

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, NUTRICIONAL E  
SANITÁRIO DO SORGO GIGANTE BOLIVIANO “AGRI  
002-E” EM FUNÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO**

**HUGO SOARES CORADO**

CAMPO GRANDE, MS  
2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

2023	DESEMPENHO AGRONÔMICO, NUTRICIONAL E SANITÁRIO DO SORGO GIGANTE BOLIVIANO “AGRI 002-E” EM FUNÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO.	CORADO, H.S.
------	--	--------------

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, NUTRICIONAL E  
SANITÁRIO DO SORGO GIGANTE BOLIVIANO “AGRI  
002-E” EM FUNÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO**

AGRONOMIC, NUTRITIONAL AND HEALTH PERFORMANCE OF BOLIVIAN  
GIANT SORGHUM “AGRI 002-E” AS A FUNCTION OF SOIL FERTILITY

**Hugo Soares Corado**

**Orientador: Prof. Dr. Gelson dos Santos Difante**

**Coorientador: Prof. Dr. Gustavo de Faria Theodoro**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2023



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



### Certificado de aprovação

HUGO SOARES CORADO

#### DESEMPENHO AGRONÔMICO, NUTRICIONAL E SANITÁRIO DO SORGO GIGANTE BOLIVIANO "AGRI 002-E" EM FUNÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

#### AGRONOMIC PERFORMANCE, NUTRITIONAL AND HEALTH CHARACTERISTICS OF BOLIVIAN GIANT SORGHUM "AGRI 002-E" BASED ON SOIL FERTILITY

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 16-02-2023

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Gelson dos Santos Difante  
(UFMS) – (Presidente)

---

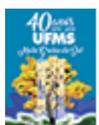
Dr. Alexandre Menezes Dias  
(UFMS)

---

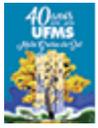
Dr. Celso Dornelas Fernandes  
(EMBRAPA)

---

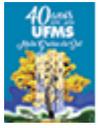
Dr. Gustavo de Faria Theodoro  
(UFMS)



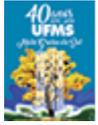
Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante**, **Professor do Magisterio Superior**, em 16/02/2023, às 16:53, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo de Faria Theodoro, Professor do Magisterio Superior**, em 16/02/2023, às 16:58, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Menezes Dias, Professor do Magisterio Superior**, em 16/02/2023, às 17:31, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Celso Dornelas Fernandes, Usuário Externo**, em 17/02/2023, às 13:59, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Celeste Brandao Ferreira Itavo, Professora do Magistério Superior**, em 23/02/2023, às 12:47, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, 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 [https://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3857134** e o código CRC **104B87A3**.

## COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

## DEDICATÓRIA

*A Deus, por me presentear todos os dias.  
Aos meus pais, Altino Jardim Corado e  
Sebastiana Soares Corado pelo amor  
infinito e incondicional. À minha querida  
esposa Luzia Terezinha da Silva Corado,  
por sua cumplicidade em meus sonhos.  
Aos meus homens Vitor da Silva Corado  
e Isac da Silva Corado, pela energia vital,  
por terem me escolhido como pai e pelos  
ensinamentos de felicidade. Às minhas  
irmãs Olga Soares Corado e Alinny  
Soares Corado, por nunca deixarem de  
acreditar no amor que nos uniu na  
eternidade.*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS em primeiro lugar em tudo, pelo dom da vida e pelo amor a mim.

Aos meus pais Altino e Sebastiana, que sempre estiveram comigo.

À minha querida esposa Luzia, meus filhos Vitor e Isac, por todo apoio, amor e carinho.

Às minhas irmãs e cunhados Olga e Sidnei, e Alinny e Wagno.

Aos meus queridos professores, em especial, ao meu orientador Dr. Gelson dos Santos Difante, pela confiança depositada em mim e os ensinamentos repassados. Ao Dr. Gustavo de Faria Theodoro, pela orientação e por todas as oportunidades e conhecimentos compartilhados.

Muito obrigado pela grande contribuição em minha formação profissional e, principalmente, pelo enorme coração que possuem, paciência por minhas milhares de interrupções com perguntas durante as aulas e por se tornarem referência como seres humanos verdadeiros e meus grandes amigos.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA) e a todos os professores que ensinaram e contribuíram com minha formação acadêmica.

Ao Grupo de Estudos em Forragicultura (GEFOR), pela união, acolhimento e, principalmente por compartilharem conhecimento e o senso de equipe e profissionalismo.

À EMBRAPA Gado de Corte, por ter colaborado com o desafio que resolvi encarar e que me senti privilegiado e honrado.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Vagner Aparecido da Silva Martins, Carmelo Silgueiro, Rubens Luiz Soares, Dr. Ademar Pereira Serra, Dra. Jaqueline Rosemeire Verzignassi e Dr. Celso Dornelas Fernandes por todos os mínimos detalhes de carinho e compreensão comigo durante essa caminhada. Ainda, em especial à Natalia Dias Lima, Juliana Caroline, Néstor Villamizar, ao Grupo de Apoio Estudantil e outros que direta ou indiretamente me acompanharam durante o meu mestrado, com momentos de descontração, leveza, minha gratidão pela grande amizade cultivada durante este período e pelo conhecimento compartilhado.

## EPÍGRAFE

*“O Senhor é o meu pastor e de nada terei falta, deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas”.*

**Salmo 23.**

## Resumo

Corado, H.S. Desempenho agronômico, nutricional e sanitário do sorgo gigante boliviano “AGRI 002-e” em função da fertilidade do solo. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

A cultura do sorgo ganhou espaço nos últimos anos no Brasil que se tornou o oitavo maior produtor global. A tolerância do sorgo ao estresse hídrico tem incentivado o aumento da área plantada com esse cereal que possui finalidades que variam desde a alimentação humana até como fonte de energia. Nesse cenário, a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), por sua adaptação natural a condições ambientais adversas, tem papel cada vez mais importante para a segurança alimentar. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da fertilidade do solo nas características agronômicas, químicas e nutricionais do sorgo gigante boliviano “AGRI 002-E” com dois tratamentos constituídos por dois solos com características químicas distintas (A e B) com dez repetições. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Foram mensurados: O teor estimado de clorofila medido no limbo da terceira folha totalmente expandida do ápice para a base da planta e na folha média, altura, diâmetro do colmo, logo abaixo da folha média e na base da planta, número de folhas vivas, estimativa de área foliar, severidade da antracnose e massa de forragem. Ainda avaliaram os teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, lignina em detergente ácido, celulose, sílica e digestibilidade da matéria orgânica *in vitro* da planta. A área foliar foi 33,59% inferior no solo B. A antracnose apresentou alta correlação negativa com todas as características morfológicas e de produtividade. O valor nutritivo do sorgo gigante boliviano foi uniforme em toda sua estrutura, quando cultivado no solo A. Solos menor disponibilidade de nutrientes reduzem o índice produtivo e a concentração de clorofila foliar, além de diminuir a qualidade química do material vegetal aumentando a participação de estruturas fibrosas

Palavras-chave: *Colletotrichum sublineola*, forragem, nutrição de plantas, produtividade, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, valor nutritivo.

## ABSTRACT

Corado, H.S. Agronomic, nutritional and health performance of bolivian giant sorghum “AGRI 002-E” as a function of soil fertility. Dissertation (Masters) - Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

The sorghum crop has gained space in recent years in Brazil, which has become the eighth largest global producer. The tolerance of suffering to water stress has encouraged an increase in the area planted with this cereal, which has purposes ranging from human food to an energy source. In this scenario, the cultivation of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), due to its natural adaptation to adverse environmental conditions, plays an increasingly important role in food security. The objective of this work was to evaluate the effect of soil fertility on the agronomic, chemical and nutritional characteristics of Bolivian giant sorghum “AGRI 002-E” with two treatments consisting of two soils with different chemical characteristics (A and B) with ten procedures. The experimental design used was completely randomized. The following were measured: The estimated chlorophyll content measured on the blade of the third fully expanded leaf from the apex to the base of the plant and on the middle leaf, height, stem diameter, just below the middle leaf and at the base of the plant, number of live leaves, estimate of leaf area, anthracnose severity and forage mass. They also evaluated the contents of dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber, lignin in acid detergent, cellulose, silica and in vitro digestibility of the plant's organic matter. Leaf area was 33.59% lower in soil B. Anthracnose showed high negative transpiration with all morphological and productivity characteristics. The nutritional value of giant Bolivian sorghum was uniform throughout its structure, when cultivated in soil A fibrous.

Keywords: *Colletotrichum sublineola*, chlorophyll, plant nutrition, productivity, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, nutritive value.

## Lista de ilustrações

Figura 1. Localização da área experimental e esquematização da unidade experimental.....	17
Figura 2. Dados meteorológicos durante o período de cultivo do sorgo forrageiro no município de Terenos, MS (INMET, 2022). .....	17
Figura 3. Escala diagramática para a avaliação da severidade da antracnose do sorgo. As folhas da esquerda para a direita mostram 0, 2,5, 5, 10, 20, 35, 50, 75 e 100% áreas foliar com sintomas típicos da doença (SHARMA, 1983). .....	20

## Lista de tabelas

Tabela 1. Características químicas médias do solo da área experimental na profundidade de 0 – 20 e 20 – 40 cm. ....	18
Tabela 2. Características morfológicas do sorgo forrageiro AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.....	21
Tabela 3. Características agronômicas do sorgo forrageiro AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.....	22
Tabela 4. Correlação de Pearson entre as variáveis: de plantas de sorgo AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.....	22
Tabela 5. Características químicas de sorgo forrageiro AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.....	23
Tabela 6. Correlação de Pearson entre as variáveis químicas do sorgo AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.....	23

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1: Revisão De Literatura.....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. O sorgo forrageiro.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Finalidades no uso do sorgo.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. Doenças do sorgo .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Antracnose .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. Nutrição das plantas.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Considerações finais.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Referências.....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo 2. Desempenho agrônomo, nutricional e sanitário do sorgo gigante boliviano em função da fertilidade do solo. ....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>15</b>
<b>2. Material e métodos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Área experimental.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Delineamento experimental.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Instalação e condução do experimento.....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Avaliações.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Características agrônomicas .....</b>	<b>20</b>
<b>2.6 Composição química .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7 Análise Estatística .....</b>	<b>21</b>
<b>3. Resultados .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Discussão .....</b>	<b>24</b>
<b>5. Conclusões.....</b>	<b>27</b>
<b>6. Referências.....</b>	<b>27</b>

## Capítulo 1: Revisão De Literatura

# **Efeito da fertilidade do solo nas características agronômicas, sanitárias, químicas e nutricionais do sorgo gigante boliviano (*Sorghum bicolor* L.).**

### **RESUMO**

O sorgo é amplamente cultivado no Brasil, principalmente em áreas em que outros cereais, como milho e trigo, ambos cultivados em segunda safra, são inviáveis. Existem quatro tipos de sorgo: o granífero, sacarino, forrageiro, que pode ser utilizado *in natura*, para pastejo dos animais ou conservado como silagem, e o vassoura. Sua adaptação ao clima tropical facilita o cultivo nas regiões do Cerrado brasileiro. Dentre os fatores que podem influenciar a produtividade, tanto de forragem como de grãos, estão as doenças de etiologia variada. A principal doença que incide em plantas de sorgo é a antracnose (*Colletotrichum sublineola*), presente em todas as áreas de cultivo. O principal método de controle da antracnose do sorgo é a utilização de cultivares resistentes, porém, a nutrição mineral pode ser uma forma de proporcionar condições à planta para ativar seus mecanismos de defesa aos patógenos. Conseqüentemente, a planta consegue minimizar a taxa da infecção e, desta forma, a evolução da doença no decorrer do tempo. Portanto, a fertilidade do solo deve atender às exigências nutricionais da planta. O objetivo desta revisão foi entender o estado da arte em relação ao efeito da fertilidade do solo nas características agronômicas, sanitárias, químicas e nutricionais do sorgo boliviano.

Palavras-chave: antracnose, doença, forragem, nutrição.

## 1. Introdução

O baixo custo de implantação, boa capacidade de rebrota, e sua adaptabilidade a condições de baixa disponibilidade hídrica torna o cultivo de sorgo recorrente nas regiões em que a produção de outros cereais não é viável por esses fatores. No Brasil, estima-se que a produção 2022/23 deverá ser de 2.968 milhões de toneladas, havendo aumento de 1,8% em comparação a safra anterior (CONAB, 2022). Assim, o país é o oitavo maior produtor de sorgo no mercado mundial (FAO, 2020).

O mercado brasileiro disponibiliza aos produtores rurais quatro tipos de sorgo, que apresentam diferentes características morfológicas e vocações que são: granífero, sorgo sacarino, sorgo forrageiro para pastejo ou silagem e o sorgo vassoura.

Durante o período de baixa ocorrência de chuvas chamada de período seco, o uso do sorgo forrageira para alimentação de ruminantes pode ser uma alternativa para reverter a baixa disponibilidade de forragem neste período. A pecuária brasileira predominantemente utiliza sistema o sistema tradicional de criação de animais a pasto (BUSO et al., 2011).

As condições ambientais no país são favoráveis para o cultivo do sorgo, já que a planta possui adaptabilidade ao clima tropical. O sorgo necessita de 330 kg de água para produzir um quilo de matéria seca (MAGALHÃES et al., 2010), sendo cultivado em regimes pluviométricos que variam de 375 a 625 mm (BUSO et al., 2011). A baixa amplitude térmica observada no país, uma vez que sua produtividade cai em temperaturas abaixo de 16°C e acima de 38°C, sendo temperatura ideal em torno dos 33°C.

Dentre os diversos fatores que podem prejudicar a produção, as doenças estão entre as principais fontes de limitação da produtividade da cultura. As principais doenças que podem acometer a parte aérea nesta cultura são a antracnose, míldio e a ferrugem. Sua ocorrência desencadeia danos nas folhas, que são o principal órgão de interesse quando a intenção é a alimentação animal. Dentre essas, a antracnose é de maior preocupação pela severidade, ocorrência generalizada e por provocar perdas totais no rendimento e na qualidade do grão e da forragem (COSTA et al., 2003).

A antracnose é causada pelo fungo *Colletotrichum sublineola* e está presente em todas as áreas de cultivo de sorgo no Brasil, podendo causar perdas superiores a 70% na produtividade quando as cultivares são susceptíveis e o ambiente está propício para o desenvolvimento da doença (CRUZ et al., 2010). O patógeno pode incidir pelas folhas,

pedúnculo, colmo, panícula e grãos e as lesões começam a aparecer nas folhas, evoluindo para os diferentes órgãos da planta. O uso de cultivares resistentes é a principal medida de controle (ABREHA et al., 2021), outra opção utilizada é a rotação de culturas, incorporação dos restos culturais, eliminação de plantas hospedeiras e híbridos resistentes. Deve-se considerar também a resistência natural das plantas, quando o estado nutricional da cultura está equilibrado. Plantas com desequilíbrio nutricional apresentam desarranjo fisiológico (TAIZ; ZEIGER, 2017), o que as tornam suscetíveis ao ataque de patógenos. Cada cultura tem sua necessidade específica pelos nutrientes, que é alterada conforme a finalidade do cultivo e a produção esperada. Portanto, o estado nutricional da planta pode proporcionar ajuda na capacidade de resistir à infecção de patógenos (GONTIJO NETO et al., 2004; QUEIROZ, 2012).

O objetivo desta revisão foi entender o efeito da fertilidade do solo nas características agrônômicas, sanitárias, químicas e nutricionais do sorgo boliviano.

## **2.1. O sorgo forrageiro**

O sorgo comumente comercializado pertence majoritariamente às espécies *Sorghum bicolor* (L.) Moench e *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf e aos híbridos de ambos (GONTIJO NETO et al., 2004). Esta cultura é uma das mais recomendadas para a produção de silagem, pela facilidade de cultivo, alto rendimento e pela qualidade da silagem produzida (GONTIJO NETO et al., 2004).

A planta possui o sistema radicular fasciculado, com raízes seminais e adventícias; caule do tipo colmo, com estrutura ereta; 7 a 30 folhas dispostas de forma alternada, com nervuras paralelinérveas; inflorescência do tipo panícula, que pode ser compacta ou aberta (SANTOS, et al., 2005; SILVA, et al. 2021).

O crescimento do sorgo é dividido em três estádios fenológicos, definidos por seu desenvolvimento e com exigências diferentes. O primeiro (EC1) ocorre desde a germinação até o momento da diferenciação da panícula da planta; O segundo estágio de crescimento (EC2) inicia-se com a panícula e dura até o florescimento pleno; A última fase (EC3) é iniciada no final do EC2 até o momento de maturação fisiológica (MAGALHÃES et al., 2010). De modo geral, no EC1 é necessário o rápido estabelecimento da cultura, pois a planta é suscetível aos estresses ambientais, tornando-se rústica no decorrer do seu desenvolvimento. Em EC2 é importante o fotoperíodo para

um bom rendimento, é necessário que nesta fase a planta apresente boa área foliar e eficiente sistema radicular. Já em EC3, é essencial que sejam supridos os fatores relacionados ao enchimento de grãos (MAGALHÃES et al., 2010).

Quanto às condições ambientais, a planta de sorgo apresenta boa adaptabilidade as regiões de clima tropical. Tal clima é semelhante àqueles encontrados no seu centro de origem, cujas evidências demonstram que a dispersão da espécie ocorreu a partir da região da África oriental e da Índia (RIBAS, 2008).

O sorgo apresenta grande flexibilidade de implantação em diferentes sistemas de produção, fator que o torna uma opção para diversas regiões no mundo (BUSO et al., 2011). A cultura tem amplitude quanto a época de semeadura, baixo custo de produção e possibilidade de aproveitamento pela rebrota. Sua utilização tem ocorrido principalmente em locais que a produção de outros cereais, como o milho e trigo, não é viável (BUSO et al., 2011).

O sorgo é mais resistente ao déficit hídrico do que o milho por causa da raiz, que explora melhor o perfil do solo, necessitando de 330 litros de água para produzir um quilo de matéria seca (MAGALHÃES et al., 2003). Quanto ao encharcamento, a planta apresenta dois mecanismos de defesa, o escape e a tolerância, onde o primeiro está relacionado ao sistema radicular profundo e ramificado e, o segundo, à redução do metabolismo, hibernação (murcha), e a rápida recuperação da planta quando o estresse é interrompido (MAGALHÃES et al., 2003). Desta forma, o cultivo de sorgo pode ser efetuado em regimes pluviométricos que variam de 375 a 625 mm (BUSO et al., 2011).

O sombreamento na planta de sorgo acarreta diminuição da fotossíntese, que causa danos quando ocorre nos estádios de crescimento 2 e 3 (EC2 e EC3), devido à maior atividade metabólica da planta (CRUZ et al., 2010). Neste momento, a planta apresenta maior demanda por fotoassimilados, já que os órgãos reprodutivos estão em crescimento. Apesar do sombreamento acarretar menor porte da planta, o efeito direto com o rendimento dos grãos pode ser baixo (EVANS, 1976).

As plantas de sorgo adaptadas ao clima tropical são sensíveis às baixas temperaturas. O sorgo Sudão IPA 4202, por exemplo, em ambiente semiárido do Brasil, suporta diferentes regimes hídricos de água salina, e ainda assim, com quantidade de biomassa aceitável para produção de forragem (SANTOS et al., 2021). Porém, há cultivares com adaptação aos climas temperados, tornando possível o cultivo de sorgo em latitudes de até 45° norte ou sul (BUSO et al., 2011).

Quando considerados os genótipos de clima tropical, a temperatura ótima de cultivo é de 33 + ou - 1°C (CLEGG et al., 1983). Abaixo de 16°C e acima de 38°C ocorre um decréscimo na produtividade da planta. Já abaixo de 10°C há redução de área foliar, perfilhamento, altura, acúmulo de matéria seca e atraso na floração (CLEGG et al., 1983). Durante o florescimento, a baixa temperatura pode ocasionar baixo desenvolvimento da panícula e esterilidade da panícula (CRUZ et al., 2010).

Quanto a produção de grãos, o Brasil é o 8º maior produtor de sorgo (FAO, 2020), sendo 65% da produção é utilizada para consumo interno (CONAB, 2018). A estimativa de produção nacional na safra 2021/2022 é de 269,3 milhões de toneladas, com incremento de 20,8% na área plantada (CONAB, 2022).

A produtividade de massa verde varia a depender do solo e das condições climáticas, podendo chegar até 70 t.ha<sup>-1</sup> MV. Oliveira et al. (2005) encontraram resultados com médias de 45,87 t MV.ha<sup>-1</sup> a 67,56 t MV.ha<sup>-1</sup> em cultivo de sorgos do tipo forrageiro, com doses elevadas de N em adubação de cobertura com precipitação de 480 mm no período de cultivo, sugerindo assim boa eficiência de utilização do adubo.

O sorgo gigante AGRI 002E é um *Sorghum bicolor* registrado em 2011 pela empresa Tropigene Comercial Agrícola. A cor da planta é palha, com nervura das folhas esverdeada, cuja panícula semi-aberta, de formato elíptico. Segundo o registro, a cultivar é adaptada para todos os estados de Brasil (BRASIL, 2023). A planta apresenta alta capacidade de rebrote, excelente profundidade de raiz e alta produção de volumoso com excelente capacidade de rebrota (LATINASEEDS, 2023).

## 2.2. Finalidades no uso do sorgo

No Brasil, existem diferentes finalidades para o cultivo do sorgo, sendo elas para a produção de grãos, açúcar, bioenergia, para pastejo, silagem e vassoura. Cada tipo de sorgo pode ser recomendado para algumas finalidades específicas (CRUZ et al., 2010).

De acordo com BUSO et al., 2011, o sorgo granífero apresenta menor estatura quando comparado aos demais. Encontram-se neste grupo os híbridos e variedades que são adaptados para a colheita mecânica, podendo ou não ter a presença de tanino. As plantas variam de um metro a um metro e meio, com grãos variando de vermelho claro a marrom, sendo os grãos o principal uso.

O sorgo para pastejo é utilizado também para fenação, como cobertura morta ou para corte verde. As variedades são normalmente cruzamentos de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*, com altura variando de dois a três metros (CRUZ et al., 2010).

Para sua utilização conservada na forma de silagem é utilizado o sorgo silageiro, cuja finalidade também é a produção de açúcar e álcool. Neste caso, o colmo é suculento com porte variando de dois metros e meio a três metros e meio (BUSO et al., 2011).

O sorgo de duplo propósito, ou de dupla aptidão, é utilizado para produção de silagem e para grãos. As plantas apresentam altura de um metro e oitenta até dois metros, permitindo que se faça a colheita mecânica dos grãos de parte da lavoura. Estes grãos podem ser comercializados ou então utilizados na alimentação animal (CRUZ et al., 2010).

Todos os tipos de sorgo forrageiro podem ser utilizados para a alimentação animal. Entretanto, o sistema tradicional de produção de gado consiste em manter a alimentação dos bovinos na pastagem perene durante o período das chuvas e, no início da seca, pode ser fornecido o sorgo forrageiro na forma de silagem (BUSO et al., 2011).

### **2.3. Doenças do sorgo**

O sorgo é suscetível a diferentes doenças, a depender das condições ambientais e da resistência da cultivar. Qualquer doença na planta proporciona danos crescentes à produtividade da cultura. No sorgo, têm-se registrados doenças de colmo, folha, panículas e raízes, cujos agentes etiológicos podem ser fungos, bactérias ou vírus. Assim, há interferência nas funções fisiológicas da planta, com alteração na divisão, diferenciação e desenvolvimento das células, na absorção de água e nutrientes, e na formação e translocação de fotoassimilados (COTA, 2010).

A diversidade de condições ambientais em que a cultura do sorgo pode ser implantada, propicia uma grande exposição da cultura a uma maior gama de pragas e doenças. Isto pode resultar em perdas significativas de qualidade e de quantidade produzida, tanto no grão quanto na forragem. O dano das doenças em uma planta é diretamente proporcional ao grau de severidade, onde plantas com mais tecido colonizado apresentaram maior dano na produtividade (CRUZ et al., 2010). As severidades das doenças que ocorrem no sorgo, assim como em outras culturas, podem variar com a safra e o local de cultivo (CRUZ et al., 2010).

As principais doenças do sorgo são: antracnose (*Colletotrichum sublineolum*); míldio (*Peronosclerospora sorghi*); helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*); ferrugem (*Puccinia purpurea*); ergot ou doença açucarada (*Claviceps africana*); e podridão seca (*Macrophomina phaseolina*) (COTA, 2010). Todas causam danos na parte aérea das plantas e, particularmente nas folhas, que são o principal órgão de interesse quando a intenção é a produção de silagem. Dentre essas, a antracnose é de maior preocupação, devido à sua severidade, ocorrência generalizada e por provocar perdas até de 100 % no rendimento e na qualidade do grão e da forragem (COSTA et al., 2003).

## 2.4. Antracnose

A antracnose está presente em todas as áreas de cultivo de sorgo no Brasil, podendo acarretar perdas de 50% a 100%, quando as cultivares são susceptíveis e o ambiente está propício para o desenvolvimento da doença (CRUZ et al., 2010).

O agente causal da doença é o fungo *Colletotrichum sublineola*, que apresenta grande variabilidade e utiliza diferentes espécies de sorgo como plantas hospedeiras, a exemplo o *Sorgo bicolor*, *S. sudanense* e o *S. halepenses* (CRUZ et al., 2010). O fungo produz conídios que são disseminados pelo vento e por respingos de chuva, tornando sua propagação rápida. Como há produção de uma massa gelatinosa que protege os conídios da dessecação, o fungo consegue sobreviver de uma safra para a outra em restos de cultura, espécies selvagens e sementes (COTA, 2010).

O ambiente favorável ao surgimento da doença é formado por alta umidade e temperatura entre 25 e 30°C, além de um período mínimo de 24h de molhamento foliar (CRUZ et al., 2010). Nestas condições, o patógeno pode infectar as folhas, pedúnculo, colmo, panícula e grãos. Vale ressaltar que as condições ambientais são semelhantes às que se tem durante o cultivo de sorgo, principalmente no enchimento dos grãos (CRUZ et al., 2010).

Os sintomas iniciais ocorrem principalmente nas folhas e são manchas de aproximadamente 5 mm, de formato elíptico a circular e coloração que varia entre vermelho, púrpura, alaranjado e castanho escuro, a depender da pigmentação da planta. Com a evolução da doença, o centro das lesões se torna escuro em função da formação de acérvulos e, em condições favoráveis, pode ocasionar a morte da planta antes mesmo da maturação fisiológica dos grãos (CASELA, et al., 2006).

De acordo com Cota (2010) as lesões na nervura principal podem ocorrer de maneira simultânea ou não à infecção do limbo foliar. As lesões apresentam formato elíptico a alongado, com coloração avermelhada, amarela, púrpura ou escura, onde também são produzidos muitos acérvulos. Já no colmo e no pedúnculo, as lesões tendem a aparecer no período de maturação. O interior do órgão doente apresenta coloração que varia de amarelo a vermelho, com pontuações brancas que correspondem ao ponto de penetração do fungo. Nesses pontos, há a frutificação do fungo na parte externa da planta.

O controle da doença é eficiente quando utilizado cultivares resistentes, porém, a alta variabilidade do patógeno dificulta este método, já que a resistência da cultivar pode ser rapidamente suplantada pelo surgimento de novas raças (CASELA, et al., 2006; CHALA, et al., 2011). Outras formas de controle recomendadas para serem usadas, preferencialmente de forma integrada, são a rotação de culturas, enterramento dos restos culturais, eliminação de plantas hospedeiras, uso de sementes sadias e utilização de tratamento de sementes (COSTA et al., 2003). Neste caso, essas medidas são para diminuir a fonte primária de inóculo, de modo a diminuir a severidade da doença no ciclo primário (COSTA et al., 2003). Ainda, deve-se considerar a resistência genética das plantas, que ocorre quando o estado nutricional da cultura está equilibrado. O bom estado nutricional da planta pode ajudar na capacidade dela de resistir à infecção de patógeno, estimulando os seus mecanismos de defesa (COSTA et al., 2003).

## **2.5. Nutrição das plantas**

Os nutrientes são importantes para diversos processos fisiológicos das plantas, com a participação, tanto na estrutura das células, quanto em constituintes e ativadores de enzimas. Dentre os nutrientes, são essenciais aqueles cuja ausência irá impedir o desenvolvimento completo do ciclo da planta; a deficiência é específica podendo ser corrigida ou prevenida apenas pelo fornecimento e este deve estar envolvido diretamente na nutrição da planta (ARNON; STOUT, 1939). Assim, quando em quantidade inapropriada, ocasiona desarranjo fisiológico na planta (TAIZ, L.; ZEIGER, 2017).

Dezessete elementos são considerados como essenciais na planta (FERNANDES et al., 2020). O carbono e o oxigênio são supridos pela atmosfera e o hidrogênio pela água absorvida pela planta. Os demais, seja macro ou micronutrientes, são fornecidos

principalmente pelo solo, por meio do que é nativo e os provenientes da adubação e calagem (LIMA FILHO, 2020).

Entretanto, os nutrientes presentes no solo podem não ser suficientes para suprir a necessidade das plantas de sorgo, principalmente pelo fato dos solos brasileiros serem, em grande parte, ácidos e de baixa fertilidade natural. Sendo, portanto, torna-se necessário realizar a correção e adubação do solo (CRUZ et al., 2010).

Todos esses nutrientes apresentam papéis fundamentais nas plantas e cada um é demandado em certa quantidade, a depender da finalidade do cultivo, seja para a produção de massa ou grãos. Os elementos são essenciais de maneira individual e de forma conjunta, onde o equilíbrio entre eles permite que a planta expresse todo o potencial genético, com reflexo direto na produção (REETZ, 2016). Ou seja, o desequilíbrio entre cada relação dos nutrientes acarreta num menor desempenho da planta e, como consequência, há redução na produção e até mesmo na qualidade bromatológica (REETZ, 2016).

Cada cultura tem sua necessidade específica pelos nutrientes, que é alterada conforme a finalidade do cultivo e a produção esperada. A recomendação geral para produção de silagem é elevar a saturação de bases para 60% e manter a relação Ca:Mg maior que 3:1, já que relações estreitas entre esses nutrientes prejudicam a cultura (ALVES et al., 1999). No plantio recomenda-se a aplicação de 10 a 20 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 30 a 90 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 a 150 kg de K<sub>2</sub>O, a depender do teor presente no solo (baixo, médio ou alto) e da produção esperada (<50 a >60 t.ha<sup>-1</sup> de massa verde). Deve-se também aplicar 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes, até 2 kg.ha<sup>-1</sup> de zinco. Já na cobertura deve-se aplicar 70, 100 ou 140 kg.ha<sup>-1</sup> de N, a depender das metas de produção, variando de <50, 50 a 60 e > 60 t.ha<sup>-1</sup> de massa verde (ALVES et al., 1999).

O sorgo forrageiro, quando destinado a produção de massa e com expectativa de render 8,8 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca, extrai para a produção 137 kg de nitrogênio, 18 kg de fósforo, 100 kg de potássio, 28 kg de cálcio e 28 de magnésio. Quando a produção estimada é 12.5 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca, a extração aumenta para 173 kg de nitrogênio, 27 kg de fósforo, 139 kg de potássio, 39 kg de cálcio e 34 kg magnésio (CRUZ et al., 2010).

Juntamente com a análise de solo, pode-se utilizar de estratégias para se quantificar a quantidade de nutrientes no limbo foliar das plantas, já que mesmo em quantidades adequadas no solo ainda não há a garantia de suprimento ao longo do crescimento e desenvolvimento da cultura, pois muitos fatores podem afetar a disponibilidade dos nutrientes. Assim, no tecido foliar, considera-se adequado de 32 a 42

g.kg<sup>-1</sup> de nitrogênio, 2 a 6 g.kg<sup>-1</sup> de fósforo, 20 a 30 g.kg<sup>-1</sup> de potássio, 1.5 a 9 g.kg<sup>-1</sup> de cálcio e 2 a 5 g.kg<sup>-1</sup> de magnésio (FAGERIA, et al., 2010).

A resistência natural das plantas pode ocorrer quando o estado nutricional da cultura proporciona uma condição fisiológica que dificulta o processo de infecção e o desenvolvimento da doença (CARVALHO; BARCELLOS, 2012). Qualquer situação desfavorável ao crescimento da planta tende a provocar um acúmulo de produtos solúveis (CHABOUSSOU, 2006). Estes produtos favorecem a nutrição de microrganismos, reduzindo a resistência da planta às doenças. Portanto, o bom estado nutricional da planta proporciona o crescimento e o desenvolvimento vegetal e ajuda na capacidade de resistir a infecção de patógenos (QUEIROZ, 2012).

### 3. Considerações finais

O sorgo é uma planta versátil e, por isso, amplamente semeado em locais cujo cultivo de outros cereais é prejudicado devido as questões ambientais. Sua finalidade varia de acordo com o material utilizado podendo servir para a alimentação animal.

Sua adaptação ao clima tropical torna seu cultivo propício no Brasil, contudo as doenças, como a antracnose, podem limitar sua produção. A principal forma de controle é a utilização de cultivares resistentes, porém, também pode-se considerar a fertilidade do solo como uma forma de se diminuir ou retardar a incidência e severidade da doença.

Plantas nutridas adequadamente apresentam mecanismos de defesas ativos, ou seja, apresenta resistência aos problemas ocasionados por patógenos. Portanto, a equilibrada adubação possibilita a planta se desenvolver em meio a estresses bióticos e abióticos.

### 4. Referências

ABREHA, K. B.; ORTIZ, R.; CARLSSON, A. S.; GELETA, M.; Understanding the Sorghum – *Colletotrichum sublineola* Interactions for Enhanced Host Resistance. **Front. Plant Sci.** 12:641969. doi: 10.3389/fpls.2021.641969, 2021.

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. V.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E. Sorgo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359p. 1999.

ARNON, D. I.; STOUT, P. R. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. **Plant Physiology**, v. 14, n. 2, 1939.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Registro de Cultivares**. Brasília, 2023. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php) Acesso em: 10 mar. 2023.

BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; BORGES E SILVA, L.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **Pubvet**, v. 5, n. 23, 2011.

CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, 2012.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. DA S.; PINTO, N. F. J. DE A. Doenças na cultura do milho. **Circular técnica**, v. 83, 2006.

CHABOUSSOU, F. Plantas Doentes Pelo Uso de Agrotóxicos – Novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas – A teoria da trofobiose. Em: **São Paulo: Expressão Popular**. Porto Alegre, RS. 2006.

CHALA, A.; TRONSMO, A. M.; BRURBERG, M. B. Genetic differentiation and gene flow in *Colletotrichum sublineolum* in Ethiopia, the centre of origin and diversity of sorghum, as revealed by AFLP analysis. **Plant Pathology**, v. 60, n. 3, 2011.

CLEGG, M. D.; EASTIN, J. D.; NELSON, L. A. Field Evaluation for Cool-Tolerance in Grain Sorghum 1. **Crop Science**, v. 23, n. 1, 1983.

CONAB. Análise mensal - Sorgo. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2018.

CONAB. Sétimo levantamento de Avaliação da Safra de Grãos. **Sorgo, Safra 2021/2022**. abr. 2022.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. S. A antracnose do sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, 2003.

COTA, L. V.; COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; Cultivo do Sorgo. **Sistemas de Produção**, v. 6 ed., 2010.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. G.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F. Embrapa Milho e Sorgo Cultivo do Milho. **Embrapa**, v. 2, 2010.

EVANS, L. T.; W. I. F. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. **Advances in Agronomy**, New York., v. 28, p. 301–359, 1976.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Growth and mineral nutrition of field crops, **Third edition**. 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agricultural. **FAOSTAT**, 2020.

FERNANDES, P. B.; THEODORO, G. F.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; COSTA, A. B. G.; SANTANA, J. C. S.; SILVA, M. G. P.; BOMFIM, L. N. Aspectos relacionados ao potencial forrageiro do sorgo: revisão. **Pubvet**, v. 14, n. 7, 2020.

GONTIJO NETO, M. M. et al. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação: características agronômicas, carboidratos solúveis e estruturais da planta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6 suppl 2, 2004.

LATINASEEDS. **Sorgão gigante**. 2022. Disponível em: [https://www.latinaseeds.com.br/\\_files/ugd/7beefa\\_4e3e76ecbf0d4ecb9da2fafe79d7d38a.pdf](https://www.latinaseeds.com.br/_files/ugd/7beefa_4e3e76ecbf0d4ecb9da2fafe79d7d38a.pdf). Acesso em: 26 fev. 2022.

LIMA FILHO, O. F. Desordens nutricionais em plantas. Embrapa (**Comunicado Técnico**), v. 257, p. 26, 2020.

MAGALHÃES, P. C., DURÃES, F. O. M., RODRIGUES, J. A. S. Fisiologia da planta de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Comunicado técnico**, **86**. 4p, 2010.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. Fisiologia da planta sorgo. **Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento**, v. 35, 2003.

OLIVEIRA, R. P.; FRANÇA, A. F. S.; RODRIGUES, F. O.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 45–53, 2005.

QUEIROZ, C. **Níquel, outros micronutrientes e silício e a ferrugem asiática (Phakopsora pachyrhizi) na cultura da soja (Glycine max)**. 2012.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. 178p, IFA. Paris-França. maio 2016.

RIBAS, P. M. Importância econômica. In: Cultivo do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de Produção 2**. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/491783/4/Importanciaeconomica.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2022.

SANTOS, F. D.; CASELA, C. R.; WAQUI, J. M. Melhoramento de sorgo. In BORÉM A. (org). Melhoramento de espécies cultivadas. **UFV - Viçosa/MG**, ed 2, p. 605–658, 2005.

SANTOS, L. C.; SILVA, G. A. M.; ABRANCHES, M. O.; ROCHA, J. L. A.; SILVA, S. T. A.; RIBEIRO, M. D. S.; GOMES, V. R.; SEVERO, P. J. S.; BRILHANTE, C. L.; SOUSA, F. Q. O papel do silício nas plantas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, p. e3810716247, 12 jun. 2021.

SILVA, D. F. DA; GARCIA, P. H. DE M.; SANTOS, G. C. DE L.; FARIAS, I. M. S. C. DE.; PÁDUA, G. V. G. DE; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E. DA; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Morphological characteristics, genetic improvement and planting density of sorghum and corn crops: a review. *Research, Society and Development*, v. 10, 8 mar. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*, 6a Edição. 2017.

## Capítulo 2. Desempenho agrônômico, nutricional e sanitário do sorgo gigante boliviano em função da fertilidade do solo.

### RESUMO

O objetivo foi avaliar o efeito da fertilidade do solo nas características agrônômicas, químicas e nutricionais do sorgo gigante boliviano AGRI 002E. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois solos (A e B) com diferentes atributos químicos e físicos. O primeiro tratamento, solo A, possui pH = 5,3; K = 522 mg.dm<sup>-3</sup>; P = 101,7 mg.dm<sup>-3</sup>; S = 6,3 cmol.dm<sup>-3</sup>; Ca = 6,24 cmol.dm<sup>-3</sup>; Mg = 3,40 cmol.dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmol.dm<sup>-3</sup>; H+Al = 3,94 cmol.dm<sup>-3</sup>; SB = 10,98 cmol.dm<sup>-3</sup>; t = 10,98 cmol.dm<sup>-3</sup>; M.O. = 41,37 g.dm<sup>-3</sup>; V = 73,59%; m = 0,00%; B = 0,59 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu = 10,40 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe = 28,20 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn = 81,8 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn = 15,40 e textura argilosa (58,0% de argila) (Tabela 1). O segundo tratamento, solo B, possui pH = 5,1; K = 205 mg.dm<sup>-3</sup>; P = 6,9 mg.dm<sup>-3</sup>; S = 4,1 cmol.dm<sup>-3</sup>; Ca = 4,95 cmol.dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,39 cmol.dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmol.dm<sup>-3</sup>; H+Al = 5,03 cmol.dm<sup>-3</sup>; SB = 8,86 cmol.dm<sup>-3</sup>; t = 8,86 cmol.dm<sup>-3</sup>; M.O. = 35,07 g.dm<sup>-3</sup>; V = 63,79%; m = 0,00%; B = 0,39 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu = 13,50 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe = 33,40 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn = 103,2 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn = 1,7 e textura muito argilosa (60,8 % de argila). As principais variáveis avaliadas foram: a análise das características morfológicas, severidade de antracnose e produtividade de massa de forragem. A massa de forragem produzida pelo sorgo cultivado no solo A foi 64,83% superior a encontrada nas plantas no solo B, uma diferença de 24,04 T/ha de MS. A AF (área foliar estimada) teve redução de 33,59% quando a fertilidade do solo foi menor (solo B). A severidade da antracnose apresentou alta correlação negativa com todas as características morfológicas e de produtividade, principalmente no solo B. A menor condição de fertilidade do solo na camada de 20 a 40 cm reduziu o desenvolvimento estrutural das plantas e aumentou a participação de estruturas fibrosas do sorgo boliviano gigante. O perfil químico do solo influencia os índices agrônômicos, químicos e nutricionais das plantas.

Palavras-chave: *Colletotrichum sublineola*, forrageira, nutrição de plantas, *Sorghum bicolor*.

## 1. Introdução

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é originado na África (BVENURA; KAMBIZI, 2022) e considerado uma cultura de grande importância econômica para o mundo devido sua grande abrangência de destinação pois pode ser utilizada na alimentação humana e animal. (BVENURA; KAMBIZI, 2022).

A facilidade de cruzamento entre as espécies, devido à compatibilidade de cruzamento entre os sorgos cultivados e os selvagens, permite a melhoria das características de produção (WANG et al., 2016), e possibilita uma grande variabilidade de espécies de sorgo.

A heterogeneidade do sorgo, tanto em finalidade de produção, como em carga genética implica exigências e comportamento produtivo singular para cada cultivar. Sua plasticidade e rusticidade o coloca em evidência no cenário mundial, uma vez que sua implantação pode significar menos riscos econômicos (WANG et al., 2016), pois seu aumento de produção em detrimento a outros cereais importantes como por exemplo o milho que sofreu impacto devido à guerra na Ucrânia (FAO, 2020), comprova o potencial de comercialização deste produto.

O Brasil se tornou o quarto maior produtor mundial de alimentos e, com a crescente expansão do agronegócio, surgiram dificuldades para que a produção nacional de fertilizantes suprisse a demanda local. As importações de fertilizantes fosfáticos, potássicos e nitrogenados tem origem principalmente da Rússia. Com a guerra, estima-se que os preços dos insumos aumentaram 199% desde maio de 2020 (ONU, 2022). Embora seja em parte visto como uma consequência da guerra na Ucrânia, os preços dos alimentos, combustíveis e fertilizantes já haviam atingido níveis recordes no final de 2021, período pré-guerra.

Com a dependência dos fertilizantes, é importante a implantação de culturas com adaptabilidade a condições adversas. O sorgo é uma planta rústica, com menor exigência hídrica quando comparada a outros cereais, porém, isso não impede que seja acometido por outros estresses abióticos e bióticos (BALAKRISHNA et al., 2019).

A extração de nutrientes do solo é influenciada pela sua disponibilidade e capacidade genética (ALMEIDA et al., 2022). Desta forma, a questão de qualidade do solo é vital, tanto para atender as exigências nutricionais da planta, quanto para evitar processos de degradação, perda de matéria orgânica e redução da eficiência da ciclagem de nutrientes (KIBBLEWHITE et al., 2008). Em trabalho realizado por PARENTE et al.

(2011) em vasos, verificou-se que as doses de 0 e 50 kg/ha de P apresentaram menor produção de massa de forragem, e de forma geral, para todas as variáveis (com exceção da relação folha/colmo).

A deficiência de alguns minerais pode inibir o crescimento forrageiro. Segundo Ahmad et al. (2018) a aplicação de zinco aumenta a altura das plantas e área foliar por planta, mas não afeta a fibra em detergente neutro - FDN, fibra em detergente ácido - FDA e percentagem de cinzas em sorgo forrageiro (variedade Hegari). O uso do zinco e nitrogênio têm efeitos positivos nos índices produtivos, sendo as melhores doses de aplicação de 10 e 120 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aumenta a produtividade de forragem verde e qualidade do sorgo forrageiro pelo aumento no teor de proteína bruta.

A presença de zinco inibe o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ERO's) responsáveis por romper membranas celulares e dificultam o funcionamento normal das células nos tecidos vegetais (CAKMAK, 2000) e (DUC et al., 2018) . A aplicação de 10kg.ha<sup>-1</sup> no solo foi suficiente para aumentar sua concentração no sorgo (AHMAD et al., 2018).

A hipótese testada é que a fertilidade do solo pode alterar o desempenho produtivo e a resistência do sorgo à antracnose (*Colletotrichum sublineola*), e limitar seu desempenho produtivo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico do sorgo gigante boliviano, cultivado sob diferentes composições químicas do solo.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Área experimental**

O experimento foi conduzido na safra 2021/22 na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul (MS), Brasil, nas coordenadas 20°26'17"S e 54°51'24"W, a 407 m de altitude. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura muito argilosa (SANTOS, 2013). A unidade experimental foi constituída por 7 linhas de 5 metros, espaçadas entre si de 0,7 m, com 8,4 plantas por metro linear. A área da parcela correspondeu a 25 m<sup>2</sup> e a parcela útil foi constituída por 16 m<sup>2</sup> centrais da parcela, descartando-se 1 metro de cada extremidade. (Figura 1).

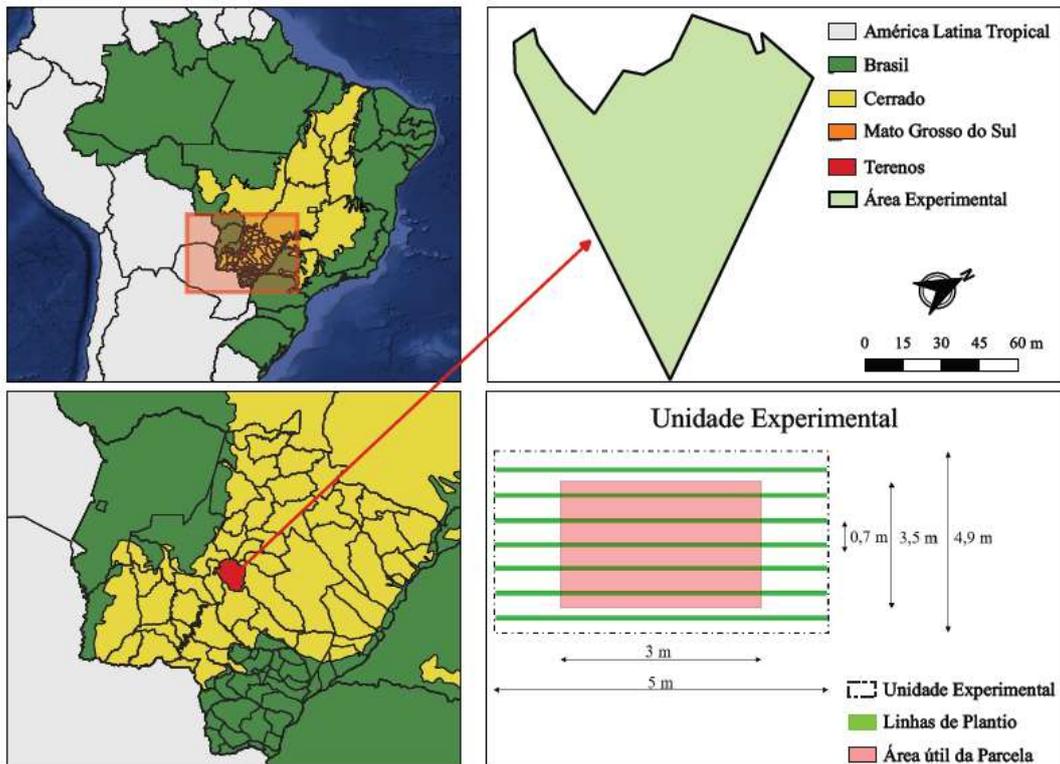


Figura 1. Localização da área experimental e esquematização da unidade experimental.

O clima da região é caracterizado como tropical tipo Aw com estação seca definida (KOTTEK et al., 2006). Durante os meses de dezembro a abril, período em que ocorreu o experimento, a precipitação total foi de 638,40 mm, com temperatura máxima de 33,10°C, mínima de 25,62°C e média de 20,94°C, conforme dados quinzenais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022) (Figura 2).

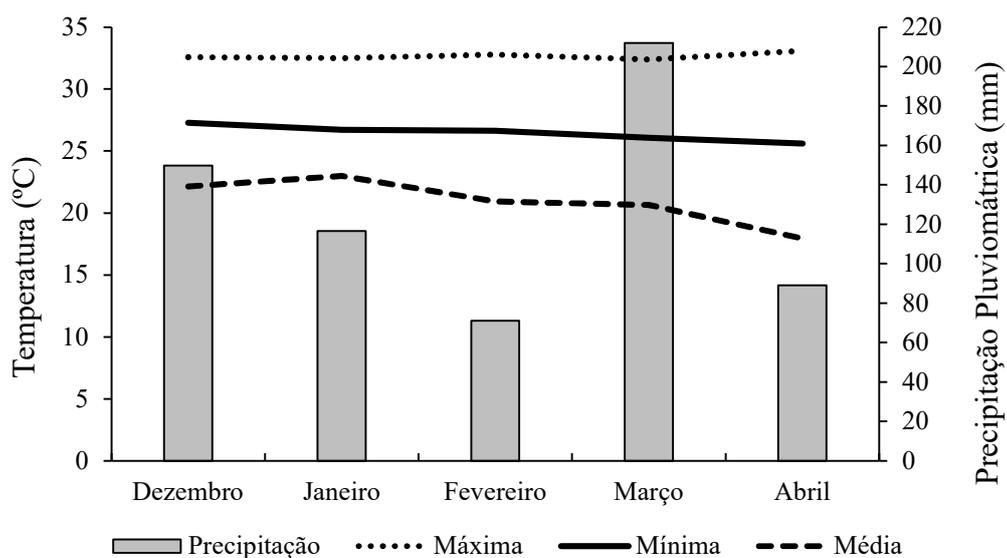


Figura 2. Dados meteorológicos durante o período de cultivo do sorgo forrageiro no município de Terenos, MS (INMET, 2022).

## 2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado-DIC, em faixas, sendo cada uma delas referente a um tipo de solo. Foram dois tratamentos (solo A e solo B), em 10 repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

O primeiro tratamento, solo A, possui pH = 5,3; K = 522 mg.dm<sup>-3</sup>; P = 101,7 mg.dm<sup>-3</sup>; S = 6,3 cmol.dm<sup>-3</sup>; Ca = 6,24 cmol.dm<sup>-3</sup>; Mg = 3,40 cmol.dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmol.dm<sup>-3</sup>; H+Al = 3,94 cmol.dm<sup>-3</sup>; SB = 10,98 cmol.dm<sup>-3</sup>; t = 10,98 cmol.dm<sup>-3</sup>; M.O. = 41,37 g.dm<sup>-3</sup>; V = 73,59%; m = 0,00%; B = 0,59 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu = 10,40 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe = 28,20 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn = 81,8 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn = 15,40 e textura argilosa (58,0% de argila) (Tabela 1). O segundo tratamento, solo B, possui pH = 5,1; K = 205 mg.dm<sup>-3</sup>; P = 6,9 mg.dm<sup>-3</sup>; S = 4,1 cmol.dm<sup>-3</sup>; Ca = 4,95 cmol.dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,39 cmol.dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmol.dm<sup>-3</sup>; H+Al = 5,03 cmol.dm<sup>-3</sup>; SB = 8,86 cmol.dm<sup>-3</sup>; t = 8,86 cmol.dm<sup>-3</sup>; M.O. = 35,07 g.dm<sup>-3</sup>; V = 63,79%; m = 0,00%; B = 0,39 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu = 13,50 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe = 33,40 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn = 103,2 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn = 1,7 e textura muito argilosa (60,8 % de argila) (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas médias do solo da área experimental na profundidade de 0 – 20 e 20 – 40 cm.

Camada de 0 - 20 cm													
Área	pH*	K	P	S	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	M.O.	V	m
		mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				g dm <sup>-3</sup>		%		
A	5,3	522,0	101,7	6,30	6,24	3,40	0,00	3,94	10,98	10,98	41,37	73,59	0,00
B	5,1	205,0	6,9	4,10	4,95	2,39	0,00	5,03	8,86	8,86	35,07	63,79	0,00
Área	Micronutrientes (mg.dm <sup>-3</sup> )					Análise Física (%)							
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia		Argila	Silte				
A	0,59	10,40	28,20	81,80	15,40	23,1		58,0	18,9				
B	0,39	13,50	33,40	103,2	1,70	19,8		60,8	19,4				
Camada de 20 – 40 cm													
Área	pH*	K	P	S	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	M.O.	V	m
		mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				g dm <sup>-3</sup>		%		
A	4,9	235,0	24,1	53,7	3,96	2,41	0,13	4,87	6,97	7,10	28,54	58,87	1,83
B	4,9	68,00	3,3	4,40	4,07	2,58	0,45	5,77	6,82	7,27	25,07	54,17	6,19
Área	Micronutrientes (mg dm <sup>-3</sup> )												
	Cu		Fe		Mn	Zn	B						
A	10,40		32,40		48,60	4,10	0,47						
B	13,10		39,20		60,30	0,80	0,33						

\*CaCl, SB: Soma de bases, t: capacidade de troca de cátions efetiva, M.O.: matéria orgânica, V: saturação por bases, m: saturação por alumínio.

As principais diferenças entre os dois tratamentos são quanto aos teores de potássio, fósforo, saturação de bases, manganês e zinco na camada de 0 a 20 cm. Na camada de 0 a 40 cm os teores de potássio, fósforo enxofre, e saturação por alumínio são os que apresentam maior diferença.

### **2.3 Instalação e condução do experimento**

O preparo mínimo da área dos dois tratamentos foi realizado conforme descrito por Theodoro et al. (2021). O híbrido utilizado foi o AGRI 002E (Sorgo Gigante Boliviano), semeado de forma mecanizada em 10 de dezembro de 2021, sem adubação de base e cobertura, em espaçamento de 0,7 m e população de 120 mil plantas por hectare.

### **2.4 Avaliações**

As avaliações foram realizadas 126 dias após a semeadura, na fase de pré-pendoamento. Nesta ocasião, cortaram-se, rente ao solo, 20 plantas por parcela experimental, para que houvesse a avaliação das características morfológicas, químicas, sanitárias e produtivas da cultura.

O teor estimado de clorofila foi mensurado com o uso de clorofilômetro portátil Minolta SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development), na porção mediana do limbo da terceira folha totalmente expandida do ápice para a base da planta (SPAD) (MINOLTA, 1989) e uma na folha média (SPADFM).

A altura da planta (ALT) foi medida por meio de régua graduada, sendo considerado o comprimento do colmo central do nível do solo até o último nó com inserção de folha. O diâmetro do colmo foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital, na altura média de cada planta, logo abaixo da folha (DCM) e no nível do solo, na base da planta (DCB).

O número de folhas vivas (NFV) foi o resultado da soma das folhas vivas totalmente expandidas e a área foliar (AF) foi estimada na terceira folha totalmente expandida, do ápice para a base da planta, foi removida e então mensurou-se sua largura e comprimento por meio de uma régua graduada em centímetros. A AF foi estimada por meio da multiplicação do comprimento da folha, da largura e a constante 0,747.

## 2.5 Características agronômicas

A produção de forragem verde foi estimada pela massa de 20 plantas colhidas por parcela experimental, logo após o corte. A massa então foi corrigida para a produção em toneladas por hectare, considerando a população de 120 mil plantas por hectare, por meio da seguinte equação:

$$\text{Produção de forragem (t.ha}^{-1}\text{)} = ((\text{peso das plantas} / 20) * 120000) / 1000$$

Uma subamostra por parcela foi pesada para mensuração da matéria seca (MS), essa amostra foi identificada e seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por três dias, para posterior mensuração do peso seco.

A avaliação da severidade da antracnose do sorgo foi realizada visualmente por uma única pessoa treinada, seguindo uma adaptação da escala diagramática proposta por (SHARMA, 1983), que considera a porcentagem aproximada de área foliar com sintomas típicos da doença. A escala varia de 0 a 100% de área afetada (0, 2,5, 5, 10, 20, 35, 50, 75 e 100% que corresponde às notas de 1 a 9), onde foram consideradas notas sendo uma planta totalmente sadia e nove planta com 100% da área foliar afetada, conforme Figura 3.

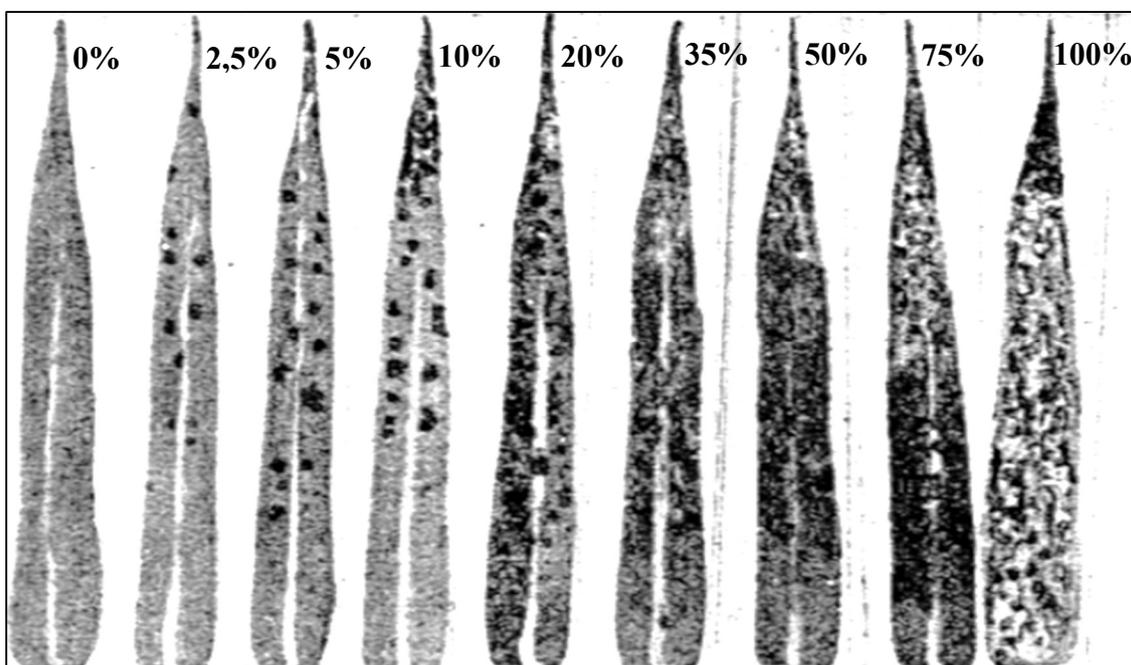


Figura 3. Escala diagramática para a avaliação da severidade da antracnose do sorgo. As folhas da esquerda para a direita mostram 0, 2,5, 5, 10, 20, 35, 50, 75 e 100% áreas foliar com sintomas típicos da doença (SHARMA, 1983).

## 2.6 Composição química

Após as avaliações morfológicas, as dez plantas foram divididas, pesados, cortados, homogeneizados, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por três dias para mensuração do peso seco. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho Wiley (1 mm) e analisadas usando a espectroscopia de refletância no infravermelho próximo (NIRS), conforme Marten (1985), para mensuração dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), celulose (CEL), sílica (SIL) e digestibilidade da matéria orgânica *in vitro* (DIGMO).

## 2.7 Análise Estatística

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, onde as médias foram comparadas pelo teste t de Student a 5% de significância. Posteriormente, realizou-se a análise de correlação Pearson entre as variáveis. As análises estatísticas foram realizadas pelo PROC GLM e PROC CORR do programa estatístico SAS versão 9.3 (SAS INSTITUTE INC, 2012).

## 3. Resultados

Foi observado efeito significativo ( $p < 0,001$ ) para as características morfológicas e agronômicas do sorgo em função dos atributos químicos dos solos (Tabela 2).

Tabela 2. Características morfológicas do sorgo forrageiro AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.

Características Morfológicas	Solo		EPM	DP	Valor p
	A	B			
SPAD	44,71	24,87	0,9714	10,61	<0,0001
SPADFM	51,38	27,43	1,0437	11,98	<0,0001
ALT (m)	3,56	1,99	0,06383	0,83	<0,0001
DCM (mm)	19,48	15,35	0,4186	2,47	<0,0001
DCB (mm)	19,53	18,42	0,4183	1,41	0,1147
NFV	14,60	9,00	0,3612	3,12	<0,0001
AF (cm <sup>2</sup> )	578,89	384,43	17,5656	113,46	<0,0001

SPAD: teor de clorofila na terceira folha totalmente expandida do ápice para a base da planta. SPADFM: teor de clorofila na folha média. ALT: altura. DCB: diâmetro do colmo na base da planta. DCM: diâmetro do colmo no meio da planta. NFV: número de folhas vivas. AF: Área foliar. EPM: erro padrão da média. DP: desvio padrão. Valor p: probabilidade efeito significativo.

A ALT no solo A foi superior em cerca de 1,57 cm. As plantas no solo A tinham aproximadamente 1,6 vezes mais folhas vivas (NFV) que plantas do solo B, além de 50% a mais de área foliar estimada (AF). O diâmetro da base (DCB) das plantas não sofreu influência ( $p=0,1147$ ) da fertilidade do solo, apresentando média de 17,42 mm. As folhas das plantas cultivadas no solo A tinham maior teor de clorofila que aquelas das plantas cultivadas solo B, tanto na folha média (SPADFM) quanto na segunda folha totalmente expandida (SPAD) (Tabela 2).

A severidade de antracnose em folhas de sorgo foi superior no solo B. A massa verde, a massa seca e o percentual de matéria seca foram influenciados pela fertilidade do solo sendo os maiores índices observados nas plantas cultivadas no solo A (Tabela 3). A MV do sorgo boliviano foi o dobro nos solos A em relação ao solo B.

Tabela 3. Características agronômicas do sorgo forrageiro AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.

Caraterísticas de Produção	Solos		EPM	DP	Valor p
	A	B			
ANTRAC (%)	2,40	14,68	1,0884	0,7699	<0,0001
MV (t.ha <sup>-1</sup> )	123,09	54,14	6,3428	40,40	<0,0001
MSS (t.ha <sup>-1</sup> )	37,08	13,04	0,9398	11,76	<0,0001
MTS (%)	30,13	24,83	7,8763	3,97	0,0022

ANTRAC: severidade da antracnose. MV: massa verde. MS: massa seca. MTS: matéria seca. EPM: erro padrão da média. DP: desvio padrão. Valor p: probabilidade efeito significativo.

A antracnose apresentou alta correlação negativa com todas as características morfológicas e de produtividade (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as variáveis: de plantas de sorgo AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.

	SPAD	SPADFM	ALT	DCM	DCB	NFV	AF	ANTRAC	MV	MSS	MTS
<b>SPAD</b>	1,000	0,983*	0,963*	0,916*	0,403	0,958*	0,927*	-0,928*	0,943*	0,629*	0,957*
<b>SPADDM</b>		1,000	0,979*	0,918*	0,443	0,973*	0,934*	-0,958*	0,935*	0,639*	0,950*
<b>ALT</b>			1,000	0,896*	0,507*	0,960*	0,893*	-0,955*	0,913*	0,614*	0,919*
<b>DCM</b>				1,000	0,630*	0,962*	0,924*	-0,834*	0,954*	0,600*	0,434
<b>DCB</b>					1,000	0,530	0,446*	-0,449*	0,502*	0,149	0,954*
<b>NFV</b>						1,000	0,938*	-0,908*	0,979*	0,586*	0,967*
<b>AF</b>							1,000	-0,852*	0,941*	0,512*	0,935*
<b>ANTRAC</b>								1,000	-0,841*	-0,853*	-0,581*
<b>MV</b>									1,000	0,519	0,697*
<b>MSS</b>										1,000	0,968*
<b>MTS</b>											1,000

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Teor de clorofila (SPAD), teor de clorofila na folha média (SPADFM), altura (ALT), diâmetro do colmo no meio da planta (DCM), diâmetro do colmo na base da planta (DCB), número de folhas vivas (NFV), índice de área foliar. (AF), severidade da antracnose (ANTRAC), massa verde (MV), massa seca (MSS) matéria seca (MTS) de plantas de sorgo AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.

As variáveis ALT, DCM e AF apresentaram correlação de média a alta com todas as características. Já as variáveis SPAD, SPADDM, NFV e MTS se correlacionaram com todas as variáveis, exceto DCB. A MSS não se correlacionou com a MV e DCB (Tabela 4).

Na planta de sorgo gigante boliviano não houve efeito ( $p > 0,05$ ) da fertilidade do solo para os teores de MS, MM, FDA, LIG e SIL (Tabela 5). Os componentes FDN e CEL foram maiores nas plantas cultivadas no solo B, já as variáveis PB e DIGMO apresentaram maiores teores nas plantas produzidas no solo A.

Tabela 5. Características químicas de sorgo forrageiro AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.

Características Químicas	Solos		EPM	DP	Valor p
	A	B			
MS (%)	91,29	90,44	0,4349	1,41	0,2507
MM (% da MS)	8,58	8,54	0,4440	1,35	0,2902
PB (% da MS)	9,58	4,27	0,8738	3,83	0,0010
FDN (% da MS)	77,69	81,31	0,8286	3,16	0,0073
FDA (% da MS)	42,43	46,51	1,2376	4,34	0,0821
LIG (% da MS)	5,41	5,38	0,1858	0,58	0,8256
CEL (% da MS)	35,82	38,23	0,7015	2,49	0,0470
SIL (% da MS)	1,77	2,86	0,4057	1,36	0,1132
DIGMO (% da MS)	40,41	31,80	2,3682	8,52	0,0456

MS: matéria seca absoluta. MM: matéria mineral. PB: proteína bruta. FDN: fibra em detergente neutro. FDA: fibra em detergente ácido. LDA: lignina em detergente ácido. CEL: celulose. SIL: sílica. DIGMO: digestibilidade da matéria orgânica in vitro. EPM: erro padrão da média. DP: desvio padrão. Valor p: probabilidade efeito significativo.

A PB apresentou alta correlação negativa com as variáveis FDN e CEL em 91,15% e 90,02%, respectivamente. Já com a variável DIGMO, a correlação foi positiva de 85,79% (Tabela 6). A FDN e CEL apresentaram alta correlação positiva entre elas.

Tabela 6. Correlação de Pearson entre as variáveis químicas do sorgo AGRI 002E, em função de solos com fertilidade distinta.

	MS	MM	PB	FDN	FDA	LDA	CEL	SIL	DIGMO
<b>MS</b>	1,000	-0,737*	0,333	-0,269	-0,645*	-0,473*	-0,358	-0,934	0,646*
<b>MM</b>		1,000	0,213	-0,157	0,255	0,244	-0,073	0,772*	-0,185
<b>PB</b>			1,000	-0,911*	-0,835*	-0,472*	-0,900*	-0,397	0,858*
<b>FDN</b>				1,000	0,843*	0,636*	0,911*	0,362	-0,873*
<b>FDA</b>					1,000	0,779*	0,927*	0,705*	-0,951*
<b>LDA</b>						1,000	0,746*	0,447*	-0,758*
<b>CEL</b>							1,000	0,416	-0,881*
<b>SIL</b>								1,000	-0,679*
<b>DIGMO</b>									1,000

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Matéria seca absoluta (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), celulose (CEL), sílica (SIL) e digestibilidade da matéria orgânica in vitro (DIGMO) de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), celulose (CEL), sílica (SIL) e digestibilidade da matéria orgânica in vitro (DIGMO).

## 4. Discussão

O tratamento solo A apresenta maiores teores de potássio, fósforo, enxofre e zinco na camada de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm quando comparado ao solo B. Segundo valores de referência para solos do Cerrado, o teor de potássio está alto em ambos os tratamentos ( $> 80 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) na camada de 0 a 20 cm. Na camada de 20 a 40 cm, o teor passa a ser adequado no solo B ( $51 \text{ a } 80 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) (VILELA; SOUZA; SILVA, 2004).

Fósforo alto na camada de 0 a 20 cm em ambos os tratamentos ( $> 12 \text{ mg.dm}^{-3}$  para solo argiloso – solo A – e  $> 6 \text{ mg.dm}^{-3}$  para solo muito argiloso – solo B). Na camada 20 a 40 cm, o teor está médio no solo B ( $3,1 \text{ a } 4 \text{ mg.dm}^{-3}$  para solo muito argiloso) (SOUZA; LOBATO; REIN, 2004).

O teor médio de enxofre na camada de 0 a 40 cm é de 30 e 4  $\text{mg.dm}^{-3}$  para os tratamentos solo A e Solo B respectivamente. Para solos de Cerrado, o teor do enxofre é alto ( $\geq 10 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) no solo A e baixo ( $\leq 4 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) no solo B (REIN; SOUZA, 2004).

O zinco está alto em ambos os tratamentos na camada de 0 a 20 cm ( $> 1,6 \text{ mg.dm}^{-3}$ ). Na camada de 20 a 40, o nutriente está em teor baixo no tratamento solo B ( $0 \text{ a } 1 \text{ mg.dm}^{-3}$ ) (GALRÃO, 2004).

A quantidade dos nutrientes presentes na camada de 0 a 20 cm foram suficientes para suprir a demanda básica do sorgo em ambos os solos. Na camada de 20 a 40 cm, os teores de potássio, fósforo e zinco estavam melhores no solo A, combinado com o teor adequado de enxofre.

O potássio estimula a formação de massa vegetal em gramíneas (MALAVOLTA Et al., 1997). O fósforo é fundamental na formação de energia (LIMA FILHO, 2020) e aumenta a formação das raízes (MALAVOLTA et al., 1997). O enxofre aumenta a massa vegetal (Malavolta et al., 1997) e o zinco afeta na síntese de auxinas e de clorofila, cuja deficiência prejudica o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O Sorgo Boliviano Gigante Agri 002E possui sistema radicular agressivo e profundo (LATINASEEDS, 2023), necessitando dos nutrientes também nas camadas mais profundas do solo. Portanto, as melhores condições de fertilidade na camada 20 a 40 cm do solo proporcionou os melhores resultados quanto as características morfológicas do sorgo.

Os valores do SPAD são um forte indicador do teor de clorofila foliar (COSTE et al., 2010). O maior teor de zinco na camada de 20 – 40 cm (Tabela 1) proporcionou os melhores resultados no tratamento solo A (Tabela 2) já que este nutriente influencia na

síntese de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2017) e, como consequência, proporciona melhor desenvolvimento vegetal.

O aumento do teor de clorofila influencia diretamente a produção de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2017), que conforme é acumulado, proporciona o aumento da altura das plantas e diâmetro do colmo (BUSO et al., 2011). O aumento de fotoassimilados também proporcionou incremento no tamanho da folha e assim, a área foliar, cujos resultados foram melhores no tratamento solo A.

O aumento na altura da planta proporciona aumento no número de nós e o aumento do número de folhas, justificando a melhor resposta em altura e número de folhas no tratamento solo A (Tabela 2).

As plantas do solo A tiveram maior disponibilidade de fósforo, mineral indispensável na formação de ATP (adenosina trifosfato) (TAIZ; ZEIGER, 2017) e, junto ao maior teor de clorofila, incrementaram o desenvolvimento do Sorgo Gigante Boliviano Agri 002E.

Como resposta as características morfológicas, a produção de massa verde, massa seca e matéria seca foram melhores no solo A (Tabela 3). As plantas no solo B produziram 68,95 t.ha<sup>-1</sup> a menos de massa verde que o solo A. Tal fato ocorreu pela maior altura da planta e pelo maior desenvolvimento ocasionado no solo A, visto que a massa verde se correlaciona com todas as características morfológicas (Tabela 4). Além disso, os teores de potássio na camada de 20 a 40 cm e enxofre na camada de 0 a 40 cm estávamos menores nesse tratamento, contribuindo com a menor produção de massa.

A antracnose apresentou 12,28% mais severidade nas plantas do solo B (Tabela 3), possivelmente pelo estado nutricional da planta. Pode-se considerar que plantas bem nutridas expressam maior resistência às doenças, independente do ambiente onde estão inseridas. Por meio de uma perspectiva epidemiológica, tal fato pode contribuir com a diminuição da fonte de inóculo primária em cultivos posteriores, na mesma área, uma vez que o patógeno pode sobreviver por longos períodos em restos de cultura (CROUCH & BEIRN, 2009).

O surgimento da doença reflete diretamente na produção e desenvolvimento da planta, pois ocorre queda do índice produtivo e alteração na morfologia vegetal com diminuição no número e arquitetura das foliar. Isso ocorre pois os sintomas iniciais da doença ocorrem principalmente nas folhas (CASELA, et al., 2006) e pode acometer também o pedúnculo, colmo, panícula e grãos, que provoca perdas no rendimento e na qualidade do grão e da forragem (COSTA et al., 2003). A menor produção

fotoassimilados nas plantas do solo B, ocorrida pelo menor teor de clorofila e pela maior incidência da antracnose, proporcionou a menor altura das plantas, menos folhas vivas e menor área foliar (Tabela 2), resultando na redução de massa verde, seca e matéria seca (Tabela 3).

Theodoro et al. (2021) apresentou resultados respectivos a altura, massa verde, massa seca e matéria seca de 2,77 m; 87,96 t.ha<sup>-1</sup>; 33,11 t.ha<sup>-1</sup> e 34,68% em estudo com o Agri 002E aos 97 dias após a semeadura. As plantas conduzidas no solo A apresentaram maiores valores de altura (3,56 m); massa verde (123,09 t.ha<sup>-1</sup>) e massa seca (37,0,8 t.ha<sup>-1</sup>), com menor matéria seca (30,13%). No solo B, os resultados de altura (1,99 m); massa verde (54,14 t.ha<sup>-1</sup>); massa seca (13,04 t.ha<sup>-1</sup>) e matéria seca (24,83%) foram inferiores.

Apesar das plantas do experimento apresentarem 126 dias após a semeadura, o melhor desempenho das plantas no solo A demonstra que a condição de solo proporcionou os melhores resultados da cultivar. Já as plantas provenientes do tratamento solo B apresentaram uma redução drástica nas características morfológicas e de produção, que ocorreu pelo menor teor de nutrientes e maior severidade da antracnose.

A condição do solo influenciou as características químicas PB, FDN, CEL e DIGMO. O aumento da PB e DIGMO influenciam na redução da CEL e FDN, pois apresentam forte correlação negativa (Tabela 6).

As plantas em cenários de estresse mobilizam os nutrientes para fornecer energia aos demais tecidos (HABERMANN et al., 2019), desta forma ocorre redução no teor de proteína e por consequência na digestibilidade do material.

Os resultados de PB e FDN encontrados neste trabalho nas plantas cultivadas no solo A foram superiores aos valores encontrados por Rodrigues Filho et al. (2006). No estudo de quatro genótipos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*), a PB variou de 4,85% a 6,97% e, a FDN de 37,29% a 53,05% (Rodrigues Filho et al., 2006). Observa-se que os valores foram semelhantes aos apresentados no solo B.

A saturação de bases na camada de 0 a 20 cm é maior no solo A, mas, ambos os solos estão na faixa ideal de cultivo de sorgo, que é mínimo de 50%, conforme Souza & Lobato (2004). A saturação por alumínio na camada 20 a 40 é maior no solo B, porém, em ambos os solos o teor é menor que 20% e o cálcio está acima de 0,5 cmol.dm<sup>-3</sup>, não sendo necessária a aplicação de gesso, conforme recomendação de Andrade (2004). Portanto, a saturação por alumínio não prejudicou o desenvolvimento da planta nos dois tratamentos,

O sorgo boliviano gigante altera seu padrão de desenvolvimento em solos de menor disponibilidade de nutrientes, porém, permanece produzindo 13,04 t.ha<sup>-1</sup> de massa seca. A nutrição das plantas deve ser o foco de estudo, já que a planta apresenta grande potencial produtivo e sua resiliência frente as adversidades edafoclimáticas podem ser ponderadas com melhoria na composição química do solo.

## 5. Conclusões

A Composição química do solo influencia nas características agrônômicas, químicas e morfológicas do Sorgo. A maior disponibilidade de K, P e Zn na camada superficial e S na camada de 0 a 40 cm do solo proporciona melhor desenvolvimento do sorgo gigante boliviano Agri 002E. Solos de baixa fertilidade diminuem a resiliência contra doenças das plantas. severidade da antracnose está relacionada com a disponibilidade de nutrientes no solo e com o menor desempenho morfológico das plantas neste tratamento. Plantas em solos de baixa fertilidade diminuem o teor de proteína bruta e digestibilidade e aumentam a participação de estruturas fibrosas. O sorgo gigante boliviano Agri 002E é apresenta melhor desempenho quando a disponibilidade de nutrientes é alta na camada de 0 a 40 cm de profundidade.

## 6. Referências

- AHMAD, W.; TAHIR, M.; AHMAD, R. & AHMAD, R. Agronomic biofortification of fodder sorghum with zinc under different levels of nitrogen. **Sains Malaysiana**, 47(6), 1269-1276. 10.17576/jsm-2018-4706-23. 2018.
- ALMEIDA, E. M. D.; MONTAGNER, D. B.; DIFANTE, G. D. S.; ARAÚJO, A. R. D.; SANTANA, J. C. S.; GURGEL, A. L. C. & SCARIOT, C. Growth dynamics and nutrient uptake of *panicum maximum* under nitrogen fertilisation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, 1-15. 10.1080/00288233.2022.2057554. 2022.
- ANDRADE, L. R. M.; In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p. 2004.
- BALAKRISHNA, D.; VINODH, R.; MADHU, P.; AVINASH, S.; RAJAPPA, P. V.; BHAT, B. V. Tissue culture and genetic transformation in Sorghum bicolor. In *Breeding Sorghum for diverse end uses* (pp. 115-130). **Woodhead Publishing**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00007-3>. 2019.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; BORGES E SILVA, L.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **Pubvet**, v. 5, n. 23, 2011.

BVENURA, C.; KAMBIZI, L. Chapter 5 - Future Grain Crops. In Future Foods; Bhat, R., Ed.; **Academic Press**: Cambridge, MA, USA; pp. 81–105. ISBN 978-0-323-91001-9, 2022.

CAKMAK, I.; Tansley Review No. 111 Possible Roles of Zinc in Protecting Plant Cells from Damage by Reactive Oxygen Species. **New Phytology**, 146, 185-205 <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00630.x>. 2000.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. DA S.; PINTO, N. F. J. DE A. Doenças na cultura do milho. **Circular técnica**, v. 83, 2006.

COSTA, R. V.; CASELA, C. R.; ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. S. A antracnose do sorgo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, 2003.

COSTE, S.; BARALOTO, C.; LEROY, C.; MARCON, E.; RENAUD, A., RICHARDSON, A. D.; ROGGY, J. C.; SCHIMANN, H.; UDDLING, J.; HERAULT, B. Assessing foliar chlorophyll contents with the SPAD-502 chlorophyll meter: a calibration test with thirteen tree species of tropical rainforest in French Guiana. **Annals of Forest Science**. 67, 607. <https://doi.org/10.1051/forest/2010020> . 2010.

CROUCH, J. A.; BEIRN, L. A. Anthracnose of cereals and grasses. **Fungal Diversity**, v. 39, p. 19-44. 2009.

DUC, N. H.; CSINTALAN, Z.; POSTA, K. Arbuscular mycorrhizal fungi mitigate negative effects of combined drought and heat stress on tomato plants. **Plant Physiol. Biochem**. 132, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.09.011>. 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agricultural. **FAOSTAT**, 2020.

GALRÃO, E. Z.; Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p. 2004.

HABERMANN, E.; DIAS DE OLIVEIRA, E. A.; CONTIN, D. R.; DELVECCHIO, G., VICIEDO, D. O.; DE MORAES, M. A.; COSTA, K. A. P.; BRAGA, M. R., MARTINEZ, C. A. Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. **Physiologia Plantarum**, 165(2), 383-402. <https://doi.org/10.1111/ppl.12891>. 2019.

INMET - **Instituto Nacional De Meteorologia Do Brasil**. 2022.

KIBBLEWHITE, M. G.; RITZ, K., & SWIFT, M. J. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 685-701. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>. 2008.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B. & RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, 15(3), 259-26. 2006.

LATINASEEDS. **Sorgão gigante**. 2022. Disponível em: [https://www.latinaseeds.com.br/\\_files/ugd/7beefa\\_4e3e76ecbf0d4ecb9da2fafa79d7d38a.pdf](https://www.latinaseeds.com.br/_files/ugd/7beefa_4e3e76ecbf0d4ecb9da2fafa79d7d38a.pdf). Acesso em. 26 fev. 2022.

LIMA FILHO, O. F. Desordens nutricionais em plantas. Embrapa (**Comunicado Técnico**), v. 257, p. 26, 2020.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A.S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo**. 2.ed. 319p. 1997.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis of forage quality**. 110 p. 1985.

MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502**. Instruction manual. Minolta Co., Osaka, Japan. 22 pp. 1989.

ONU. Global perspective Human stories. **Crise de fertilizantes arrasta metade do mundo para insegurança alimentar**. 2023. Disponível em: <https://www.latinasementos.com.br/sorgo-agri-002e>. 2022. Acesso em. 26 fev. 2022.

PARENTE, H. N.; RODRIGUES, O. S. J.; BANDEIRA, J. R.; OLIVEIRA, M.; PARENTE, M.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, K. R.; MOURÃO, R.; GOMES, S. REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas Produtividade do sorgo forrageiro em função de quantidades crescentes de adubação fosfatada e nitrogenada. [s.d.]. SANTOS, F. D.; CASELA, C. R.; WAQUI, J. M. Melhoramento de sorgo. In BORÉM A. (org). **Melhoramento de espécies cultivadas**, 2 (2º ed.) (pp. 605-658). Viçosa: UFV. 2005.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G.; Adubação com enxofre In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p. 2004.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, 7(1), 37-48. 2006.

SANTOS, H. G. DOS; **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa. 2013.

SAS INSTITUTE INC. Version 9.3 of the SAS System for Windows [computer program]. **SAS Institute Inc.**, Cary, NC. 2012.

SHARMA, H. L. A technique for identifying and rating resistance to foliar diseases of sorghum under field conditions. **Proceedings of the Indian Academy of Sciences**, Bangalore, v. 42, p. 278-283, 1983.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L.; Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p. 2004.

SOUSA, D.M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A.; Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**, 6a Edição. 2017.

THEODORO, G. DE F.; RIBEIRO, M. M.; PACHECO, F. B. DE S.; MIYAKE, A. W. A.; Forage sorghum productivity as a function of transit doses and cutting management. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e109101119401, 25 ago. 2021.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E.; Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 416 p. 2004.

WANG, Y. H., UPADHYAYA, H. D., DWEIKAT, I. Sorghum. In Genetic and genomic resources for grain cereals improvement (pp. 227-251). **Academic Press**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00005-8>. 2016.