



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS *CAMPUS* ARAGUATINS
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

DHYEGO ELTON BARBOSA CHAVES

JULIANO COELHO DE SOUSA

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE SORGO BIOMASSA COM DUPLA APTIDÃO
NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO NORTE DO TOCANTINS EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO**

ARAGUATINS
2024

DHYEGO ELTON BARBOSA CHAVES

JULIANO COELHO DE SOUSA

**DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE SORGO BIOMASSA COM DUPLA APTIDÃO
NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO NORTE DO TOCANTINS EM
FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Agrônômica da Unidade
Araguatins, do Instituto Federal do Tocantins,
como exigência à obtenção do título de Bacharel(a)
em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Me. Márcio Rogério Pereira
Leite

ARAGUATINS
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

C512d Chaves, Dhyego Elton Barbosa
Desempenho de híbridos de Sorgo biomassa com dupla aptidão nas condições edafoclimáticas do norte do Tocantins em função de doses de nitrogênio / Dhyego Elton Barbosa Chaves, Juliano Coelho de Sousa. – ARAGUATINS, TO, 2024.
26 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins, ARAGUATINS, TO, 2024.

Orientador: Me. Márcio Rogério Pereira Leite

1. Sorghum bicolor. 2. AGRI002E. 3. Doses de nitrogênio. I. Sousa, Juliano Coelho de. II. Leite, Márcio Rogério Pereira III. , . IV. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESEMPENHO DE HÍBRIDOS DE SORGO BIOMASSA COM DUPLA APTIDÃO NAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO NORTE DO TOCANTINS EM FUNÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO"

AUTORES: Dhyego Elton Barbosa Chaves e Juliano Coelho de Sousa
ORIENTADOR: Me. Marcio Rogerio Pereira Leite

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 08 de agosto de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Servidora**, em 08/08/2024, às 15:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Decio Dias dos Reis, Servidor**, em 08/08/2024, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Rogerio Pereira Leite, Servidor**, em 14/08/2024, às 09:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ifto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2449673** e o código CRC **8DA10EBF**.

DEDICATÓRIA

As nossas mães e pais, que sempre estiveram conosco em todos os momentos das nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

A Deus que nos deu força, sabedoria e saúde para chegarmos até aqui.

A nossos pais e mães Maria das Graças Cardoso Barbosa Chaves e Juciney Ferreira Chaves; Vanusia Coelho Nascimento e José Miguel Coelho de Sousa que não mediram esforços para nos manter na unidade acadêmica, dando carinho, amor e todo apoio necessário.

A nossos familiares e amigos que estiveram conosco durante toda a caminhada acadêmica.

A todos nossos professores que compartilharam dos seus conhecimentos que tanto contribuíram para tornar os profissionais que hoje somos em especial ao nosso orientador Me. Márcio Rogerio Pereira Leite que se dispôs a dar apoio nessa missão, tirando cada dúvida e nos instruído a fazer o trabalho da melhor forma possível.

EPÍGRAFE

“Existem 6,6 bilhões de pessoas no planeta hoje. Com a agricultura orgânica, poderíamos apenas alimentar quatro bilhões deles. Quais dois bilhões se voluntariam para morrer?”

Norman Borlaug

RESUMO

O sorgo tem ganhado espaço entre os principais monocultivos no Brasil devido seu alto poder produtivo e maior rusticidade a variáveis ambientais, quando comparado a outras gramíneas rotineiras na alimentação animal por meio de forragem. A região Norte do Tocantins tem 2 climas bem definidos, um período de chuva e outro de seca, sendo esta última caracterizada pela falta de alimento nos pastos para a bovinocultura. Entender a fisiologia de plantas que possam produzir mais e com baixo custo é primordial no desenvolvimento da pecuária na região, bem como determinar níveis ótimos de adubos e das condições locais a qual serão inseridas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi testar o desempenho de híbridos de sorgo biomassa AGRI002E com dupla aptidão para diferentes doses de nitrogênio (N) na região do Bico do Papagaio na cidade de Darcinópolis-TO. Os tratamentos foram 8 doses de N (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 kg/ha⁻¹). O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema de parcelas subdividida e três repetições. Cada parcela foi formada, inicialmente, por duas fileiras de cinco metros, espaçadas de 0,70 m totalizando uma área útil de 7,0 m², com 14 sementes por metro. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância individual e, em seguida foi submetida uma análise de regressão. O teste F foi significativo ($P < 0,05$) para a maioria das características, com exceção de tamanho de panícula (TP). O efeito significativo indica que há pelo menos um contraste entre as doses de Nitrogênio sob o desenvolvimento das demais características do híbrido. As variáveis produção de massa verde total (PMVT) e altura de planta (AP) apresentou crescimento linear com coeficiente de determinação de 97,5 e 84% respectivamente. Para a variável florescimento (FLOR), apresentou respostas quadrática, e a variação entre as doses de 80, 100, 120 e 140 kg/ha⁻¹ não foram discrepantes.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. AGRI002E. Doses de nitrogênio. Fotossensível.

ABSTRACT

Sorghum has been gaining ground among the major monocultures in Brazil due to its high productivity and greater resilience to environmental variables when compared to other grasses commonly used as animal feed through forage. The northern region of Tocantins has two well-defined climates: a rainy period and a dry period, the latter characterized by a lack of feed in pastures for cattle raising. Understanding the physiology of plants that can produce more at a lower cost is crucial for the development of livestock farming in the region, as well as determining the optimal levels of fertilizers and local conditions where they will be used. In this context, the goal of this study was to test the performance of AGRI002E biomass sorghum hybrids with dual aptitude for different nitrogen (N) doses in the Bico do Papagaio region. The treatments included eight doses of N (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, and 140 kg/ha⁻¹). The experiment was set up in a randomized block design (RBD) with a split-plot arrangement and three repetitions. Each plot initially consisted of four rows of five meters spaced 0.70 m apart, totaling a usable area of 14.0 m², with 14 seeds per meter. The data obtained were subjected to individual analysis of variance, followed by a regression analysis. The F-test was significant ($P < 0.05$) for most characteristics, except for panicle length (PL). The significant effect indicates that there is at least one contrast between the nitrogen doses with respect to the development of other characteristics in the hybrid. The variables PMVT (fresh shoot weight) and AP (plant height) showed linear growth with determination coefficients of 97.5% and 84%, respectively. For the FLOR (flowering time) variable, it showed a quadratic response, and the variation between the doses of 80, 100, 120, and 140 kg/ha⁻¹ was not very disparate.

Keywords: *Sorghum bicolor*. AGRI002E. Nitrogen doses. Photoperiod-sensitive.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Cultura do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	13
3. METODOLOGIA.....	15
3.1 Caracterização da área experimental.....	15
3.2 Delineamento e condução do experimento	15
3.3 Caracterização fenotípica	15
3.4 Análise e modelo estatístico	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS	24

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 – Resumo da análise de variância, estimativas de média de tratamentos e do coeficiente de variação experimental (CV%) para as quatro características avaliadas no híbrido AGRI002E de sorgo biomassa em Darcinópolis – TO em função das doses de nitrogênio (N). 18

Figura 1 – Gráfico da relação entre a aplicação de doses variadas de nitrogênio (N) e a produção de massa de verde total (PMVT) em Mega Gramas por hectares (Mg/ha). 19

Figura 2 – Gráfico da relação entre a aplicação de doses variadas de nitrogênio (N) e altura de planta (AP) em metros (m). 20

Figura 3 – Gráfico da relação entre a aplicação de doses variadas de nitrogênio (N) e número de dias para o florescimento (FLOR) em dias (dias). 22

1. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma planta de metabolismo C4, pertencente à família *Poaceae* e com altas taxas fotossintéticas (MAGALHÃES et al., 2003), sendo uma importante cultura básica das regiões semiáridas do mundo (BOREGOWDA et al., 2019). Graças ao alto potencial produtivo e capacidade de adaptação a uma gama de ambientes, o sorgo vem ganhando lugar entre as alternativas para alimentação animal em períodos de seca na forma de silagem, grãos e feno. Tudo isso, graças ao seu baixo custo de produção quando comparado ao milho. Para Silva et al. (2024) produtos à base de sorgo são importantes na cadeia de alimentação humana e animal devido ao seu valor nutricional. O sorgo tem um sistema radicular com mais raízes o que culmina em maior tolerância à seca, baixo custo de produção, produtividades altas e boa qualidade da silagem (BRASIL, 2021).

O sorgo tem destaque no setor agropecuário, por ser espécie energética, com alta digestibilidade, adaptabilidade e produtividade, entre suas finalidades, pode ser utilizado para silagem, corte verde, pastejo direto de animais e também para o consumo humano (SILVA et al., 2021). De acordo com Ribas (2003), o sorgo é, entre as espécies alimentares, uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético como em velocidade de maturação. Segundo Guimarães et al. (2023) é uma importante cultura agrícola para o Semiárido brasileiro utilizado para suprir a demanda forrageira dos rebanhos bovinos, caprinos e ovinos como volumoso complementar.

Além de apresentar boas características nutricionais (LIMA et al., 2017; VIEIRA et al., 2004; GONTIJO NETO et al. 2002), no qual juntamente com o milho formam a principal fonte energética dos concentrados, o sorgo tem notória importância na alimentação dos ruminantes. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o Brasil dispõe de um rebanho de ruminantes na ordem de aproximadamente 234,4 milhões de bovinos, no qual a alimentação convencional passa a ser bastante cara. Devido ao teor nutricional, baixo custo de produção, mecanização do plantio a colheita, além do grande potencial produtivo, o sorgo pode ser usado no processo de silagem visando torna-se uma alternativa para a alimentação dos ruminantes (NEUMANN, 2002).

A região do extremo norte do Tocantins tem clima e estações bem definidas, com a presença de uma época chuvosa e outra seca, sendo esta última, caracterizada pela escassez de alimentos para o rebanho devido ao tempo seco e falta de chuva. As culturas do milho e do sorgo forrageiro são rotineiramente utilizadas para produção de silagem e alimentação dos

bovinos no período de estiagem, por ser mais conhecidos e por não precisar de aditivo para estimular a fermentação (PARRELLA et al., 2014). O sorgo é uma planta muito utilizada em silagem, devido à grande produção de forragem e composição química ideal para alimentação animal, resultando em fermentação adequada no silo e silagem de grande valor nutritivo (VON PINHO, 2007).

Alguns produtores locados na região do bico do papagaio já cultivam sorgo para produção de silagem, mas sem conhecimento da finalidade da cultivar plantada. Segundo Parrella et al. (2014), existem no Brasil poucas cultivares de sorgo especializadas e comercializadas para produção de silagem. Por apresentar baixa demanda hídrica e boa eficiência de uso da água quando comparado à outras gramíneas o sorgo pode ser cultivado em áreas com condições edafoclimáticas limitantes a outras culturas (MAGALHÃES et al., 2012). Devido a estes fatores, o sorgo biomassa com dupla aptidão, para geração de energia e produção de forragem, é de extrema relevância para as comunidades do município de Darcinópolis, em decorrência da grande produção de matéria seca mesmo em condições adversas.

A aplicação de nitrogênio na cultura do sorgo biomassa é fundamental para maximizar o crescimento e a produtividade da planta, uma vez que o nitrogênio é um dos principais nutrientes responsáveis pelo desenvolvimento vegetativo. O manejo adequado desse nutriente pode aumentar significativamente o rendimento de massa seca, influenciando diretamente a qualidade do material colhido para fins energéticos ou forrageiros. Estudos recentes indicam que a adubação nitrogenada, quando aplicada nas doses e momentos corretos, otimiza o uso da água e dos demais nutrientes pela planta, resultando em maior eficiência no uso de recursos e maior retorno econômico (SANTOS et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2023).

O uso de cultivares mais adaptados à região contribui para o melhor desempenho das plantas e, a utilização de materiais sensíveis e insensíveis ao fotoperíodo deve ser considerado para a escolha da época de plantio (MAY et al., 2015). É sabido que há demanda de alimentos para o rebanho no período de seca no extremo norte do estado do Tocantins. Neste contexto, objetivo deste trabalho é medir o desempenho de híbridos de sorgo biomassa com dupla aptidão forrageira a diferentes doses de nitrogênio afim de selecionar a melhor dose a ser recomendada para produtividade de sorgo nas condições da região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor*)

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma espécie de origem tropical, de metabolismo C₄, pertencente à família *Poaceae*. Atualmente, são reconhecidas três espécies de sorgo: *Sorghum propinquum* (Kunth) Hitchcock (2n = 20 cromossomos; n = ploidia), *Sorghum halepense* (L.) Pers. (2n = 40 cromossomos; n = ploidia) e *Sorghum bicolor* (L.) Moench (2n = 40 cromossomos), das quais a espécie *S. bicolor* (L.) Moench está subdividida em três subespécies: *bicolor* (sorgo 12 grânifero), *drummondii* (híbridos de sorgos grâniferos com parentesco próximo à espécies silvestres) e *arundinaceum* (progenitores silvestres do sorgo grânifero) (DE WET, 1978).

Não há evidências assertivas a respeito do local exato em que o sorgo se originou, no entanto existem registros que indicam a África Oriental como centro de origem sendo difundido para outros países por meio da migração de nativos africanos. Outros autores afirmam ainda que existem dois centros de origem para sorgo, a África e a Índia (WALL e ROSS, 1975; VON PINHO e VASCONCELOS, 2002; BUSO, 2011). Assim, sorgo tem como ponto de origem o quadrante noroeste da África, a qual dispõe da maior variabilidade genética do mundo de espécies cultivadas e silvestres da cultura. Foi provavelmente domesticada na Etiópia pela seleção de espécies silvestres (*Sorghum arundinaceum* ou *Sorghum vermilliflorum*) há cerca de 7.000 anos atrás (SANTOS et al., 2005) Posteriormente, foi difundido por rotas de comércio em todo o território africano, e mais tarde na Índia por volta de 3.000 anos. Chegou nas Américas através de comerciantes de escravos que vinham do continente africano e foi introduzido nos Estados Unidos em 1857. Em seguida, foi distribuído na Austrália e América Latina (RIBAS, 2003).

Apresentado metabolismo C₄, a planta de sorgo possui resposta fotoperiódica típica de dias curtos e altas taxas fotossintéticas, e apesar de ser nativa dos trópicos, possui boa adaptação em regiões temperadas e tropicais (MAGALHÃES et al., 2000). Despontado no Brasil como alternativa para diversas regiões, por se adaptar a vários ambientes, principalmente onde ocorre deficiência hídrica, temperaturas altas, podendo também ser cultivada em solos ácidos e alcalinos (SANTOS et al., 2005).

O sorgo biomassa apresenta alto potencial produtivo com caules grossos e fibrosos, porte bastante alto, podendo chegar a seis metros de altura. Por se tratar de uma cultura de dupla aptidão, o sorgo biomassa, tem uma variedade de possíveis utilizações, sendo evidenciados o uso na alimentação animal e ser uma promissora fonte de bioenergia. Dentre as vantagens

apresentadas pela cultura, ela é totalmente mecanizável, tolerância ao déficit hídrico e propagação por sementes (PARRELLA et al. 2014). Do ponto de vista forrageiro, por meio da alta capacidade de produção de massa, o sorgo biomassa, também permite ao produtor ter “estoque no campo” como fonte alternativa de forragem e apto a ser utilizado como alimentação volumosa para ruminantes principalmente no período seco do ano e, além disso, permite colher e fazer fardos para uso posterior (LANZA, 2017).

O sorgo biomassa é uma cultura que permite mecanização do plantio à colheita, com capacidade de produzir grande quantidade de biomassa por hectare. O material é mais econômico por fornecer muita massa num curto intervalo de tempo (EMBRAPA, 2014). Chega a produzir 150 toneladas de matéria fresca por hectare. Segundo Lanza (2017) algumas cultivares de sorgo biomassa podem produzir até 2,5 vezes mais massa verde, 3 vezes mais massa seca que o sorgo forrageiro, além de proporcionar cerca de 94% da qualidade forrageira do sorgo forrageiro, que associado à grande produção de matéria fresca, torna-se uma importante cultura no sistema de produção do produtor.

O sorgo biomassa caracteriza-se por produzir massa verde de boa qualidade e quantidade, podendo ser usado na alimentação direta ou armazenado na forma de silagem. Mesmo em condições de estresse hídrico, pode produzir um volume satisfatório de massa verde. Entretanto, quando as condições são favoráveis e a semeadura é feita em período adequado, expressa seu potencial rapidamente, permitindo um segundo corte (EMBRAPA, 2017). O sorgo biomassa constitui uma cultura adequada para o processo de ensilagem para uso na alimentação de bovinos, pois apresenta alto teor nutritivo, facilidade de cultivo, alto rendimento de massa seca por unidade de área e qualidade bromatológica da silagem produzida, além de dispensar o uso de aditivos para melhorar e estimular a fermentação (WALL e ROSS, 1975; CRUZ e PEREIRA FILHO, 2001).

O sorgo biomassa tem ganhado destaque como alternativa viável para alimentação animal devido à sua elevada produção de massa seca, resistência a condições adversas e excelente qualidade nutricional. Este tipo de sorgo possui um perfil bromatológico favorável, com níveis significativos de energia e fibra, tornando-o uma opção eficiente para a formulação de rações, especialmente em regiões com limitações hídricas ou solos menos férteis. Além disso, sua flexibilidade no manejo e adaptação a diferentes condições climáticas o tornam uma cultura estratégica para suplementação alimentar de ruminantes, contribuindo para a sustentabilidade da produção pecuária (SILVA et al., 2022; MARTINS et al., 2023).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na região de Darcinópolis – TO na chácara Bom Jesus. A localização apresenta precipitação média anual de 1.500 mm, altitude de 240 m e temperatura média de 28,5°C (INMET, 2017). O clima característico da região, segundo o sistema de classificação de Köppen-Geiger, é caracterizado como Aw, ou seja, clima tropical com estações secas no inverno. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, a área experimental apresenta solo argiloso.

Foram coletadas amostras do solo para análise química (teores de P, K, Ca, Mg, Al, (H + Al), matéria orgânica (M.O), pH e dos níveis de Al^{3+} ; e as análises físicas (Areia, argila e silte) de acordo com o manual de Análises de Química estabelecida por Silva (1998) na camada de 0-20 cm. As correções realizadas foram com bases nos resultados da análise de solo. De acordo com a análise de solo, a área que foi implantada o experimento tinha 87% de saturação por base (V%), $Ca^{2+} + Mg^{2+} = 19,31 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e capacidade de troca catiônica (CTC) = a 22,94 cmolc dm^{-3} , dispensando correção por meio do calcário.

No plantio, foi utilizado adubação de fundação com minerais isolados, sendo eles: ureia 45% (fonte de N), o superfosfato simples 18% (fonte de P_2O_5) e o cloreto de potássio 56% (fonte de K_2O). De acordo com a 5ª aproximação de recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Geras, foi usado 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 e 140 kg/ha^{-1} de N, 90 kg/ha^{-1} de P_2O_5 e 90 kg/ha^{-1} de K_2O .

3.2 Delineamento e condução do experimento

O experimento foi instalado segundo o delineamento em blocos casualizados (DBC), composto de oito tratamento e três repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela foi formada por quatro fileiras de cinco metros, espaçadas de 0,70 m totalizando uma área útil de 14,0 m^2 , com 14 sementes por metro e semeadas de três a cinco cm de profundidade. A população utilizada foi de 140.000 plantas/ ha^{-1} . A área útil da parcela, foi formada pelos três metros centrais de cada fileira. Foi realizado o controle de pragas, doenças e plantas daninhas de acordo com a recomendação para a cultura (EMBRAPA, 2015).

3.3 Caracterização fenotípica

Na área útil de cada parcela foram avaliados, em ocasião do estágio fenológico 8 (grão pastoso), as características agronômicas: altura de plantas (AP), em cm, obtida medindo-se da

superfície do solo ao ápice da panícula; produção de matéria verde total (PMVT), em Mg/ha^{-1} , obtida através da pesagem de toda a parcela útil; tamanho da panícula (TP), em cm, aferida da base da panícula ao ápice da ráquis e número de dias para o florescimento (NFLOR), em dias, caracterizado quando pelo menos 50% da parcela esteja florescendo. Para a altura da planta e tamanho da panícula, foram avaliadas 5 plantas por parcela.

3.4 Análise e modelo estatístico

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e, posteriormente os dados foram desdobrados por meio de uma análise de regressão, dado a natureza dos tratamentos (quantitativa). Todas as análises estatísticas foram conduzidas no ambiente estatístico R, versão 4.3.1 (R CORE TEAM, 2023). Os gráficos foram feitos utilizando o pacote *ggplot2 Elegant Graphics for Data Analysis* no ambiente R (Wickham H., 2016).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

em que: y_{ij} é a observação do i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ é a média geral; t_i é o efeito fixo do genótipo i ; e_{ij} é o resíduo aleatório do i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco, com $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância (ANOVA) pelo modelo de blocos casualizados (DBC), com estimativas do quadrado médio do tratamento, resíduo, média geral e coeficiente de variação experimental (CV%) das respectivas características é apresentado na Tabela 1. A Tabela 1 apresenta um resumo da ANOVA que explora o impacto das doses de nitrogênio (N) as características agronômicas do híbrido AGRI002E. O teste F foi significativo ($P < 0,05$) para a maioria das características, com exceção de tamanho de panícula (TP). O efeito significativo indica que há pelo menos um contraste entre as doses de Nitrogênio sob o desenvolvimento das demais característica do híbrido.

Para a característica TP, o resultado foi não significativo, sugerindo que as diferentes doses de nitrogênio não tiveram um efeito estatisticamente detectável no tamanho da panícula sob as condições experimentais apresentados no trabalho. A ausência de significância estatística para a variável TP e CV% mais elevado em comparação as demais variáveis, indicam que essa característica pode ser influenciada por outros fatores não examinados neste estudo, ou que as doses de nitrogênio utilizadas não foram suficientes para afetar o TP de maneira significativa.

Paniculas bem desenvolvidas e grãos de tamanho grande produzem silagens de valor nutritivo superior. De acordo com Vilella (1985), a proporção de grãos é também um fator determinante da qualidade das silagens, pois neles estão presentes a maior fração energética disponível da planta e são responsáveis pela maior elevação no teor de matéria seca das forrageiras. A panícula é o componente da planta de sorgo que define a qualidade da silagem, por apresentar as melhores características bromatológicas, comparado ao conjunto colmo e folhas (NEUMANN, et al., 2002).

O coeficiente de variação experimental (CV%) é uma medida relativa da dispersão dos dados e é bastante útil para comparar a precisão entre tratamentos ou características. Os valores do coeficiente de variação experimental CV% variaram de 5,09 (FLOR) a 11,85% (TP). De acordo com Pimentel Gomes (1985) os CVs% obtidos na experimentação agrícola podem ser classificados em baixo (menor ou igual à 10%), médio (entre 10 e 20%), alto (entre 20 e 30%) e muito alto (maior que 30%). Assim, todas as características apresentaram coeficientes baixo, apenas TP foi classificado como médio. Quanto menor o valor do CV%, maior a precisão experimental e mais confiável foi a conclusão a respeito dos tratamentos. O baixo coeficiente mostrado na Tabela 1, destaca a confiança nos dados e reflete acerca da precisão experimental.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância, estimativas de média de tratamentos e do coeficiente de variação experimental (CV%) para as quatro características avaliadas no híbrido AGR1002E de sorgo biomassa em Darcinópolis – TO em função das doses de nitrogênio (N).

FV	Quadrado Médio				
	GL	PMVT	AP	TP	FLOR
Bloco	2	53.1	0.01	20.71	54.04
Tratamento	7	3818.94**	2.42**	29.15 ^{NS}	1434.7**
Resíduo	14	36.3	0.07	16.81	24.56
Média		82.87	4.76	34.58	97.29
CV (%)		7.27	5.74	11.85	5.09

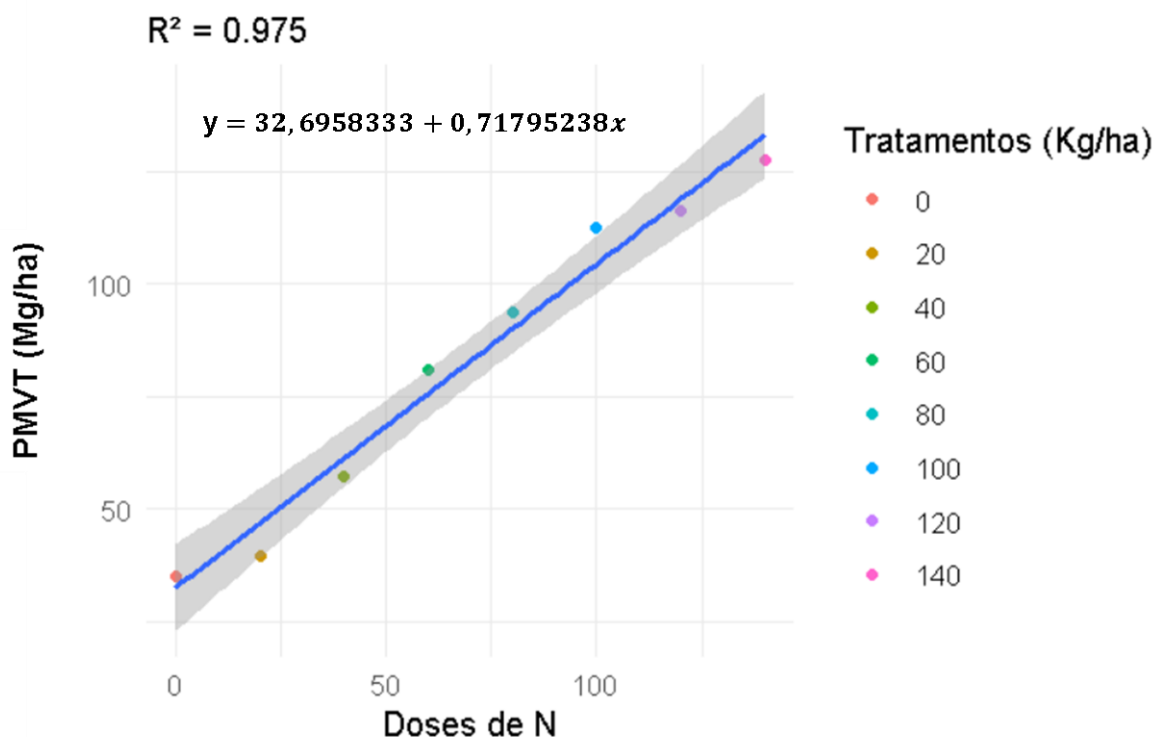
**, * Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns} Não significativo. PMVT: produção de matéria verde total (Mg/ha⁻¹); AP: altura da planta (m); TP: tamanho da panícula (cm) e FLOR: números de dias para o florescimento (dias).

Para a variável produção de massa verde total (PMVT) a média dos tratamentos foi de 82.87 ton/ha⁻¹. Sousa et al. (2020) encontrou valores semelhantes testando o mesmo híbrido e comparando com valor de cultivo e uso (VCU) da EMBRAPA Sete Lagoas -MG. De maneira geral, os híbridos biomassa possuem ciclo mais longo (cerca de 180 dias), porte muito alto (até 6,0 m) e boa adaptação às condições climáticas da maioria das regiões produtoras brasileiras (EMBRAPA, 2013). Apesar desses valores serem considerados elevados, quando comparados ao sorgo forrageiro que produz em torno de 50 ton/ha⁻¹ (BRS 658) (EMBRAPA, 2016), eles ainda são inferiores ao potencial de produtividade de 150 ton/ha⁻¹ estabelecido pelo programa de melhoramento genético de sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) da Embrapa Milho e Sorgo (MAGALHÃES et al., 2003).

Para o número de dias para florescimento (FLOR), ficou na média de 97,29 dias. Segundo Parrella (2010), o sorgo biomassa possui a particularidade de ser sensível ao fotoperíodo, propiciando um maior período vegetativo e, conseqüentemente, maior produção de massa verde e massa seca, bem como a altura de plantas variando de 2,72 a 5,60 m. Para altura de planta (AP), obteve-se uma média de 5,74 metros, de acordo com as informações supracitadas. Estudos recentes estudaram a respeito da sensibilidade ao fotoperíodo no sorgo, particularmente para características como a época de floração, o estudo demonstrou que a sensibilidade ao fotoperíodo é fundamental para prolongar a fase vegetativa, o que é benéfico para o acúmulo de biomassa. Esta característica é modulada por certos fatores genéticos, incluindo o gene CONSTANS, que é parte integrante da regulação do fotoperíodo da floração.

Tais influências genéticas explicam a variação na época de floração e o consequente impacto no crescimento vegetativo e na produção de massa verde (YANG, et al., 2014).

Figura 1 – Gráfico da relação entre a aplicação de doses variadas de nitrogênio (N) e a produção de massa de verde total (PMVT) em Mega Gramas por hectares (Mg/ha).



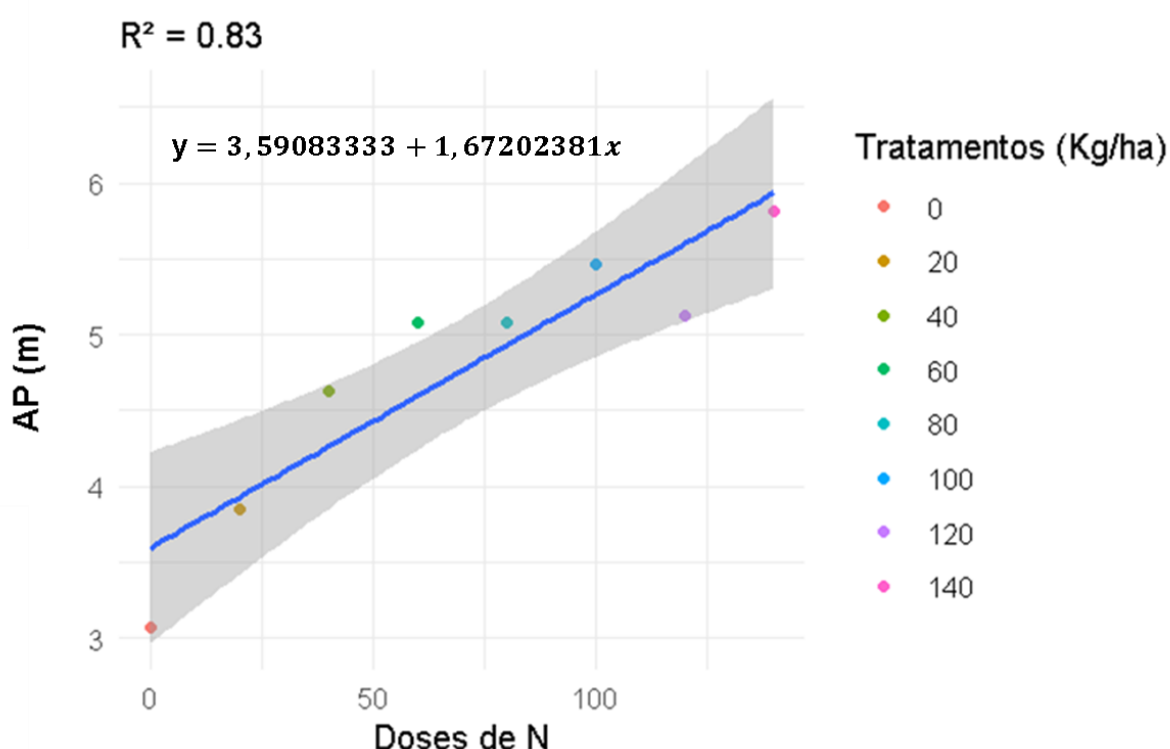
Nota: N – Nitrogênio; PMVT – Produção de Massa de Vegetação Total em Mg/ha. O coeficiente de determinação é representado por R^2 e indica a proporção da variância na variável dependente que é previsível a partir da variável independente.

É possível observar que para a variável PMVT o gráfico de regressão (Figura 1) teve um melhor ajuste com natureza de crescimento linear, apresentando na equação um coeficiente de determinação de 97,5%, sendo este, outro fator que representa a qualidade do experimento e o quanto da variável é explicada pela equação ou ajuste do modelo, uma vez que R^2 expressa a proporção da variação de uma medida (PMVT) que é explicada pela variação de outra (Doses de N). O nutriente de maior importância para a cultura é o nitrogênio (ROBERTO et al., 2010), e ele exerce importantes funções no metabolismo vegetal podendo vir a influenciar na quantidade e qualidade da forragem ensilada (BASI et al., 2011).

De acordo com Basi et al. (2011) em uma pesquisa sobre a influência da adubação nitrogenadas em plantas de metabolismo C4, chegaram à conclusão de que o nitrogênio afeta a

qualidade dos grãos, pois exerce papel fundamental na formação e composição, além de apresentar estreita relação entre produtividade de grãos e matéria seca da planta. Os dados da Figura 1 é explicado pelas conclusões dos autores supracitados, quanto maior a dose de N, maior foi o ganho em relação a PMVT. Os dados da Figura 1 foram semelhantes ao de Theodoro et al. (2021), onde encontraram R^2 de 99,9% e maior produtividade de massa verde a partir de doses de 150 kg de N/ha.

Figura 2 – Gráfico da relação entre a aplicação de doses variadas de nitrogênio (N) e altura de planta (AP) em metros (m).



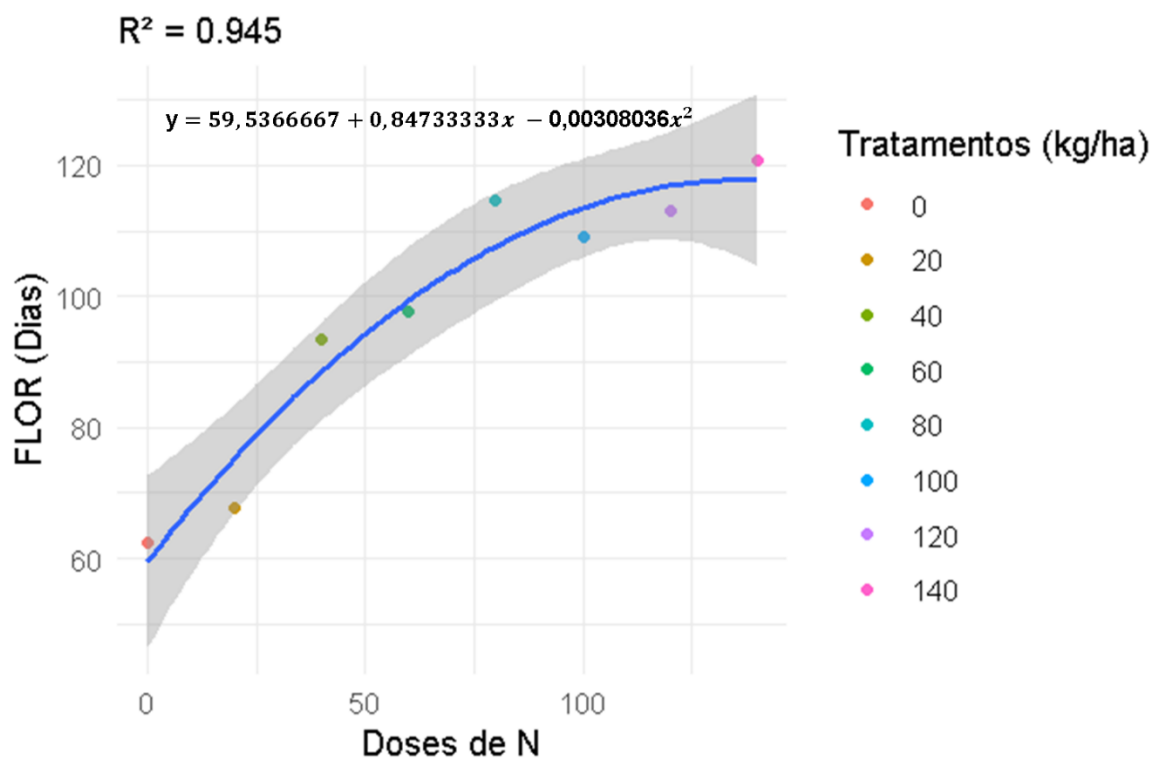
Nota: N – Nitrogênio; AP – Altura de planta em dias. O coeficiente de determinação é representado por R^2 e indica a proporção da variância na variável dependente que é previsível a partir da variável independente.

Na Figura 2, é apresentado o gráfico de regressão também de natureza linear, com R^2 equivalente a 83% representando a variação da altura de planta frente a variações nas doses de N. Os dados variaram um pouco mais em relação a Figura 1, que é representado pela distribuição dos pontos nos gráficos. Assim como no gráfico anterior, a variável AP foi maximizada pelas altas doses de N, demonstrando que nas condições do experimento, o sorgo apresentou uma resposta extremamente responsivas a doses de N. Os sorgos de dupla aptidão

(energia/forragem) possuem ciclo mais longo (cerca de 180 dias), porte muito alto (até 6,0 m) e boa adaptação às condições climáticas da maioria das regiões produtoras brasileiras (EMBRAPA, 2013). De acordo com Parrella (2010), o sorgo é sensível ao fotoperíodo, propiciando um maior período vegetativo e, conseqüentemente, maior produção de massa verde e massa seca, bem como a altura de plantas variando de 2,72 a 5,60 m. Os dados na figura 2 convergem com as informações relatadas por Parrella (2010).

Geralmente quando o sorgo sensível ao fotoperíodo é semeado nos meses de outubro a dezembro no Brasil, quando a quantidade de horas dias de sol é maior que 12,2 horas, a indução do desenvolvimento da gema floral só ocorrerá a partir de 21 de março do ano seguinte (PARRELLA et al., 2021). Com isso, de acordo com Parrella et al. (2018) o ciclo vegetativo e o porte serão ampliados e, concomitantemente, apresentarão maior produção de biomassa por hectare/ciclo em comparação a cultivares fotossensíveis, que florescem em qualquer época do ano e apresentam ciclo curto. Na figura 3 é possível observar que a questão ambiental é um fator bem importante para o florescimento da cultura, uma vez que quando se tinha mais adubo, a planta demorou mais para florescer, tendo um ciclo por volta de 120 dias, condizendo com os dados de Parrella (2010).

Figura 3 – Gráfico da relação entre a aplicação de doses variadas de nitrogênio (N) e número de dias para o florescimento (FLOR) em dias (dias).



Nota: N – Nitrogênio; FLOR – Número de dias para o florescimento. O coeficiente de determinação é representado por R^2 e indica a proporção da variância na variável dependente que é previsível a partir da variável independente.

Na Figura 3 é possível observar um crescimento de natureza quadrática e com R^2 de 94,5% de ajuste. É possível concluir que à crescente doses de N, a variável chega a uma determinada faixa que não se tem ganho significativos, com a AP e PMVT naturalmente tem uma correlação alta, seria esperado que o mesmo crescimento quadrático seria observado na Figura 1 para possíveis doses maiores. Essa variação de florescimento e sensibilidade ao fotoperíodo é um fator positivo e muito importante para ser explorado no cultivo do sorgo para potencializar a produção de biomassa e que, aliado a outras características, evidencia o quanto promissor é o sorgo como forragem (LANZA, 2017).

5. CONCLUSÃO

A dose de 140 kg/ha⁻¹ de nitrogênio foi a melhor dose para a variável produção de massa verde total (PMVT) e altura de planta (AP).

Para a variável número de dias para o florescimento (FLOR), apresentou respostas quadrática, e a variação entre as doses de 80, 100, 120 e 140 kg/ha⁻¹ não foram discrepantes.

O sorgo AGRI002E apresenta bom potencial para silagem mesmo sendo plantado com doses inferiores a dose máxima de 140 kg/ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

- BASI, SIMONE; QUEIROZ, ADRIANA M. DE; SILVA, PEDRO R. F.; OLIVEIRA, MARCOS A. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 4, n. 3, 2011.
- BOREGOWDA, R. S.; KUMAR, N.; REDDY, V. K.; RAO, K. S.; REDDY, D. Antifungal activity of *Eclipta alba* metabolites against sorghum pathogens. **Plants**, v. 8, n. 3, p. 72, 2019. doi: 10.3390/plants8030072.
- BRASIL. Portaria nº 288, de 6 de julho de 2021. **Aprovar o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura do sorgo forrageiro**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 126, p. 306, 06 jul. 2021.
- BUSO, W. H. D. **Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal**. PUBVET, Londrina, V. 5, N. 23, Ed. 170, Art. 1145, 2011.
- THEODORO, GUSTAVO DE FARIA; RIBEIRO, MARYANA MARTINS; PACHECO, FLÁVIA BARBOSA DE SANTANA; MIYAKE, ANDREY WILLIAM ALCE. Produtividade do sorgo forrageiro em função de doses de nitrogênio e manejo de cortes. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e109101119401-e109101119401, 2021.
- DE WET, J. M. J. **Special paper: systematics and evolution of sorghum sect. Sorghum (*Gramineae*)**. American journal of botany, v. 65, n. 4, p. 477-484, 1978. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/2442706.pdf>>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MILHO E SORGO. **Cultivo do sorgo**. Brasília, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA MILHO E SORGO. **Cultivo do sorgo**, Brasília, 2013.
- GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G. et al. **Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação**. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade in vitro. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa-MG, v.31, n.4, p. 1640-1647, 2002.

GUIMARÃES, JESSICA AGRA. Cultivo do sorgo forrageiro e previsão de riscos climáticos no município de Gurjão, Paraíba, através do zarc e do calendário biodinâmico. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 5, n. 4, 2023.

INCRA. Relatório **Assentamentos Geral Superintendência Regional Tocantins - SR 26**.

Registro 137, Data de atualização 31 de Dez, 2017. Disponível em:

[http://painel.incra.gov.br/sistemas/Painel/ImprimirPainelAssentamentos.php?cod_sr=26&Parameters\[Planilha\]=Sim&Parameters\[Box\]=GERAL&Parameters\[Linha\]=2](http://painel.incra.gov.br/sistemas/Painel/ImprimirPainelAssentamentos.php?cod_sr=26&Parameters[Planilha]=Sim&Parameters[Box]=GERAL&Parameters[Linha]=2)

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2017. Disponível em: Acesso em: 19 de mar. 2024.

LANZA, A. L. L. **Avaliação forrageira do sorgo biomassa (brs 716) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura**. Dissertação (Mestrado – Programa De Pós-Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de São João Del-Rei, 63p. Sete Lagoas- MG, 2017.

LIMA, Luciana Oliva Barbosa et al. Características agronômicas e valor nutricional de genótipos de sorgo forrageiro. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 7-12, 2017.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2003. 2 p. (Comunicado Técnico, 88).

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. 2003.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. RODRIGUES, J. A. S. **Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo**, versão eletrônica, 8ª edição, 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/ecofisiologia.htm>.

MAGALHÃES, P.C.; DURAES, F. O. M.; SCHAFFERT, R.E. **Fisiologia da planta de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46p. (Circular Técnica, 3).

MAY, A. et al. **Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 46, p. 434-439, 2015.

MIRANDA, E. **Bico do papagaio caracterização, municípios e cadeias produtivas prioritárias**. Grupo de inteligência territorial estratégica (GITE) 2015.

NEUMANN, Mikael et al. Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 302-312, 2002.

PARRELLA, R. A. C. et al. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PARRELLA, RAFAEL. A. C. 2014. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 275p.

PARRELLA, R. A. DA C.; SCHAFFERT, R. E.; MENEZES, C. B. DE; RODRIGUES, J. A. S.; MAGALHÃES, J. V.; DAMASCENO, C. M. B.; SILVA, D. D. DA; MENDES, S. M. Improving sorghum cultivation in South America. In: ROONEY, W. (ed.). Achieving sustainable cultivation of sorghum: sorghum utilization around the world. Cambridge: Burleigh. **Dodds Sicence Publishing**, 2018. V. 2, p. 159-192.

PARRELLA, RA da C. Cultivares de sorgo para produção de bioenergia. 2021.

PIMENTEL-GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 11. ed. Piracicaba, SP: Nobel, 1985. 466 p.

R CORE TEAM (2023). **_R: A Language and Environment for Statistical Computing_**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância econômica**. Embrapa Milho e Sorgo- Documentos (INFOTECA-E), 2003.

RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância**. Sete Lagoas: EMBRAPA MILHO E SORGO, 2003. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486642/1/Doc26.pdf>.

ROBERTO, V.M.O.; SILVA, C.D.; LOBATO, P.N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: Anais do XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia. 2010b, CD-Rom.

SANTOS, F. D.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. (2005). **Melhoramento de sorgo**. In BORÉM A. (org). Melhoramento de espécies cultivadas, 2 (2a ed.). (pp.605-658). Viçosa: UFV.

SANTOS, F. G., CASELA, C. R., & WAQUIL, J. M. (2005). **Melhoramento de Sorgo**. In: Borém, A. (org). Melhoramento de Espécies Cultivadas. Viçosa: UFV.

SILVA, D. D.; COTA, L. V.; In: REUNIÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 3., 2023, Pelotas. MISOSUL 2024: **informações técnicas para o cultivo de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2023/24 e 2024/25**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2024

SILVA, D. D.; COTA, L. V.; DA COSTA, R. V. **Micotoxinas em milho e sorgo**. 2024.

SILVA, DIEGO FERNANDES DA; RIBEIRO, MARYANA MARTINS; SOUZA, MARCOS VINÍCIUS DE OLIVEIRA; ALVES, JOÃO PAULO. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e12310313172-e12310313172, 2021. doi: 10.33448/rsdv10i3.13172.

SILVA, FLÁVIO CÉSAR DA; ALVES, FRANCISCO JOSÉ; GOMES, JOÃO PAULO; SANTOS, MARIA CLARA. **Manual de métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. Embrapa Solos. Documentos nº 3. 21ª ed. ISSN 1414-8153. Rio de Janeiro - RJ, outubro, 1998. 56 p.

SOUSA, J.M.A. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa com dupla aptidão no extremo norte do Tocantins**. In: PROCEEDINGS OF THE XI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GENETICS AND BREEDING - VOL.1 2020, Viçosa. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2020. Disponível em: <<https://proceedings.science/sigm/xi-sigm/trabalhos/desempenho-agronomico-de-hibridos-de-sorgo-biomassa-com-dupla-aptidao-no-extremo?lang=en>> Acesso em: 21 Abr. 2024.

VIEIRA, F. A. P.; BORGES, I.; STEHLING, C. A. V. et al. **Qualidade de silagens de sorgo com aditivos**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, vol.56, n.6, 2004.

VILELLA, O. **Sistema de consorciação de forragem**. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 1985. 15 p. (Boletim Pesquisa, 11).

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. **Cultura do Sorgo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 76 p.

VON PINHO, R.G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PRRELLA, A. C. P. **Sorgo do plantio à colheita**. Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG: Ed UFV, 2014. Capítulo 2.

WALL, J.S; ROSS, W.M. **Produccion Y usos del sorgo**. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sul, 1975.

YANG, S., WEERS, B.D., MORISHIGE, D.T. *et al.* **CONSTANS is a photoperiod regulated activator of flowering in sorghum**. BMC Plant Biol **14**, 148 (2014). <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-148>

SANTOS, C. M.; SILVA, A. P.; FERREIRA, J. A. B.; SOUZA, L. F. Efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento e a qualidade nutricional de genótipos de sorgo biomassa. *Agricultural Research*, v. 12, n. 4, p. 357-365, 2021.

OLIVEIRA, R. A.; LIMA, F. G.; MORAES, C. A. Eficiência do uso do nitrogênio em sorgo biomassa sob diferentes estratégias de adubação. *Journal of Plant Nutrition*, v. 46, n. 2, p. 289-301, 2023.

SILVA, R. T.; COSTA, N. M.; SOUZA, M. F. Qualidade nutricional do sorgo biomassa na alimentação de ruminantes em condições semiáridas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 51, n. 6, p. 1-10, 2022.

MARTINS, G. H.; ALMEIDA, D. P.; REIS, L. S. Potencial do sorgo biomassa como fonte de alimentação para ruminantes: aspectos agrônômicos e nutricionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 58, n. 4, p. 123-134, 2023.