadas como forrageiras e de duplo propósito (para a produção de forragem e de grãos). As cultivares forrageiras possuem altura acima de 2,7 metros, o que confere alto potencial de produção de matéria verde, no primeiro corte sua produtividade pode variar de 50 a 70 t ha⁻¹, já as cultivares de duplo propósito têm altura média de 2,0 a 2,3 metros, com produtividade de 40 a 55 t ha⁻¹ no seu primeiro corte (MIRANDA e PEREIRA, 2006).

Plantas de porte menores tendem a aumentar sua participação de panículas na matéria seca, o que interfere positivamente no valor nutritivo da forragem (ARAÚJO et al., 2002). Assim, as cultivares de duplo propósito geralmente possuem melhor qualidade nutricional devido à maior presença de grãos na forragem.

O híbrido BRS 658, lançado em 2015 pela EMBRAPA, tem o objetivo de atender à crescente demanda dos produtores por maior eficiência e melhor qualidade na alimentação de bovinos. Ele apresenta boa capacidade de rebrota, além de possuir um sistema radicular que se desenvolve muito bem, o que confere resistência ao acamamento em períodos de déficit hídrico. O sorgo BRS 658 apresenta baixo custo de produção e alta qualidade de forragem, sua produtividade média é de 50 toneladas por hectare de massa verde.

Segundo Embrapa (2016) este híbrido possui porte alto, ciclo vegetativo ideal para ensilagem em torno de 90 a 110 dias, colmos secos com excelente padrão fermentativo, alta porcentagem de grãos na massa (300 a 400 g kg⁻¹ MS), proporcionando uma silagem de alta digestibilidade (cerca de 600 g kg⁻¹ MS DIVMS) e

alto teor proteico (média de 8 a 9 g kg⁻¹ MS de proteína bruta), possui alta sanidade foliar e resistência ao míldio (*Peronosclerospora sorghi*).

O sorgo é uma alternativa eficiente como fonte de volumoso e pode substituir o milho como fonte de forragem ou na confecção de silagem, pela sua elevada resistência a déficits hídricos, principalmente em regiões que apresentam riscos à produção de silagem de milho (CONTRERAS-GOVEA et al., 2010; PERAZZO et al., 2013), maior rendimento de matéria verde por área, alto valor nutricional e baixo custo de produção (PEERZADA et al., 2017).

Porém, a utilização do sorgo para ruminantes tem algumas desvantagens, pois é característico da cultura do sorgo apresentar altas concentrações de FDN e lignina, que influenciam diretamente no consumo dos animais (CONTRERAS-GOVEA et al., 2010). Mesmo com esses fatores negativos, estudos recentes (BERNARD e TAO, 2015; KHOSRAVI et al., 2018; CATTANI et al., 2017) objetivaram a pesquisa de híbridos de sorgo que apresentam melhor digestibilidade da fibra, beneficiando o consumo dos animais.

Outro fator antinutricional presente nas variedades de sorgo é a presença de compostos fenólicos, a exemplo dos taninos, que geralmente estão associados a fatores antinutricionais, reduzindo o consumo de matéria seca e a digestibilidade da proteína (OLIVEIRA et al., 2007).

Desta forma, o desenvolvimento de híbridos sem a presença ou com baixos teores de taninos, melhor digestibilidade e degradabilidade da fibra, tornam-se alternativas para otimizar a oferta de nutrientes para os animais (ZHANG et al., 2015; CAMPANILI et al., 2017).

2.2 Produção de Forragem e a Influência do Arranjo Populacional

Atualmente, os arranjos populacionais são alvos de muitas pesquisas, tanto de empresas como de instituições de ensino, cujo objetivo é demonstrar quais arranjos alcançam um elevado rendimento, seja de biomassa ou de grãos. Porém, novos estudos são necessários para a determinação de arranjos populacionais que apresentem maior produtividade da forragem, pois muitas das pesquisas estão voltadas principalmente às espécies cultivadas com a finalidade de produção de grãos.

O arranjo de plantas pode ser definido como a manipulação da densidade de plantas por área, a distância entre plantas na mesma linha e a distância entre linhas de

semeadura, sendo que essas variações entre o número de plantas na linha e a distância entre as linhas de semeadura conferem os diferentes arranjos de plantas (ARGENTA et al., 2001).

Para otimizar a produtividade, é necessário determinar a melhor densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para as diversas situações de manejo da cultura, entre outros fatores (BERENGUER e FACI, 2001; HAMMER e BROAD, 2003). Conforme Bullock et al. (1988) ao utilizar espaçamentos reduzidos, as taxas de crescimento iniciais da cultura aumentam, isso ocorre devido à melhor interceptação da radiação solar e uma maior eficiência no uso dessa radiação, assim resultando em maiores produtividades, sejam de grãos ou de massa para forragem. Já quanto às disponibilidades hídricas e de nutrientes, a relação com a densidade de semeadura é direta, pois quanto maior a disponibilidade destes fatores, maior poderá ser a densidade recomendada.

Conforme Amaral Filho et al. (2005), a população ideal de plantas depende principalmente da disponibilidade hídrica e fertilidade do solo, além da época de semeadura. Ainda de acordo com os autores, com o aumento da população, a produtividade da planta tende a elevar-se até determinada população de plantas, que é considerada uma população ótima ou ideal, sendo que após esse ponto a produtividade tende a decrescer com o aumento do número de plantas por unidade de área. Para Magalhães et al. (2003), fatores de manejo da cultura afetam o perfilhamento, tendo como exemplo a população de plantas, quanto menor a mesma, maior será a possibilidade de perfilhamento. O aumento da densidade de plantas e a diminuição do espaçamento entre linhas podem contribuir para o controle de plantas daninhas, já que ocorre diminuição de luminosidade e espaço para o surgimento das mesmas (OLSEN et al., 2012).

Em estudo realizado por Dourado Neto et al. (2003) observou-se que quanto maior a densidade populacional em lavouras de milho, menor era o diâmetro de colmo. Do ponto de vista de plantas utilizadas para pastejo animal, a obtenção de colmos mais finos não é uma característica desejada em função do pisoteio animal, o que poderá ocasionar uma elevada perda de plantas. Tal fato ocorre porque em elevadas populações, as plantas disponibilizam seus recursos para que haja um crescimento mais rápido, com o objetivo de evitar o sombreamento, aumentando assim a possibilidade de crescimento acima do dossel, porém, como efeito contrário ocorre a diminuição do diâmetro do colmo e a área foliar (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Neumann et al. (2008), ao estudarem os efeitos associativos entre o espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro, obtiveram melhor desempenho produtivo e qualitativo da cultura de sorgo utilizando o espaçamento entre linhas de 0,70 m.

Diante do exposto, o melhor arranjo de plantas para sorgo varia em função de diversos fatores, dentre os quais podemos citar as condições ambientais do local de cultivo e cultivar utilizada, sendo necessário determinar, para cada região, o espaçamento e a densidade de semeadura ideal, bem como a época de semeadura para o melhor desempenho dos genótipos.

2.3 Valor Nutricional da Forragem de Sorgo

Segundo Mott (1970), a qualidade de uma planta forrageira pode ser representada principalmente pela associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário, entre outros fatores, da forragem em questão. Conforme Reis et al. (2006), a qualidade da forragem fornecida a um ruminante é, talvez, o fator mais importante que influencia a produtividade deste animal, quer seja o sistema de produção em pastejo ou em confinamento. Entretanto, a qualidade de forragem é um assunto complexo, pois na sua avaliação ocorrem interações entre as mais diversas disciplinas acadêmicas, gerando diferentes perspectivas na interpretação de seu resultado (VAN SOEST, 1994).

O valor nutritivo de uma forragem é formado pela composição química da mesma, sua digestibilidade e a natureza dos produtos da digestão (REIS e RODRIGUES, 1993), parâmetros estes que podem ser estimados através das concentrações de proteína bruta, seus constituintes da parede celular (fibra em detergente neutro - FDN, fibra em detergente ácido - FDA e lignina - LIG) e a digestibilidade. Para VAN SOEST (1994), o valor nutritivo de uma planta forrageira utilizada como alimento para ruminantes é resultante da interação de sua carga genética com os fatores ambientais, ou seja, diferentes espécies forrageiras que se desenvolvem sob as mesmas condições ambientais demonstram características nutritivas diferentes.

Há várias maneiras de se modificar o valor nutritivo das plantas forrageiras, para tanto é necessário que se defina a melhor estratégia a ser utilizada, pois essa modificação está totalmente relacionada com os conhecimentos dos diversos nutrientes exigidos pelo animal, com a habilidade desta planta em fornecer estes nutrientes,

podendo assim determinar quais aspectos qualitativos essa forragem não está atingindo e desta maneira corrigir essa deficiência, levando em consideração os custos, aspectos sociais e ambientais (MINSON, 1990).

A grande variabilidade genética desta espécie fez com que o desenvolvimento de trabalhos de melhoramento genético proporciona a obtenção de um grande número de híbridos, porém cada um destes materiais apresenta características agronômicas e valores nutritivos diferentes, com variações quanto à produtividade de grãos ou massa verde e também de padrões de fermentação, resultando em silagens com diferentes qualidades. Esses fatores podem afetar diretamente o desempenho dos animais que consomem esse alimento, tornando evidente a necessidade de estudos que conduzam a seleção de híbridos mais adequados aos sistemas de produção animal (PEDREIRA et al., 2003).

O sorgo também se destaca nos sistemas das regiões semiáridas não só por ser tolerante/resistente a fatores abióticos, mas também por apresentar composição química nutricional muito semelhante à do milho, o que faz a planta ser apontada como substituta do milho na alimentação de ruminantes e na produção de ração para monogástricos.

2.4 Referências

- ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R. et al. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes e da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.7-13, 1999.
- AMARAL FILHO, J. P. R. do; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.29, p.467-473, 2005.
- ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C. et al. Avaliação agronômica de três híbridos de sorgo (BR 700, BR 701 e MASSA 03) colhidos em cinco diferentes estádios de maturação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; BORTOLINI, C. G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.71-78, 2001.
- BERENGUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**, v.15, p.43-55, 2001.
- BERNARD, J. K.; TAO, S.. Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p.8994-9000, 2015.
- BULLOCK, D. G.; Nielsen, R. L.; Nyquist, W. E.. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, v.28, n.2, p.254-258, 1988.
- CATTANI, M.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R. et al. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p.1-8, 2017.
- CAMPANILI, P. R. B.; SARTURI, J. O.; BALLOU, M. A. et al. Effects of silage type and inclusion level on ruminal characteristics and feeding behavior of steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 10, p.4623-4637, 2017.
- CONTRERAS-GOVEA, F.; MARSALIS, M. A.; LAURIAULT, L. M. et al. Forage sorghum nutritive value: A review. **Forage Grazinglands**, v. 8, n. 1, p.1-7, 2010.
- CÓRDOVA, U. de A.; PRESTES, N. E.; SANTOS, O. V. et al. **Melhoramento e manejo de pastagens naturais no Planalto Catarinense**. Florianópolis: Grafine, 2004. 274p.

- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A. et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS 658: híbrido de sorgo silageiro: silagem de alta qualidade**. 2016. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1045180>. Acesso em: 01/07/2019.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT 2017**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/>> Acesso em: 12/12/2018.
- HAMMER, G. L.; BROAD, I. J. Genotype and environment effects on dynamics of harvest index during grain filling in sorghum. **Agronomy Journal**, v.95, p.199-206, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10/01/2018.
- KHOSRAVI, M.; ROUZBEHAN, Y.; REZAEI, M. et al. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 12, p.10953-10961, 2018.
- LEITE, D. T. **Farelo de glúten de milho e farelo de arroz desengordurado na suplementação de bovinos de corte**. 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da Produção de sorgo**. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/ CNPMS, Nov. 2003 2p. (Comunicado Técnico, 87).
- MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MIRANDA, J.E.C.; PEREIRA, J.R. **Tipos de sorgo para silagem**. Juiz de Fora: Embrapa 2006. (Instrução técnica para o produtor de leite, 51).
- MORAES, S. D. de; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. da et al. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.14, n.4, p.624-634, 2013.
- MOTT, G. O. Evaluacion de la produccion de forrajes In: HUGHES, H. D., HEATH, M. E., METCALFE, D. S. (Eds.) **Forrajes - laciencia de la agricultura basada en La producción de pastos**. México. p.131-141, 1970.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J. L. et al. Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o

- desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.2, p. 165-181, 2008.
- OLIVEIRA, S. G., BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. D. et al. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, n. 3-4, p.236-248, 2007.
- OLSEN, J. M.; GRIEPENTROG, H.; NIELSEN, J. et al. How important are crop spatial pattern and density for weed suppression by spring wheat?. **Weed Science**, Cambridge, v.60, n.3, p.501-509, 2012.
- PEDREIRA M. S., REIS R. A., BERCHIELLI T. T. Características Agronômicas e Composição Química de Oito Híbridos de Sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1083-1092, 2003.
- PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A. et al. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p.1771-1776, 2013
- PEERZADA, A. M.; ALI, H.; HANIF, Z.; BAJWA, A. A. et al. Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.). **Biological Invasions**, p.1-9, 2017
- PIRES, D. A. de A. **Avaliação de quatro genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor*) com e sem taninos nos grãos para a produção de silagens**. 2007. 107 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.
- REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. de A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP: FUNEP, 1993. 26 p.
- REIS, R. A.; TEIXEIRA, I. A. M. de A.; SIQUEIRA, G. R. Impacto da qualidade da forragem na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.580-608, 2006.
- RIBAS, M.N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom**. 2010. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- RIBAS, P. M. **Sorgo: Introdução e Importância Econômica**. Sete Lagoas – MG: EMBRAPA, 2003. 16p.
- RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A.; OLIVEIRA, R. et al. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.

- SILVA, M. L. **Avaliação de genótipos de sorgo forrageiro na Zona da Mata de Alagoas**. 2011. 68f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell. 476p, 1994.
- ZAGO, C.P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS**, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz". 1991. p.169-217.
- ZHANG, S.J.; CHAUDHRY, A.S.; OSMAN, A. et al. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 206, p.29-38, 2015.

3. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E BROMATOLÓGICA DO SORGO FORRAGEIRO BRS 658 EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS

Resumo: A demanda por uma produção de alimentos maior e de qualidade leva à necessidade de avaliar maiores populações de plantas com menores espaçamentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito associativo entre o espaçamento entre linhas de semeadura e densidade de plantas sobre desempenho vegetativo, produtivo e qualitativo do sorgo forrageiro BRS 658. O delineamento experimental em blocos completos casualizados, em esquema fatorial duplo (3x3) com quatro blocos, nos quais teve-se como fatores os espaçamentos (3) sendo 0,5 m 1,0 m e 1,5 m e as densidades populacionais (3) sendo, 50, 100 e 150 mil plantas ha⁻¹. A análise estatística foi realizada por meio do programa estatístico SAS. Não houve interações significativas para as fontes de variação densidade populacional e espaçamento entre linhas de semeadura para nenhuma das variáveis analisadas. Para produtividade, os melhores resultados são 86440 e 86491 kg MV ha⁻¹ no espaçamento de 1 metro e para densidade populacional de 50 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Para matéria seca a maior produtividade foi para espaçamento de 1 m com valor de 11157 kg ha⁻¹ independente de densidade, para a densidade populacional a maior produtividade foi de 22946 kg ha⁻¹ para 50 mil plantas. Para diâmetro de colmo e altura houve diferença somente para as densidades estudadas, com 28,69 mm e 303,82 cm para as densidades de 150 e 50 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Para variável matéria seca, matéria mineral e matéria orgânica, houve efeito linear de densidade independente de espaçamento, com maiores resultados de 264,50 g kg⁻¹ MN, 70,34 e 938,90 g kg⁻¹ MS para as densidades de 50, 150 e 50 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. A variável PIDN apresentou efeito quadrático para densidade independente de espaçamento com maior resultado de 510,20 g kg⁻¹ PB para densidade de 50 mil plantas ha⁻¹. Os diferentes arranjos populacionais avaliados não alteram a produtividade e as características agronômicas e bromatológicas do sorgo forrageiro BRS 658. O espaçamento entre linhas de 1,0 m e a densidade de semeadura de 50 mil plantas ha⁻¹ resulta em maior produtividade de matéria seca e verde. O sorgo forrageiro semeado na densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ apresenta menor altura e teor de matéria seca, porém, maior diâmetro de colmo e matéria mineral.

Palavras-chave: densidade, espaçamento, matéria seca, nutrição animal.

AGRONOMIC AND BROMATOLOGICAL EVALUATION OF FORAGE SORGHUM BRS 658 IN DIFFERENT POPULATION ARRANGEMENTS

Abstract: The demand for higher quality food production leads to the need of evaluating larger plant populations with smaller spacing. The aim of this work was to evaluate the associative effect between row space and plant density on vegetative, productive and qualitative performance of forage sorghum BRS 658. The experimental design in randomized complete blocks in double factorial scheme (3x3) with four blocks, where the spacing (3) was 0.5 m 1.0 m and 1.5 m and the population densities (3) 50, 100 and 150 thousand plants ha⁻¹. Statistical analysis was performed using the SAS statistical program. There were no significant interactions for the sources of population density variation and sowing row space for any of the variables analyzed. For yield the best results are 86440 and 86491 kg GM ha⁻¹ at 1 meter spacing and for population density of 50,000 plants ha⁻¹, respectively. For dry matter the highest yield was for 1 m spacing with value of 11157 kg ha⁻¹ regardless of density, for population density the highest yield was 22946 kg ha⁻¹ for 50 thousand plants. For stem diameter and height there was difference only for the studied densities, with 28.69 mm and 303.82 cm for the densities of 150 and 50 thousand plants ha⁻¹, respectively. For variable dry matter, mineral matter and organic matter there was linear effect of density independent of spacing, with higher results of 264.50 g kg⁻¹ NM, 70.34 and 938.90 g kg⁻¹ DM for the densities of 50, 150 and 50 thousand plants ha⁻¹, respectively. The variable PIDN presented quadratic effect for density independent of spacing with higher result of 510.20 g kg⁻¹ CP for density of 50 thousand plants ha⁻¹. The different population arrangements evaluated do not alter the yield and agronomic and bromatological characteristics of the forage sorghum BRS 658. The row space of 1.0 m and the sowing density of 50 thousand plants ha⁻¹ results in higher dry matter and green yield. Forage sorghum sown at a density of 150 thousand plants ha⁻¹ has lower height and dry matter content, but larger stem and mineral matter diameter.

Keywords: density, row space, dry matter, animal nutrition.

3.1 Introdução

A grande competitividade do mercado de grãos, principalmente soja, milho e trigo, faz com que as áreas cultivadas com estes grãos se expandam cada vez mais, influenciando a produtividade bovina, devido à necessidade de se produzir cada vez mais leite e carne de qualidade, em menores áreas, com menores custos e de maneira economicamente viável. Portanto, o uso de tecnologias para intensificar o sistema de produção torna-se fundamental, principalmente em épocas de estacionalidade forrageira, onde a alternância na produtividade das plantas exige alternativas para suprir a necessidade de biomassa para a alimentação animal, seja para o fornecimento *in natura*, em forma de feno ou silagem.

Neste contexto, diversas gramíneas podem ser utilizadas para produção de silagens. Dentre elas, o sorgo que se destaca por ser uma planta adaptada ao processo de ensilagem devido às suas características fenotípicas que determinam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento, aliadas ao seu alto valor nutritivo e elevada concentração de carboidratos solúveis, essenciais para uma adequada fermentação láctica, bem como aos altos rendimentos de massa seca por unidade de área (NEUMANN et al., 2002).

A produção de sorgo no Brasil é praticamente toda destinada para a alimentação animal, sendo muito utilizada na substituição do milho, seja na forma de grãos para a fabricação de ração para monogástricos ou na forma de biomassa, na forma de forragem ou silagem para a alimentação de ruminantes (CABRAL FILHO, 2004). Para a produção animal, o sorgo demonstra versatilidade na nutrição de ruminantes, pois além de apresentar rusticidade, tolerar alguns patógenos e ser mais resistente a déficits hídricos do que outras forrageiras, o mesmo pode ser fornecido em forma natural, seja pastejado, cortado e triturado ou ainda em forma conservada, seja em forma de feno ou silagem e ainda, segundo (ZAGO, 1991) esta planta pode resolver o problema da estacionalidade. Segundo o autor, esta forrageira já contribui com uma área de 10-15% da área total plantada para silagem no Brasil.

Deste modo, as espécies forrageiras devem expressar elevada produção de massa por unidade de área, sendo que a relação produção/qualidade da forragem é estritamente dependente das condições de manejo empregadas na cultura. Segundo Soares (2000), em condições em que haja um bom manejo agrônomico da espécie forrageira, nota-se

um aumento na participação das folhas na estrutura física da planta e proporcional incremento na qualidade da forragem produzida.

A qualidade da forragem pode variar bastante em função do nível de tecnologia adotado e do sistema de manejo utilizado no processo produtivo, afetando consequentemente a produção animal. Daí a necessidade de se conhecer a composição da forragem. Também em função disso, segundo Alvarez et al. (2006), trabalhos de pesquisa buscando alternativas de arranjos populacionais (espaçamento entre linhas e densidades populacionais), adaptação de híbridos a diversas regiões e a eficiência de manejo da cultura têm recebido relevante atenção da comunidade científica e produtora.

De maneira geral, conforme diversos autores, existe uma tendência de aumento de produtividade da cultura em condições de espaçamento reduzido entre linhas, associado à maiores densidades populacionais, por mostrar vantagens potenciais quanto ao aumento na eficiência de utilização de luz solar, água, nutrientes e melhor controle de plantas daninhas. No entanto, há vários trabalhos de pesquisa que apresentam recomendações variadas quanto ao manejo cultural do sorgo forrageiro, principalmente quanto ao espaçamento entre linhas e densidade populacional, ao qual podemos citar Gontijo Neto et al. (2006), os quais recomendam que o sorgo para corte ou pastejo, em plantio consorciado com milho, seja cultivado em espaçamentos entre linhas de 0,17 a 0,30 m, com densidades de semeadura entre 200 e 300 mil plantas ha^{-1} , enquanto que, em cultivo isolado, as densidades devem ser corrigidas entre 400 e 600 mil plantas ha^{-1} , Chielle et al. (2001) recomendam o cultivo em espaçamentos de 0,7 m, com densidade de plantas de 150 a 250 mil plantas ha^{-1} , e Carneiro et al. (2004) indicam a semeadura do sorgo com espaçamento entre linhas de 0,3 m e densidade superior a 500 mil plantas ha^{-1} .

Assim, surge a hipótese de que a utilização de diferentes arranjos populacionais na cultura do sorgo forrageiro poderá influenciar o aumento da produtividade de biomassa sem alterar suas características agronômicas e bromatológicas.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a produtividade de massa verde e seca por área, altura de planta e diâmetro de colmo, além dos parâmetros bromatológicos do sorgo forrageiro BRS 658, com diferentes arranjos populacionais.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, PR, localizada sob as coordenadas geográficas: 24°31'55" S, 54°01'05" W e altitude de 396 m. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, o clima é Cfa - clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). Os totais anuais médios de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais que variam entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2006). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica Automática localizada na fazenda experimental da UNIOESTE (Figura 1).

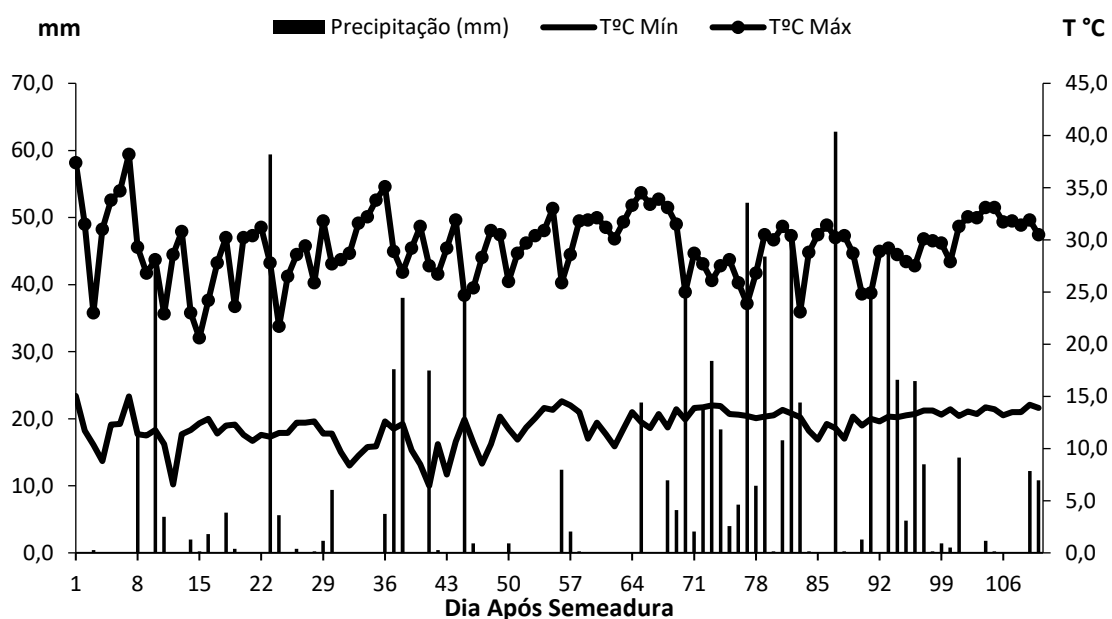


Figura 1. Médias diárias de temperatura máxima (T°C MÁX) e mínima (T°C MÍN) e precipitação pluviométrica para a região durante o período experimental (DAS).

Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UNIOESTE, Marechal C. Rondon – PR, outubro/2017 a janeiro/2018.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA, 2018) de textura argilosa e apresenta as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) 5,87; P (Mehlich) 25,47 mg dm⁻³; K (Mehlich) 0,74 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) 4,37 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) 3,05 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) 0,00 cmol_c dm⁻³; H+Al (pH SMP 7,5) 4,96 cmol_c dm⁻³;

SB 8,15 cmol_c dm⁻³; CTC 13,11 cmol_c dm⁻³; V 62,16 %; Matéria orgânica 24,61 g dm⁻³; Cu 6,50 mg dm⁻³; Zn 8,30 mg dm⁻³; Mn 56,00 mg dm⁻³ e Fe 24,50 mg dm⁻³.

O experimento contou com a avaliação de uma cultivar de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), semeado em diferentes espaçamentos e densidades populacionais. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos completos casualizados, em esquema fatorial duplo (3x3) com quatro blocos, nos quais teve-se como fatores os espaçamentos (3) sendo 0,5; 1,0 e 1,5 m e as densidade populacionais (3) sendo, 50, 100 e 150 mil plantas ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BRS 658 que foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), lançada em 2015 e atualmente suas sementes são produzidas e comercializadas pela empresa RIBER KWS SEMENTES Ltda., que gentilmente cedeu as sementes para a realização deste experimento.

Cada parcela experimental foi constituída por 6,0 m de comprimento e 5 m de largura totalizando 30 m² para cada parcela, sendo que se considerou área útil da parcela apenas a região central. O croqui experimental contou com 4 blocos e 9 parcelas por bloco totalizando 36 parcelas e uma área aproximada de 1080 m², distribuindo-se os tratamentos ao acaso. Para a adubação das parcelas, utilizou-se o recomendado para a cultura segundo o fabricante, estipulado com base na caracterização do solo como de alta e média fertilidade, sendo: 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 10-15-15 na semeadura e 200 kg ha⁻¹ em cobertura do formulado NPK 10-20-20 aos 35 dias após a semeadura (DAS), sendo esta realizada de forma manual.

A semeadura foi realizada após o preparo do solo de forma convencional, sendo utilizada uma semeadora manual de precisão modelo *Earthway 1001-B* para facilitar a distribuição de aproximadamente 25 sementes por metro linear, assim após a germinação das mesmas, realizou-se o raleio manual das plantas excedentes conforme cada tratamento, onde preconizou-se uma distribuição uniforme de plantas na linha, a fim de não interferir nos tratamentos.

Como tratamento de sementes, foi utilizado o inseticida de contato e ingestão de mistura pronta que contém o inseticida *Fipronil* do grupo pirazol, e os fungicidas *Piraclostrobina* do grupo das estrubirulinas e *Metil-Tiofanato* do grupo dos benzimidazóis na dose de 100 mL kg⁻¹ de sementes. Como controle preventivo ao ataque de insetos por via aérea, especialmente de *Spodoptera frugiperda* e *Diatrea saccharalis*, utilizou-se, aos 21 DAS e aos 40 DAS, inseticida fisiológico sistêmico do grupo químico aciluréia e ingrediente ativo *Lufenuron*, na dose de 150 mL ha⁻¹.

Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se o controle manual (capina), principalmente nos períodos iniciais, para que não houvesse mato competição e desfavorecesse o desenvolvimento inicial da cultura.

A colheita e avaliação agronômica foi realizada aos 110 DAS. A avaliação agronômica constitui-se da avaliação de altura de plantas (cm), diâmetro de colmo (mm) além da produtividade em kg de massa verde e seca por hectare. Para a altura de planta, mediu-se com uma fita métrica a altura de 10 plantas aleatórias de cada parcela da base ao ápice, sempre desprezando as plantas das bordaduras. Para o diâmetro do colmo, mediu-se com o auxílio de um paquímetro digital a 5 cm do solo o diâmetro de colmo de 10 plantas de cada parcela aleatória, e para o número de plantas m^{-1} foram contadas em 2 metros lineares de cada linha o número de plantas para cada área da linha selecionada, sempre priorizando áreas centrais da parcela, a fim de desprezar possíveis interferências entre as parcelas.

Para a variável produtividade de massa verde e seca, coletou-se as plantas referentes a 2 m de cada parcela, que foram pesadas e depois estes valores foram calculados para ha^{-1} de massa verde. Posteriormente, estas amostras foram acondicionadas em saco de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar forçada até atingirem peso constante em temperatura de 55 °C, aferindo a massa após este período em balança eletrônica digital com precisão de 3 casas decimais para gramas e ajustando seu valor para hectares, constituindo o resultado de produtividade de matéria seca por unidade de área ($kg\ ha^{-1}$).

Para a realização das análises bromatológicas, foram coletados aproximadamente 0,3 kg de forragem, que foram moídas com o auxílio de uma forrageira tratorizada, os quais foram acondicionados em sacos de papel identificados e submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada de ar, sob temperatura de 55°C por 72 horas, para quantificação dos teores de matéria seca (MS). Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho, tipo Willey, com peneiras de 1 mm de crivo e posteriormente submetidas a procedimentos laboratoriais para determinação dos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo a AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e lignina (LIG) conforme Van Soest et al. (1991), celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) de acordo com Silva e Queiroz (2006). Os teores de matéria orgânica (MO) foram estimados pela fórmula $100 - \%MM$.

Todas as variáveis contínuas foram analisadas pelo método “Restricted maximum likelihood” ANOVA, para um delineamento experimental de blocos casualizados usando o procedimento MIXED do SAS (version 9.4, 2015, SAS Institute) de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + B_l + e_{ijkl}$$

Em que: Y_{ijkl} = representa a observação sobre a parcela k dado o tratamento ij dentro do bloco l ; μ = média geral; α_i = efeito fixo do i^{th} espaçamento ($i = 1...3$); β_j = efeito fixo da j^{th} densidade ($j = 1...3$); $\alpha\beta_{ij}$ = efeito fixo da interação entre espaçamento e densidade; B_l = efeito aleatório do l^{th} bloco ($l = 1...4$); e_{ijkl} = erro residual aleatório, pressuposto NID ($0; \sigma^2$). Anteriormente à estas análises, foi verificada a normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilk pelo comando PROC UNIVARIATE do SAS e informações com resíduos estudentizados maiores que +3 ou menores que -3 foram consideradas “outliers” e excluídos das análises. A homogeneidade das variâncias foi comparada pelo teste de Levene. Os dois fatores incluídos no efeito fixo foram avaliados pelo uso de regressão polinomial, separando-se o efeito linear e desvio da linearidade quando adequado (valor de $P < 0,05$ na análise de variância). Quando efeitos quadráticos foram estatisticamente significantes, o espaçamento e/ou a densidade de plantas no pico de valor desta resposta quadrática foi estimado. Se a interação entre os fatores esteve presente, análise de superfície resposta foi conduzida para melhor adequação do modelo utilizando o PROC RSREG do SAS. A significância foi declarada com $P < 0,05$.

3.3 Resultados e Discussões

De acordo com a análise de variância conjunta, para as características produtividade de matéria verde, produtividade de matéria seca, altura de plantas e diâmetro de colmo, não houve interações significativas para as fontes de variação densidade populacional e espaçamento entre linhas de semeadura (Tabela 1). Porém, a produtividade de matéria verde e matéria seca tiveram efeito quadrático para os espaçamentos testados, sendo que a maior média foi obtida no tratamento com espaçamento de 1 metro independente da população testada, com uma produtividade 86440 kg ha^{-1} de MV e 22157 kg ha^{-1} de MS. No entanto, ao calcularmos o ponto de

máxima, obtemos a produtividade de 89618,21 kg ha⁻¹ de MV e 22971,67 kg ha⁻¹ de MS no espaçamento de 1,23 m, independente da população.

A menor produtividade foi observada quando utilizado espaçamento de 0,5 m, a qual teve uma produtividade média de 57044 kg ha⁻¹ de MV e 14267 kg ha⁻¹ de MS independente da densidade populacional. Quando o espaçamento foi aumentado para 1,5 m notou-se que em comparação ao espaçamento de 0,5 m houve um incremento de aproximadamente 28 toneladas ou 49,05% na produtividade de MV, já para MS tivemos uma diferença de 7,4 toneladas ou 51,84%.

Para densidade de plantas por área, observou-se um efeito linear decrescente, pois à medida que se aumentou o número de plantas, diminuiu-se a produtividade independentemente do espaçamento entre linhas utilizado, sendo que, se compararmos a densidade de 50 com a de 150 mil plantas ha⁻¹, tivemos uma redução de aproximadamente 23 toneladas ou 26,53% na produtividade MV e de 7,4 toneladas ou 32,19% de MS.

Tabela 1 - Avaliação agrônômica do sorgo forrageiro BRS 658 em diferentes arranjos populacionais de plantas.

Item	Espaçamento (m)			Densidade (x10 ³ plantas ha ⁻¹)					Valor de P ¹		
	0,5	1,0	1,5	50	100	150	Média	EPM	Espaçamento	Densidade	Espaçamento x Densidade
Produtividade (kg MV ha ⁻¹)	57044	86440	85028	86491	76394	63551	75311,4	4553,81	0,0004 _Q ²	0,0240 _L ³	0,3692
Produtividade (kg MS ha ⁻¹)	14267	22157	21663	22946	19002	15560	19153,1	1224,1	0,0006 _Q ⁴	0,0056 _L ⁵	0,6899
Altura (cm)	291,78	299,67	291,73	303,82	292,18	287,18	294,38	2,408	0,2401	0,0118 _L ⁶	0,5114
Diâmetro do Colmo (mm)	27,17	26,52	27,2	24,88	27,32	28,69	26,96	0,381	0,4897	<0,0001 _L ⁷	0,2286

¹L = Efeito linear, Q = Efeito quadrático;

²Y = -3156.79 (±25519) + 151209 (±54971) x Espaçamento - 61612 (±27305) x Espaçamento² (Valor de P da regressão = 0,0318; Máx. = 1.23 m); R² 0,25;

³Y = 98379 (±12199) - 228,81 (±91.40) x Densidade (Valor de P da regressão = 0,0198); R² 0,11;

⁴Y = -2007,54 (±7062) + 40932 (±15379) x Espaçamento - 16768 (±7639,03) x Espaçamento² (Valor de P da regressão = 0,0363; Máx. = 1.22 m); R² 0,24;

⁵Y = 26558 (±3151,04) - 73.9019 (±24,1189) x Densidade (Valor de P da regressão = 0,0046); R² 0,17;

⁶Y = 311,03 (±5.6831) - 0,1664 (±0.05262) x Densidade (Valor de P da regressão = 0,0035); R² 0,20;

⁷Y = 23,1583 (±0.7646) + 0,03808 (±0.006462) x Densidade (Valor de P da regressão < 0,0001); R² 0,47.

A média geral da produtividade de MV ha⁻¹ foi de 75311,4 kg, valores próximos aos de Pereira Filho et al. (2013), que ao avaliarem as cultivares de sorgo BRS 501, 505, 506, 507 e 601 na densidade de 75 mil a 175 mil plantas ha⁻¹ e utilizando um espaçamento de 0,7 m obtiveram uma produção de 74, 78, 85, 72 e 59 t ha⁻¹ de massa verde, independente da população utilizada. Entretanto, Silva (2018), ao avaliar o genótipo BRS 658 com espaçamento de 0,7 m e população de 120 mil plantas em 4 idades de corte (88, 95, 102 e 108 DAS), obteve valores de 30, 34, 35 e 35 toneladas, de produtividade de MV ha⁻¹ e de 9, 10, 11 e 11 toneladas, de produtividade de MS ha⁻¹ respectivamente para cada idade de corte, valores abaixo dos encontrados nesse estudo, o qual foi avaliado aos 110 DAS.

O efeito quadrático no acúmulo da produção de matéria seca com o aumento do espaçamento entre linhas pode ser resultado das características genéticas do sorgo forrageiro em regime de cortes. Sugere-se que o aumento no espaçamento entre linhas de plantio, independente da densidade populacional, tenha modificado o hábito normal de crescimento da planta de sorgo, que é o ereto, para o semiprostrado, determinando melhor distribuição espacial dos perfilhos das plantas na área, tendo um efeito de cobertura antecipada da superfície do solo e otimizando o uso da luz solar na produção de fotoassimilados.

O sorgo é uma espécie C4, sendo assim, as altas taxas de luz proporcionam incrementos na produção de matéria verde. Porém, as altas densidades podem ter provocado aumento da competição por luz, água e nutrientes, na linha de semeadura e nas entrelinhas, pois os menores espaçamentos e consequentemente um número maior de plantas na mesma área acabou diminuindo a produtividade por hectare, como observado no presente estudo. Em milho, alguns genótipos diminuem a matéria seca de raiz e da parte aérea da planta com aumento da densidade populacional (DOURADO NETO et al., 2003). Menores espaçamentos entre linhas de plantio, em diversas culturas, são correlacionados com maior rendimento, cobertura mais rápida do solo, maior supressão das plantas daninhas, maior absorção de luz solar e menor perda de água por evaporação, além de maior eficiência das plantas na absorção de água e nutrientes.

A produtividade obtida neste estudo corrobora com a verificada por Zeferino (2015) avaliando sorgo sacarino BRS 506 e sugargraze aos 120 DAS, 52.381 e 85.833

kg ha⁻¹, respectivamente, com densidade de aproximadamente 110 mil plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,7 m. Corrêia (2016), utilizando um espaçamento de 0,65 m e uma densidade populacional de aproximadamente 120 mil plantas por hectare, obteve uma produção de 204.188,5 kg ha⁻¹ de massa verde aos 120 DAS. Considerando-se as características do sorgo sacarino, é desejável obter alta produção de massa verde, pois o caldo a ser obtido e posteriormente fermentado para obtenção de etanol é extraído da biomassa verde. Assim, quanto mais biomassa, mais caldo será obtido.

Em condições onde há a ocorrência de adversidades ambientais, especialmente quando há déficit hídrico, a planta é obrigada a construir um extenso sistema de raízes, assim causando um prejuízo no desenvolvimento da área foliar (tamanho e quantidade de folhas, espessura de colmo e altura de planta), levando a um menor rendimento fotossintético e menor capacidade competitiva (MAGALHÃES e DURÃES, 2003). Porém, durante o período experimental deste estudo, pudemos considerar que não houve déficit hídrico, pois a ocorrência de chuvas foi superior a 920 mm, sendo bem distribuídas durante o período, de forma homogênea em períodos diferentes.

A altura de planta apresentou efeito linear decrescente, pois à medida que a densidade populacional foi elevada, ocorreu uma redução na altura das plantas, sendo que, se comparado à densidade de 50 mil plantas ha⁻¹ com a de 150 mil plantas ha⁻¹, houve uma redução de 5,48% ou 16,64 cm. Os espaçamentos avaliados não influenciaram a altura de plantas.

Geralmente, o aumento da densidade pode favorecer o crescimento em altura das plantas, fato que ocorre devido à competição por luz. Por sua vez, a altura elevada provoca maior risco de acamamento, prejudicando índices de produtividade e também operações de colheita, principalmente a mecanizada (MAY et al., 2012). Contudo, no presente estudo notou-se efeito contrário a este, pois as maiores alturas foram constatadas nas menores densidades populacionais, não ocorrendo acamamento durante o período experimental. Este fato pode ter sido ocasionado por características genéticas do híbrido estudado, tendo em vista que o mesmo possui alta resistência ao acamamento.

Os valores de altura de planta variaram de 2,91 m a 3,03 m valores acima dos verificados por Júlio et al. (2017) de 2,69 m aos 80 DAS, trabalhando com espaçamento

entre linhas de 0,7 m e densidade populacional de aproximadamente 170 mil plantas ha⁻¹ para o sorgo BRS 658. Silva (2018), trabalhando com o mesmo híbrido com espaçamento de 0,7 m e população de 120 mil plantas em avaliação aos 108 DAS, observou altura média de 2,70 m. Esses diferentes valores referentes à altura do mesmo híbrido verificados na literatura evidenciam como é importante o manejo cultural, a pluviosidade, a temperatura média e a adubação para obterem-se boas produtividades com a cultura, pois a variável altura de plantas é uma característica que normalmente determina o potencial produtivo de matéria seca e verde por hectare (NEUMANN et al., 2002).

O fator espaçamento entre linhas não resultou em efeito significativo para o diâmetro do colmo. Porém, para o fator densidade, observou-se um efeito linear crescente, onde o diâmetro de colmo aumentou à medida que se aumenta a densidade populacional, resultado inverso aos observados por diversos autores onde o aumento da população de plantas resultou na redução do diâmetro de colmos.

Segundo Dourado Neto et al. (2003), quanto maior a densidade populacional em lavouras de milho (*Zea mays*), menor o diâmetro de colmo, fato esse que ocorre porque em elevadas populações as plantas alocam seus recursos para um crescimento, principalmente o inicial, mais rápido, com o objetivo de evitar o sombreamento, aumentando a possibilidade de crescimento acima do dossel, porém, diminuindo o diâmetro do colmo (Taiz e Zeiger, 2004), fato esse que não foi evidenciado no estudo realizado.

Podemos observar que a altura de plantas está relacionada ao diâmetro de colmo, pois a maior altura resultou em menores diâmetros de colmo e vice-versa. Na densidade de plantio de 150 mil plantas ha⁻¹ verificou-se um aumento de 15,31% ou 3,81 mm no diâmetro de colmo em relação à densidade de 50 mil plantas ha⁻¹. Borsoi (2015), trabalhando com o sorgo BRS 506 na região oeste do Paraná, com 4 populações (50, 75, 100 e 125 mil plantas ha⁻¹) e 4 espaçamentos entre linhas (0,25; 0,5; 0,8 e 1,0 m) observou valores de diâmetro médio de colmo de 23,89 mm, com variação entre 19 a 28,2 mm, valores próximos à média de 26,69 mm encontrados nesse estudo.

A matéria seca apresentou um efeito linear decrescente para as densidades avaliadas. Observou-se uma redução na MS de 6,68 e 6,56% para a semeadura com

densidade de 100 e 150 mil plantas ha^{-1} , respectivamente, quando comparado à densidade de 50 mil plantas ha^{-1} .

Esse resultado pode ser explicado pelas características genéticas do sorgo, pois o aumento do espaçamento entre linhas de plantio pode modificar o crescimento normal da planta, passando de ereto para semiprostado, o que facilita a distribuição dos perfilhos das plantas, afetando a cobertura da superfície do solo e, por fim, otimizando a absorção de luz e a produção de fotoassimilados.

Para matéria mineral, observou-se que à medida que se aumenta a densidade de plantas, há incremento na concentração de cinzas, enquanto para a matéria orgânica observou-se comportamento inverso. A variação encontrada principalmente na matéria mineral, pode ter sido causada pela maior presença de grãos nas plantas onde a densidade foi maior. Macedo et al. (2012), avaliando sorgo com diferentes teores de fertilização, observaram resultados para matéria mineral que variam de 64,1 e 54,9 g kg ha^{-1} MS corroborando com os resultados deste trabalho. Os níveis de MM contidas na forragem são inversamente proporcionais aos níveis de MO, níveis elevados de MM indicam que a forragem apresenta baixos níveis de energia.

Os teores proteicos nesse estudo variam de 67,5 a 72,1 g kg ha^{-1} MS não sendo observado efeito da densidade e espaçamento entre linhas de semeadura. Segundo Van Soest (1994), o teor mínimo para garantir a fermentação ruminal adequada é de 60 g kg ha^{-1} MS. Portanto, a forragem de sorgo estudada proporciona níveis adequados para garantir a fermentação dentro do rúmen. Nutricionalmente, o sorgo pode ser comparado ao milho, pois possui 95% da quantidade de nutrientes dele. Desta forma, levando em consideração a capacidade de rebrota e tolerância ao déficit hídrico, é possível obter melhor aproveitamento e lucro com seu cultivo.

Tabela 2. Composição bromatológica da forragem do sorgo forrageiro BRS 658 em diferentes arranjos populacionais.

Item	Espaçamentos (m)			Densidade (x10 ³ plantas ha ⁻¹)				Valor de P ⁵			
	0,5	1,0	1,5	50	100	150	Média	EPM	Espaçamento	Densidade	Espaçamento x Densidade
Matéria seca (g kg ⁻¹ MN)	248,34	256,63	253,48	264,50	246,82	247,14	252,81	3,133	0,5226	0,0341 _L ⁶	0,5767
Matéria mineral (g kg ⁻¹ MS)	65,88	64,92	67,68	61,09	67,04	70,34	66,16	1,353	0,6374	0,0137 _L ⁷	0,2823
Matéria orgânica (g kg ⁻¹ MS)	934,12	935,07	932,32	938,90	932,96	929,65	933,83	1,353	0,6374	0,0137 _L ⁸	0,2823
Extrato etéreo (g kg ⁻¹ MS)	17,43	17,74	17,63	18,68	16,56	17,55	17,60	0,519	0,9727	0,2860	0,5246
Proteína bruta (g kg ⁻¹ MS)	70,64	68,71	69,18	68,84	72,14	67,55	69,51	1,315	0,8481	0,4134	0,9904
PIDN ¹ (g kg ⁻¹ PB)	478,17	488,52	491,63	510,20	461,49	486,64	479,35	10,89	0,7334	0,0493 _Q ⁹	0,0684
PIDA ² (g kg ⁻¹ PB)	274,60	300,00	317,16	317,42	278,47	295,88	297,25	10,97	0,3026	0,3680	0,5785
FDN ³ (g kg ⁻¹ MS)	751,45	744,82	735,27	743,52	744,50	743,51	743,84	3,870	0,2261	0,9923	0,1575
FDA ⁴ (g kg ⁻¹ MS)	493,84	478,79	492,19	478,19	490,78	495,85	488,27	5,088	0,3707	0,3030	0,3927
Lignina (g kg ⁻¹ MS)	131,08	126,51	130,28	128,34	131,09	128,44	129,29	2,079	0,6594	0,8427	0,4251
Celulose (g kg ⁻¹ MS)	507,39	466,10	490,80	476,79	481,90	505,59	488,10	31,23	0,6470	0,7867	0,6550
Hemicelulose (g kg ⁻¹ MS)	257,61	266,02	243,08	265,33	253,72	247,66	255,56	5,435	0,2459	0,4236	0,8302

¹Proteína insolúvel em detergente neutro;

²Proteína insolúvel em detergente ácido;

³Fibra em detergente neutro;

⁴Fibra em detergente ácido;

⁵L = Efeito linear e Q = Efeito quadrático;

⁶Y = 270,18 (±7,7948) – 0,1736 (±0,07165) x Densidade (Valor de P da regressão < 0,0195); R² 0,15;

⁷Y = 56,9125 (±3,2456) + 0,09251 (±0,02899) x Densidade (Valor de P da regressão < 0,0037); R² 0,22;

⁸Y = 943,09 (±3,2456) + 0,09251 (±0,02899) x Densidade (Valor de P da regressão < 0,0037); R² 0,22;

⁹Y = 638,43 (±70,72) – 3,6164 (±1,55) x Densidade + 0,01736 (±0,0076) x Densidade² (Valor de P da regressão = 0,0312; Mín. = 104,2 x10³); R² = 0,11.

No presente experimento, os resultados tanto para FDN quanto FDA não diferiram. Porém, apresentam níveis elevados se comparados a outros autores como Capelle et al. (2006), que observaram níveis de FDN e FDA em torno de 499,4 e 240,2 g kg⁻¹ respectivamente, com idade de corte entre 91 e 120 dias. A quantidade de FDN presente na planta é um indicativo da quantidade de fibra do volumoso e está relacionado com o consumo dos animais, já o teor de FDA está relacionado à digestibilidade desse volumoso (ROSA et al., 2004). Os teores elevados podem estar relacionados à interferência do ambiente e/ou clima no crescimento do sorgo, tendo em vista que estresses, tais como altas variações de temperatura - sendo que as máximas foram superiores a 40°C e as inferiores abaixo de 10°C - ataque de pragas nos períodos iniciais e um déficit hídrico no período vegetativo sofrido pelas plantas, podem resultar em um aumento destes teores.

Para EE, os resultados não diferiram para densidade e espaçamento, sendo a média em torno de 17 g kg⁻¹ da MS. O EE é a porção de gordura presente no alimento, podendo tornar-se um fator limitante para o consumo da MS; valores acima de 50 g kg⁻¹ de EE interferem no consumo de alimento por ruminantes (PALMQUIST, 1994). Segundo Mizubuti et al. (2002), os resultados para essa variável estão entre 15,0 a 20,7 g kg⁻¹, portanto, resultados que corroboram com os do presente estudo. Valores de EE elevados interferem na qualidade da silagem produzida, promovendo perdas durante a fermentação, elevada geração de efluentes, resultando em comprometimento do alimento e da produção animal conseqüentemente (SOUZA et al., 2003; AVELINO et al., 2011).

A fração da proteína ligada à fibra em detergente neutro apresentou para a densidade de plantas um efeito quadrático, sendo os melhores teores observados nas densidades de 50 e 150 mil plantas ha⁻¹ indiferentemente dos espaçamentos utilizados, sendo que a média geral foi de 479,35 g kg⁻¹. Para PIDA a média dos valores encontrados foi de 297,25 g kg⁻¹. Van Soest (1994) sugeriu como um nível normal o teor de PIDA aquele que se encontra dentro da variação entre 30 a 150 g kg⁻¹ do nitrogênio total. O PIDA corresponde à fração nitrogenada indigestível, que está ligada diretamente à lignina, taninos e as proteínas danificadas pelo calor, já o PIDN corresponde à fração nitrogenada ligada à parede celular e é considerada potencialmente digestível (SANTOS, 2006).

A degradação da forragem é raramente completa, e diminui com o aumento do teor de lignina, além de também ser influenciada pela espécie e idade da planta, por

isso, menores teores de lignina são desejáveis na forragem (Silva e Queiroz, 2002). Lana (2007) determinou que nas forrageiras a lignina representa de 50 a 100 g kg⁻¹ da MS, e por apresentar função estrutural é normal que ocorra um aumento do seu valor com a idade da planta, sendo sua fração associada à redução da digestibilidade. O espaçamento e a densidade de semeadura não influenciaram os teores de lignina no presente estudo e a média geral foi de 129,29 g kg⁻¹ da MS, resultado que pode estar associado a estresses sofridos devido a fatores climáticos durante o período de experimento. Resultados médios observados no presente estudo são de 488,10 e 255,0 g kg⁻¹ de celulose e hemicelulose, respectivamente. Aguilar (2015), avaliando forragem de sorgo (caule e folha) obteve resultados médios para celulose e hemicelulose com cerca de 300 e 280 g kg⁻¹, respectivamente. A celulose apresentou teores maiores que hemicelulose, o que pode ser considerado um ponto negativo, pois hemicelulose é mais digerível que a celulose e integra a FDN. Portanto, são interessantes maiores teores de hemicelulose e menores de celulose, já que os ruminantes desdobram esses componentes por meio de sua flora bacteriana em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acético, propiônico e butírico, que representam a maior fonte de energia quando a alimentação desses animais é à base de forragem.

3.4 Conclusões

Os diferentes arranjos populacionais avaliados não alteram a produtividade e as características agronômicas e bromatológicas do sorgo forrageiro BRS 658.

O espaçamento entre linhas de 1,0 m e a densidade de semeadura de 50 mil plantas ha⁻¹ resultam em maior produtividade de matéria seca e verde.

O sorgo forrageiro semeado na densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ apresenta menor altura e teor de matéria seca, porém maior diâmetro de colmo e matéria mineral.

3.5 Referências

- AGUILAR, P. B.; PIRES, D. A. A; RODRIGUES, J. A. S. et al. Composição bromatológica das folhas e dos colmos de genótipos de sorgo mutantes BRM e normais. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 29, p.312-320, 2015.
- ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.V.; BORGES, I.D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n. 3, p.402-408, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. v. 2, ed. 15, Washington, 1990.
- AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAUJO, V. L. et al. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, 2011.
- BORSOI, AUGUSTINHO. **Características agrônômicas e tecnológicas do sorgo sacarino em diferentes densidades de plantas e espaçamentos entre linhas**. 2015. 43 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.
- CABRAL FILHO, S.L.S. **Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais em ovinos**. 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- CAPELLE, E. R.; ROCHA JUNIOR, V. R.; MAGALHÃES, K. A. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 1ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006.
- CARNEIRO, J. C.; NOVAES, L. P.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Avaliação agrônômica de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob regime de corte. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: CNMS, Embrapa Milho e Sorgo, 2004. CD-ROOM.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 15/12/2018.
- CHIELLE, Z. G.; TOMAZZI, D. J.; LOSSO, A. C. et al. Ensaio Sul-Rio-Grandense de sorgo para corte ou pastejo 2000/2001, resultados da rede estadual. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 29., 46., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: EMATER/RS, 2001. CD-ROOM.

- CORRÊIA, ARLINDO FABRÍCIO. **Avaliação de genótipos de sorgo sacarino em resposta à aplicação de vinhaça no oeste do Paraná.** 2016. 49 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016.
- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A. et al. Efeito da população de plantas e de espaçamento sobre a Produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.63-77, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5 .ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2018. 590p.
- GONTIJO NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; PEREIRA FILHO, I. A. et al. **Recomendações de densidades de plantio e taxas de semeaduras de culturas anuais e forrageiras em plantio consorciado.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/comunicado/Com_137.pdf>. Acessado em: 10/10/2018.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná.** 2006. Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificação_Climaticas.htm>. Acesso em: 15/12/2018.
- JÚLIO, B. H. M.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBEIRO, P. C. de O. et al. Potencial forrageiro de sorgo silageiro. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq, 12., 2017, Sete Lagoas. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017.
- LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades).** 2ª edição revista. UFV, Viçosa, 2007. 344p.
- MACEDO, C. H. O.; ANDRADE, A. P.; SANTOS, E. M. et al. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.371-382, 2012.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da Produção de sorgo.** 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/ CNPMS, Nov. 2003 2p. (Comunicado Técnico, 87).
- MAY, A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, A. F. et al. Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – **Tecnologia Qualidade Embrapa: Manejo e tratos culturais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 120 p.
- MIZUBUTI, I. Y; RIBEIRO, E. L. de A.; ROCHA, M. A. da. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31 n.1, p.267-272, 2002.

- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C. 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, n.1, p.293-301, 2002.
- PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. **Journal of Nutrition**, 124, supl. 8, p.1377, 1994.
- PEREIRA FILHO, I. A.; PARRELLA, R. A. C.; MOREIRA, J. A. A. et al. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p. 118-127, 2013.
- ROSA, J. R. P.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J. et al. Avaliação do comportamento agrônomo da planta e valor nutritivo da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.302-312, 2004.
- SANTOS, F. A. P.; Metabolismo das proteínas. In: Berchielli, T. T.; Pirez, A. V.; Oliveira, S. G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 93P.
- SAS INSTITUTE. 2015. SAS version 9.4. **SAS Institute Inc.**, Cary, NC.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 178p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235 p.
- SILVA, SANDRO JÚNIOR GUIMARÃES. **Avaliação agrônoma de genótipos de sorgo em diferentes idades de corte**. 2018. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2018.
- SOARES, A.B. **Manejo e utilização de pastagens cultivadas de verão para produção de bovinos de corte**. In: RESTLE, J. Eficiência na produção de bovinos de corte. Santa Maria: UFSM/Departamento de Zootecnia, 2000. Cap. 3, p.74-116
- SOUZA, V. G.; PEREIRA, O. G.; MORAES, S. A. et al. Valor nutritivo de silagens de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.753-759, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. D.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583- 3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.

ZEFERINO, GABRIELA LIONÇO. *Sorghum Cultivars analysis for ethanol extraction and production of silage*. 2015. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Cascavel, 2015.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz". 1991. p.169-217.

4. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO SORGO FORRAGEIRO BRS 658 EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS

Resumo: O espaçamento utilizado e a densidade de plantas, aliados à disponibilidade de nutrientes e aos recursos ambientais, podem influenciar na qualidade nutricional da forragem obtida. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade nutricional da forragem do sorgo forrageiro BRS 658, através da avaliação dos nutrientes digestíveis totais, digestibilidade *in vitro*, carboidratos solúveis, carboidratos totais e seu fracionamento. O delineamento experimental em blocos completos casualizados, em esquema fatorial duplo (3x3) com quatro blocos, nos quais teve-se como fatores os espaçamentos (3) sendo 0,5 m 1,0 m e 1,5 m e as densidade populacionais (3) sendo, 50, 100 e 150 mil plantas ha⁻¹. A análise estatística foi realizada por meio do programa estatístico SAS. As variáveis NDT, digestibilidade *in vitro*, carboidratos solúveis, carboidratos totais e seu fracionamento não apresentaram efeito entre espaçamentos e densidades estudadas. A média geral para nutrientes digestíveis totais foi 567,3 g kg⁻¹ MS, para digestibilidade *in vitro* da matéria seca 425,9 g kg⁻¹ MS, para digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro 551,5 g kg⁻¹ MS, para digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica 570,7 g kg⁻¹ MS, para carboidratos solúveis 78,31 g kg⁻¹ MS e para carboidratos totais foram de 846,7 g kg⁻¹ MS. Para o fracionamento de carboidratos a média observada para fração A + B1 foi de 160,6 g kg⁻¹ CT, para fração B2 foi de 472,9 g kg⁻¹ CT e fração C 366,5 g kg⁻¹ CT. Os diferentes arranjos populacionais avaliados não alteram a digestibilidade dos nutrientes, a concentração de carboidratos e os nutrientes digestíveis totais do sorgo forrageiro BRS 658.

Palavras-chave: carboidratos, digestibilidade dos nutrientes, nutrientes digestíveis.

NUTRITIONAL EVALUATION OF FORAGE SORGHUM BRS 658 IN DIFFERENT POPULATION ARRANGEMENTS

Abstract: Row space and plant density, combined with nutrient availability and environmental resources, may influence the nutritional quality of the forage obtained. The aim of this study was to evaluate the nutritional quality of fodder sorghum forage sorghum BRS 658 by evaluating total digestible nutrients, *in vitro* digestibility, soluble carbohydrates, total carbohydrates and their fractionation. The experimental design in complete randomized blocks, in a double factorial scheme (3x3) with four blocks, in which the spacing (3) was 0.5 m 1.0 m and 1.5 m and the population density (3) being 50, 100 and 150 thousand plants ha⁻¹. Statistical analysis was performed using the SAS statistical program. The variables TDN, *in vitro* digestibility, soluble carbohydrates, total carbohydrates and their fractionation had no effect between spacing and density studied. The overall average for total digestible nutrients was 567.3 g kg⁻¹ MS, for *in vitro* dry matter digestibility 425.9 g kg⁻¹ DM, for *in vitro* neutral detergent fiber digestibility 551.5 g kg⁻¹ DM for *in vitro* digestibility of organic matter 570.7 g kg⁻¹ DM, for soluble carbohydrates 78.31 g kg⁻¹ DM and for total carbohydrates were 846.7 g kg⁻¹ DM. For the carbohydrate fractionation the average observed for fraction A + B1 was 160.6 g kg⁻¹ TC, for fraction B2 was 472.9 g kg⁻¹ TC and fraction C 366.5 g kg⁻¹ TC. The different population arrangements evaluated do not alter the nutrient digestibility, carbohydrate concentration and total digestible nutrients of forage sorghum BRS 658.

Keywords: carbohydrates, nutrient digestibility, digestible nutrients.

4.1 Introdução

A pecuária brasileira é predominantemente baseada em sistemas de produção a pasto, assim, o estudo do potencial das plantas forrageiras é cada vez mais relevante. O sorgo forrageiro aparece com inúmeros progressos no melhoramento genético, sendo que a cultura é de fácil manuseio e de elevada produtividade de biomassa e grãos, sendo também um produto de excelente qualidade nutricional e de baixo custo para a alimentação animal (EMBRAPA, 2016).

Segundo Baumhardt e Howell (2006), o emprego da densidade de semeadura de sorgo sofre variação em função do ciclo da cultivar e de condições climáticas da região. Porém, espaçamentos reduzidos entre linhas podem proporcionar maior eficiência na absorção de água e nutrientes pela cultura, em função da competição das plantas nas linhas de plantio (PHOLSEN e SUKSRI, 2007). Outra característica importante a ser levada em consideração é a capacidade de competição da variedade, possibilitando altas densidades populacionais aumentando o rendimento por área (ALVAREZ et al., 2006; SILVA et al., 2006).

O espaçamento utilizado e a densidade de plantas, aliados à disponibilidade de nutrientes e aos recursos ambientais, podem influenciar na qualidade nutricional da forragem obtida, tendo em vista que estresses sofridos pela cultura durante seu desenvolvimento podem acarretar em um maior acúmulo de quesitos antinutricionais, tais como maior presença de fibras não digeríveis ou em uma menor concentração de proteína nesta forragem.

Os mecanismos de digestão e o consumo voluntário do animal estão diretamente ligados às características químicas e físicas do alimento fornecido, sendo que o desempenho do animal depende da energia oriunda da digestibilidade do alimento que é consumido (REIS et al., 2012).

No âmbito nutricional de ruminantes é de suma importância possuir informações sobre a digestão ruminal das forragens, visto que é o local responsável pela digestão da parte fibrosa para fornecimento de nutrientes, para que haja resposta da flora microbiana e do animal (DETMANN et al., 2005).

Para se definir o valor nutritivo de um alimento, não podemos levar em consideração apenas sua composição química, mas também, considerar o aproveitamento dos nutrientes pelos animais. A associação dos microrganismos ruminais com os nutrientes da dieta resulta nos produtos necessários para atender à

exigência nutricional dos ruminantes. Assim, pela ação de microrganismos e de enzimas, os ruminantes têm a capacidade de utilizar indiretamente os nutrientes presentes na dieta (MAGALHÃES et al., 2006), ficando a resposta do animal condicionada ao tipo de fermentação e concentração de nutrientes do alimento consumido (JOBIM et al., 2007).

Deste modo, surge a hipótese de que a utilização de diferentes arranjos populacionais na cultura do sorgo forrageiro não influenciará nos valores de nutrientes digestíveis totais, na digestibilidade dos nutrientes, na concentração de carboidratos solúveis e no seu fracionamento. À vista disso, objetivou-se avaliar a qualidade nutricional do sorgo forrageiro BRS 658, através da avaliação dos nutrientes digestíveis totais, digestibilidade *in vitro*, carboidratos solúveis, carboidratos totais e seu fracionamento.

4.2 Material e Métodos

Este estudo foi conduzido de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e a canulação dos animais foi realizada de acordo com o protocolo n° 06411 (CEUA/UNIOESTE).

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR, localizada sob as coordenadas geográficas: 24°31'55" S, 54°01'05" W e altitude de 396 m. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, o clima é Cfa - clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000). Os totais anuais médios de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais que variam entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2006). Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos na Estação Meteorológica Automática localizada na fazenda experimental da UNIOESTE (Figura 1).

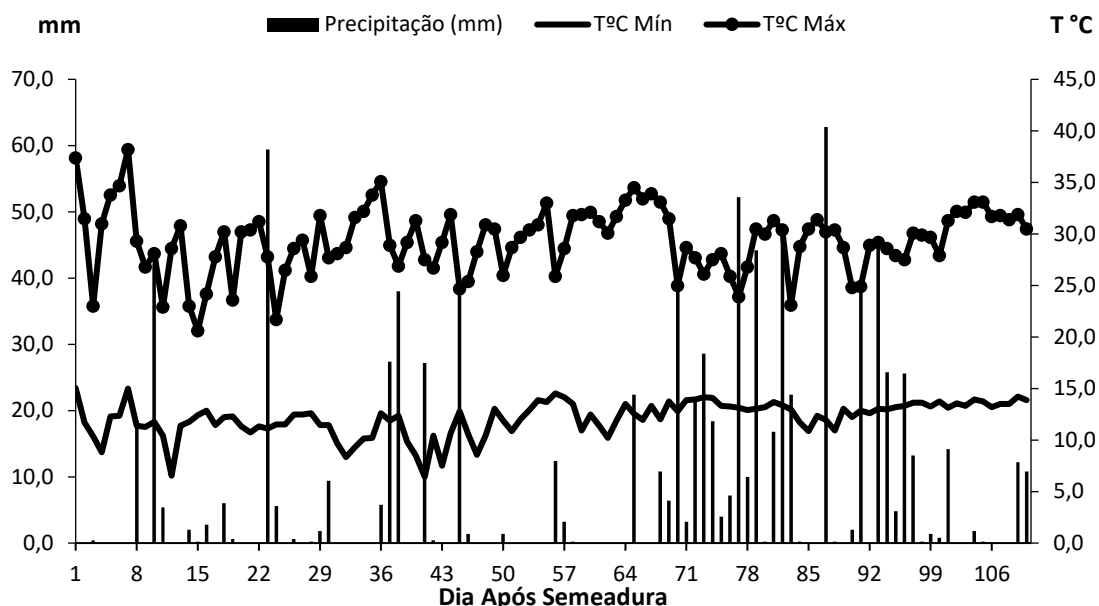


Figura 1. Médias diárias de temperatura máxima (T°C MÁX) e mínima (T°C MÍN) e precipitação pluviométrica para a região durante o período experimental.

Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Experimental da UNIOESTE, Marechal C. Rondon – PR, outubro/2017 a janeiro/2018.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico (EMBRAPA, 2018) de textura argilosa apresenta as seguintes características químicas: pH (CaCl₂) 5,87; P (Mehlich) 25,47 mg dm⁻³; K (Mehlich) 0,74 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) 4,37 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) 3,05 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) 0,00 cmol_c dm⁻³; H+Al (pH SMP 7,5) 4,96 cmol_c dm⁻³; SB 8,15 cmol_c dm⁻³; CTC 13,11 cmol_c dm⁻³; V 62,16 %; Matéria orgânica 24,61 g dm⁻³; Cu 6,50 mg dm⁻³; Zn 8,30 mg dm⁻³; Mn 56,00 mg dm⁻³ e Fe 24,50 mg dm⁻³.

O experimento contou com a avaliação de uma cultivar de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) semeado em diferentes espaçamentos e densidades populacionais. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos completos casualizados, em esquema fatorial duplo (3x3) com quatro blocos, nos quais se teve como fatores os espaçamentos (3) sendo 0,5, 1,0 e 1,5 m e as densidades populacionais (3) sendo, 50, 100 e 150 mil plantas ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BRS 658 que foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), lançada em 2015 e atualmente suas sementes são produzidas e comercializadas pela empresa RIBER KWS SEMENTES Ltda., que gentilmente cedeu as sementes para a realização deste experimento.

Cada parcela experimental foi constituída por 6,0 m de comprimento e 5 metros de largura, totalizando 30 metros quadrados para cada parcela, sendo que se considerou área útil da parcela apenas a região central. O croqui experimental contou com 4 blocos

e 9 parcelas por bloco, totalizando 36 parcelas e uma área aproximada de 1080 m², distribuindo-se os tratamentos ao acaso. Para a adubação das parcelas, utilizou-se o recomendado para a cultura, estipulado com base na caracterização do solo como de alta e média fertilidade, sendo: 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 10-15-15 na semeadura e 200 kg ha⁻¹ em cobertura do formulado NPK 10-20-20 aos 35 DAS sendo esta aplicação realizada de forma manual.

A semeadura foi realizada no dia 11/10/17 após o preparo do solo, utilizou-se uma semeadora manual de precisão modelo *Earthway 1001-B* para facilitar a distribuição de aproximadamente 25 sementes por metro linear. Assim, após a germinação, realizou-se o raleio manual das plantas excedentes conforme cada tratamento, onde se preconizou por deixar uma distribuição uniforme de plantas na linha, a fim de não interferir nos tratamentos.

Como tratamento de sementes, foi utilizado o inseticida de contato e ingestão de mistura pronta que contém o inseticida *Fipronil* do grupo pirazol, e os fungicidas *Piraclostrobina* do grupo das estrubirulinas e *Metil-Tiofanato* do grupo dos benzimidazóis na dose de 100 mL kg⁻¹ de sementes. Como controle preventivo ao ataque de insetos por via aérea, especialmente de *Spodoptera frugiperda* e *Diatrea saccharalis*, utilizou-se, aos 21 DAS e aos 40 DAS, inseticida fisiológico sistêmico do grupo químico aciluréia e ingrediente ativo *Lufenuron*, na dose de 150 mL ha⁻¹.

Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se o controle manual (capina), principalmente nos períodos iniciais, para que não houvesse mato competição e desfavorecesse o desenvolvimento inicial da cultura.

Para a realização das análises, foram coletadas aproximadamente 0,3 kg de forragem que foram moídas com o auxílio de uma forrageira tratorizada. Posteriormente, foram acondicionados em saco de papel identificados e submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada de ar, sob temperatura de 55°C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneiras de 1 mm de crivo e submetidas a procedimentos laboratoriais para determinação dos teores de carboidratos solúveis conforme metodologia de Johnson et al. (1966).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo a técnica descrita por Tilley e Terry (1963), adaptada ao rúmen artificial (incubadora *in vitro* TE – 150 Tecnal®), conforme Holden (1999). Para a coleta do líquido ruminal, via cânula ruminal, foram utilizados dois bovinos, machos castrados, submetidos à dieta contendo 50% de volumoso (silagem de milho) e 50% de concentrado (quirera de

milho, farelo de soja e suplemento mineral). As amostras de forragem foram pesadas na quantidade de 0,25 g e acondicionadas em sacos filtrantes (TNT - 100 g cm², cortados e selados no tamanho de 5,0 x 5,0 cm), que foram incubados em jarros contendo líquido ruminal e solução tampão. O material permaneceu incubado por 48 horas com rotação constante e controle de temperatura a 39°C. No término deste período, foi acrescentada ao fermentador artificial uma solução de HCl-Pepsina (1:10.000), permanecendo o material incubado por mais 24 horas. A DIVMS foi calculada pela diferença entre a quantidade incubada e o resíduo após a incubação.

A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada através da queima em mufla do resíduo do material incubado obtido após o término das análises de DIVMS, sendo seu resultado expresso através do cálculo da diferença entre os resíduos de incubação e as cinzas. Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), adotou-se a metodologia descrita por Goering e Van Soest (1975), com incubação das amostras por 48 horas a 39°C, posteriormente submetendo-as à análise de FDN.

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) nas silagens foram estimados segundo a equação: $NDT = MO \{ [26,8 + 0,595 (DIVMO)] / 100 \}$, descrita por Kunkle e Bates (1998), em que MO é a matéria orgânica (%) e DIVMO é a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (%).

Para a realização do fracionamento de carboidratos, foram determinados os teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) segundo a AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e lignina conforme Van Soest et al. (1991). Os carboidratos totais (CT) foram determinados conforme Sniffen et al. (1992), em que $CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. A fração C (carboidratos indigeríveis) foi estimada pela fórmula: $100 * [FDN (\%MS) * 0,01 * Lignina (\%FDN) * 2,4] / CT (\%MS)$ e a fração B2 (carboidratos de degradação lenta) foi obtida pela equação: $100 * [(FDN (\%MS) - PIDN (\%PB) * 0,01 * PB (\%MS)) - (FDN (\%MS) * 0,01 * Lignina (\%FDN) * 2,4)] / CT (\%MS)$. As frações de carboidratos com rápida taxa de degradação ruminal (Fração A + B1) foram determinadas pela diferença entre $100 - (Fração C + B2)$.

Todas as variáveis contínuas foram analisadas pelo método “Restricted maximum likelihood” ANOVA, para um delineamento experimental de blocos casualizados usando o procedimento MIXED do SAS (version 9.4, 2015, SAS Institute) de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + B_l + e_{ijkl}$$

Em que: Y_{ijkl} = representa a observação sobre a parcela k dado o tratamento ij no dentro do bloco l ; μ = média geral; α_i = efeito fixo do i^{th} espaçamento ($i = 1...3$); β_j = efeito fixo da j^{th} densidade ($j = 1...3$); $\alpha\beta_{ij}$ = efeito fixo da interação entre espaçamento e densidade; B_l = efeito aleatório do l^{th} bloco ($l = 1...4$); e_{ijkl} = erro residual aleatório, pressuposto NID ($0; \sigma^2$). Anteriormente à estas análises, foi verificada a normalidade dos resíduos pelo teste Shapiro-Wilk pelo comando PROC UNIVARIATE do SAS e informações com resíduos estudentizados maiores que +3 ou menores que -3 foram considerados “outliers” e excluídos das análises. A homogeneidade das variâncias foi comparada pelo teste de Levene. Os dois fatores incluídos no efeito fixo foram avaliados pelo uso de regressão polinomial, separando-se o efeito linear e desvio da linearidade quando adequado (valor de $P < 0,05$ na análise de variância). Quando efeitos quadráticos foram estatisticamente significantes, o espaçamento e/ou a densidade de plantas no pico de valor desta resposta quadrática foi estimado.

4.3 Resultados e Discussões

O NDT (Nutrientes Digestíveis Totais) é uma maneira utilizada para expressar a energia dos alimentos para os ruminantes. Os teores de NDT não foram influenciados pelos espaçamentos e densidades populacionais testadas (Tabela 1) com média geral de 567,3 g kg⁻¹ MS. Conforme Faria Júnior et al. (2009) a principal diferença em relação às características de digestibilidade de forrageiras de sorgo é a variabilidade genética entre os materiais utilizados. Orrico Junior et al. (2015), verificaram diferenças para o NDT entre 570,2 e 613,5 g kg⁻¹ MS em 4 cultivares da linha BRS (Embrapa). Porfirio (2016) ao ensilar a forragem do material BRS-511, observou em média de 602,1 g kg⁻¹ MS de NDT, valores estes que condizem com os resultados obtidos neste estudo. Valores de NDT acima de 550 g kg⁻¹ MS são considerados ideais em forrageiras tropicais (VAN SOEST, 1994).

Para DIVMS, DIVFDN e DIVMO, não houve variação e nem interação entre os mesmos, a média geral observada para a DIVMS neste estudo foi de 425,9 kg⁻¹ MS, valor abaixo dos observados por Orrico Junior et al. (2015) e Machado et al. (2012) que observaram DIVMS de 573,0 e 545,0 g kg⁻¹ MS para o sorgo sacarino BRS 506. Araújo (2002), observou 522,6 e 543,2 g kg⁻¹ MS para os híbridos BR 700 e BR 701.

Com os resultados observados neste estudo, podemos considerar a forragem do híbrido estudado como de qualidade satisfatória, pois conforme Paiva (1976), forragens com DIVMS entre 400 e 550 g kg⁻¹ MS podem ser classificadas como sendo de qualidade satisfatória. Esses teores de DIVMS, podem ser justificados principalmente por fatores ambientais, dentre eles a alta temperatura com registro em dias consecutivos de temperaturas variando dos 35 a 42°C. Conforme Buxton e Fales (1994), dentre os fatores que podem influenciar a qualidade da forragem, nenhum fator isolado influencia tanto a qualidade quanto o estágio de desenvolvimento da planta, entretanto, o fator ambiente em que a planta se desenvolve modifica o impacto da idade. Entre os fatores climáticos, a temperatura tem papel essencial sobre a qualidade da forragem, pois temperaturas elevadas comprometem a digestibilidade da matéria seca da forragem (WILSON, 1982; WILSON et al., 1991).

Tabela 1. Composição nutricional do sorgo forrageiro BRS 658 em diferentes arranjos populacionais.

Item	Espaçamento (m)			Densidade (x10 ³ plantas.ha ⁻¹)					Valor de P		
	0,5	1,0	1,5	50	100	150	Média	EPM	Espaçamento	Densidade	Espaçamento x Densidade
Nutrientes Digestíveis Totais (g kg ⁻¹ MS)	575,8	570,0	556,2	580,2	558,8	562,9	567,3	7,735	0,1826	0,1194	0,0854
DIVMS ¹ (g kg ⁻¹ MS)	412,9	423,5	441,4	408,1	440,7	428,9	425,9	14,60	0,2966	0,2073	0,0856
DIVFDN ² (g kg ⁻¹ MS)	541,3	584,0	529,4	533,2	549,0	572,4	551,5	10,11	0,0671	0,2614	0,5329
DIVMO ³ (g kg ⁻¹ MS)	585,6	574,1	552,3	588,3	556,2	567,5	570,7	8,824	0,2564	0,2803	0,1627
Carboidratos Solúveis (g kg ⁻¹ MS)	77,39	81,08	76,46	79,13	76,14	79,65	78,31	7,119	0,8892	0,9318	0,9353
Carboidratos Totais (g kg ⁻¹ MS)	846,0	848,6	845,5	851,4	844,3	844,5	846,7	3,581	0,8066	0,2975	0,8113
Carboidratos Não Fibrosos “A+B1” (g kg ⁻¹ CT)	149,7	162,0	170,1	166,5	156,5	158,8	160,6	9,005	0,2911	0,7154	0,4130
CPD ⁴ “B2” (g kg ⁻¹ CT)	478,5	480,2	460,1	471,8	470,8	476,1	472,9	11,49	0,4032	0,9417	0,2302
Carboidratos Não Digestível “C” (g kg ⁻¹ CT)	371,8	357,8	369,8	361,7	372,7	365,1	366,5	10,66	0,6096	0,7586	0,5220

¹Digestibilidade *in vitro* da matéria seca;

²Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro;

³Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica;

⁴Carboidratos potencialmente digestíveis;

A baixa digestibilidade observada em plantas que se desenvolvem sob condições de elevadas temperaturas pode ser atribuída a dois fatores principais. O primeiro, as atividades metabólicas da planta são aceleradas sob altas temperaturas de crescimento, o que causa uma diminuição no conjunto de metabólitos do conteúdo celular. Os produtos fotossintéticos são, dessa forma, rapidamente convertidos em componentes estruturais. E por segundo, altas temperaturas ambientais resultam em aumento na lignificação da parede celular (VAN SOEST, 1994). Sob condições de campo, os fatores climáticos interagem entre si determinando alterações na qualidade das forrageiras. De modo geral, as digestibilidades com valores mais elevados são observadas durante as estações frias (outono/inverno) se comparadas com as estações quentes (primavera/verão), sendo que a taxa de declínio na digestibilidade com o avanço no desenvolvimento é mais alta na estação quente (JONHSON et al., 1973; MAcADAM et al., 1996).

Para DIVFDN, observou-se neste estudo uma média de 551,5 g kg⁻¹ MS, resultado este próximo ao encontrado por Neto et al. (2016) que ao avaliarem o sorgo BRS Ponta Negra, em um espaçamento de 0,7 m e uma densidade populacional de 140 mil plantas ha⁻¹, obtiveram valores variáveis de 435,4 a 574,4 g kg⁻¹ MS de DIVFDN, por outro lado Fischer et al. (2019), ao avaliar a silagem de sorgo AGRI 002E observou um valor de 676,4 g kg⁻¹ MS de DIVFDN.

Conforme Oba e Allen (1999), a digestibilidade da FDN é um parâmetro muito importante na avaliação da qualidade da forragem, pois a fração fibrosa dos alimentos é fermentada lentamente e por esse motivo é retida no rúmen por mais tempo que as frações não fibrosas, causando o efeito de enchimento ruminal. Como esse efeito limita-se o consumo de MS, uma degradação mais rápida da FDN, em relação à uma maior taxa de degradação ou de passagem dessa fração, reduziria o efeito de enchimento ruminal e possibilitaria um maior consumo voluntário.

A média para a DIVMO deste estudo foi de 570,7 g kg⁻¹ MS, valor esse semelhante ao encontrado por Neumann et al. (2004), que ao estudarem híbridos forrageiros e de duplo propósito observaram médias de 540,2 e 597,6 g kg⁻¹ MS respectivamente, valores semelhantes também foram observados por Pesce et al. (2000), que estudou 20 genótipos de sorgo, observou coeficientes de DIVMO semelhantes aos resultados do presente trabalho. Por outro lado, Pereira et al. (1993), avaliando híbridos de sorgo de porte alto (AG-2002), médio (AG-2004) e baixo (AG-2005E) observaram menores valores de DIVMO comparados aos valores observados no presente trabalho de pesquisa.

Conforme esses autores, a forma mais correta para prever a DIVMO da forragem baseia-se na estrutura percentual física da planta, em que a maior presença de panícula e folhas e a menor de colmo são desejadas para a obtenção de maiores valores de digestibilidade. No entanto, ressalva-se que as proporções das diversas partes da planta não são os únicos fatores que determinam a digestibilidade.

Os carboidratos solúveis (glicose, frutose, sacarose e frutanas) são o principal substrato para que ocorra a fermentação no silo (HENDERSON, 1993), seus teores determinam os parâmetros de qualidade das forragens que podem ser ensiladas posteriormente (PETTERSON e LINDEREN, 1989). No processo fermentativo normal, estes carboidratos serão convertidos em ácidos orgânicos, principalmente ácido lático, provocando a queda do pH, que inibe a ação de outros microorganismos, sobretudo o *Clostridium*, e a proteólise pelas enzimas das plantas (McDONALD et al., 1991).

A concentração de açúcares das forragens é importante não só para sua adequação à ensilagem, mas também para a sua palatabilidade, sendo que essa concentração de açúcares é afetada notoriamente pelas condições ambientais (HAIG, 1990; VAN SOEST, 1994), pelos cultivares utilizados, pelo estágio de crescimento, pelo espaçamento de plantio (MCBEE e MILLER, 1982) e pelos níveis de fertilização adotados (McDONALD et al., 1991).

Neste estudo, os carboidratos solúveis não apresentaram efeito significativo e nem interação entre os espaçamentos e densidades estudadas. A média observada foi de 78,31 g kg⁻¹ MS de carboidratos solúveis, Pesce et al. (2000) encontraram valores de carboidratos solúveis variando de 37,0 a 120,0 g kg⁻¹ MS em híbridos de sorgo. Fernandes et al. (2009), estudando o híbrido BRS 601, observou 32,0 g kg⁻¹ MS de carboidratos solúveis antes da ensilagem do material. Já Ribeiro et al. (2007), avaliando 5 híbridos, encontrou uma variação de 15,1 a 83,2 g kg⁻¹ MS de carboidratos solúveis, demonstrando que há uma grande variação entre os diferentes híbridos utilizados.

Johnson et al. (1973b), trabalhando com sorgo, registraram 150,0 g kg⁻¹ MS como o teor mínimo de carboidratos solúveis necessário para formação adequada de ácido lático. Obeid et al. (1992), por sua vez, detectaram 138,0 g kg⁻¹ MS em plantas de milho. Segundo McCullough (1973), citado por Gourley e Lusk (1977), são necessários, para boa fermentação, 60,0 a 80,0 g kg⁻¹ MS de carboidratos solúveis. Outros pesquisadores, ao trabalharem com teores de carboidratos solúveis com base no material original, recomendam valores mínimos de 25,0 a 30,0 g kg⁻¹ da matéria verde de carboidratos solúveis (WILKINSON, 1983; PETTERSON e LINDGREN, 1989), os

resultados de carboidratos solúveis descritos na literatura demonstram que nesse quesito, o híbrido estudado tem o potencial para ser ensilado.

Os carboidratos totais não apresentaram efeitos para os espaçamentos e populações testadas ($P > 0,05$). A média observada neste estudo foi de $846,7 \text{ g kg}^{-1}$ MS de carboidratos totais, valor este que corrobora com os obtidos por outros autores, Mello e Nörnberg (2004) avaliando os híbridos Ambar e AG-2005, observaram $871,13$ e $872,63 \text{ g kg}^{-1}$ MS de CT respectivamente, por outro lado Pinedo et al. (2012), estudando o híbrido BRS 306 observou $528,0 \text{ g kg}^{-1}$ MS de CT. Costa (2014), avaliou a qualidade das silagens do sorgo Volumax observou valores de CT entre $827,0$ a $871,0 \text{ g kg}^{-1}$ MS.

Os valores de carboidratos totais obtidos neste estudo estão dentro dos parâmetros relatados por Van Soest (1994), constituindo 500 a 800 g kg^{-1} da matéria seca das plantas forrageiras.

Os carboidratos totais podem ser fracionados e classificados, como fração (A) açúcares solúveis com rápida degradação ruminal, (B1) amido e pectina, sendo que o conjunto das frações A+B1 corresponde aos carboidratos não fibrosos (CNF), (B2) correspondente à fibra potencialmente degradável (CPD) com taxa de degradação mais lenta e (C) que apresenta característica de indigestibilidade ou carboidratos não digestível (CND) (SNIFFEN et al., 1992).

Em relação ao fracionamento de carboidratos, não houve efeito do espaçamento e das densidades populacionais sobre as frações A+B1, B2 e C.

A fração A+B1 ou carboidratos não fibrosos, são de rápida degradação ruminal e tem maior aporte energético para o desenvolvimento dos microrganismos ruminais (ROMÃO et al., 2013). São os principais substratos para fermentação dos microrganismos ruminais (NTAIKOU et al., 2008) e podem influenciar negativamente o ambiente ruminal, podendo levar a um desequilíbrio do pH (ALVES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016).

A média para CNF deste estudo foi de $160,6 \text{ g kg}^{-1}$ CT, valor este abaixo do relatado por Mello e Nörnberg (2004), que observaram concentrações de $262,42 \text{ g kg}^{-1}$ CT. Viana et al. (2012), trabalhando com silagens de milho, sorgo e girassol, observaram concentrações variando de $199,0$ a $378,0 \text{ g kg}^{-1}$ CT. Por outro lado Venturini (2019), avaliando o híbrido AGRI 002E, observou um valor de $144,48 \text{ g kg}^{-1}$ CT, valor este próximo ao encontrado neste estudo. A variação de resultados entre culturas e híbridos utilizados ressalta a importância do fracionamento de carboidratos para que ocorra o adequado balanceamento da dieta dos animais.

Os alimentos com maior proporção de carboidratos potencialmente digestíveis apresentam lenta taxa de degradação, e podem afetar a eficiência da síntese microbiana e o desempenho animal (PEREIRA et al., 2010), sendo necessário a suplementação da forrageira com nitrogênio não-proteico para o atendimento das exigências de nitrogênio aos microrganismos fermentadores de carboidratos estruturais (RUSSELL et al., 1992; EPIFANIO et al., 2014).

Neste estudo, observou-se uma média de 472,9 g kg⁻¹ CT de CPD. Ao comparar com resultados descritos por outros autores, como Mello e Nörnberg (2004) 488,11 g kg⁻¹ CT, Silva et al. (2019), 407,0 g kg⁻¹ CT, observamos que o presente estudo corrobora com os resultados já descritos na literatura, por outro lado Venturini (2019) relatou 675,27 g kg⁻¹ CT, valor este que o mesmo justifica pelo fato de que o híbrido AGRI 002E possui maior quantidade de colmo em relação às folhas e ausência de panícula, propiciando maior proporção da fração B2.

A fração C ou carboidratos não digestível (CND), constitui-se de proteína associada com lignina e complexos tanino-proteína, estes geralmente não são degradados no rúmen (KRISHNAMOORTHY et al., 1982). Nesse estudo, observou-se uma média de 366,5 g kg⁻¹ CT de CND, valor este próximo ao encontrado por Silva et al. (2019) 393,0 g kg⁻¹ CT. Viana et al. (2012) estudando silagem do sorgo-sudão e o híbrido de sorgo BR 601, obteve 393 e 298 g kg⁻¹ CT de CND, respectivamente. Por outro lado, Mello e Nörnberg (2004) e Venturini (2019) observaram, 121,35 e 180,25 g kg⁻¹ de CT respectivamente, valores abaixo do encontrado no presente estudo.

Considerando-se que os carboidratos representam a principal fonte de energia para a fermentação microbiana, convertendo-os em ácidos graxos voláteis (AGV), a forragem de sorgo no presente experimento se mostra como uma excelente fonte de energia para os microrganismos presentes no rúmen.

4.4 Conclusões

Os diferentes arranjos populacionais avaliados não alteram a digestibilidade dos nutrientes, a concentração de carboidratos e os nutrientes digestíveis totais do sorgo forrageiro BRS 658.

4.5 Referências

- ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.V.; BORGES, I.D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n. 3, p.402-408, 2006.
- ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B. et al. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.10, n.7, p.568–579, 2016.
- ARAUJO, V. L. Momento de colheita de três híbridos de sorgo para produção de silagem. **Dissertação**. Escola de Veterinária da UFMG, 47p. 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. v. 2, ed. 15, Washington, 1990.
- BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, v.98, n.3, p.462-470, 2006.
- BUXTON, D. R., FALES, S. L. Plant environment and quality. In: FAHEY, G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America. p.155-99, 1994.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 15/12/2018.
- COSTA, NÍDIA RAQUEL. **Desempenho técnico e econômico da produção de milho e sorgo para silagem e soja em sucessão em sistema irrigado de integração lavoura-pecuária no cerrado**. 2014. 226 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014.
- DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005
- EMBRAPA Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/maio/2a-semana/sorgo-sacarinodesponta-como-alternativa-promissora-na-producao-de-etanol/>. Acesso em: 14/07/2019.

- EMBRAPA Milho e Sorgo. **Síntese e Melhoramento de Populações de Intercruzamento para aumentar Recombinação Genética e Facilitar Seleção Recorrente em Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161252/1/circ-227.pdf>. Acesso em: 14/07/2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 .ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2018. 590p.
- EPIFANIO, P.S.; COSTA, K.A.P.; TEIXEIRA, D.A.A. et al. Protein and carbohydrate fractionation of Piata palisadegrass silage of brans from biodiesel industry. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.3, p.271-278, 2014.
- FARIA JÚNIOR, W. G.; GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A. et al. Silagem de sorgo para gado de leite. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. (Orgs.); **Alimentos para gado de leite**. 1º ed, p. 43–64. Belo Horizonte, MG: FEPMVZ. 2009.
- FERNANDES, F. E. P.; Garcia, R.; Pires, A. J. V. 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.
- FISCHER, M. L.; ZAMBOM, M. A.; VENTURINI, T. et al. digestibilidade *in vitro* da matéria seca e dos nutrientes da silagem de sorgo AGRI 002E com aditivos químicos e biológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 28, 2019, Goiânia. 55ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia: **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2019.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Agriculture Handbook Washington: United States Department of Agriculture. n.379, 20p, 1975.
- GOURLEY, L. M.; LUSK, F. W. Sorghum silage quality as affected by soluble carbohydrate, tannins and other factors. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESERCH CONFERENCE, 32., 1977, Mississipi. **Proceedings...**Mississipi: Mississipi State University, p.157-170, 1977.
- HAIGH, P. M. Effect of herbage wather-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass Forage Science**, v.45, n.3, p.263-271, 1990.
- HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, n.1, p.35-56, 1993.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p. 1791-1794, 1999.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2006. Disponível em:

<http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificação_Climaticas.htm>. Acesso em: 15/12/2018.

- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.1, p.101-119, 2007.
- JOHNSON, W. L., GUERRERO, J., PEZO, D. Cell wall constituents and in vitro digestibility of napier grass (*Pennisetum purpureum*). **Journal of Animal Science**, v.37, n.5, p.1255-1261, 1973a.
- JOHNSON, R. R.; FARIA, V. P.; McCLURE, K. E. Effects of maturity on chemical composition and digestibility of bird resistant sorghum plants when fed to sheep as silages. **Journal of Animal Science**, v.33, n.5, p.1102-1109, 1973b.
- KUNKLE, W.E.; BATES, D.B. Evaluating feed purchasing options: energy, protein, and mineral supplements. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1998, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1998. p.59-70.
- KRISHNAMOORTHY, U. C.; MUSCATO, T. V.; SNIFFEN, C. J. et al. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, v.65, n.2, p.217-225, 1982.
- MACADAM, J. W., KERLEY, M. S., PIWONKA, E. J. Tiller development influences seasonal change in cell wall digestibility of big bluestem (*Andropogon gerardii*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.70, p.79-88, 1996.
- McBEE, G. G.; MILLER, F. R. Carbohydrates in sorghum culms as influenced by cultivars, spacing, maturity over a diurnal period. **Crop Science**, v.22, n.1-2, p.381-385, 1982.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 340p.
- MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S; CABRAL, L. S. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.1, p.591-599, 2006.
- MELLO, R.; NORNBORG, J. L. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagem de milho, sorgo e girassol. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1537-1542, 2004.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J. L. 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.1, p.120-133, 2004.
- NETO, O. A.; CALIXTO, A. M.; CHAVES, F. F. et al. Produção de silagem de sorgo BRS Ponta Negra em pequenas propriedades no Norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.

- NTAIKOU, I.; GAVALA, H. N.; KORNAROS, M. et al. Hydrogen production from sugars and sweet Sorghum biomass using *Ruminococcus albus*. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.33, n.4, p.1153–1163, 2008.
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.1, p.135-142, 1999.
- OBEID, A. J.; GOMIDE, J. A.; CRUZ, M. E. et al. Silagens consorciadas de milho (*Zea mays* L.) com leguminosas: produção e composição bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.1, p.33-38, 1992.
- OLIVEIRA, V. S.; SANTANA NETO, J. A.; VALENÇA, R. de L. et al. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**, v. 22, n.2, p.1–18, 2016.
- ORRICO JUNIOR, M. A. P.; RETORE, M.; MANARELLI, D. M. et al. Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1201–1207, 2015.
- PAIVA, J. A. Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. **Dissertação** Escola de Veterinária da UFMG, 1976, 85p. 1976.
- PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; et al. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n.1, p.31-38, 1993.
- PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Porcentagem, perda e digestibilidade in vitro da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.52, n.3, p.250-255, 2000.
- PETTERSON, K. L.; LINDGREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. **Grass Forage Science**, v.45, n.2, p.223-233, 1989.
- PHOLSEN, S.; SUKSRI, A. Effects of phosphorus and potassium on growth, yield and fodder quality of IS 23585 forage sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.10, n.10, p.1604 -1610, 2007.
- PINEDO, L.A. et al. Avaliação das silagens de sorgo com níveis crescentes de gandu pela técnica in vitro semi-automática de produção de gases. **PUBVE**, v.6, n.22, Ed. 209, Art. 1394, 2012.
- PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G.; DUARTE, L. S. et al. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p.1079-1094, 2010.

- PORFIRIO, Magno Daniel. **Avaliação da produtividade e composição bromatológica da silagem de sorgo sacarino com uso de inoculante microbiano e fertirrigado com vinhaça**. 2016. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Toledo, 2016
- REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; OLIVEIRA, A. A. et al. Suplementação como Estratégia de Produção de Carne de Qualidade em Pastagens Tropicais. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.13, n.3, p.642-655, 2012.
- RIBEIRO, C. G. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.6, p.1531-1537, 2007.
- ROMÃO, C. O.; CARVALHO, G. G. P.; LEITE, V. M. et al. Fracionamento de carboidratos e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.2, p.537-546, 2013.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- SAS INSTITUTE. 2015. SAS version 9.4. **SAS Institute Inc.**, Cary, NC.
- SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G. et al. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63p
- SILVA, A. L. da; SOUSA, D. B. de; AMORIM, D. S. et al. Carboidratos de Plantas Forrageiras Para Ruminantes: Uma Revisão. **Nucleus Animalium**. V.11. n.1, p.1-12, 2019.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. D.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Chanpaign, v. 74, p. 3583- 3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VENTURINI, TIAGO. **Caracterização da Silagem do Sorgo Forrageiro Agri 002E e Utilização na Alimentação de Bovinos**. 2019. 148 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.

VIANA, P. T.; PIRES, A. J. V.; OLIVEIRA, L. B. et al. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, n.2, p.292-297, 2012.

WILSON, J. R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Sta. Lucia: **Commonwealth Agricultural Bureaux**. p.111-131, 1982.

WILSON, J.R., DEINUM, B., ENGELS, F. M. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.39, n.1, p31-48, 1991.

WILKINSON, J. M. Silages made from tropical and temperate crops. 1. The ensiling process and its influence on the feed value. **World Animal Review**, v.45, n.46, p.36-42, 1983.