

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Agronomia

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SORGO (*Sorghum  
bicolor* L.) EM RESPOSTA AO MANEJO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Thyago Henrique Sanguinete Souza



Thyago Henrique Sanguinete Souza

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SORGO (*Sorghum bicolor* L.)  
EM RESPOSTA AO MANEJO ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. DSc. Carlos Juliano Brant Albuquerque

Montes Claros  
2019

Thyago Henrique Sanguinete Souza. **PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SORGO (*Sorghum bicolor* L.) EM RESPOSTA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Thaíse Ohana Moura Fernandes

Prof. DSc. Leidivan Almeida Frazão

---

Prof. DSc. Carlos Juliano Brant Albuquerque – Orientador ICA/UFMG

Montes Claros, 26 de junho de 2019.

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, pelos ensinamentos, apoio e incentivo nas horas difíceis;

Aos meus avós maternos (Justina e Josefino) e paternos (Alírio e Raimunda) *in memoriam* pelo amor, força, incentivo e apoio incondicional.

Ao Professor Carlos Juliano, pela orientação, amizade, oportunidades de trabalho e auxílio essencial para conclusão desta etapa.

Aos amigos e companheiros do Núcleo de Estudos em Produção e Tecnologia de Cereais - NEProTeC pela oportunidade de trabalho em equipe e pela colaboração.

Ao Pro-Reitoria de Pesquisa – PRPq-UFMG, Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG e Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq pelo apoio financeiro.

Aos colegas da XV turma de Agronomia da UFMG, pela convivência e amizade.

Ao ICA/UFMG pela oportunidade de cursar Agronomia e pelas experiências proporcionadas bem como aos professores e funcionários pelo seu tempo e dedicação.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, obrigado!

## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características agronômicas e índice AtLeaf de quatro cultivares de sorgo submetidos a diferentes manejos da adubação nitrogenada. O ensaio foi conduzido em delineamento com blocos casualizados em esquema fatorial 4x4 com três repetições, sendo quatro cultivares de sorgo, dois graníferos (BRS310 e 50A50) e dois forrageiros (SS318 e BRS655) em quatro diferentes manejos da adubação nitrogenada no plantio com doses de 16, 32, 48 e 64 kg.ha<sup>-1</sup> de N no plantio, totalizando 48 parcelas. Os dados foram submetidos a uma análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Posteriormente realizou-se análise de correlação de Pearson entre as doses de N e o índice AtLeaf. O aumento da dose da adubação nitrogenada no plantio não tem efeito na produtividade de grãos do grupo silageiro, já para o grupo granífero a dose de 48 kg ha<sup>-1</sup> é a mais indicada. Apenas altura de plantas do grupo granífero é afetada pelo incremento de doses acima igual ou acima de 48 kg ha<sup>-1</sup>. O índice AtLeaf, teor de proteína bruta, somatório em graus-dia e percentagem de matéria seca não são afetados pelo aumento do N no plantio independente do grupo de cultivar avaliado. O aumento de doses de N no plantio tem correlação positiva com o índice AtLeaf e proteína bruta no grupo granífero, já no grupo silageiro correlação negativa para o índice AtLeaf, o que indica manejos diferenciados desse nutriente em função do grupo de cultivares.

**Palavras-chave:** AtLeaf; Clorofila; Silageiro; Forrageiro; Nitrogênio.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Temperatura média e precipitação por decêndio, durante o cultivo das cultivares de sorgo em Montes Claros – MG. Adaptado de, INMET (2018).....	7
---	---

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental nos perfis 0-20 e 20-40 cm, Montes Claros, 2019.....	8
Tabela 2 – Manejo da adubação de plantio, de cobertura e total em cultivares de sorgo para cada tratamento, Montes Claros, 2019.....	9
Tabela 3 – Quadrado médio das variáveis altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG), dias para florescimento (Flo), índice AtLeaf (AT), matéria seca (MS), estimativa dos graus dias (Graus) e proteína bruta (PB), Montes Claros, 2019.....	11
Tabela 4 – Altura média (metros) de plantas de quatro cultivares de sorgo em diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018)....	12
Tabela 5 – Produtividade média de grãos ( $t\cdot ha^{-1}$ ) de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018). ....	13
Tabela 6 – Quantidade de dias necessários para a floração de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).....	14
Tabela 7 – Índice AtLeaf de quatro cultivares de sorgo submetido a diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).....	14
Tabela 8 – Percentagem de matéria seca de quatro cultivares de sorgo sobre diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018). ....	15
Tabela 9 – Somatório em graus-dia dos dias de desenvolvimento de quatro cultivares de sorgo sobre diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018). ....	16
Tabela 10 – Teor de proteína bruta (%) de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018). ....	16

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANOVA – Análise de variância

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

EMBRAPA – Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos da América

GO – Goiás

ICA – Instituto de Ciências Agrárias

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MAP – Mono-Amônio-Fosfato

MG – Minas Gerais

MO – Matéria Orgânica

TO – Tocantins

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

V – Saturação por bases



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 A cultura do sorgo.....	2
2.2 Produtividade de grãos e Produtividade de Matéria seca.....	4
2.3 Manejo da adubação nitrogenada em sorgo.....	5
2.4 Índice de Clorofila.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3.1 Campo experimental.....	7
3.2 Delineamento experimental.....	8
3.3 Condução do experimento.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.4 Avaliações.....	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
5 CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

# 1 INTRODUÇÃO

Sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um membro da família Poaceae, cultivado como cereal e forragem em muitas partes do mundo (ASIF *et al.*, 2019). Sua rusticidade, alta produção de biomassa, grande tolerância ao déficit hídrico e eficiência energética, permitem o seu cultivo em zonas áridas e semi-áridas, com produção em diferentes estações e regiões (TOLENTINO *et al.*, 2016). Além disso, a grande variabilidade genética confere características distintas a seus cultivares, podendo ser utilizados na produção de grão, na preparação de silagem, na indústria sucroalcooleira e fabricação de vassouras (EMBRAPA, 2015). No Brasil cerca de 600 mil hectares são plantados com sorgo granífero, com uma produtividade média de 2.778 kg.ha<sup>-1</sup>, muito utilizado em sucessão a culturas (safrinha) (CONAB, 2018).

O nitrogênio (N) é um elemento essencial para o crescimento das plantas e precisa ser aplicado na quantidade correta exigida pela planta (DUNN; SINGH; GOAD, 2018). A quantidade de N disponível (acima ou abaixo do exigido) pode afetar o crescimento e o rendimento das plantas (DUNN *et al.*, 2018). O acúmulo de N ocorre quase que linear com a produtividade do sorgo, entre tanto, estudos visando à adequação das recomendações para a cultura são necessários, uma vez que, juntamente com o potássio, são os nutrientes de maior exigência na cultura do sorgo (MATEUS *et al.*, 2011; TAVIAN *et al.*, 2014). Desta forma, os sistemas de recomendação de nitrogênio para o sorgo devem ser específicos e devem refletir as exigências das variedades e diferentes condições de cultivo (LYONS *et al.*, 2019). O manejo desse nutriente é bastante complexo principalmente devido as instabilidades climáticas do cultivo no semiárido ou safrinha.

O programa de fertilização nitrogenada pode ser conseguido através da análise dos teores de clorofila (“a”, “b” e “a+b”) na matéria seca de folhas e posterior interpretação dos resultados (GIL *et al.*, 2002). Uma vez que o N se destaca por integrar a estrutura molecular das clorofilas e também por atuar em alguma etapa das reações que levam à síntese desses pigmentos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Entre tanto, a utilização da análise foliar convencional apresenta limitações, como o tempo gasto entre a tomada das amostras e a obtenção dos resultados (NOVICHONOK *et al.*, 2016). Em contrapartidas, os clorofilômetros são, no geral, efetivos em avaliar o verde da planta, ou indiretamente a concentração de clorofila e o “status” de nitrogênio das folhas, oferecendo vantagens em relação ao método convencional de análise (FERREIRA *et al.*, 2006).

Entre os clorofilômetros, o modelo atLEAF (FT Green LLC, Wilmington, DE, USA) se apresenta como uma alternativa de baixo custo (CAVALLO *et al.*, 2017). NOVICHONOK *et al.* (2016), demonstram uma relação significativa entre os valores de clorofila a, b e clorofila total e o valor atLEAF descritas por meio da função exponencial em *Cleistanthus* sp. e *Calamus* sp.

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar as características agronômicas e índice AtLeaf de quatro cultivares de sorgo para a produção de grãos, submetidos a diferentes manejos da adubação nitrogenada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma espécie monocotiledônea, originária da África e provavelmente da Índia, pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae e da tribo Andropogoneae (mesma do *Andropogon* sp. e *Saccharum* sp.) (ASCARI *et al.*, 2015; GETACHEW *et al.*, 2016). Cultivado desde os primórdios da agricultura, ganhou espaço no mercado mundial de grãos nos últimos anos, por apresentar características favoráveis de cultivo (SANTOS *et al.*, 2015; MACÊDO *et al.*, 2018). Atualmente, esta entre os cinco cereais mais cultivados no mundo, juntamente com trigo, milho, arroz e cevada (SRIVASTAVA; NARESH KUMAR; AGGARWAL, 2010; GETACHEW *et al.*, 2016). Por possuir variada aptidão é utilizado como fonte de alimento básico para milhões de pessoas em regiões áridas e semi-áridas, matéria-prima para alimentação animal, forragem e muitos produtos industriais (SRIVASTAVA; KUMAR; AGGARWAL, 2010; UTTAM *et al.*, 2017). A produção de sorgo no Brasil aumentou tanto pela expansão de sua área de cultivo, quanto pelo aumento da produtividade (ZANDONADI *et al.*, 2016).

Por realizar fotossíntese tipo C4, ou seja, um ciclo adicional de assimilação do dióxido de carbono – o sorgo possui vantagens em ambientes com temperatura e luminosidade elevadas (CARRILLO; STAGGENBORG; PINEDA, 2014; MACEDO, 2015). Devido suas características fisiológicas consegue paralisar seu crescimento ou diminuir o seu metabolismo durante o estresse hídrico, e reiniciá-lo quando a água se tornar disponível (LOURENÇÃO; BAGEGA, 2012). O sorgo apresenta ainda uma tolerância moderada ao estresse salino, característica útil em cultivos em que condições salinas são inevitáveis (AQUINO *et al.*, 2007; COELHO *et al.*, 2014). Além disso, No sorgo, a deposição de cera epicuticular – material macio branco - principalmente na floração, melhora a eficiência do uso da água e

auxilia a defesa das plantas contra patógenos e insetos (UTTAM *et al.*, 2017). Tais características conferem a esta espécie ampla adaptabilidade, versatilidade e rusticidade (SANTOS *et al.*, 2015).

De um modo geral a espécie possui sistema radicular bem desenvolvido (chegando a 1,30 m de profundidade), com colmo dividido por nós (7 a 24), com 7 a 24 folhas por planta, panícula estreita e compacta e grãos grandes geralmente redondos (PINHO *et al.*, 2014). Entretanto, as diferenças fisiológicas desta espécie, produto de seleções natural e/ou artificial, proporciona cultivares com características variadas (RIBAS, 2014; MAGALHÃES *et al.*, 2014). Os cultivares com florescimento tardio, possui maior produção de biomassa (devido ao maior tempo de crescimento vegetativo), enquanto as de floração precoce garantem tempo suficiente para a maturação do grão. (MURPHY *et al.*, 2011). Tais cultivares podem ser classificados agronomicamente em diferentes tipos: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura (MAY *et al.*, 2013). O Brasil conta com 468 variedades registradas (288 cultivares e 180 linhagens) de sorgo, com 35 mantenedores, sendo 82% privado e 18% público, sendo que a Embrapa é obtentora/mantenedora de 32 cultivares e 34 linhagens registradas de sorgo (DURÃES *et al.*, 2018).

O sorgo granífero possui variedades adaptadas a diferentes zonas climáticas, incluindo as temperadas, contudo, apesar de ser adaptada ao déficit hídrico, seu crescimento e desenvolvimento estão condicionados às condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 2015). É a principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, do sul da Ásia e da América Central (ARAÚJO *et al.*, 2014). No Brasil cerca de 600 mil hectares são plantados com sorgo granífero, com uma produtividade média de 2.778 kg ha<sup>-1</sup>, muito utilizado em sucessão de culturas (safrinha), entre tanto, observa-se que a escolha do sorgo pelo produtor varia muito devido ao mercado (CONAB, 2018). Utilizado, principalmente, para alimentação animal, respondendo por parte importante da oferta de grãos para suprir demanda da indústria de rações, como na substituição de grãos tradicionais utilizados na alimentação de suínos (como a soja) (HERRERA *et al.*, 2013; MENEZES *et al.*, 2017). No entanto, o principal fator limitante é a presença de taninos, que são considerados responsáveis pela redução da disponibilidade de minerais e da digestibilidade de proteínas e amidos, desta forma, cultivares brancos sem taninos detectáveis são geralmente selecionados para a indústria alimentícia (ALFIERI *et al.*, 2019).

Esse cereal tem sido utilizado como fonte de alimento animal por produzir grãos e forragem com bom rendimento de matéria seca e alto valor nutricional (NASCIMENTO *et al.*, 2008; GHANI *et al.*, 2015; GETACHEW *et al.*, 2016). Além disso, possui uma alta digestibilidade (em função de seu baixo teor de lignina), boa adequação à mecanização, capacidade de rebrota e versatilidade, utilizado *in natura*, como silagem ou feno e, ainda, pastejo direto (RAMOS *et al.*, 2015; ELIAS *et al.*, 2016).

## **2.2 Produtividade de grãos e Produtividade de Matéria seca**

Programas de melhoramento de sorgo do setor público e privado foram iniciados no Brasil na década de 1970, apesar de relativamente recente no Brasil, hoje o sorgo ocupa lugar de destaque entre as principais culturas do país, pela sua excepcional capacidade produtiva em condições adversas, principalmente a seca (SCHAFFERT *et al.*, 2016). A escolha da cultivar adequada para a produção de sorgo deve-se a observação de vários fatores como potencial produtivo, resistência a pragas e doenças e adaptação a alta densidade populacional, com fundamental importância no incremento na produtividade (BORGES *et al.*, 2010). Em todo o mundo, existem mais de 7 mil acessos do cereal (EMBRAPA, 2015).

Albuquerque *et al.* (2011) avaliando quatro cultivares de sorgo submetidas a três diferentes densidades de plantas e três espaçamentos, na condição climática de Jaíba, no norte de Minas Gerais, observaram que a cultivar BRS310 de sorgo é promissora para produção de grãos no semiárido da Região Norte de Minas Gerais. Esses autores reportaram produtividades de até 6,99 Mg ha<sup>-1</sup>, no espaçamento 50 cm, tal produtividade pode ser considerada significativa para a condição do semiárido, ressaltando-se o potencial genético desta cultivar.

Behling Neto *et al.* (2017) avaliando o valor nutricional da silagem de seis diferentes cultivares de sorgo em dois períodos de plantio, verificaram que a silagem de sorgo forrageiro BRS655 apresentou maior teor de carboidratos não-fibrosos e menor teor de fibra potencialmente digestível quando comparado as outras cultivares. Machado (2009) conduzindo experimento com diferentes cultivares de sorgo em Sete Lagoas (MG) obtiveram produção de matéria seca de 11,65, 14,80 e 12,28 ton ha<sup>-1</sup> com a cultivar BRS655 em três idades de corte com diferentes estádios de maturação dos grãos: leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente.

Silva *et al.* (2012b), na cidade de Sete Lagoas, avaliando a produtividade de grãos de 82 diferentes híbridos simples, observaram que as médias o genótipo 50A50 para altura de planta

(1,33 m), dias até o florescimento (67 dias) e produtividade (4,136 t ha<sup>-1</sup>) estavam entre as 33 melhores médias das cultivares avaliadas. Silva, Francischini e Goulart (2015) avaliando o desempenho agrônomico e econômico de 15 híbridos de sorgo cultivados durante a safrinha em Montividiu - GO, obtiveram uma produtividade 5,261 t ha<sup>-1</sup> do híbrido 50A50, com 36 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 67,5 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura.

Chavez *et al.* (2017) avaliando as características agrônomicas de acessos de *S. bicolor* em sistema agrossilvipastoril, utilizando a cultivar SS318 como um de seus tratamentos, concluíram que tal cultivar possui potencial de produção de forragem em quantidade e qualidade no sistema para região semiárida. Segundo os autores a cultivar SS318 obteve uma produção de matéria verde de 12,482 t ha<sup>-1</sup>, com 4,675 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca e florescimento aos 65 dias de desenvolvimento.

### **2.3 Manejo da adubação nitrogenada em sorgo**

A correção da acidez e a adubação são práticas culturais que estão diretamente ligadas à produtividade final da cultura do sorgo (ASCARI *et al.*, 2015). O nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras e as suas fontes são as que apresentam maior custo (BACELAR *et al.*, 2014). Além disso, o manejo de nitrogênio (N) é geralmente o principal componente do manejo de nutrientes do solo, uma vez que, devido a sua mobilidade este pode facilmente se dissipar ou volatilizar (ZHENG *et al.*, 2015). Na cultura do sorgo, o acúmulo de nitrogênio (N) ocorre quase que linear com a produtividade, juntamente com o potássio, são os nutrientes de maior exigência da cultura (MATEUS *et al.*, 2011; TAVIAN *et al.*, 2014). Por ser constituinte essencial das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético, sendo constituinte da molécula de clorofila o nitrogênio é considerado limitante (SIMILI *et al.*, 2008).

O manejo da adubação nitrogenada é uma prática bastante utilizada que pode reduzir as perdas desse nutriente no sistema, sendo parte colocada no plantio e o restante em cobertura (PINTO *et al.*, 2011). Na literatura existem alguns trabalhos com adução nitrogenada em sorgo como Simili *et al.* (2008) avaliando a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica de uma cultivar de sorgo-sudão concluíram que para tais condições de experimento a adubação nitrogenada de 100 kg ha<sup>-1</sup> foi a que obteve melhores respostas. Mateus *et al.* (2011), avaliando o efeito de diferentes manejos da adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero em cultivo solteiro e consorciado com os capins Marandu ou

Mombaça, concluíram que o manejo do nitrogênio em 50 kg no plantio e 50 kg na cobertura proporcionaram maior produtividade de grãos.

#### **2.4 Índice de Clorofila**

As clorofilas são pigmentos naturais mais abundantemente presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (STREIT *et al.*, 2015). São responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese (refletindo pigmentos, em geral, a cor verde), sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH (JESUS; MARENCO, 2008). Assim, a clorofila, presente em todos os vegetais, está diretamente associada ao potencial da atividade fotossintética das plantas e como consequência a produtividade (NOGUEIRA *et al.*, 2018).

O teor de clorofila correlaciona-se positivamente com o teor de N foliar (CARVALHO; SILVEIRA; SANTOS, 2012). Cerca de 70% do nitrogênio contido nas folhas está nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (WOOD; REEVES; HIMELRICK, 1993; SILVA *et al.*, 2012a; DEY; SHARMA; MESHRAM, 2016). Pesquisas a respeito das técnicas de manejo da adubação nitrogenada vêm priorizando o uso da planta como principal indicador do N disponível, por ser mais apropriado e conveniente do que o solo (BACELAR *et al.*, 2014). Assim, o programa de fertilização nitrogenada de uma cultura pode ser conseguido através da análise dos teores de N na matéria seca de folhas e posterior interpretação dos resultados (GIL *et al.*, 2002). Em sorgo forrageiro, cultivado em Palmas - TO a clorofila foliar se correlacionou positivamente com o aumento das doses de N, havendo pequeno decréscimo na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N com melhor resultado obtido (PEREIRA *et al.*, 2016).

Em laboratório, através do método espectrofotométrico é possível aferir dados sobre o conteúdo de clorofila a e b, bem como carotenoides, sem uma separação preliminar (HALLIK; NIINEMETS; KULL, 2011; NOVICHONOK *et al.*, 2016). Entre tanto, a determinação realizada em laboratório, constitui-se em uma análise destrutiva do material vegetal, e é relativamente demorada (requer tempo necessário para a extração, via maceração com solvente e posterior leitura em espectrofotômetro) (AMARANTE *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2016). No campo, pode ser realizado uma análise visual empírica da cultura ou ainda de acordo com a recomendação tradicional para cada tipo de solo, com base em sua análise química (SILVEIRA; GONZAGA, 2017). No entanto tais métodos estão sujeitos a sub ou superestimação, devido a interferência de fatores bióticos e abióticos.

Outras ferramentas de sensoriamento indireto, como medidores de clorofila, medições de refletância e análise de cor, foram desenvolvidos e utilizados (RORIE *et al.*, 2011). Em especial os clorofilômetros, que medem, de forma não destrutiva, o teor de clorofilas (a, b e total) das folhas (COELHO *et al.*, 2018). A estimativa do teor de pigmento fotossintético com esses dispositivos baseia-se na medida da absorção de radiação pela clorofila em diferentes comprimentos de onda (NOVICHONOK *et al.*, 2016). Entre os medidores, o modelo atLEAF (FT Green LLC, Wilmington, DE, USA) se apresenta como uma alternativa de baixo custo e mede a transmissão de luz no comprimento de onda de vermelho (660 nm) e próximo do infravermelho (940 nm) (ZHU; TREMBLAY; LIANG, 2012; CAVALLO *et al.*, 2017). O dispositivo estima o conteúdo de clorofila foliar emitindo estes dois comprimentos de onda (vermelho e infravermelho) e então mede a absorbância desses comprimentos de onda pela cor verde nas folhas (BASYOUNI; DUNN; GOAD, 2015).

Como grande parte do nitrogênio da planta está na molécula de clorofila, observa-se correlações fortes da leitura do clorofilômetro com a clorofila determinada e com as doses de N aplicadas (SILVA *et al.*, 2014; GODOY *et al.*, 2007). NOVICHONOK *et al.*, (2016) demonstram uma relação significativa entre os valores de clorofila a, b e clorofila total e o valor atLEAF descritas por meio da função exponencial em *Cleistanthus* sp. e *Calamus* sp. Estes resultados obtidos podem ser usados posteriormente para inferência do estado nutricional de N e, conseqüentemente, para ajustes na adubação nitrogenada (ZANDONADI, 2015).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Campo experimental**

O trabalho foi realizado em uma área experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG), no município de Montes Claros, Minas Gerais (latitude 16°40'59,7" S, longitude 43°50'21,9" W, altitude 680 m). De acordo com a classificação climática Köppen (ALVARES *et al.*, 2013) é uma área de clima seco tropical; com precipitação anual entre 1000 - 1300 mm, com inverno seco e temperatura média de 22,7°C. A temperatura média e precipitação por decêndio durante a condução do experimento são apresentadas na figura 1. O Solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico (EMBRAPA, 2013). Os resultados da análise química do solo encontram-se na tabela 1.



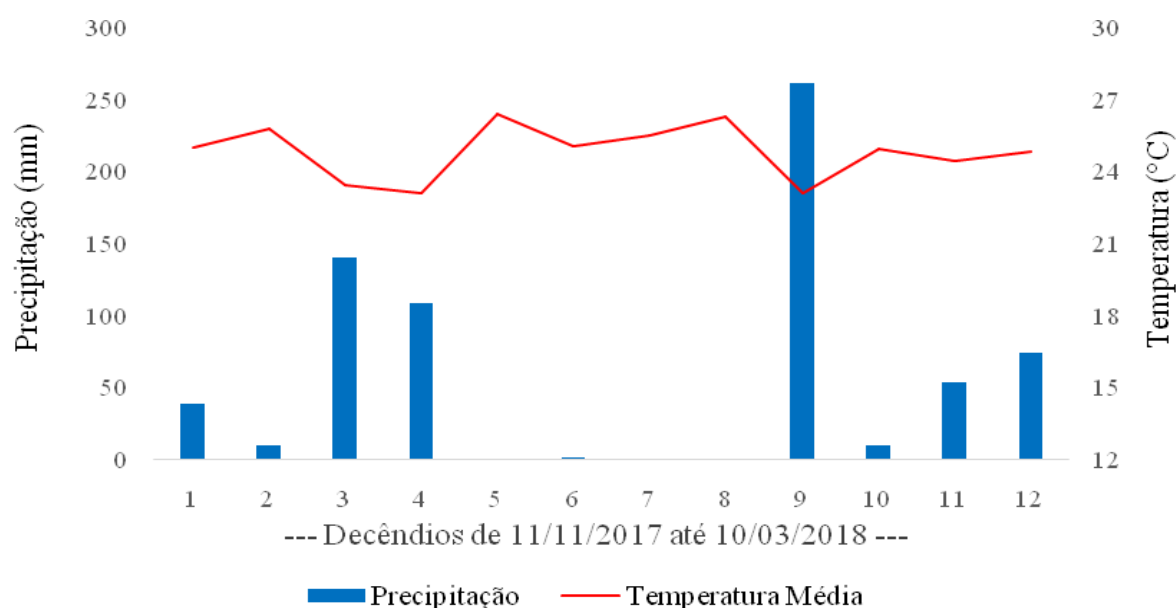


FIGURA 1 – Temperatura média e precipitação por decêndio, durante o cultivo de cultivares de sorgo em Montes Claros – MG. Adaptado de, INMET (2018).

### 3.2 Caracterização experimental

O ensaio foi conduzido em delineamento com blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4x4 com três repetições, sendo quatro cultivares de sorgo, dois graníferos (BRS310 e 50A50) e dois forrageiros (SS318 e BRS655) em quatro diferentes manejos da adubação nitrogenada no plantio com doses de 16, 32, 48 e 64 kg.ha<sup>-1</sup> de N, totalizando 48 parcelas. Cada parcela foi constituída por quatro linhas com quatro metros lineares no espaçamento de 0,50 m entre linhas.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental nos perfis 0-20 e 20-40 cm, Montes Claros, 2019

Camada (cm)	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	M.O	
	-	mg dm <sup>-3</sup>		cmolc dm <sup>-3</sup>							(%)	dag kg <sup>-1</sup>
0-20	6,8	4,5	88	1,2	1,2	0	3,4	3,8	7,2	53	2,5	
20-40	6,1	2,4	58	0,8	0,8	0,1	3,8	2,8	6,6	42	2,9	

P, K = (HCL 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>); P disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); Ca, Mg, Al (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al (Solução tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de troca catiônica; V Saturação por bases; MO = Matéria Orgânica. Fonte: Laboratório de Análise de solos do ICA/UFGM, 2017.

A condução do cultivo foi de forma convencional, o solo foi preparado antecipadamente com aração e gradagem (grade média), em seguida foram feitos os sulcos de plantio com o auxílio do cultivador. Os sulcos foram dimensionados para serem espaçados em 0,5 m. Após o preparo do solo, foi realizado adubação e semeadura manual das parcelas nos sulcos, adotando-se o dobro de sementes recomendado. Em V4 (plantas com seis folhas) foram realizadas o desbaste adotando-se a população de sete plantas por metro linear (140 mil

plantas ha<sup>-1</sup>) seguindo o delineamento e os tratamentos. O experimento foi implantado no dia 11 de novembro de 2017 e contou com suplementação hídrica (irrigação) através do sistema de irrigação por aspersão, buscando a capacidade campo até uma semana antes do início da colheita.

A adubação utilizada no plantio foi 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 10 kg ha<sup>-1</sup> de N (MAP) e 20 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Cloreto de potássio) associado com os seguintes manejos de nitrogênio (tratamentos) 16, 32, 48 e 64 kg.ha<sup>-1</sup> de N fornecidos na forma de uréia. A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas entraram no estágio V4 (com quatro folhas totalmente expandidas), visando atingir o total de 110 kg.ha<sup>-1</sup> de N (para cada tratamento, ou seja, 84, 68, 52, e 36 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente) (Tabela 2).

Para o controle de plantas daninhas foi utilizado, na pré-emergência, o herbicida Gezaprim® 500 (atrazine), na dosagem de 4 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial, para controle da lagata do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) realizou-se 2 pulverizações com Decis 25CE (Deltametrina), na dosagem de 200 mL ha<sup>-1</sup>. As pulverizações foram feitas com equipamento pressurizado a CO<sub>2</sub> no volume de 200 L ha<sup>-1</sup> para ambos defensivos. Na ocasião do florescimento as panículas foram protegidas com sacos de papel Kraft impermeável para proteção contra ataques de pássaros.

Tabela 2 – Manejo da adubação de plantio, de cobertura e total em cultivares de sorgo para cada tratamento.

Tratamento	Cultivar	N no Plantio (Kg.ha <sup>-1</sup> )	N Cobertura (Kg.ha <sup>-1</sup> )	N total (Kg.ha <sup>-1</sup> )
1	BRS310	16	94	110
2	BRS310	32	78	110
3	BRS310	48	62	110
4	BRS310	64	46	110
5	50A50	16	94	110
6	50A50	32	78	110
7	50A50	48	62	110
8	50A50	64	46	110
9	SS318	16	94	110
10	SS318	32	78	110
11	SS318	48	62	110
12	SS318	64	46	110
13	BRS655	16	94	110
14	BRS655	32	78	110
15	BRS655	48	62	110
16	BRS655	64	46	110

### 3.4 Avaliações

#### Altura de plantas

Na ocasião da colheita foi aferida a altura de plantas em metros com o auxílio de uma régua graduada, tomando-se como base a superfície do solo até o topo da panícula.

### **Produtividade de grãos**

As panículas de sorgo foram colhidas e embaladas separadamente para cada parcela, posteriormente secas em estufa a 42°C, por 24 horas. Em seguida, foi realizada a debulha manual, os grãos foram pesados, com umidade de 13%. Os dados foram então extrapolados, obtendo a produção por hectare (produtividade).

### **Dias até o florescimento**

Número de dias necessários para que, pelo menos 50% dos indivíduos da parcela apresentassem as panículas exposta.

### **Índice do clorofilômetro AtLeaf®**

Quando as parcelas apresentaram cinco folhas totalmente expandidas foi realizada a medição do índice AtLeaf com o aparelho da marca AtLEAF®, analisando dez plantas de cada parcela, com três medições em cada folha (uma basal, uma medial e uma no terço final do limbo foliar), totalizando 30 medições por parcela experimental.

### **Produtividade de matéria fresca e matéria seca**

Foram cortadas todas as plantas de duas linhas da parcela a uma altura de 10 cm do solo e pesadas em uma balança com carga máxima de 50 kg (com precisão de 10g), para estimativa de produção de matéria verde (massa fresca) e posterior conversão para produtividade. Na ocasião da colheita foram selecionadas dez plantas aleatoriamente, que foram processadas em picadeira estacionária (modelo NOGUEIRA®). Em seguida o material picado foi homogeneizado e retirou-se uma amostra de 200g de cada parcela. O material foi identificado e levado para estufa de circulação forçada por 72 horas a uma temperatura de 65°C, em seguida o material foi pesado e avaliou-se o teor de matéria seca da forragem colhida. A percentagem de umidade foi obtida através da fórmula:

$$(AF-AS)/AF \times 100 = \% \text{ Umidade}$$

$$(\%MS) = 100 - \% \text{ umidade}$$

Onde:

AS = Peso da Amostra Seca

AF = Peso da Amostra fresca (200g) da amostra, pré-secagem em estufa.

(%MS) = Porcentagem de matéria

A produtividade de matéria verde (PMV) e matéria seca foram estimadas pelas formulas:

$$(10000*PMV)/8 = \text{Produtividade matéria fresca kg.ha}^{-1}$$

Produtividade de matéria fresca\*%MS = produtividade de matéria seca por ha

### **Estimativa dos graus dias**

Com base nos dados diários de temperatura obtidos através da estação automática do INMET, foi estimado o somatório térmico diário, conforme a formula a seguir, descrita por ARNOLD (1959).

$$GD = \sum(T_{med} - T_b)$$

Onde:

GD = Somatório em graus-dia dos dias de desenvolvimento da cultura;

T<sub>med</sub> = Temperatura média (°C);

T<sub>b</sub> = Temperatura basal para desenvolvimento do sorgo (14 °C);

### **Teor de proteína bruta**

A proteína bruta foi determinada conforme procedimento da AOAC (1990). Após a digestão da amostra com a mistura digestora e ácido sulfúrico, foi realizada destilação e posterior titulação com solução de ácido clorídrico. Os resultados foram expressos em percentagem.

### **Estatística**

Para cada adubação, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância decompondo-se o efeito das cultivares em cultivares graníferas, cultivares silageiras e cultivares graníferas versus cultivares silageiras. As médias foram agrupadas considerando separadamente os grupos de cultivares graníferas e cultivares silageiras. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico GENES (CRUZ, 1997). Também foi estimada a correlação de Pearson entre as adubações e índices AtLeaf, além de adubações e proteína bruta obtidos nos grupos granífero e silageiro.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resumo das análises de variância para as diferentes características avaliadas são apresentadas na TABELA 3. Houve diferença estatística entre as cultivares e grupos de cultivares de sorgo para a maioria dos parâmetros, exceto para o índice AtLeaf e o teor de

proteína bruta. Entretanto, em relação à adubação não houve diferença estatística para a maioria das variáveis analisadas.

Tabela 3. Quadrado médio das variáveis altura de plantas (AP), produtividade de grãos (PG), dias para florescimento (Flo), índice AtLeaf (AT), matéria seca (MS), estimativa dos graus dias (Graus) e proteína bruta (PB), Montes Claros, 2018.

FV	GL	AP	PG	Flo	AT	MS	Graus	PB
<b>Bloco/adubação</b>	8	0,00	1,30	0,72	25,29	38,35	39,49	4,50
<b>Cultivares (C)</b>	3	8,52	6,94	2272,97	3,68	2445,64	287481,94	0,14
<b>Grupo Granífero (GG)</b>	1	0,11**	0,00 <sup>ns</sup>	8,16*	1,33 <sup>ns</sup>	10,84 <sup>ns</sup>	534,39*	0,00 <sup>ns</sup>
<b>Grupo Silageiro (GS)</b>	1	1,64**	13,38*	416,66**	0,11 <sup>ns</sup>	2099,82**	34351,1**	0,24 <sup>ns</sup>
<b>GG versus GS</b>	1	23,82**	7,44**	6394,08**	9,59 <sup>ns</sup>	5226,26**	827560,26**	0,18 <sup>ns</sup>
<b>Adubação (A)</b>	3	0,08	20,32	5,13	2,23	20,58	377,51	0,66
<b>C X A</b>	9	0,00	2,69	1,13	9,21	19,89	80,75	0,37
<b>GG x A</b>	3	0,00*	5,68*	3,42*	14,36 <sup>ns</sup>	5,40 <sup>ns</sup>	119,59 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
<b>GS x A</b>	3	0,00 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>	5,00 <sup>ns</sup>	40,27 <sup>ns</sup>	22,55 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
<b>Entre as doses de adubação</b>	3	0,00**	0,44 <sup>ns</sup>	19,07 <sup>ns</sup>	8,26 <sup>ns</sup>	14,00 <sup>ns</sup>	100,11 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
<b>Resíduo</b>	24	0,00	1,79	0,53	17,93	14,64	52,44	0,510
<b>Total</b>	47							

\*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; <sup>ns</sup> = não significativo.

As médias de altura de planta diferiram significativamente ( $P \leq 0,01$ ), para os grupos granífero (50A50 e BRS310) e silageiro (BRS655 e SS318) e entre os grupos granífero *versus* silageiro. Notou-se ainda efeito na altura de planta no grupo granífero com a adubação ( $P \leq 0,05$ ) bem como entre as adubações (TABELA 3). A altura média de planta dos grupos granífero e silageiro foi de 1,40 m e 2,81 m, respectivamente, com melhor porte das cultivares silageiras em todos os manejos de adubação. Entre as cultivares, a SS318 apresentou a maior média (3,07 m), não diferindo estatisticamente entre os manejos ( $P > 0,05$ ), já a cultivar BRS310 apresentou a menor média (1,33 m), expondo a menor altura sob a dose de 16 kg.ha<sup>-1</sup> de N (1,21 m). De modo geral, as médias obtidas com o manejo da adubação não diferiram para o grupo silageiro, enquanto que o aumento da dose (kg.ha<sup>-1</sup>) resultou em maiores médias no grupo granífero (TABELA 4). A altura das plantas é altamente influenciada (entre outros fatores) pela constituição genética das cultivares, o que proporcionou a grande variação observada (PINHO *et al.*, 2006). O melhor desempenho do grupo silageiro em relação ao granífero para este parâmetro já era esperado, uma vez que, o melhoramento genético deste grupo busca justamente o aumento na produção de biomassa (COSTA *et al.*, 2016). Entretanto, Leite *et al.* (2014) utilizando a cultivar SS318 com 25 kg.ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 155,54 kg.ha<sup>-1</sup> em cobertura obtiveram médias de altura de planta entre 1,72 e 1,91 m (em diferentes stands, entre 100.000 a 180.000 plantas/ha), inferior as obtidas neste trabalho.

Tabela 4. Altura média (metros) de plantas de quatro cultivares de sorgo em diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (Kg.ha <sup>-1</sup> )							
		16		32		48		64	
Granífero	50A50	1,39	c D	1,45	c C	1,48	c B	1,53	c A
	BRS310	1,21	d C	1,34	d B	1,39	d A	1,37	d A
Silageiro	BRS655	2,42	b A	2,55	b A	2,57	b A	2,64	b A
	SS318	2,93	a A	3,06	a A	3,11	a A	3,17	a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A produtividade de grãos diferiu significativamente, para o grupo silageiro ( $P \leq 0,05$ ) e entre o grupo granífero *versus* silageiro ( $P \leq 0,01$ ). Foi observado ainda, diferença estatística na produção de grãos do grupo granífero com as adubações ( $P \leq 0,05$ ) (TABELA 3). A produtividade média de grãos do grupo silageiro (6,09 t.ha<sup>-1</sup>) foi maior que a do grupo granífero (5,10 t.ha<sup>-1</sup>), entretanto, foi observado diferença estatística para este parâmetro apenas sob a dose 48 kg.ha<sup>-1</sup> de N, onde as cultivares SS318 e BRS310 obtiveram melhor resultado que BRS655 e 50A50. Além disso, apenas a cultivar BRS310 variou estatisticamente sob as diferentes doses, com maior produtividade na dose 48 kg.ha<sup>-1</sup> de N (TABELA 5). Com exceção da cultivar BRS310 na dose 16 kg.ha<sup>-1</sup> de N no plantio, todas as outras interações (cultivares *versus* dose) obtiveram produtividade média de grãos maior que a média nacional (2,73 t.ha<sup>-1</sup>) e do estado de Minas Gerais (3,48 t.ha<sup>-1</sup>) na safra 2017/2018 (CONAB, 2019). Santos *et al.* (2014) avaliando a severidade da antracnose (*C. sublineolum*) e a produtividade de diferentes cultivares de sorgo em resposta a doses crescentes de nitrogênio (20 kg.ha<sup>-1</sup> de N no plantio + 67, 112, 157 e 202 kg.ha<sup>-1</sup> de N em cobertura), observaram que a cultivar BRS310 apresentou uma produtividade de grãos (6,69 t.ha<sup>-1</sup>) inferior ao máximo obtido no presente trabalho para está cultivar (7,87 t.ha<sup>-1</sup>) na dose 48 kg.ha<sup>-1</sup>. Demonstrando a eficiência dessa dose no aumento da produtividade de grãos.

Tabela 5. Produtividade média de grãos (t.ha<sup>-1</sup>) de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (Kg.ha <sup>-1</sup> )							
		16		32		48		64	
Granífero	50A50	3,45	a A	5,02	a A	4,99	b A	6,88	a A
	BRS310	3,12	a B	4,07	a B	7,87	a A	5,43	a B
Silageiro	BRS655	3,59	a A	5,45	a A	5,25	b A	6,30	a A
	SS318	5,31	a A	5,59	a A	8,15	a A	7,50	a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A quantidade de dias até a floração variou significativamente para os grupos granífero ( $P \leq 0,01$ ) e silageiro e entre o grupo granífero *versus* silageiro ( $P \leq 0,05$ ). Quanto ao manejo da adubação, só foi observado diferença estatística na quantidade de dias até a floração do grupo granífero ( $P \leq 0,05$ ) (TABELA 3). O grupo silageiro necessitou de mais dias até a floração (83,42) em comparação com o grupo granífero (60,33), sendo que a cultivar SS318 necessitou de mais dias (média de 87,58) e a cultivar 50A50 menos dias (média de 59,75). Entretanto, com relação ao manejo da adubação, a quantidade de dias necessário para o florescimento foi estatisticamente menor apenas nas cultivares 50A50 (sob a dose 16 kg.ha<sup>-1</sup> de N) e BRS310 (menor sob as doses 16 e 32 kg.ha<sup>-1</sup> de N), não diferindo para as outras dosagens e cultivares (TABELA 6).

Tabela 6. Quantidade de dias necessários para a floração de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (Kg.ha <sup>-1</sup> )			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	58,00 d B	60,33 c A	60,00 d A	60,67 d A
	BRS310	60,33 c B	60,00 c B	61,33 c A	62,00 c A
Silageiro	BRS655	78,67 b A	79,00 b A	79,00 b A	80,33 b A
	SS318	87,33 a A	87,67 a A	87,67 a A	87,67 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Júlio *et al.* (2017) avaliando a produção de cultivares de sorgo silageiro cultivados nas condições de Minas Gerais e Goiás, observaram que a cultivar SS318 necessitou de 89 dias até a floração, sobre adubação de 16 kg.ha<sup>-1</sup> de N (sem adubação de cobertura), média próxima a encontrada no presente trabalho. Em termos de dias para a floração inicial, as cultivares do grupo silageiro podem ser classificadas como materiais tardios (>70 dias) e as do grupo granífero materiais precoces (<70 dias) (CUNHA; LIMA, 2010). Um maior período vegetativo, ou seja, maior tempo até a floração contribui para maior crescimento e produção de biomassa (WIGHT *et al.*, 2012). Entretanto, para as cultivares do grupo granífero a precocidade do ciclo é adequada, pois diminui o tempo de exposição a estresses (bióticos e abióticos) resultando em uma alta produtividade de grãos em menor espaço de tempo.

Em relação ao índice AtLeaf, não foi observado diferença estatística ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos fatores analisados (TABELA 3 e 4). A absorção de N é modulada pela presença dos carregadores específicos, pela afinidade desses carregadores em relação ao nitrato ou amônio e pela quantidade de N presente no solo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). O sorgo apresenta um comportamento decrescente na eficiência de absorção de N à medida que

as quantidades de nitrogênio disponíveis às plantas aumentaram (FERNANDES *et al.*, 1991). É possível que esta redução esteja associada à saturação dos carregadores já que a absorção do nitrogênio é ativa, estagnando o teor de N nas clorofilas (observado pelo índice AtLeaf) mesmo em altas concentrações de N no solo.

Tabela 7. Índice AtLeaf de quatro cultivares de sorgo submetido a diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha <sup>-1</sup> )			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	38,26 a A	37,14 a A	37,83 a A	37,73 a A
	BRS310	34,19 a A	40,03 a A	39,34 a A	39,28 a A
Silageiro	BRS655	39,07 a A	38,21 a A	39,03 a A	39,45 a A
	SS318	39,96 a A	40,10 a A	37,08 a A	38,05 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A massa seca acumulada diferiu estatisticamente no grupo silageiro e entre o grupo granífero *versus* silageiro ( $P \leq 0,01$ ), entretanto, não houve diferença estatística na massa seca acumulada em relação as doses de adubação ( $P > 0,05$ ) (TABELA 3). O manejo da adubação nitrogenada não influenciou o acúmulo de matéria seca nas quatro cultivares, sendo que as médias apresentadas pelas cultivares foram estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ). Entretanto, em todas as doses de adubação, a cultivar SS318 apresentou melhor desempenho, seguida da cultivar BRS655 (ambas silageiras) e das cultivares graníferas (não havendo diferença estatística entre estas últimas) (TABELA 8).

Tabela 8. Percentagem de matéria seca de quatro cultivares de sorgo sobre diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha <sup>-1</sup> )			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	9,09 c A	10,78 c A	11,11 c A	11,03 c A
	BRS310	11,88 c A	11,27 c A	10,18 c A	14,05 c A
Silageiro	BRS655	20,58 b A	23,18 b A	20,61 b A	26,40 b A
	SS318	27,99 a A	31,25 a A	23,05 a A	23,31 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A característica de acúmulo de matéria seca é intrínseca ao melhoramento vegetal do grupo forrageiro. O acúmulo de matéria seca do grupo silageiro foi superior as médias observadas por Rodrigo Filho *et al.* (2006) avaliando o potencial de produção, de quatro híbridos de sorgos forrageiros, submetidos a diferentes doses de nitrogênio (50, 75 e 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N, metade no plantio e o restante em cobertura). Entretanto, Chaves *et al.*, (2017)



avaliando as características agronômicas de acessos de *S. bicolor* obtiveram médias superiores as do presente trabalho para as cultivares BRS655 (28% de matéria seca) SS318 (37% de matéria seca).

Quanto ao acúmulo de graus dias ocorreu diferença estatística para os grupos granífero ( $P \leq 0,05$ ) e silageiro, bem como para o grupo granífero *versus* silageiro ( $P \leq 0,01$ ). No entanto, em relação interação entre as cultivares e as doses de adubação, não foi observado diferença estatística para acúmulo de graus dias (TABELA 3). O manejo da adubação não obteve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) no somatório de graus-dia das quatro cultivares de sorgo. Entretanto, a cultivar SS318 foi apresentou maiores médias deste parâmetro (949,82°C), seguida das variedades BRS655 (874,15°C), BRS310 (654,10°C) e 50A50 (644,66°C), sendo que as do grupo granífero não diferiram estatisticamente nas doses 32 kg.ha<sup>-1</sup> e 48 kg.ha<sup>-1</sup> de N (TABELA 9).

Tabela 9. Somatório em graus-dia dos dias de desenvolvimento de quatro cultivares de sorgo sobre diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha <sup>-1</sup> )			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	632.73 d A	647.37 c A	647.37 c A	651.17 d A
	BRS310	647.37 c A	643.59 c A	659.19 c A	666.24 c A
Silageiro	BRS655	871.55 b A	871.55 b A	871.55 b A	881.96 b A
	SS318	947.57 a A	949.84 a A	949.84 a A	952.03 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O sorgo, por possuir metabolismo C4, se desenvolvem em função do acúmulo de graus-dia, o método para cálculo de acúmulo térmico (graus-dia) pode ser utilizado para se obter a produtividade estimada pelos modelos de crescimento de plantas pois controlam o ciclo e o desenvolvimento da cultura (CECCON *et al.*, 2018; RENATO *et al.*, 2013). Desta forma, plantas com ciclo precoce (grupo granífero) necessitarão de menor acúmulo de graus dias em relação a plantas de ciclo tardio (grupo silageiro). O acúmulo de graus-dia necessários para completar o ciclo das cultivares analisadas foi menor que o observado por Oliveira *et al.* (2014) para a cultivar Ponta preta (silageira), 1202,07 °C, mesmo estes autores utilizando como temperatura basal 16°C.

Não foi observado diferença estatística no teor de proteína bruta nas plantas ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos fatores analisados (TABELA 3). Desta forma, não houve diferença estatística entre as médias das cultivares ou sobre interação com a adubação (TABELA 10). Os teores obtidos foram maiores que o observado por Fidelis *et al.* (2016), 7,6 % de proteína

bruta, para a cultivar BRS655 sob 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N (dividido em duas adubações de cobertura). Mesmo teor (7,6%) observado por Toledo *et al.* (2016) para esta cultivar sob 52 kg.ha<sup>-1</sup> de N (divididos no plantio e cobertura, 32 e 20 kg respectivamente).

Tabela 10. Teor de proteína bruta (%) de quatro cultivares de sorgo sob diferentes manejos da adubação nitrogenada, Montes Claros (2018).

Grupos	Cultivar	Adubação (kg.ha <sup>-1</sup> )			
		16	32	48	64
Granífero	50A50	8,99 a A	8,53 a A	9,00 a A	9,49 a A
	BRS310	8,73 a A	8,64 a A	8,81 a A	9,95 a A
Silageiro	BRS655	9,01 a A	8,95 a A	8,97 a A	9,04 a A
	SS318	8,53 a A	9,14 a A	8,76 a A	8,74 a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram significativamente segundo o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Notou-se uma correlação positiva ( $P<0,01$ ) entre as doses e adubação no grupo granífero com o índice AtLeaf e com o teor de proteína bruta acumulado, ou seja, com o aumento das doses de adubação no plantio do grupo granífero ocorre um aumento do índice AtLeaf, bem como do acúmulo de proteína bruta nas cultivares deste grupo. Entretanto, para as doses de adubação no grupo silageiro foi observado correlação negativa com o índice AtLeaf ( $P<0,01$ ) e não significativa ( $P>0,05$ ) com o acúmulo de proteína bruta, assim, que com o aumento da dose de adubação no plantio do grupo silageiro ocorre uma diminuição do índice AtLeaf, sendo este aumento indiferente para o acúmulo de proteína bruta nas cultivares deste grupo. (TABELA 11). Devido a precocidade das cultivares de sorgo granífero em relação as do grupo silageiro, a absorção e acúmulo de N pelo sorgo granífero é maior nos estágios iniciais da cultura (ROSOLEM; MALAVOLTA, 1981; GOES *et al.*, 2011). Além disso, aumento na dose da adubação nitrogenada no plantio proporciona maior produção de grãos do grupo granífero, o que não ocorre no grupo silageiro (TABELA 5). Por apresentar maior teor de proteína bruta que o conjunto folhas+colmo, a panícula promove um aumento progressivo no teor de proteína bruta da planta (NEUMANN *et al.*, 2002) o que justifica a correlação positiva com o grupo granífero e não significativa com o grupo silageiro.

TABELA 11. Correlação de Pearson entre as adubações e índices AtLeaf e entre as adubações e proteína bruta dos grãos obtidos nos grupos granífero e silageiro, Montes Claros (2018).

Grupos	AtLeaf	Proteína Bruta
Adubação Grupo Granífero	0,76**	0,76**
Adubação Grupo Silageiro	-0,70**	0,21 <sup>ns</sup>

\*\* :significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste t. <sup>ns</sup>: Não significativo, a 1 e 5 % de probabilidade, pelo teste t.

## 5 CONCLUSÃO

O aumento da dose da adubação nitrogenada no plantio não tem efeito na produtividade de grãos do grupo silageiro, já para o grupo granífero a dose de 48 kg ha<sup>-1</sup> é a mais indicada. Apenas altura de plantas do grupo granífero é afetada pelo incremento de doses acima igual ou acima de 48 kg ha<sup>-1</sup>. O índice AtLeaf, teor de proteína bruta, somatório em graus-dia e percentagem de matéria seca não são afetados pelo aumento do N no plantio independente do grupo de cultivar avaliado. O aumento de doses de N no plantio tem correlação positiva com o índice AtLeaf e proteína bruta no grupo granífero, já no grupo silageiro correlação negativa para o índice AtLeaf, o que indica manejos diferenciados desse nutriente em função do grupo de cultivares.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V. RODRIGUES, J. A. S. BRANT, R. da S.; MENDES, C. M. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 278-285, set. 2011.
- ALFIERI, M.; CABASSI, G.; HABYARIMANA, E.; QUARANTA, F.; BALCONI, C.; QUAFIRST, R.R.; Discrimination and prediction of polyphenolic compounds and total antioxidant capacity in sorghum grains. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Camberra, v. 27, n. 1, p. 46-53, jan. 2019.
- AMARANTE, C.V.T. do; Bisognin, D.A.; Steffens, C.A.; Zanardi, O.Z.; Alves, E. de O. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, out./dez. 2008.
- ASIF, M.; TANVEER, A.; SAFDAR, M.E.; ALI, A.; AHMAD, S. Effect of Dicamba and Adjuvant Combination on Parthenium Control, Fodder Yield and Yield Components of Forage Sorghum (*Sorghum bicolor*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 1-10, mai. 2019.
- AOAC - Associação de Químicos Analíticos Oficiais. **Métodos oficiais de análise**. 15. ed. 1: 72-74. 1990.
- AQUINO, A.J.S. de; LACERDA, C.F.; BEZERRA, M.A.; GOMES-FILHO, E.; COSTA R.N.T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 961-971, set./out. 2007.
- ARAÚJO, B.L. de; ARNHOLD, E.; OLIVEIRA JUNIOR, E.A. de; LIMA, C.F. de. Parâmetros genéticos em cultivares de sorgo granífero avaliados em safrinha. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 9, n. 2, p. 51-59, jan. 2014.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 74, n. 1, p. 430-445, 1959.
- ASCARI, J.P.; SANTOS, E. da S.; MENDES, I.R.N.; DIAS, L.D.E.; INOUE, M.H.; MARCO, K. Formas de adubação do sorgo granífero em semeadura tardia. **Nucleus**, Ituverava, v.12,n.1, p. 7-14, abr. 2015.
- BASYOUNI, R.; DUNN, B.L.; GOAD, C. Use of nondestructive sensors to assess nitrogen status in potted poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* L. (Willd. ex Klotzsch)) production. **Scientia Horticulturae**, v. 192, n. 1, p. 47-53, ago. 2015.
- BACELAR, B.M.F.S.; SALMAN, A.K.D.; ALVES, E.A.; MARCOLAN. A.L.; OSMARI, E.K.; CARARO, D.C.; MENDES, A.M.; CASTILHO, D.A. da S. Índice de clorofila foliar nos capins *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça submetidos a diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia. 24, 2014, Vitória. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 2014.

BEHLING NETO, A.; REIS, R.H.P. dos; CABRAL, L. da S.; ABREU, J. G. de; SOUSA, D. de P.; SOUSA, F.G. de. Nutritional value of sorghum silage of different purposes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 3, p. 288-299, jun. 2017.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, mar./abr. 2000.

BORGES, I.D.; DINIZ, G.M.M.; TEIXEIRA, E.C.; RODRIGUES, H.F.; SILVA, G.M. da.; PEREIRA, R.S. Avaliação do desempenho forrageiro de cultivares de sorgo bicolor submetidas a diferentes épocas de supressão da competição com plantas daninhas. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo. 28., 2010, Goiânia. **Anais do XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010.

CARRILLO, M.A.; STAGGENBORG, S.A.; PINEDA, J.A. Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion. **Fuel**, v. 116, n. 1, p. 427–431, jan. 2014.

CARVALHO, M.A. de F.; SILVEIRA, P.M. da; SANTOS, A.B. dos. **Utilização do Clorofilômetro para Racionalização da Adubação Nitrogenada nas Culturas do Arroz e do Feijoeiro**. Circular Técnica n. 205, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, abr. 2012.

CAVALLO, D.P.; CEFOLA, M.; PACE, B.; LOGRIECO, A.F.; ATTOLICO, G. Contactless and non-destructive chlorophyll content prediction by random forest regression: A case study on fresh-cut rocket leaves. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 140, n. 1, p. 303-310, ago. 2017.

CECCON, G.; MAKINO, P. A.; ALVES, V. B.; FACHINELLI, R.; LUZ, R. A. Produtividade de cultivares de sorgo sacarino em diferentes épocas de semeadura e tipos de solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 69-75, abr./jun. 2018.

CHAVES, L. de K. A.; LIMA, L. dos S.; FONSECA, L. M.; SILVA, P. G. G. da; TONUCCI, R. G.; BUENO, L. G. Características agrônomicas de variedades de *Sorghum bicolor* (L.) Moench em sistema agrossilvipastoril. In: Congresso Brasileiro de Agronomia. 30, 2017, Fortaleza. **Anais...** Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2017.

COELHO, A.P.; FAIA, R.T. de; DALRI, A.B.; PALARETTI, L.F.; ZANINI, J.R.; Clorofilômetro portátil como forma de manejo da irrigação e adubação nitrogenada em aveia-branca. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 2, p. 2542 – 2553, jan. 2018.

COELHO, D.S.; SIMÕES, W.L.; MENDES, A.M.S.; DANTAS, B.F.; RODRIGUES, J.A.S.; SOUZA, M.A. de. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 25-30, jan. 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2018/19 – Oitavo levantamento, Brasília, v. 6, n. 8, p. 1-135, mai. 2019.

COSTA, R.F.; PIRES, D.A. de A.; MOURA, M.M.A.; SALES, E.C.J. de; RODRIGUES, J.A.S.; RIGUEIRA, J.P.S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional

values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 127-133, abr./jun. 2016

CUNHA, E.E.; LIMA, J.M.P. de. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p.701-706, jan. 2010.

DEY, A.K.; SHARMA, M.; MESHRAM, M.R. An Analysis of Leaf Chlorophyll Measurement Method using Chlorophyll Meter and Image Processing Technique. **Procedia Computer Science**, v. 85, n. 1, p. 286 – 292, jan. 2016.

DUNN, B.L.; SINGH, H.; GOAD, C. Relationship between chlorophyll meter readings and nitrogen in poinsettia leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 12, p. 1566-1578, mai. 2018.

DUNN, B.L.; SINGH, H.; PAYTON, M.; KINCHELOE, S. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium on SPAD-502 and atLEAF sensor readings of Salvia. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 13, p. 1674-1683, mai. 2018.

DURÃES, F.O.M.; MENEZES, C.B. de; RODRIGUES, J.A.S.; PARRELLA, R.A. da C.; SCHAFFERT, R.E.; TARDIN, F.D.; QUEIOZ, V.A.V.; RIOS, S. de A.; GARCIA, J.C.; COELHO, R.R. O MERCADO DE SORGO PARA USOS ALIMENTARES, BIOMASSA ENERGÉTICA E CONDICIONADORA DE SOLOS: histórico, situação atual e perspectivas. *In: Congresso Nacional de Milho Sorgo. 32, 2018, Lavras. Anais...* Sete Lagoas: ABMS, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/182728/1/Mercado-sorgo.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2019.

ELIAS, O.F.A.S.; LEITE, M.L. de M.V.; AZEVEDO, J.M.; SILVA, J.P.S. de S.; NASCIMENTO, G.F. do; SIMPLÍCIO, J.B. Características agronômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto no semiárido de Pernambuco. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 14, n. 1, p. 29-36, jan. 2016.

EMBRAPA. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA, 2015, 327 p.

FERNANDES, V.L.B.; NUNES, L.A.P.; MARIO FILHO, M.; SOUZA, V.L.; FERNANDES, M.B. Absorção e utilização de nitrogênio em planta de sorgo cultivado em solução nutritiva. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 22, n. 1, p. 89-96, jun./dez. 1991.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 83-92, fev. 2006.

FIDELIS, R.R. GONZAGA, L.A.M.; SILVA, R.R. da; ANDRADE, C.A.O. de; Desempenho produtivo e nutricional de sorgo forrageiro consorciado com soja em doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae: a horticulture jornal**, Bom Jesus, v. 7, n. 2, p. 204-208, jan. 2016.

GETACHEW, G.; PUTNAM, D.H.; DE BEN, C.M.; DE PETERS, E.J. Potential of Sorghum as an Alternative to Corn Forage. **American Journal of Plant Sciences**, v. 7, n. 7, p. 1106-1121, jan. 2016.

GHANI, A.; SAEED, M.; HUSSAIN, D.; SHAFIQUE, M.M.; ARSHAD, M.; SHAH, S.A.S. Evaluation of different sorghum (*Sorghum bicolor* L. moench) varieties for grain yield and related characteristics. **Advanced Science Letters**, v. 3, n. 2, p. 72-74, mai. 2015.

GIL, P.T. de; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, dez. 2002.

GODOY, L.J.G.; SOUTO, L.S.; FERNANDES, D.M.; BÔAS, R.L.V. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1, p.38-44, 2007.

GOES, R.J.; RODRIGUES, R.A.F.; ARF, O.; ARRUDA, O.G. de; VILELA, R.G. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 121-129, jan. 2011.

HALLIK, L.; NIINEMETS, Ü.; KULL, O. Photosynthetic acclimation to light in woody and herbaceous species: a comparison of leaf structure, pigment content and chlorophyll fluorescence characteristics measured in the field. **Plant Biology**, v. 14, n. 1, p. 88-99, jan. 2012.

HERRERA, R.; PÉREZ, A.; ARECE, J.; HERNÁNDEZ, A.; IGLESIAS, J.M. Utilización de grano de sorgo y forraje de leñosas en la ceiba porcina. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 36, n. 1, p. 56-63, jan./mar. 2013.

JESUS, S.V. de; MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 815-818, dez. 2008.

JULIO, B. H. M.; RODRIGUES, J. A. S. ; RIBEIRO, P. C. O. ; SANTOS, C. V. ; JULIO, M. P. M. ; OLIVEIRA, I. C. M. ; MENEZES, C. B. . Potencial forrageiro de sorgo silageiro. In: XIII Seminário de Iniciação Científica PIBIC Embrapa/CNPq, 2017, Sete Lagoas-MG. XIII Seminário de Iniciação Científica PIBIC Embrapa/CNPq, 2017.

LEITE, G.T.; MARQUES, B.S.; SILVA, A.V.; GIUNTI, O.D.; VENTURA, P.H.S.; SILVA, A.R. da; SILVA, I.A.T.M. da. Características fitométricas do sorgo forrageiro ss318 cultivado na 2ª safra em diferentes densidades. In: Jornada Científica e Tecnológica, 6, 2014. Pouso Alegre. **Anais...** Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2014.

LOURENÇÃO, A.L.F; BAGEGA, D.; **Tecnologias para a cultura do sorgo**. Fundação M.S. Boletim informativo 11. p.138–141. 2012.

LYONS, S.E.; Ketterings, Q.M.; Godwin, G.S.; Cherney, D.J.; Cherney, J.H.; Meisinger, J.J.; Kilcer, T.F. Nitrogen Management of Brachytic Dwarf Brown Midrib Forage Sorghum in New York. **Soil Fertility and Crop Nutrition**, v. 111, n. 3, p. 1468-1477, mai. 2019.

MACÊDO, A.J. da S.; RAMOS, J.P. de F.; SANTOS, E.M.; SOUSA, W.H. de; OLIVEIRA, F.G. de; SOUZA, J.T.A.; ORESCA, D. Morphometric and productive characteristics of sorghum genotypes for forage production in the Brazilian semi-arid. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.19, n.3, p.256-267 jul./set., 2018.

MACEDO, R. de C.; Avaliação de continuidade espacial para colonização de plantas C4. **Revista Presença Geográfica**, Porto Velho, v. 2, n. 2, p. 46-54, jan. 2015.

MACHADO, F.S. **Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo [Sorghum bicolor (L.) Moench] e de suas silagens em três estádios de maturação**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2009.

MAGALHÃES P. C.; SOUZA T. C.; MAY A.; LIMA FILHO O. F.; SANTOS F. C.; MOREIRA J. A. A.; LEITE C. E. P.; ALBURQUERQUE C. J. B.; FREITAS R. S. **Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção**. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. SORGO: do plantio à colheita. 1. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 58-88.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSATA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1161-1169, out. 2011.

MAY, A.; MENDES, S.M.; SILVA, D.D. da; PARRELLA, R.A. da C.; MIRANDA, R.A. de; SILVA, A.F. da; PACHECO, T.F.; AQUINO, L.A. de; COTA, L.V.; COSTA, R.V. da; KARAM, D.; PARRELLA, N.N.L.D.; SCHAFFERT, R.E. Cultivo de Sorgo Sacarino em Áreas de Reforma de Canaviais. **EMBRAPA**, Sete Lagoa, set. 2013. Circular Técnica 186. P. 1-36.

MENEZES, C.B. de; SANTOS, C.V. dos; SALDANHA, D.C.; JÚLIO, M.P.M.; SILVA, K.J. da; SILVA, C.H.T. e; RODRIGUES, J.A.S. Capacidade combinatória de linhagens e seleção de híbridos de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.16, n.3, p. 509-523, dez. 2017.

MURPHY, R. L.; KLEIN, R. R.; MORISHIGE, D. T.; BRADY, J. A.; ROONEY, W. L.; MILLER, F. R.; DUGAS, D. V.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E. Coincident light and clock regulation of pseudo response regulator protein<sup>37</sup> (PRR<sup>37</sup>) controls photoperiodic flowering in sorghum. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Nova York, v. 108, n. 39, p. 16469-16474, set. 2011.

NASCIMENTO, W. G.; PRADO, I. N.; JOBIM, C. C.; EMILE, J. C.; SURAULT, F.; HUYGHE C. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 896-904, jan. 2008.

MEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITE, M.Z.; CARDÓTES, L.; PRIXOTO, L. A. de O. Avaliação de Diferentes Híbridos de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos Componentes da Planta e Silagens Produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 302-312, jan./fev. 2002.



NOGUEIRA, B.B.; IGLESIAS, L.; MESQUITA, J.V.; NAKATANI, M.C.; PUTTI, F.F. Índice spad em plantas de tomateiro cultivado em fibra de coco e submetido a pulsos de fertirrigação. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, CIDADE, v. 12, n. 1, p. 1-6, mar. 2018.

NOVICHONOK, E.V.; NOVICHONOK, A.O.; KURBATOVA, J.A.; MARKOVSKAYA, E.F. Use of the atLEAF+ chlorophyll meter for a nondestructive estimate of chlorophyll content. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 130-137, jan. 2016.

OLIVEIRA, A.F.M.; SOBRINHO, J.E.; MEDEIROS, J.F. de; LIMA, J.G.A.; ALVES, A.S.; JUNIOR, E.G.C. Influência da temperatura e das mudanças climáticas no comportamento da evapotranspiração da cultura do sorgo ponta negra. *In: Inovagre International Meeting*, 2., 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRE, 2014.

PEREIRA, S.H.T.; LIMA, D. DE; DOURADO, D.P.; JURKFITZ, E.M.; ALBERNAS, K.K.; MURAISHI, C.T. Desempenho do sorgo forrageiro submetido a diferentes doses de adubação nitrogenada. **Revista Integralização Universitária**, Palmas, v. 11, n. 14, p. 42-46, jun. 2016.

PINHO, R. G. V.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica. *In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELA, R. SORGO: do plantio à colheita*. 1. ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 37-57.

PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.C. de; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.266-279, jan. 2006.

PINTO, O. R. de O.; AZEVEDO, B. M.; MARINHO, A. B.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. de A.; BRAGA, E. S. Adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero pelo método convencional e por fertirrigação. *Agropecuária Técnica*, Areia, v. 32, n. 1, p. 132-140, jan. 2011.

RAMOS, A.O.; FERREIRA, M.A.; SANTOS, D.C.; VÉRAS, A.S.C.; CONCEIÇÃO, M.G.; SILVA, E.C.; SOUZA, A.R.D.L.; SALLA, L.E. Associação de palma forrageira com feno de maniçoba ou silagem de sorgo e duas proporções de concentrado na dieta de vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 1, fev. 2015.

RENATO, N.S.; SILVA, J.B.L.; SEDIYAMA, G.C.; PEREIRA, E.G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 4, p. 382-388, jan. 2013.

RIBAS, P.M. SORGO: Introdução e importância econômica. Circular Técnica n. 26, Embrapa, dez. 2003.

RORIE, R.L.; PURCELL, L.C.; KARCHER, D.E.; KING, C.A. The assessment of leaf nitrogen in corn from digital images. **Crop Science**, v. 51, n. 1, p. 2174–2180, jan. 2018.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, E.; ROSA, B.; SOARES, T.; MELLO, S. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE

QUATRO HIBRÍDOS DE SORGO FORRAGEIRO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] SUBMETIDOS A TRÊS DOSES DE NITROGÊNIO. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 37-48, jan./mar. 2006.

ROSOLEM, C.A.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes pelo sorgo sacarino. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 38, n. 1, p. 223-242, jan 1981.

SANTOS, R.F. dos; PLACIDO, H.F.; GARCIA, E.B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; FRIGO, K.D. de A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v.4, p. 01- 12, jan. 2015.

SANTOS, G.R. dos; GAMA, F.R.; RODRIGUES, A.C.; BONIFÁCIO, A.; CARDON, C.H.; MOURÃO, D. de S.C. Severidade da antracnose e produtividade de sorgo granífero em resposta a doses crescentes de nitrogênio. **Journal of Biosciences**, Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 1070-1076, jul./ago. 2014.

SCHAFFERT, R. E. Características desejáveis para uma boa cultivar de sorgo sacarino. In: SEMINÁRIO TEMÁTICO AGROINDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE SORGO SACARINO PARA BIOETANOL, 1. 2012, Ribeirão Preto. Anais... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 33-35.

SILVA, T.R.B. da; FELIX, J.C.; MIGLIAVACCA, R.A.; KOHATSU, D.S. Utilização do colorímetro como medidor portátil de clorofila em folhas de milho. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, Araras, v. 4, n. 1, p. 1-4, jan. 2016.

SILVA, A.G. da; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M.M.P. Desempenho agrônomo e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em MONTIVIDIU-GO. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 90, n. 1, p. 17-30, jan. 2015.

SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; VITORINO, H.S.; RHEIN, A.F.L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Oxford, v. 30, n. 1, p. 173-181, jan. 2014.

SILVA, M.A.G.; MANNIGEL, A.R.; MUNIZ, A.S.; PORTO, S.M.A.; MARCHETTI, M.E.; NOLLA, A.; BERTANI, R.M.A. Ammonium sulphate on maize crops under no tillage. **Bragantia**, Campinas, v.71, n.1, p. 90-97, jan. 2012a.

SILVA, K.J. da; BERNARDINO, K. da C.; SOUZA, V.F. de; SILVA, M.J. da; SANTOS, C.V. dos; COSTA, R.K.; MOURÃO, C.S.; TARDIN, F.D.; MENEZES, C.B. de. Seleção De Híbridos De Sorgo Granífero Para Condições De Safrinha. In: Congresso Nacional de Milho Sorgo. 27, 2012, Águas de Lindoia. **Anais...** Sete Lagoas: ABMS, 2012b.

SILVEIRA, P.M. da; GONZAGA, A.C. de O. Portable chlorophyll meter can estimate the nitrogen sufficiency index and levels of topdressing nitrogen in common bean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2017.

SIMILI, F.F.; REIS, R.A.; FURLAN, B.N.; PAZ, C.C.P. de; LIMA, M.L.P.; BELLINGIERI, P.A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 474-480, mar./abr. 2008.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W. do; HECKTHEUER, L.H.H. As Clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, mai./jun. 2005.

SRIVASTAVA, A.; NARESH KUMAR, S.; AGGARWAL, P.K. Assessment on vulnerability of sorghum to climate change in India. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 138, n. 1, p. 160–169, mai. 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 792p.

TAVIAN, A.F.; FERREIRA, D. dos S.P.; SOUZA, A.P. de; RUSSO, L.; JARDIM, C.A.; FRANCO, C.F. Efeito da adubação nitrogenada no acúmulo de biomassa de sorgo forrageiro. **Ciência & Tecnologia: Fatec-JB**, Jaboticabal, v. 6, n. 1, p. 28-32, jan. 2014.

TOLENTINO, D.C.; RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A. de A.; VERIATO, F.T.; LIMA, L.O.B.; MOURA, M.M.A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 143-149, abr./jun. 2016.

UTTAM, G.A.; PRAVEEN, M.; RAO, Y.V.; TONAPI, V.A.; MADHUSUDHANA, R. Molecular mapping and candidate gene analysis of a new epicuticular wax locus in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 130, n. 10, p. 2109-2125, jul. 2017.

ZANDONADI, C.H.S.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FREITAS, R.S. de. Chlorophyll index (SPAD) and macronutrients relation and productive performance of sorghum hybrids in different sowing dates. **Australian Journal of Crop Science**, CIDADE, v. 10, n.4, p. 546-555, jan. 2016.

ZANDONADI, C.H.S. **Chlorophyll content, nutrient export and agronomic performance of grain sorghum hybrids in different sowing times**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

ZHENG, H.; LIU, Y.; QIN, Y.; CHEN, Y.; FAN, M. Establishing dynamic thresholds for potato nitrogen status diagnosis with the SPAD chlorophyll meter. **Journal of Integrative Agriculture**, n. 14, v. 1, p. 190-195, jan. 2015.

ZHU, J.; TREMBLAY, N.; LIANG, Y. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 92, n. 1, p. 645–648, mar. 2012.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status and crop yield: a review. **Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand**, v. 23, n. 1, p. 1-9, jan. 1993.

WIGHT, J.P.; HONS, F.M.; STORLIN, J.O.; PROVIN, T.L.; SHAHANDEH, H. Management effects on bioenergy sorghum growth, yield and nutrient uptake. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 46, n. 1, p. 593-604, jul. 2012.