



Estabelecimento da Melhor Época de Colheita Mecânica e Processamento do Sorgo Biomassa para maior Eficiência Energética



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
248**

**Estabelecimento da Melhor Época de Colheita
Mecânica e Processamento do Sorgo
Biomassa para maior Eficiência Energética**

*Evandro Chartuni Mantovani
Maria Lúcia Ferreira Simeone
Antônio Carlos de Oliveira
Marco Aurélio Guerra Pimentel
Rafael Augusto da Costa Parrella*

**Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2023**

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424, Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade,
Maria Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

Tratamento das ilustrações
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa
Evandro Chartuni Mantovani

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Estabelecimento da melhor época de colheita mecânica e processamento do sorgo
biomassa para maior eficiência energética / Evandro Chartuni Mantovani ...
[et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2023.

PDF (19 p.) : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa
Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 248).

1. *Sorghum bicolor*. 2. Colheita. 3. Mecanização. 4. Forragem. I. Mantovani,
Evandro Chartuni. II. Simeone, Maria Lúcia Ferreira. III. Pimentel, Marco Aurélio
Guerra. IV. Parrella, Rafael Augusto da Costa. V. Série.

CDD (21.ed.) 631.3

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão	14
Conclusões.....	17
Agradecimentos.....	18
Referências.....	18
Literatura Recomendada.....	19

Estabelecimento da Melhor Época de Colheita Mecânica e Processamento do Sorgo Biomassa para maior Eficiência Energética

Evandro Chartuni Mantovani¹

Maria Lúcia Ferreira Simeone²

Antônio Carlos de Oliveira³

Marco Aurélio Guerra Pimentel⁴

Rafael Augusto da Costa Parrella⁵

Resumo - A colheita mecânica do sorgo biomassa, associada ao tamanho de partícula, e o armazenamento ao ar livre podem contribuir para redução o teor de umidade do colmo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a colheita mecânica do sorgo biomassa BRS 716, na maturação fisiológica, para a redução do teor de umidade para a queima direta em caldeiras de biomassa. O sorgo biomassa foi colhido na maturação fisiológica, sendo avaliados o teor de umidade e o tempo necessário para a obtenção de matéria seca com 50% de umidade. A forragem foi depositada no pátio, ao ar livre, com valores de matéria seca de 80% e poder calorífico de até 16,59 MJ kg⁻¹, com amostras coletadas na primeira semana e a cada sete dias, até completar um mês para análise do teor de matéria seca a 65 °C. A matéria seca foi submetida à análise de variância, em blocos casualizados, com parcelas subdivididas, e análise de regressão, considerando percentual de matéria seca e tempo de armazenamento, em dias. O resultado mostrou efeito linear crescente sobre o teor de matéria seca do sorgo biomassa, permitindo a queima aos

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agricultura de Precisão, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

² Química, doutora em Química, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

⁵ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

14 dias, após a colheita, atingindo 50% de umidade independentemente do espaçamento de plantio.

Termos para indexação: sorgo biomassa, colheita mecânica de forragem, energia térmica, armazenamento do colmo, teor de massa seca do colmo, poder calorífico.

Establishment of the Best Time for Mechanical Harvesting and Processing Biomass Sorghum, Aiming at Greater Energy Efficiency

Abstract - Mechanical harvesting of biomass sorghum, associated with particle size, and outdoor storage can contribute to reducing the moisture content of the culm. The objective of this work was to evaluate the mechanical harvesting of BRS 716 biomass sorghum, at physiological maturity, with a forage machine, aiming at reducing the moisture content for direct burning in biomass boilers. Biomass sorghum was harvested at physiological maturity, and the moisture content and time required to obtain dry matter with 50% moisture were evaluated. The forage was deposited in the patio, with dry matter values of 80% and calorific value of up to 16.59 MJ kg⁻¹, with samples collected in the first week and every seven days, until completing one month to analysis of dry matter content at 65 °C. Dry matter was submitted to analysis of variance, in randomized blocks, with subdivided plots, and regression analysis, considering percentage of dry matter and storage time, in days. The result showed an increasing linear effect on the dry matter content of biomass sorghum, allowing burning at 14 days after harvest, reaching 50% moisture regardless of planting spacing.

Index terms: biomass sorghum, forage mechanical harvest, thermal energy, stem storage, stem dry mass content, high calorific power.

Introdução

A demanda por biomassa para a queima direta em caldeiras tem sido crescente e com isso cresce também o interesse por biomassa, de resíduos de origem vegetal, a qual é perfeitamente viável para o atendimento das demandas específicas de fonte de energia alternativa (Samson et al., 2005).

Atualmente, uma das alternativas mais promissoras para o fornecimento de matéria-prima para queima direta é o sorgo biomassa, com um ciclo curto entre 150 dias e 180 dias, com a vantagem de ser propagado por sementes e permitir total mecanização de seus processos de produção.

Para tanto, é necessário gerar informações para as demandas da cadeia energética, através do sistema de produção de sorgo biomassa, capaz de determinar o manejo mais adequado para a colheita mecânica, em diferentes ambientes de cultivo, visando fornecer matéria-prima de alta qualidade para suprir a demanda energética do País.

O teor de umidade é uma das características de maior influência na eficiência de combustão da biomassa nas caldeiras. A presença de água na biomassa representa a redução do poder calorífico líquido em razão da energia necessária para evaporá-la nas fornalhas das caldeiras de biomassa (MS Instrumentos, 2023).

Existe dificuldade para a redução do teor de umidade do colmo de sorgo biomassa usada na queima em caldeiras, para valores abaixo de 50% de umidade. A colheita mecânica das forrageiras pode contribuir para solucionar este problema. De acordo com Mantovani et al. (2019), o período ideal para a colheita do sorgo biomassa deverá ocorrer durante a maturação fisiológica do grão, quando a forragem poderá atingir valores máximos de poder calorífico, na ordem de 17.369 J g^{-1} (equivalente a 4.145 cal g^{-1}).

A ausência de informações sobre colheita mecânica da cultura do sorgo biomassa e produção de matéria-prima de qualidade, para a queima direta em caldeiras de alta pressão, é uma realidade.

O trabalho objetiva avaliar a colheita mecânica do sorgo biomassa BRS 716, na maturação fisiológica, com uma colhedora de forrageira, visando obter o teor de umidade adequado para a queima direta em caldeiras especializadas. Os resultados deste trabalho contribuem para o atendimento

do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável ODS 7 - “Energia limpa e acessível”, visando a utilização de sorgo biomassa para a produção de energia térmica, estando especificamente alinhado com as metas a seguir: 7.2: “Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global”; 7.3: “Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética” e 7.4: “Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, além de promover o investimento em infraestrutura de energias, limpas”.

Material e Métodos

O experimento foi implantado na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, no Município de Sete Lagoas-MG, a 19°27'57”S, 44°14'49”W e a 767 m de altitude. A região apresenta clima tropical chuvoso, do tipo Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, com média anual em torno de 23 °C e média máxima de 28 °C. O período chuvoso vai de outubro a março, com índice pluvial médio anual de 1.403 mm.

Os tratamentos avaliados tinham como objetivo estudar o comportamento do sorgo biomassa, cultivar BRS 716, colhido mecanicamente, em dois espaçamentos, 0,50 m e 0,70 m, entre linhas em uma densidade de sementeira inicial de 110.000 plantas.ha⁻¹, em cinco períodos de armazenamento, com intervalos de 7, 14, 21 e 28 dias após a colheita. A área experimental constou de dois terraços, de 18 m de largura e 220 m de comprimento, em um solo tipo Latossolo vermelho escuro.

Foram utilizados os espaçamentos 0,50 m e 0,70 m entre linhas, nos 3 anos, ou seja em novembro de 2018, 2019 e 2020. A densidade de sementeira foi de sete sementes por metro linear e a adubação de plantio foi de 400 kg do fertilizante NPK 08-28-16 + Boro.

Foram realizadas duas adubações de cobertura, sendo a primeira no estágio de quatro a cinco folhas, utilizando-se o fertilizante NPK 20-00-20, na dosagem de 400 kg, e a segunda no estágio de

desenvolvimento de sete a oito folhas, utilizando-se o sulfato de amônia, na dosagem de 150 kg ha⁻¹, adicionando-se mais 100 kg.ha⁻¹ de ureia, perfazendo um total de N de 250 g ha⁻¹, conforme evidencia a Tabela 1.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação do herbicida atrazina, na dose de 3 L ha⁻¹, nas duas áreas, com duas semanas de intervalo após o primeiro plantio.

Para controle de insetos, foi utilizado o controle biológico, aplicando-se os inimigos naturais *Trichogramma* spp., em torno de 80%, e *Telenomus remus*, em torno de 20%, duas vezes por semana, durante todo o ciclo de crescimento.

Tabela 1. Adubação de cobertura, realizada na área experimental, nas respectivas datas e espaçamentos, com as dosagens. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2021.

Adubação de Cobertura	1ª aplicação	2ª aplicação
Espaçamento 0,70 cm	Dez. 2018/2019 e 2020	Dez. 2018/2019 e 2020
Espaçamento 0,50 cm	Dez. 2018/2019 e 2020	Jan. 2019/2020 e 2021
Dosagem	400 kg ha ⁻¹	250 kg ha ⁻¹
Fertilizante	20-00-20	Sulfato de amônia (150 kg ha ⁻¹) + Ureia (100 kg ha ⁻¹)

Para a colheita mecânica, foi utilizada uma colhedora de forragem, proveniente de uma parceria entre a Embrapa e a Empresa JF, que disponibilizou a colhedora de forragem JF 1600 AT, com as seguintes características: largura de corte de 1,6 m; rotor com 15 facas; braço de acoplamento com articulação total e duas rodas de apoio; sistema de transmissão sem correia; capacidade de 50 t h⁻¹; demanda de trator de potência variando de 80 cv a 140 cv e possibilidade de regulagem do material picado de 2,5 mm a 43 mm .

Foram utilizadas duas áreas experimentais para colheita de forragem, com uma plataforma de 1,60 m de largura de corte. Na primeira, com espaçamento entre linhas de 0,70 m e 178 m de comprimento, foram colhidas duas linhas, e na segunda, três linhas, com espaçamento de 0,50 m e comprimento de 117 m (Figura 1). Após as pesagens das carretas com a forragem colhida, na área 1, com 249 m², obteve-se uma produtividade de 109,7 t ha⁻¹ de matéria verde, e na área 2, com 176 m², obteve-se 149,28 t ha⁻¹.

Fotos: Evandro Chartuni Mantovani



Figura 1. Vista geral da colheita mecânica mostrando o procedimento de encher a carreta com o material colhido.

A colheita mecânica, realizada com a máquina forrageira, foi planejada para ser feita no estágio de maturação fisiológica do sorgo biomassa, visando a avaliação do teor de umidade na colheita e a definição do tempo necessário para a obtenção de matéria seca com teor de umidade ao redor de 50%.

Ao atingir a maturação fisiológica dos grãos, a colheita foi realizada para avaliar o nível de umidade recomendado para queima, como mostram as fotos da Figura 2.

Fotos: Evandro Chartuni Mantovani



Figura 2. Conjunto trator + forrageira (A). Forrageira colhendo sorgo biomassa BRS 716 (B). Material colhido sendo descarregado no pátio (C)

Do material colhido, foram retiradas cinco subamostras, de 1 kg cada, em diferentes locais, para análise do teor de matéria seca a 65 °C em laboratório, em estufa de circulação forçada.

A forragem colhida na carreta foi depositada em um pátio e armazenada ao ar livre, simulando o procedimento das usinas de cana-de-açúcar, para acompanhar a taxa de umidade ao longo do tempo, em uma camada de 0,50 m. (Figura 3).

Foto: Evandro Chartum Mantovani



Figura 3. Forragem de sorgo biomassa BRS 716 depositada no pátio, para acompanhamento da taxa de umidade, ao longo do tempo de 30 dias. .

O procedimento de armazenagem e coleta de dados foi repetido por 3 anos seguidos (2019, 2020 e 2021), visando certificar se esse procedimento poderia ser recomendado para uso em pátios de usinas,

para queima com teor de umidade de 50% e com poder calorífico próximo ao bagaço de cana.

Os dados de percentual de matéria seca foram submetidos à análise de variância, para os 3 anos do experimento, considerando o delineamento experimental de blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições, sendo os espaçamentos alocados nas parcelas e os períodos de armazenamento, nas subparcelas. Após análise de variância foi realizada análise de regressão considerando percentual de matéria seca e tempo de armazenamento, em dias, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2019).

Caracterização físico-química da biomassa

Determinação da matéria seca a 65 °C

As amostras de material vegetal (1 kg) obtidas na colheita mecanizada foram pesadas em balança semianalítica e secas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, até peso constante.

Determinação da composição química da biomassa

A composição química da biomassa (teores de fibra detergente neutro-FDN, fibra detergente ácido-FDA, lignina-LIG, hemicelulose-HEM, celulose-CEL e poder calorífico-PC) foi avaliada em cinco diferentes épocas após a colheita da biomassa, e os componentes foram determinados por modelos de calibração multivariada utilizando dados de espectroscopia no infravermelho próximo (Guimarães et al., 2014).

A avaliação do estande inicial foi realizada no dia, contando-se todas as plantas, em 10 m de comprimento, em cada um dos dois espaçamentos (0,50 m e 0,70 m), com cinco repetições, sendo os dados apresentados a seguir.

A regulação da semeadora durante o semeio foi feita para um planejamento de estande inicial de 110 mil plantas ha⁻¹, em uma área de plantio direto, com pouca palha, sendo que o estande final foi de 96.476 plantas ha⁻¹, na área 1, com espaçamento de 0,70 m, e na área 2, com 92.333 plantas ha⁻¹, no espaçamento de 0,50 m, indicando

um campo de testes adequado para os objetivos do trabalho. Este cuidado para o estabelecimento do estande inicial tem que ser maior ainda, como informam Mantovani e May (2015), para as sementeiras que normalmente ocorrem em áreas de reforma de canaviais, sobre alta densidade de palhada de cana. A sementeira nessas condições demanda uma atenção especial, porque a maioria das sementeiras desenvolvidas para sementeira direta em palhada de soja, trigo ou milho não consegue uma sementeira adequada, com baixa emergência de plantas, principalmente pelo excesso de palha e pela profundidade da semente.

Para a realização dos testes com a colhedora de forragem, a cultura do sorgo biomassa foi acompanhada ao longo do tempo e com os devidos cuidados que demandam, como o controle fitossanitário e água, através de um sistema de irrigação.

Resultados e Discussão

O estande médio final foi de 168.000 plantas.ha⁻¹, com uma produção de matéria verde de 111 t ha⁻¹ e de 24 t ha⁻¹ matéria seca, respectivamente, para o espaçamento de 0,50 m, e de 184.761 plantas.ha⁻¹, com produção de matéria verde de 114 t ha⁻¹ e de 30 t.ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente, para o espaçamento de 0,70 m.

A colheita foi realizada quando os grãos estavam na maturação fisiológica, momento em que foi avaliado o teor de umidade do colmo armazenado, como mostra a Figura 4.

Fotos: Evandro Chartuni Mantovani



Figura 4. Colheita de sorgo biomassa BRS 716, indicando a fase de maturação fisiológica dos grãos. A) Grãos de sorgo maduro. B) Haste madura. C) Colheita.

De acordo com Mantovani et al. (2019), a indicação de colheita mecânica deve ser feita na fase fenológica da maturação fisiológica dos grãos. Além disso, o experimento com camadas de sorgo biomassa, que foram aeradas diariamente, em local coberto, apresentou resultados similares ao armazenamento de camadas ao ar livre. Resumindo, dois anos de experimento com a forragem armazenada em camadas, ao ar livre, indicaram que 14 dias foram suficientes para obtenção de um teor de matéria seca de 50%, e poder calorífico de 10.000 J.g^{-1} , um índice aceitável para queima em caldeira (Mantovani et al., 2019).

A biomassa colhida em 2021 permitiu uma análise mais precisa e consistente, com 3 anos de testes, armazenada em camadas, para os dois espaçamentos de plantio (0,50 m e 0,70 m) e utilizando a mesma metodologia de amostragem, com amostras sendo coletadas semanalmente até completar 30 dias.

Os teores de matéria seca foram submetidos à análise de regressão, e os resultados estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

Observou-se, por meio da análise de regressão, uma correlação linear entre os dias de armazenamento após a colheita e o teor de matéria seca, na qual o aumento dos dias de armazenamento após a colheita do sorgo biomassa no espaçamento 0,50 m proporcionou uma elevação do teor de matéria seca.

Durante os 3 anos de experimento, o valor de R^2 variou de 0,93 a 0,99. Aos 14 dias, após a colheita, o teor de matéria seca atingiu 50%, independentemente do espaçamento (0,50 m ou 0,70 m) nos 3 anos de testes (2019, 2020 e 2021).

A partir dos 14 dias, a forragem atingiu o teor de matéria seca de 50% (Figuras 5 e 6), e poder calorífico de 10.000 J g^{-1} , um índice aceitável para queima em caldeira. Esse resultado está acima da referência do bagaço de cana, o qual apresenta matéria seca de 50% e poder calorífico de 7.162 J g^{-1} (Burin et al., 2015). No caso do bagaço de cana, o poder calorífico é inferior em razão da perda de extrativos durante o processo de prensagem para retirada do caldo.

Além disso, o período ideal para a colheita do sorgo biomassa deverá ocorrer durante a maturação fisiológica do grão, quando a forragem poderá

atingir valores máximo de poder calorífico, 17.369 J g⁻¹ (equivalente a 4.145 cal g⁻¹).

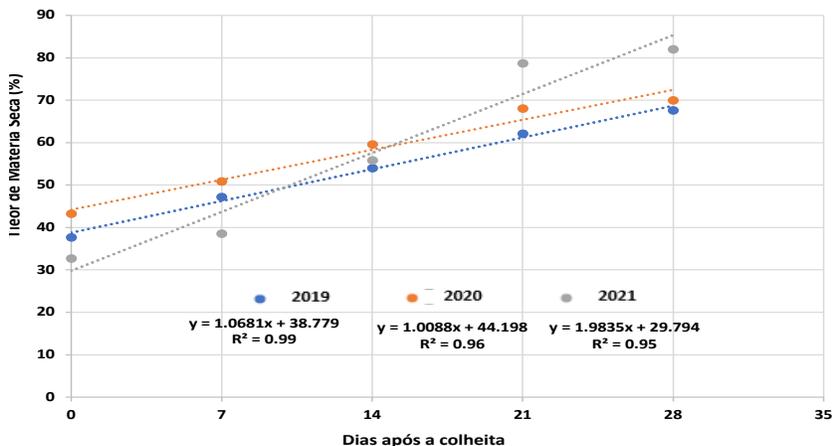


Figura 5. Regressão linear para o aumento do teor de matéria seca em diferentes dias após a colheita (espaçamento de 0,50 m), para o armazenamento da forragem, em camadas, considerando os 3 anos de testes, 2019/2020/2021.

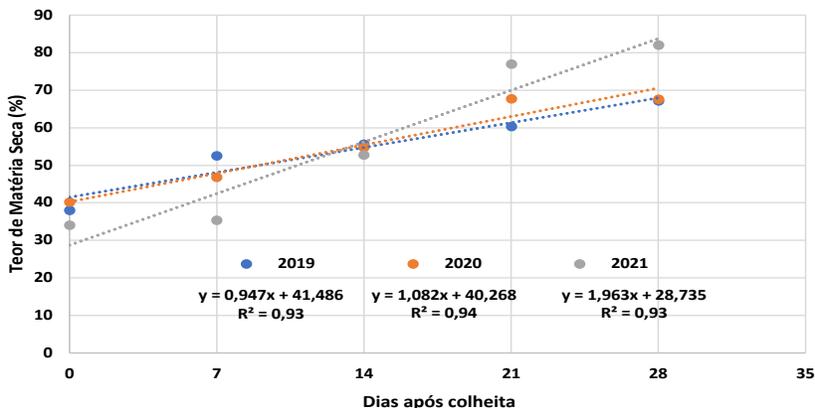


Figura 6. Regressão linear para o aumento do teor de matéria seca em diferentes dias após a colheita (espaçamento de 0,70 m), considerando os 3 anos de testes, 2019/2020/2021.

A composição química da biomassa colhida foi analisada nas cinco diferentes épocas. Os resultados médios das cinco épocas estão apresentados na Figura 7.

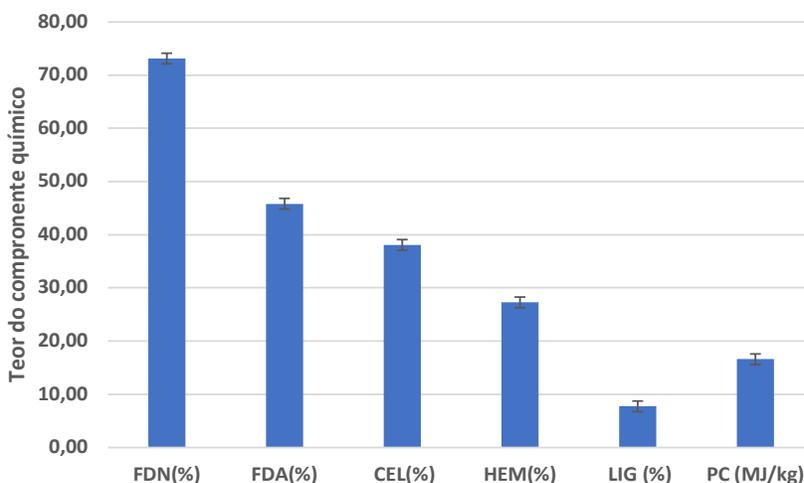


Figura 7. Composição química do sorgo em base seca avaliada após a colheita mecanizada no estágio de maturação fisiológica.

A composição química do sorgo biomassa BRS 716 apresentou teores médios em base seca de FDN (73,13%), FDA (45,84%), CEL (38,09%), HEM (27,29%), LIG (7,75%) e PC (16,59 MJ.kg⁻¹).

Não foram observadas diferenças significativas entre as cinco diferentes épocas avaliadas após a colheita, considerando os componentes FDN, FDA, CEL, HEM, LIG e PC avaliados na biomassa seca, sugerindo que o tempo de armazenamento não altera significativamente a composição química da biomassa.

Conclusões

O sorgo biomassa apresentou produtividade de 24 t ha⁻¹ de matéria seca para o plantio com espaçamento de 0,50 m, e 30 t ha⁻¹ para o espaçamento de plantio de 0,70 m.

A colheita do sorgo biomassa ocorreu na fase fenológica da maturação fisiológica, quando a forragem ficou armazenada por 28 dias, no pátio, com valores de matéria seca de 80% e poder calorífico de até 16,59 MJ kg⁻¹.

O tempo de armazenamento da biomassa no pátio proporcionou efeito linear no aumento do teor de matéria seca do sorgo biomassa.

O teor de matéria seca de 50% de umidade qualifica a biomassa para ser queimada aos 14 dias, após a colheita, independentemente do espaçamento de plantio (0,50 m ou 0,70 m).

Esses resultados contribuem para a qualificação da cultura do sorgo biomassa como uma matéria-prima com potencial agrônômico e energético para a produção de bioenergia.

Agradecimentos

À empresa JF, pela parceria e pelo apoio ao trabalho, com a cessão da forrageira JF 1600 AT; ao Banco Nacional Desenvolvimento (BNDES), pelo apoio financeiro ao projeto, e à Embrapa Milho e Sorgo, pela infraestrutura e pelo pessoal de apoio na condução deste trabalho.

Referências

- BURIN, E. K.; BURANELLO, L.; LO GIUDICE, P.; VOGEL, T.; GÖRNER, K.; BAZZO, E. Boosting power output of a sugarcane bagasse cogeneration plant using parabolic trough collectors in a feedwater heating scheme. **Applied Energy**, v. 154, p. 232-241, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.04.100>
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>
- GUIMARÃES, C. C.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; SENA, M. M. Use of NIRS to predict composition and bioethanol yield from cell wall structural components of sweet sorghum biomass. **Microchemical Journal**, v. 117, p. 194-201, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2014.06.029>

MANTOVANI, E. C.; MAY, A. Mecanização. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MANTOVANI, E. C.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, A. C.; PIMENTEL, M. A. **Alternativas preliminares de processamento do sorgo biomassa, visando a redução do teor de umidade da massa colhida para obtenção da maior eficiência energética**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 30 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 195).

MS INSTRUMENTOS. **Da medição da umidade à garantia do poder calorífico... a biomassa cada vez mais sustentável e futurista**. Disponível em: <https://www.msinstrumentos.com.br/home/index.php/da-medicao-da-umidade-a-garantia-do-poder-calorifico-a-biomassa-cada-vez-mais-sustentavel-e-futurista/>. Acesso em: 16 jan. 2023.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HO LEM, C. The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, n. 5/6, p. 461-495, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680500316508>

Literatura Recomendada

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11956**: coque: determinação do poder calorífico superior: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1990. 6 p.

Embrapa

Milho e Sorgo