

**APLICAÇÕES DE NPK EM SORGO GRANÍFERO NAS CONDIÇÕES DE  
CERRADO**

por

**FELIPE HERNANDES CARVALHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO  
Abril - 2020


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

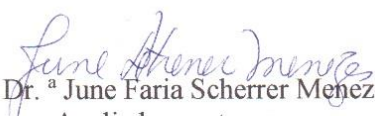
APLICAÇÃO DE NPK EM SORGO GRANÍFERO NAS  
CONDIÇÕES DE CERRADO

Autor: Felipe Hernandes Carvalho  
Orientador: Dr. José Milton Alves

*TITULAÇÃO*: Mestre em Bioenergia e Grãos – Área de concentração  
Agroenergia.

APROVADA em 30 de abril de 2020.

  
Prof. Dr. Adriano Perin  
Avaliador interno  
IF Goiano/Campus Rio Verde

  
Prof.ª Dr.ª June Faria Scherrer Menezes  
Avaliadora externa  
UniRV/Campus Rio Verde

  
Prof. Dr. Jose Milton Alves  
Presidente da banca  
IF Goiano/Campus Rio Verde

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

CC331a Carvalho, Felipe Hernandes Carvalho  
APLICAÇÕES DE NPK EM SORGO GRANÍFERO NAS CONDIÇÕES  
DE CERRADO / Felipe Hernandes Carvalho Carvalho;  
orientador José Milton Alves Alves; co-orientador  
Adriano Perin Perin. -- Rio Verde, 2020.  
54 p.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Adubação. 2. Fertilidade. 3. Sorghum bicolor  
L.. I. Alves, José Milton Alves , orient. II. Perin,  
Adriano Perin, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

## ATA Nº 21 (VINTE E UM) BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

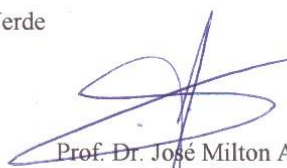
Aos trinta dias do mês de abril do ano de dois mil e vinte, às 14:00 (quatorze horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. José Milton Alves (orientador), Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> June Faria Scherrer Menezes (avaliadora externa) e Prof. Dr. Adriano Perin (avaliador interno), sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, da autoria de **FELIPE HERNANDES CARVALHO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. José Milton Alves, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Dissertação para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, até o dia trinta de junho de dois mil e vinte, conforme decisão do Colegiado do PPGBG. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretária do PPGBG, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.



Prof. Dr. Adriano Perin  
Avaliador interno  
IF Goiano/ Campus Rio Verde



Prof.ª Dr.ª June Faria Scherrer Menezes  
Avaliadora externa  
UniRV/ Campus Rio Verde



Prof. Dr. José Milton Alves  
Presidente da banca  
IF Goiano/ Campus Rio Verde

**APLICAÇÕES DE NPK EM SORGO GRANÍFERO NAS CONDIÇÕES DE  
CERRADO**

por

**FELIPE HERNANDES CARVALHO**

**Comitê de orientação:**

**Orientador:** Prof. Dr. José Milton Alves – IFGoiano – Campus Rio Verde

**Coorientador:** Prof. Dr. Adriano Perin - IFGoiano – Campus Rio Verde

Rio Verde – GO

Abril - 2020

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que me concedeu saúde para que eu pudesse percorrer este caminho e chegar até aqui. Ao Instituto de Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, pela disponibilidade do programa de pós-graduação, possibilitando assim meu ingresso. Ao Prof. Dr. José Milton Alves, meu orientador e amigo, que com muita paciência e dedicação, dividiu comigo sua sabedoria e experiência, a fim de me tornar pessoal e profissionalmente melhor do que era quando iniciei este projeto em minha vida. Agradecer a ajuda e motivação que meus pais Luiz Ferreira de Carvalho Neto e Fabiana Fernanda Azali Hernandes e a minha irmã Marina Hernandes Carvalho e a minha avó Analise Azali Hernandes que sempre me apoiam e me ajudaram nesta conquista.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b>	<b>05</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>06</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>08</b>
2.1 Nitrogênio para o sorgo	08
2.2 Fósforo para o sorgo	09
2.3 Potássio para o sorgo	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>14</b>
4.1 Nitrogênio	14
4.1.1 Massa seca da parte aérea (MS)	15
4.1.2 Comprimento do caule (CC)	16
4.1.3 Diâmetro do caule (DC)	17
4.1.4 Área foliar (AF)	18
4.1.5 Teor de nitrogênio na folha (TN)	19
4.1.6 Acúmulo de nitrogênio na massa seca da parte aérea (AC)	20
4.1.7 Eficiência no uso do nitrogênio (EF).	21
4.1.8 Clorofila A (CLA)	23
4.1.9 Clorofila B (CLB)	23
4.2 Fósforo	24
4.2.1 Massa seca da parte aérea (MS)	25
4.2.2 Comprimento do caule (CC)	26
4.2.3 Diâmetro caulinar (DC)	27
4.2.4 Área foliar (AF)	28
4.2.5 Teor de fósforo na folha (TP)	28
4.2.6 Acúmulo de fósforo na massa seca da parte aérea (AC)	29
4.2.7 Eficiência no uso do fósforo (EF)	31
4.2.8 Clorofila A (CLA)	32
4.2.9 Clorofila B (CLB)	33
4.3 Potássio	34
4.3.1 Massa seca da parte aérea (MS)	34
4.3.2 Comprimento do caule (CC)	36
4.2.3 Diâmetro caulinar (DC)	36
4.3.4 Área foliar	37
4.3.5 Teor de potássio na folha (TK)	38
4.3.6 Acúmulo de potássio na massa seca da parte aérea (AC)	39
4.3.7 Eficiência no uso de potássio (EF)	40
4.3.8 Clorofila A	42
4.3.9 Clorofila B	42
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>43</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>43</b>

## APLICAÇÕES DE NPK EM SORGO GRANÍFERO NAS CONDIÇÕES DE CERRADO

**RESUMO:** O sorgo é um cereal que tem grande importância na produção brasileira, no Centro Oeste, pode-se observar que as doses de NPK recomendadas ainda variam muito para a cultura do sorgo. O trabalho foi realizado na Fazenda Pântano, localizada no município de Jataí – GO, e no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde – GO. As doses de nitrogênio foram: 0 (controle), 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a fonte a ureia (45% de N), as doses de fósforo foram: 0 (controle), 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, usando como fonte o superfosfato triplo (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e para o potássio, as doses foram: 0 (controle), 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, empregando como fonte o cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Foi obtido para o nitrogênio, a dose de 150,6 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, com eficiência de 73,63%, para o fósforo, a dose de 129 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com eficiência de 82,02% e para o potássio, as doses aplicadas não foram suficientes para atender a demanda da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubação, Fertilidade, *Sorghum bicolor* L.



## NPK APPLICATIONS IN GRAIN SORGHUM IN CERRADO CONDITIONS

**ABSTRACT:** Sorghum is a cereal that has great importance in Brazilian production, in the Midwest, it can be seen that the recommended NPK doses still vary widely for sorghum cultivation. The work was carried out at Pântano Farm, located in the municipality of Jataí - GO, and at the Soil and Vegetable Tissues Laboratory of the Goiano Federal Institute – Rio verde Campus - GO. The nitrogen doses were: 0 (control), 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>, the source being urea (45% N), the phosphorus doses were: 0 (control), 40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, using triple superphosphate (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) as source, and for potassium, the doses were: 0 (control), 30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, using as potassium chloride (60% K<sub>2</sub>O). For nitrogen, a dose of 150.6 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen was obtained, with an efficiency of 73.63%, for phosphorus, a dose of 129 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, with an efficiency of 82.02% and for potassium, the doses applied were not sufficient to meet the crop's demand.

**KEYWORDS:** Fertilization, Fertility, *Sorghum bicolor* L.

## 1. INTRODUÇÃO

Durante os últimos 100 anos, a agricultura brasileira apresentou grande desenvolvimento, com aumento significativo no número de culturas, pelas inovações tecnológicas resultantes da difusão de técnicas e pesquisas para desenvolvimento do setor (SBCS, 2007). Além disso, a produção de grãos tem grande importância para economia brasileira, influenciando principalmente no produto interno bruto (PIB). O Brasil, um dos maiores produtores de cereais, leguminosas e oleaginosas do mundo, tem estimativa de produção de 243,2 milhões de toneladas no terceiro prognóstico para a safra de 2020, mostrando o potencial de produção do país (IBGE, 2020).

O sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) é considerado o quinto cereal mais importante do mundo, sendo importante fonte calórica na alimentação humana em países em desenvolvimento no continente Africano (RIBAS, 2014). De acordo com Menezes (2018), o sorgo tem proporcionado aos produtores interesse pela sua tolerância ao estresse hídrico, para o cultivo safrinha, época marcada por instabilidades de chuvas, porém de grande potencial para a ampliação do uso de áreas agricultáveis.

O sorgo é um cereal que tem importância na produção brasileira, no Centro Oeste a área é de 310,2 mil hectares e o estado de Goiás possui a maior área com 262 mil hectares para safra 18/19 (CONAB, 2019). Somado a isso, a sucessão da soja tem sido realizada com outras culturas de grãos, sendo as principais utilizando o milho e o sorgo (Vilela *et al.*, 2011). Em comparação ao milho o sorgo é uma cultura de menor custo de produção, e possui 95% do seu valor nutritivo (Silva *et al.*, 2011).

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (2014), o emprego de grãos de sorgo para formulação de rações animais em 2013 totalizou 2.09 milhões de toneladas e com previsão de aumentos na produtividade deste alimento, mostrando a importância deste na nutrição animal.

Reconhece-se que há expressivo potencial para o plantio de sorgos para produção de energia no país, em áreas aptas para o plantio de sorgo sacarino na entressafra da cana de açúcar (LANDAU et al., 2011). Além disso, o sorgo granífero e o de produção de biomassa também podem ser utilizados para a produção de etanol, obtendo energia limpa e renovável. No cultivo do sorgo, tem-se intensificado a necessidade de utilizar novas tecnologias para tornar esta cultura mais competitiva e rentável (Martha Júnior et al., 2016).

Entre as novas tecnologias, está a preocupação em fazer a adubação mais adequada para os materiais novos e de alto rendimento utilizados na região do Cerrado. Os fertilizantes mais usados na atualidade são compostos de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) com finalidade de melhorar a eficiência, desenvolvimento e formação da cultura.

O nitrogênio (N) é um elemento essencial e possui papel fundamental no metabolismo vegetal por participar diretamente na biossíntese de proteínas e clorofilas (ANDRADE et al., 2003). No entanto, encontra-se em quantidades insuficientes na maioria dos solos brasileiros, tornando fundamental o fornecimento em concentração adequada para garantir o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas (BELARMINO et al., 2003).

Somado a isso, o fósforo (P), tem grande importância por ser um elemento essencial e estar pouco disponível no solo, formando compostos de baixa solubilidade (ARAÚJO & MACHADO, 2006). Além disso, esse macronutriente, tem função estrutural, participando de vários processos metabólicos, como transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N (PRADO, 2008).

Sabe-se que o potássio (K) é um elemento essencial, sendo um dos nutrientes mais exportados pelas plantas (EPSTEIN et al., 2006). Além disso, destaca-se a importância do potássio no metabolismo, melhorando as características físicas e químicas da planta (SILVA et al. 2001), em razão da melhora no processo de transpiração e formação de carboidratos (TAIZ

et al., 2004).

A fertilidade do solo vem ajudando no estudo e produção desta cultura do sorgo por meio de recomendações de adubação, e a presente pesquisa foi desenvolvida pela importância agronômica desta cultura e suas recomendações de NPK não estarem consolidadas para a região do sudoeste goiano em solos de baixa fertilidade, podendo gerar impacto econômico na eficiência da adubação, e, através do ajuste das doses de adubação de NPK a cultura poderá obter melhor resposta a adubação e produção mais eficiente com maior rentabilidade. Sendo assim, a presente pesquisa trata da avaliação do efeito das doses de NPK em sorgo granífero para o desenvolvimento da fertilidade do solo em regiões de baixa fertilidade nas condições de Cerrado.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Nitrogênio para o sorgo**

O aumento da produtividade depende, entre outros fatores, da eficiência de absorção de N. Somado a isso, pesquisas sobre a avaliação do fornecimento do N mineral obtido de fertilizantes nitrogenados, têm despertado interesse, tendo em vista a baixa eficiência na utilização do N mineral (WELLS & TURNER, 1984).

Rosolem *et al.* (1985) demonstraram a resposta do sorgo sacarino à adubação nitrogenada, em Latossolo Roxo distrófico na região de Botucatu, no estado de São Paulo, e obtiveram a melhor dose de 114 kg ha<sup>-1</sup> de N, a produtividade máxima de colmos foi obtida com a dose de 77,5 kg ha<sup>-1</sup> de N e as doses podem ter ficado elevadas por causa da alta produção de parte vegetativa deste cultivar. Por outro lado, Mateus (2007), trabalhando em Botucatu, em um Latossolo Vermelho, cultivado há aproximadamente 5 anos em sistema de semeadura direta utilizaram quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) e não verificaram efeito do nitrogênio na produtividade de grãos do sorgo, que pode ter ocorrido pelo

alto teor de matéria orgânica do solo, por ser cultivado em semeadura direta. Mateus *et al.* (2011) observaram resposta do sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto na região de Botucatu, SP em solo Latossolo Vermelho distrófico que no primeiro ano de cultivo, o parcelamento 50–50 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou maior produtividade do sorgo, esta dose elevada pode ter sido obtida por ser o primeiro ano de plantio. Já Goes *et al.* (2011) obtiveram relação quadrática das doses de nitrogênio em cobertura no trabalho realizado em Selvíria-MS no período da safrinha em Latossolo Vermelho-Escuro e da produtividade do sorgo granífero, obtendo 3.389,4 kg ha<sup>-1</sup> de grãos com 65,10 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura. Santos *et al.* (2014) obtiveram no trabalho realizado em Sete Lagoas, MG em solo Latossolo Vermelho distroférico, a dose de N para a obtenção da máxima eficiência econômica, considerando o sorgo CMSXS 7020, foi a cerca de 60 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto para o CMSXS 652 a dose econômica de N foi de, aproximadamente, 40 kg ha<sup>-1</sup>.

Buah & Mwinkaara (2009), avaliando doses de nitrogênio e densidade de plantas na cultura do sorgo, obtiveram a dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N como a de máxima eficiência econômica, representando um incremento de aproximadamente 28% em relação ao tratamento controle.

Pode-se observar que as doses recomendadas variam muito. Nos trabalhos apresentados, as doses recomendadas variaram entre 40 e 114 kg ha<sup>-1</sup>. Desta forma, percebe-se que há necessidade de novos estudos para identificar as doses indicadas em função dos níveis de exigência do sorgo nos diferentes sistemas de cultivos.

## **2.2 Fósforo para o sorgo**

A eficiência de absorção de P tem grande importância no aumento da produção. Somado a isso, a capacidade de absorção de fósforo entre variedades pode ser causada por baixas concentrações na solução do solo e o acesso radicular ao elemento limita a absorção de fósforo (Römer *et al.*, 1988).

O P é um nutriente determinante na produção de grãos, sendo que, de 80 a 90% do seu total absorvido pelas plantas são exportados para os grãos, indicando a necessidade de reposição constante desse nutriente (Resende et al., 2006).

O fósforo tem importância em várias culturas, como visto por Castro *et al.* (2016) no trabalho realizado no município de Barreiras, Oeste da Bahia, em Latossolo Vermelho amarelo distrófico a dose de 94,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada a lanço, propiciou produtividade máxima de grãos de milho.

Em trabalhos realizados em casa de vegetação como o de Sá *et al.* (2018), utilizando solo classificado como Neossolo Flúvico, as doses de superfosfato simples de 30 ou de 17 g dm<sup>-3</sup> são as mais indicadas quando as plantas de sorgo sacarino são irrigadas.

Para a cultura do sorgo em condições de campo, (Rosolem *et al.* 1985) demonstraram que não houve resposta do sorgo sacarino à adubação fosfatada, em Latossolo Roxo distrófico na região de Botucatu no estado de São Paulo com as doses de (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Possivelmente, esse resultado pode ter ocorrido pela alta fertilidade do solo da região, com 4 mg dm<sup>3</sup> de fósforo e 2,3% de matéria orgânica. Pereira *et al.* (2014), no trabalho realizado em Baraúna, RN em um Cambissolo Háptico de textura franco-argilo-arenosa, para o sorgo granífero a dose de máxima eficiência física estimada foi de 109,75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, porém a dose de máxima eficiência econômica e ambiental recomendada foi de 96 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Pode-se perceber que existem poucos trabalhos sobre fósforo no sorgo. Nos trabalhos apresentados a dose recomendada variou entre 94,2 kg ha<sup>-1</sup> no milho, até a dose de 109,75 kg ha<sup>-1</sup> no sorgo. Há necessidade de novos estudos para identificar as doses indicadas de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em função dos níveis de exigência do sorgo nos diferentes sistemas de cultivos.

### **2.3 Potássio para o sorgo**

Entre outros fatores, o aumento da produtividade depende, da eficiência de absorção de

K. Somado a isso, sabe-se que os solos tropicais brasileiros apresentam baixo teor de potássio trocável (BENITES et al., 2010) e que a planta responde de forma expressiva à aplicação do fertilizante potássico (Korndörfer & Oliveira, 2005).

De acordo com Rosolem *et al.* (1985), resposta do sorgo sacarino à adubação potássica, em Latossolo Roxo distrófico na região de Botucatu no estado de São Paulo onde proporcionou maior produtividade com a aplicação de 65,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O porém não houve resposta para produtividade de colmo. Já Galvão *et al.* (2015) observaram que o rendimento máximo estimado de matéria seca da parte aérea para o sorgo forrageiro no plantio direto foi de 10.835 kg ha<sup>-1</sup>, obtido com a dose de 152 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, enquanto para o plantio convencional a produção foi de 10.310 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 213 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Santos *et al.* (2014) obtiveram neste trabalho, a dose de potássio de máxima eficiência econômica de 30 kg ha<sup>-1</sup> para o sorgo CMSXS 7020. Por outro lado, Petter *et al.* (2016) observaram os maiores valores para a aplicação de potássio no milho, na fitomassa seca, índice de colheita e produtividade de grãos perante a aplicação de 48 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

É observado que as doses recomendadas variam muito e que existem poucos trabalhos sobre esta cultura. Nos trabalhos apresentados, a dose recomendada variou entre 30 e 152 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Desta forma percebe-se que ainda há clara necessidade de novos estudos para identificar as doses indicadas em função dos níveis de exigência do sorgo nos diferentes sistemas de cultivos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado na Fazenda Pântano, localizada no município de Jataí - GO cuja Latitude é 17°59'15,87"S e Longitude 5°14'15,26"O e no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde – GO. O preparo do solo foi feito através de gradagem e a correção do solo de acordo com o resultado da análise de solo e critérios

de recomendação de SOUSA *et al.*, (2004). As características químicas e texturais são apresentadas a seguir para a profundidade de 0-20 cm: pH(CaCl<sub>2</sub>)=4,22; Ca, Mg, K, Al e CTC (0,3; 0,1; 0,05; 0,45 e 5,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente); P<sub>(mel)</sub>, S, Zn, B, Cu e Mn (0,8; 5,4; 0,3; 0,4; 0,7 e 10,9 mg dm<sup>-3</sup>); V%=9; MO=16,4 g dm<sup>-3</sup>; argila, silte e areia (15, 5 e 80 %, respectivamente). Para a profundidade de 20 a 40 cm, o resultado da análise de solo mostrou o seguinte resultado: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,01; Ca, Mg, K, Al e CTC (0,2; 0,1; 0,04; 0,65 e 4,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> respectivamente); P<sub>(mel)</sub>, S, Zn, B, Cu e Mn (0,8; 6,9; 0,3; 0,5; 0,8 e 12,0 mg dm<sup>-3</sup>); V%=8; MO=14,2 g dm<sup>-3</sup>; argila, silte e areia (15, 7 e 78 %, respectivamente). Podendo ser observado que de acordo com os dados da análise de solo, que é de textura arenosa e ácido, a matéria orgânica, o potássio e a capacidade de troca de cátions estão baixos e o fósforo está muito baixo.

A realização da calagem foi feita com o auxílio de um trator 90 dias antes do plantio, e a saturação por base foi elevada para 50%, utilizando calcário dolomítico com PRNT de 85%. O método utilizado para o cálculo da calagem foi o da saturação por base, em que  $SB = (V_f - V_i) * CTC / PRNT$  e a quantidade aplicada deste calcário foi de 2,5 t ha<sup>-1</sup>.

Foram implantados três experimentos independentes com o sorgo granífero AG 1085, em que foram avaliadas cinco doses e cinco repetições de adubação de NPK, usando delineamento em blocos ao acaso, totalizando 25 unidades experimentais para cada nutriente.

As parcelas experimentais foram formadas por um quadrado de 3 X 3 metros, com distância entre parcelas de 3 metros e de 3 metros entre blocos. O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre linhas, para obter a população de 140 mil plantas por hectare. O plantio foi realizado em 01/02/2018.

Para avaliação do efeito das doses de nitrogênio, foram utilizadas as seguintes doses: 0 (controle), 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a fonte a ureia (45% de N). Para todas as doses, exceto o controle, foram aplicados 50% das doses de nitrogênio no sulco por ocasião do plantio



e o restante de cada tratamento foi aplicado em cobertura quando as plantas estavam com seis folhas.

Para a avaliação das doses de fósforo, foram utilizadas cinco doses: 0 (controle), 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, usando como fonte o superfosfato triplo (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Todos os tratamentos de fósforo as doses foram aplicadas no sulco do plantio.

Na avaliação do efeito das doses de potássio, foram utilizadas cinco doses de potássio (K<sub>2</sub>O): 0 (controle), 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, empregando como fonte o cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O). Para todas as doses, exceto o controle, foram aplicadas 50% das doses de potássio no sulco por ocasião do plantio e o restante de cada tratamento foi aplicado em cobertura quando as plantas estavam com seis folhas.

Após 20 dias do plantio, houve ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e foi realizado o controle com a aplicação do inseticida KARATE ZEON 250 CS, aplicando 30 ml ha<sup>-1</sup> do produto com o auxílio de um pulverizador que foi acoplado ao trator.

As variáveis avaliadas foram: massa seca da parte aérea (MS), comprimento do caule (CC), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF), clorofila A (CLA), clorofila B (CLB), teor de nitrogênio na folha (TN) para as doses de N, teor de fósforo na folha (TF) para as doses de fósforo, teor de potássio na folha (TK) para as doses de potássio, acúmulo de cada nutriente (AC) e eficiência de cada nutriente (EF). Todas as análises realizadas foram feitas quando as plantas estavam no seu estágio fisiológico 5 conhecido como emborrachamento, ou seja, quando todas as folhas estavam completamente desenvolvidas e antes que ocorresse a floração, ocorrido aos 50 dias após a emergência.

Para determinação da massa seca da parte aérea, três plantas de cada parcela foram colhidas ao acaso com ajuda de uma tesoura. As amostras foram separadas na área experimental, colocados em sacos de papel, identificados e levadas para o laboratório, para secagem em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas a 65°C e posteriormente pesadas.

A comprimento do caule foi medido com ajuda de uma fita milimétrica do colo da planta até a inserção da última folha, em três plantas da parcela. O diâmetro do caule foi medido com ajuda de um paquímetro na região do colo da planta (0,05 m) do solo em três plantas da parcela. Para a determinação da área foliar a partir da folha, foi utilizado o método descrito por (Sans & Pellegrin 1998), em que se mede o comprimento total e a largura média das folhas e através da equação  $AF = 0,7811x - 14,964$  em que  $x$  é o comprimento multiplicado pela largura em  $cm^2$  e foram coletados os dados de três folhas de cada parcela.

Para realização da análise de teor de clorofila A e B, foi usado o aparelho de medida clorofiLOG, fazendo as medidas de três folhas de cada parcela no período da manhã. O teor de nutrientes das folhas foi realizado com a coleta de três folhas por plantas, coletadas ao acaso, no terço central da planta de acordo com recomendações de Sousa *et al.*, (2004) e enviada para um laboratório especializado, e para cada tratamento foi avaliado o seu nutriente específico.

A quantificação de acúmulo do nutriente foi realizada com o auxílio da fórmula: AC do nutriente ( $kg\ ha^{-1}$ ) = MS ( $kg\ ha^{-1}$ ) x TN teor do nutriente ( $g\ kg^{-1}$ ) / 1000 (Perin *et al.*, 2004). Já para realização da eficiência foi utilizada a fórmula EF do nutriente (%) = [AC tratamento ( $kg\ ha^{-1}$ ) – AC controle ( $kg\ ha^{-1}$ ) / AC tratamento ( $kg\ ha^{-1}$ )] x 100 (Leal *et al.*, 2015).

Foi empregado a análise de variância da regressão para avaliar o efeito das doses de NPK em todas as variáveis analisadas e os dados obtidos foram submetidos ao software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Nitrogênio**

A análise estatística das doses de nitrogênio utilizadas mostrou efeito significativo para as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea (MS), comprimento do caule (CC), diâmetro caulinar (DC), área foliar (AF), acúmulo (AC) e eficiência (EF) (Tabela 1). As doses de

nitrogênio utilizadas neste trabalho não influenciaram nos teores de clorofila A (CLA), clorofila B (CLB).

**Tabela 1-** Efeito de doses de nitrogênio em sorgo granífero em condições de campo no sudoeste goiano. Tabela de quadrados médios.

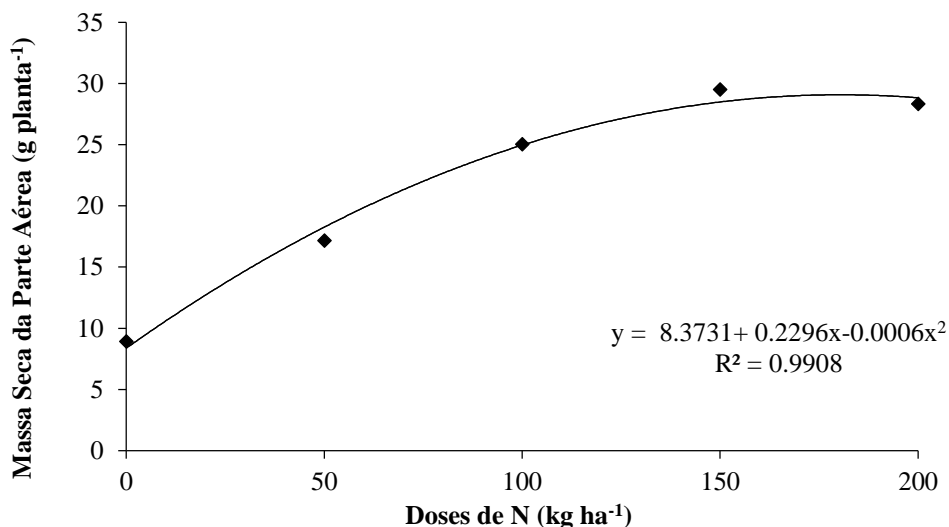
Parâmetros	Desdobramento		CV (%)
	QM	Regressão (V%)	
MS (kg ha <sup>-1</sup> )	374.802466	Linear** Quadrat**	2,69
CC (cm)	80.358544	Linear** Quadrat**	6.64
DC (cm)	0.171350	Linear** Quadrat*	9.18
AF (cm <sup>2</sup> )	16439.937586	Linear** Quadrat**	3.36
TN (g kg <sup>-1</sup> )	6.353600	NS NS	3.56
AC (kg ha <sup>-1</sup> )	13840.059734	Linear** Quadrat**	5.71
EF (%)	4195.559906	Linear** Quadrat**	9.65
CLA (ICF)	7.534400	NS NS	9.74
CLB (ICF)	1.105600	NS NS	24.28

NS: não significativo; \*, Significativo (P < 0,05); \*\*, Significativo (P < 0,01).

Quadrat= Quadrática; MS= massa seca da parte aérea; CC= comprimento de caule; DC= adiantamento de caule; AF= área foliar; TN= teor de nitrogênio na folha; AC= acúmulo de nitrogênio; EF= eficiência; CLA= clorofila A e CLB= clorofila B.

#### 4.1.1 Massa seca da parte aérea (MS)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de nitrogênio na massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo (Tabela 1). Pode-se verificar que o ponto máximo da dose de nitrogênio para massa seca da parte aérea foi de 191,3 kg ha<sup>-1</sup> e que obteve nesta dose uma massa seca de 30,33 g planta<sup>-1</sup> como mostrado na figura 1.

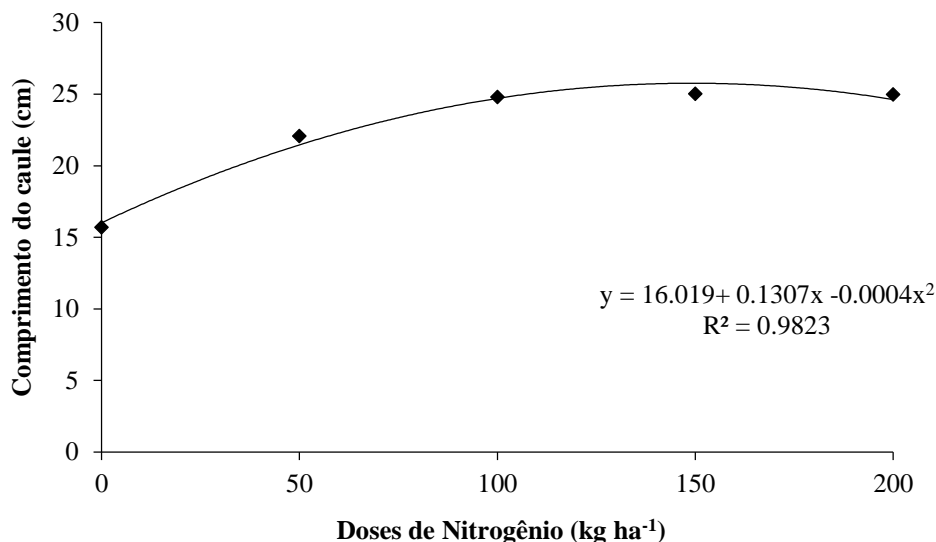


**Figura 1-** Efeito de doses de nitrogênio na massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV%= 2,69.

Goes *et al.* (2011) trabalhando com sorgo granífero verificaram efeito linear para cada quilograma de nitrogênio aplicado em cobertura, e observaram que houve destaque os tratamentos que receberam esse fertilizante e produziram em média, 1,87 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca com as doses de nitrogênio (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>) resultados semelhantes ao deste trabalho até chegar em sua dose máxima. Além disso, Oliveira *et al.* (2009) trabalhando com sorgo granífero também verificaram aumento da matéria seca em função de doses crescentes de nitrogênio como observado neste trabalho, até a dose de ponto máximo.

#### 4.1.2 Comprimento do caule (CC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de nitrogênio no comprimento do caule (cm) na cultura do sorgo (Tabela 1). Pode-se verificar que o ponto máximo da dose de nitrogênio para comprimento de caule foi na dose 163,3 kg ha<sup>-1</sup> e que obteve o comprimento de caule de 26,69 cm como mostrado na figura 2.

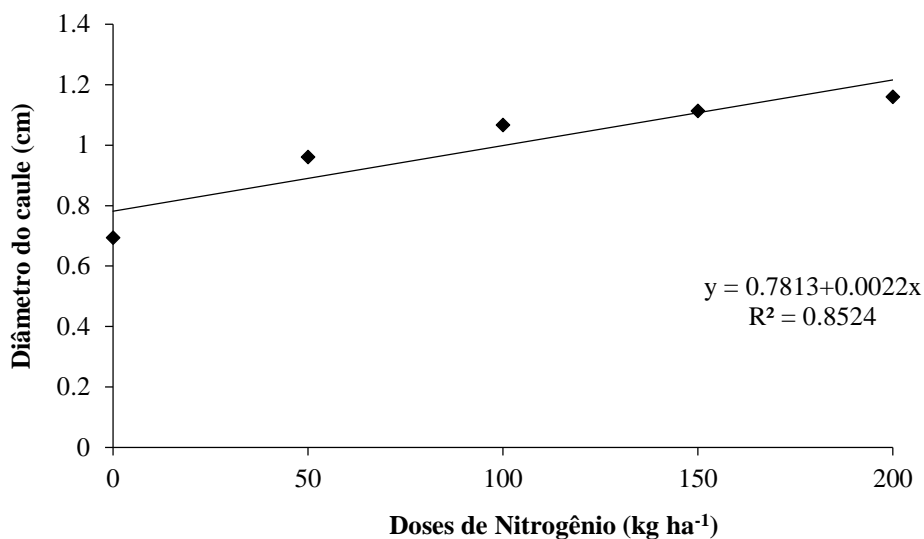


**Figura 2** - Efeito de doses de nitrogênio no comprimento de caule (cm) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV%= 6,64.

Fonseca et al. (2008), avaliando o sorgo granífero BR 304 em solução nutritiva, apresentaram valores de 113,1 cm para altura de plantas, com incremento de 122 e 50% em relação aos tratamentos com omissão de N respectivamente e verificou que a deficiência de N afeta o desenvolvimento da planta, como a altura. Pereira *et al.* (2014) obtiveram o resultado oposto deste trabalho, trabalhando com doses de nitrogênio na adubação do sorgo no município de Baraúna, RN observaram que altura de planta não apresentou efeito significativo pelo teste F ( $P < 0,10$ ) e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados com as doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>).

#### 4.1.3 Diâmetro do caule (DC)

A análise de variância da regressão mostrou para diâmetro do caule, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 3, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



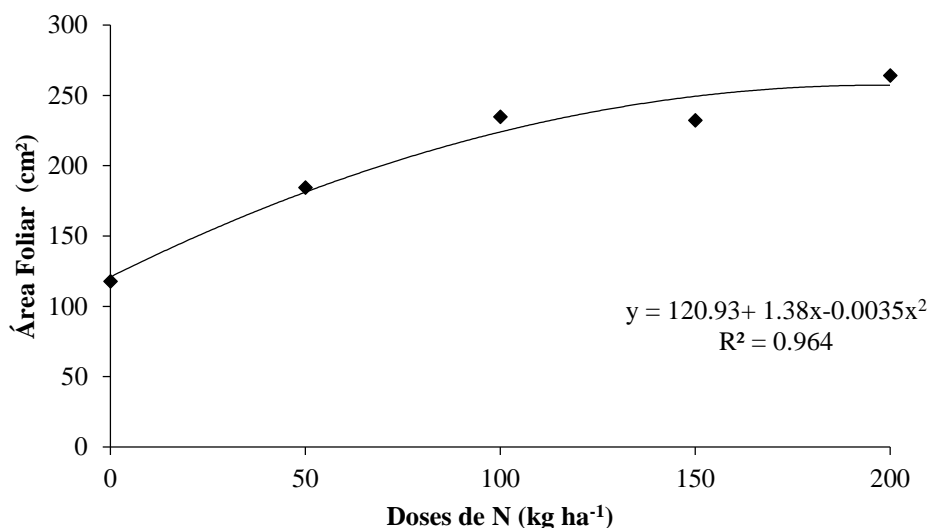
**Figura 3** - Efeito de doses de nitrogênio no diâmetro de caule (cm) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV%= 9,18.

Fernandes et al. (1991) obtiveram resultados semelhantes a este trabalho, com sorgo em solução nutritiva de nitrogênio, verificaram resposta da cultura ao incremento da concentração de nitrogênio na solução e a aplicação de 120 mg de nitrogênio por litro proporcionou maior diâmetro do colmo com cultivar EA 116. Goes *et al.* (2011) trabalhando com sorgo granífero AG 1040 não obteve efeito significativo das fontes nitrogenadas, para o diâmetro do colmo com cinco doses de nitrogênio (0, 20, 40, 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup>). Pereira *et al.* (2014) não obtiveram o mesmo resultado do presente trabalho, e observaram que o sorgo granífero não apresentou efeito significativo pelo teste F ( $P < 0,10$ ) e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados testando as doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) para diâmetro do colmo. Coelho et al. (2002) relataram características similares de deficiência de N em seus trabalhos com sorgo tendo colmo fino, quando comparado ao tratamento com doses maiores de nitrogênio, observado neste trabalho.

#### 4.1.4 Área foliar (AF)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das

doses de nitrogênio na área foliar ( $\text{cm}^2$ ) na cultura do sorgo (Tabela 1). Pode-se verificar que o ponto máximo da dose de nitrogênio para comprimento de caule foi de  $197,1 \text{ kg ha}^{-1}$  e obteve nesta dose área foliar de  $256,95 \text{ cm}^2$ , mostrado na figura 4.



**Figura 4** - Efeito de doses de nitrogênio para área foliar ( $\text{cm}^2$ ) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações.  $\text{CV}\% = 3,36$ .

A deficiência de N retarda a divisão celular nos pontos de crescimento do milho resultando em redução na área foliar e no tamanho da planta, conforme constatado, com reflexos negativos sobre a produção (Fancelli & Dourado Neto, 2008), resultado semelhante ao trabalho que se obteve maior área foliar com doses maiores de nitrogênio. Coelho et al. (2002) relataram características similares de deficiência de N em seus trabalhos com sorgo que tem área foliar pequena, quando comparado com doses maiores de N.

#### 4.1.5 Teor de nitrogênio na folha (TN)

A análise de variância da regressão não mostrou efeito linear nem quadrático para aplicação das doses de nitrogênio no teor de nutriente na folha ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na cultura do sorgo e as

médias por tratamento estão apresentadas na tabela 2, e o teor médio de nitrogênio encontrado neste trabalho para todos os tratamentos foi de 39,25 g kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 2** - Efeito das doses de nitrogênio no teor de N foliar, médias de cinco observações por tratamento de doses de N para o teor de nitrogênio na folha (g kg<sup>-1</sup>).

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de Nitrogênio na Folha (g kg <sup>-1</sup> )
0	39,4
50	41,0
100	37,9
150	39,1
200	38,7

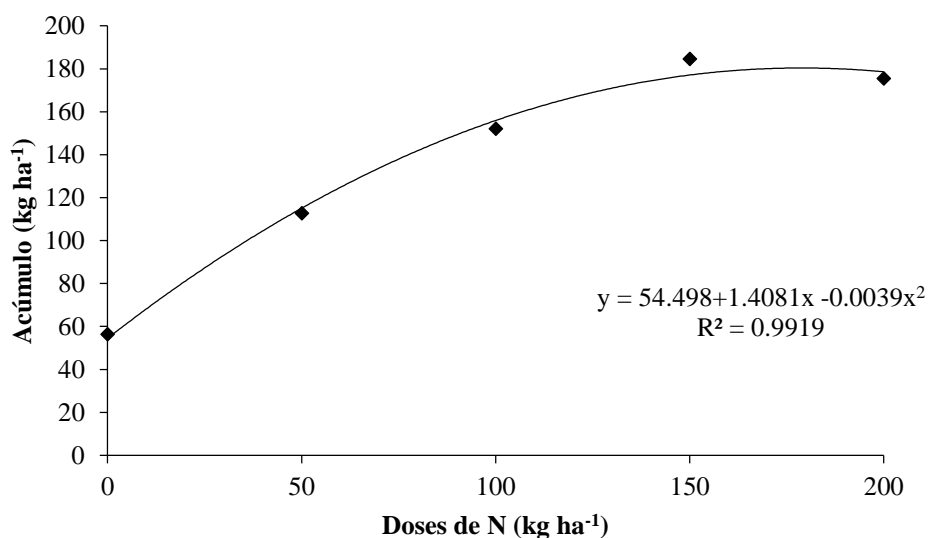
Pereira *et al.* (2014) obtiveram o resultado oposto deste trabalho, trabalhando sorgo granífero com aplicação de nitrogênio no município de Baraúna, RN observaram que o teor de nitrogênio foliar apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ), porém nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados com as doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>). Viégas *et al.* (2002) verificaram que a omissão de N ocasionou a redução no teor desse nutriente em todas as partes da planta, quando comparado com o do tratamento completo, e o oposto foi verificado neste trabalho que não obteve diferenciados resultados. Fonseca *et al.* (2008) cultivando sorgo granífero em solução nutritiva, obtiveram valores de teor de N foliar de 30,95 g kg<sup>-1</sup>, ou seja, menores aos da presente pesquisa. Para Fancelli & Dourado Neto (2008) reportam que o nível adequado do teor de nitrogênio na folha de milho para o desenvolvimento adequado, está situado na faixa de 27,5 a 32,5 g kg<sup>-1</sup>. Os resultados encontrados neste trabalho, foram maiores aos encontrados por Fonseca *et al.* (2008) e Fancelli & Dourado Neto (2008).

#### 4.1.6 Acúmulo de N na massa seca da parte aérea (AC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de nitrogênio no acúmulo de N na massa seca (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo (Tabela 1). Pode-se verificar que o ponto de máxima para acúmulo de N na massa seca foi na dose de 180,5



kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio com acúmulo de 181,5 kg ha<sup>-1</sup> como mostra a figura 6.



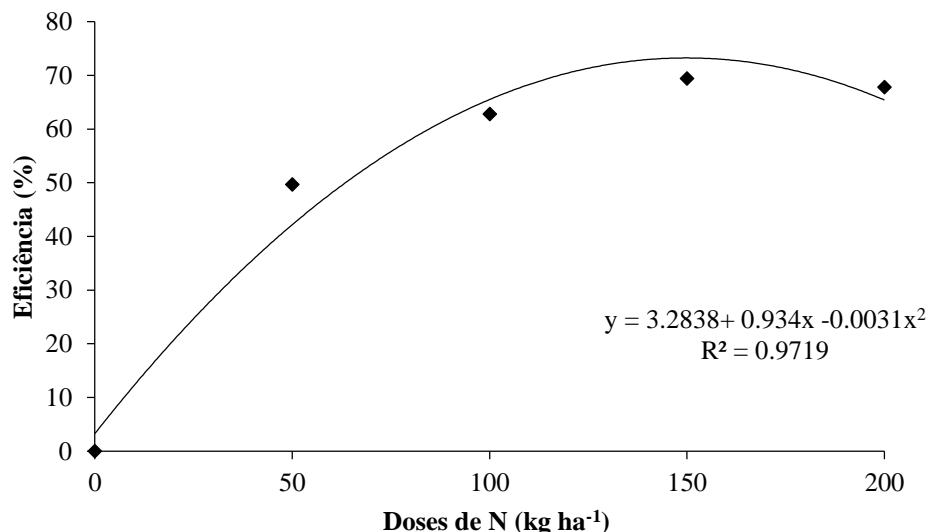
**Figura 6** - Efeito de doses de nitrogênio no acúmulo de nitrogênio na massa seca (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de cinco observações. CV%= 5,71.

Castro et al. (2015) trabalhando com dois híbridos de sorgo e fazendo aplicações no plantio e na cobertura de nitrogênio, e neste trabalho também foi observado aumento crescente no acúmulo com o aumento das doses de nitrogênio. Calegari et al. (1992), trabalhando em solo rico em matéria orgânica, encontraram acúmulo de N pelo nabo de 112 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto Basso (1999), em solo arenoso e com baixa fertilidade, verificou que, na média de dois anos, o nabo forrageiro acumulou apenas 59 kg ha<sup>-1</sup> de N. Comportamento similar foi observado neste trabalho, quanto maior a quantidade de nitrogênio que foi aplicada, maior foi o acúmulo de nitrogênio na massa seca até chegar na dose de máxima para a planta de sorgo de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N.

#### 4.1.7 Eficiência no uso do nitrogênio (EF).

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das

doses de nitrogênio na eficiência do uso de nitrogênio (%) na cultura do sorgo (Tabela 1). Pode-se verificar que o ponto de máxima para eficiência foi na dose de 150,6 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, com eficiência de 73,63%, mostrado na figura 7.



**Figura 7** - Efeito de doses de nitrogênio para eficiência do uso de nitrogênio (%) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 5 observações. CV%= 9,65.

Segundo Cantão (2007), fatores limitantes para o crescimento das plantas, principalmente a do N pode aumentar a eficiência de absorção deste nutriente quando há limitação desses nutrientes no solo. Moll et al. (1982), observaram que híbridos de milho foram menos eficientes no uso do N em altos níveis de suplemento nitrogenado. Estudos mostram que independente da fonte de N, sua eficiência para cana de açúcar varia de 20 a 40% (VIEIRA et al. 2015), sendo a eficiência menor que a mostrada por este trabalho na cultura do sorgo. Reddy (1993) trabalhando com milho, obtiveram resultados na eficiência do uso do fertilizante nitrogenado na região Piedmont, de North Carolina (USA), variando de 43 a 57%. Os resultados encontrados neste trabalho para eficiência de absorção de N são diferentes dos encontrados por Cantão (2007) e Moll et al. (1982) que observaram melhor eficiência com doses menores de N, já Vieira (2015)

e Reddy (1993) obtiveram eficiência no uso do nitrogênio menor que a obtida neste trabalho.

#### 4.1.8 Clorofila A (CLA)

A análise de variância da regressão não mostrou efeito linear nem quadrático para aplicação das doses de nitrogênio no índice de clorofila foliar (ICF) A na cultura do sorgo e as médias por tratamento estão apresentadas na tabela 3, e o índice de clorofila foliar, encontrado neste trabalho para todos os tratamentos foi de 26,34 ICF.

**Tabela 3** - Efeito das doses de nitrogênio no índice de clorofila A, médias de 15 observações por tratamento de doses de N.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Clorofila A
0	25,3
50	25,1
100	27,0
150	26,1
200	28,1

Godoy et al. (2008) observaram que os índices relativos de clorofila em folhas de caféiro variaram linear e positivamente com a dose de N aplicada. Quadros (2010) trabalhando com rabanete verificou que houve aumento linear, conforme as doses de N foram sendo incrementadas, em relação ao teor de clorofila resultado. Os resultados encontrados neste trabalho foram diferentes dos obtidos por Godoy et al. (2008) e Quadros (2010) que obtiveram resultados lineares com incremento das doses de nitrogênio.

#### 4.1.9 Clorofila B (CLB)

A análise de variância da regressão não mostrou efeito linear nem quadrático para aplicação das doses de nitrogênio no teor clorofila B (ICF) na cultura do sorgo e as médias por tratamento estão apresentadas na tabela 4, e o índice de clorofila foliar, encontrado neste trabalho para todos os tratamentos foi de 5,64 ICF.

**Tabela 4** - Efeito das doses de nitrogênio no índice de clorofila B, médias de 15 observações por tratamento de doses de N.

<b>Doses de N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Clorofila B</b>
0	5,2
50	5,4
100	5,5
150	5,6
200	6,4

Borghi et al. (2016) trabalhando com híbridos de milho com as doses de N em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) observou em vários estágios da planta que o teor de clorofila foi significativamente influenciado pelas doses de N em cobertura, apresentando aumento linear com o incremento das doses, o que não foi observado neste trabalho. Segundo Broge & Leblanc (2001), o teor de clorofila foliar é um indicativo do estado nutricional da planta, demonstrando a necessidade de aplicação de nitrogênio, pelo fato deste nutriente ser um dos principais elementos da estrutura molecular da clorofila, e neste trabalho o incremento das doses de nitrogênio não obteve aumento no teor de clorofila B.

#### 4.2 Fósforo

A análise estatística das doses de fósforo utilizadas mostrou efeito significativo para todas as variáveis avaliadas. Como é mostrado na (Tabela 5).

**Tabela 5** - Efeito de doses de fósforo em sorgo granífero em condições de campo no sudoeste goiano. Tabela de quadrados médios.

<b>Parâmetros</b>	<b>Desdobramento</b>		<b>CV (%)</b>
	<b>QM</b>	<b>Regressão (V%)</b>	

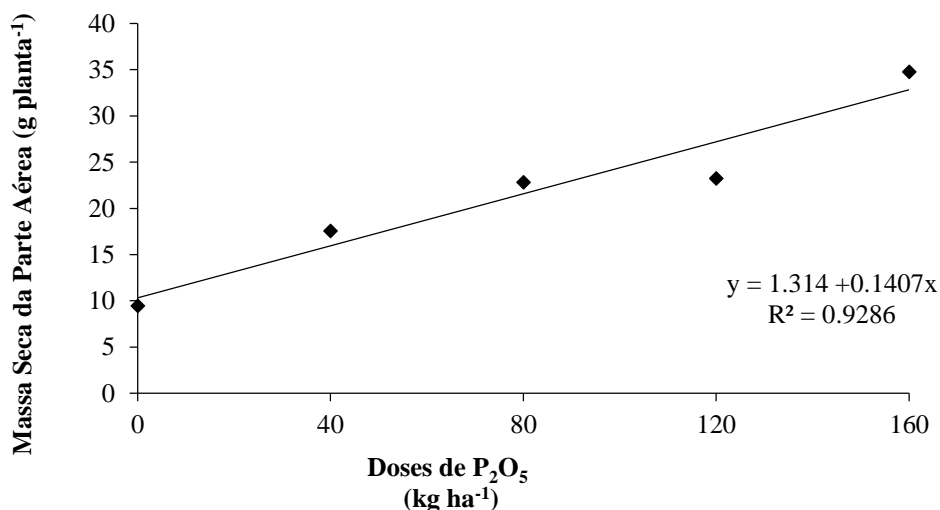
<b>MS (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	426.359030	Linear**	NS	2,93
<b>CC (cm)</b>	47.472246	Linear**	Quadrat**	2,83
<b>DC (cm)</b>	0.172156	Linear**	Quadrat**	13,14
<b>AF (cm<sup>2</sup>)</b>	9568.651026	Linear**	Quadrat**	4,12
<b>TP (g kg<sup>-1</sup>)</b>	0.841000	Linear**	NS	13,30
<b>AC (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	86.521606	Linear**	NS	13,92
<b>EF (%)</b>	5364.251914	Linear**	Quadrat**	8,23
<b>CLA (ICF)</b>	84.316600	Linear**	Quadrat*	9,95
<b>CLB (ICF)</b>	12.620000	Linear**	NS	22,09

NS: não significativo; \*: Significativo (P < 0,05); \*\*: Significativo (P < 0,01).

Quadrat= Quadrática; MS= massa seca da parte aérea; CC= comprimento de caule; DC= adiantamento de caule; AF= área foliar; TP= teor de fósforo na folha; AC= acúmulo de fósforo; EF= eficiência; CLA= clorofila A e CLB= clorofila B.

#### 4.2.1 Massa seca da parte aérea (MS)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de fósforo na massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo (Tabela 5). Para massa seca da parte aérea, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 8, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



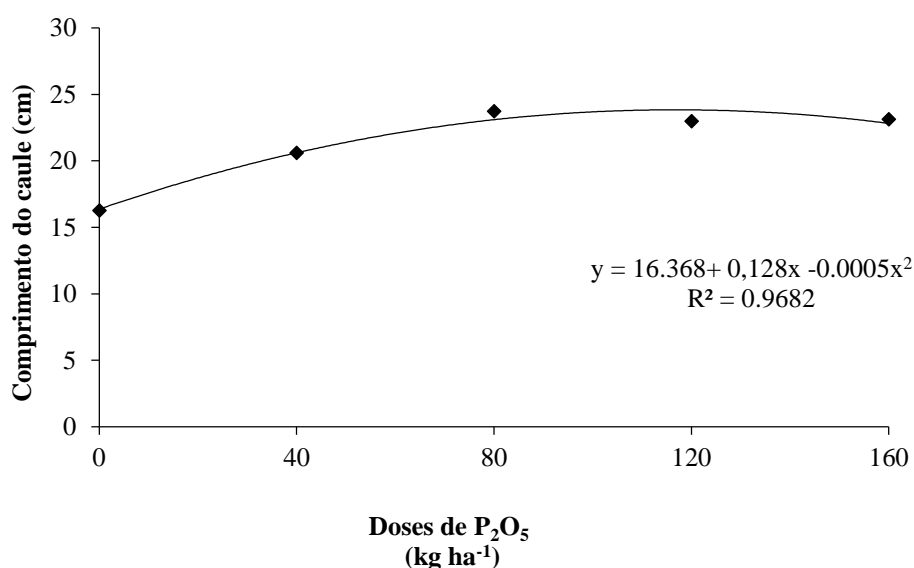
**Figura 8** - Efeito de doses de fósforo para massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV%= 2,93.

Cruz et al. (2009) apresentaram efeito linear para a produção de matéria seca do sorgo em

função de doses de fósforo constituídos por dois híbridos de sorgo granífero: BRS304 e BRS310, com doses de fósforo: 0, 25, 50 e 75 kg ha<sup>-1</sup>, aumentando a matéria seca total das plantas de sorgo. Khalili et al. (2008), avaliando estresse hídrico e adubação fosfatada na cultura do sorgo, obtiveram valores superiores para as variáveis matéria seca. Já Sá *et al.* (2018) observaram que com aumento das doses de superfosfato simples, estimulou o aumento da massa seca total independente da condição de salinidade da água de irrigação. Os resultados encontrados neste trabalho, foram semelhantes aos encontrados Cruz et al. (2009), Khalili et al. (2008) e Sá *et al.* (2018), mostrando que os aumentos das doses de fósforo aumentam a produção de massa seca.

#### 4.2.2 Comprimento do caule (CC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de fósforo no comprimento do caule (cm) na cultura do sorgo (Tabela 5). Pode-se verificar que o ponto máximo da dose de fósforo para comprimento de caule foi de 128 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e obteve comprimento de caule de 24,56 cm, mostrado na figura 9.

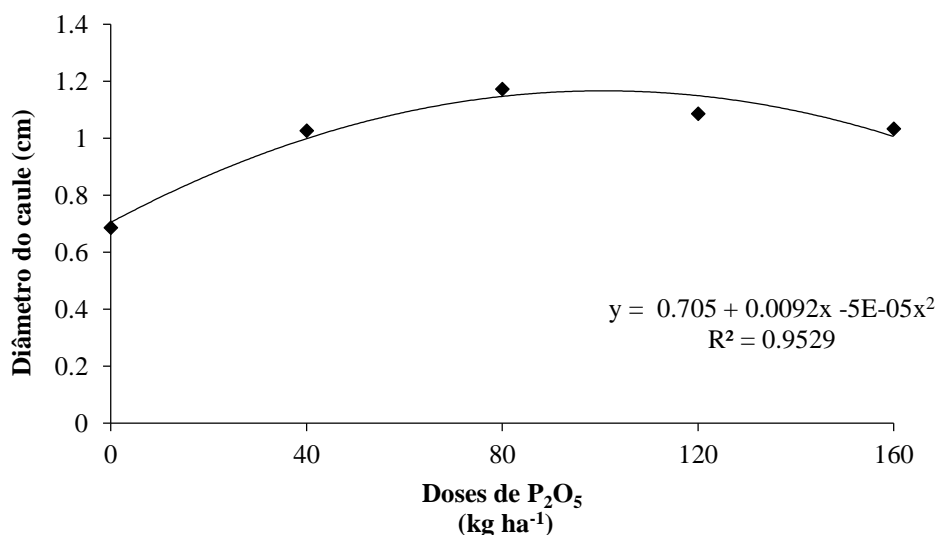


**Figura 9** - Efeito de doses de fósforo para comprimento do caule (cm) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV% = 2,83.

Pereira *et al.* (2014) trabalhando com sorgo granífero BR304 e com quatro doses de fósforo (30, 60, 90, e 120 kg ha<sup>-1</sup>) observaram que altura de planta não apresentaram efeito significativo pelo teste F ( $P < 0,10$ ) e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados, resultado oposto foi obtido neste trabalho com comprimento do caule que é um dos parâmetros que determina a altura da planta. Fonseca *et al.* (2008), avaliando sorgo granífero, apresentaram valores de 113,1 cm para altura de plantas, com incremento de 122 e 50% em relação aos tratamentos com omissão de P, respectivamente, como observado neste trabalho que com aumento da dose tem o aumento do comprimento do caule até seu ponto máximo.

#### 4.2.3 Diâmetro caulinar (DC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de fósforo no diâmetro do caule (cm) na cultura do sorgo (Tabela 5). Pode-se verificar que o ponto máximo da dose de fósforo para diâmetro de caule foi de 92 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e obteve nesta dose o comprimento de caule 1,12cm, mostrado na figura 10.



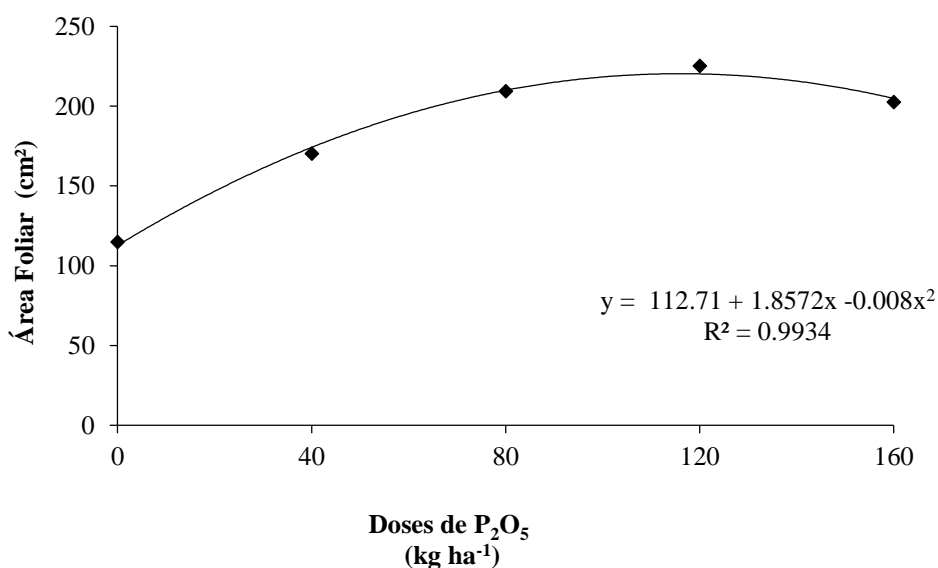
**Figura 10** - Efeito de doses de fósforo para diâmetro do caule (cm) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV%= 13,14.

Pereira *et al.* (2014) trabalhando com sorgo granífero BR304 e quatro doses de fósforo

(30, 60, 90, e 120 kg ha<sup>-1</sup>) observaram que diâmetro do colmo não apresentaram efeito significativo pelo teste F ( $P < 0,10$ ) e nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados observados, o oposto foi observado neste trabalho, podendo observar que teve aumento no diâmetro conforme aumentava as doses, até chegar em seu ponto máximo.

#### 4.2.4 Área foliar (AF)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de fósforo na área foliar (cm<sup>2</sup>) na cultura do sorgo (Tabela 5). Pode-se verificar que o ponto máximo da dose de fósforo para área foliar foi de 116 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e que obteve nesta dose o comprimento de caule de 220,49 cm<sup>2</sup>, mostrado na figura 11.



**Figura 11** - Efeito de doses de fósforo para área foliar (cm<sup>2</sup>) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 15 observações. CV%= 4,12.

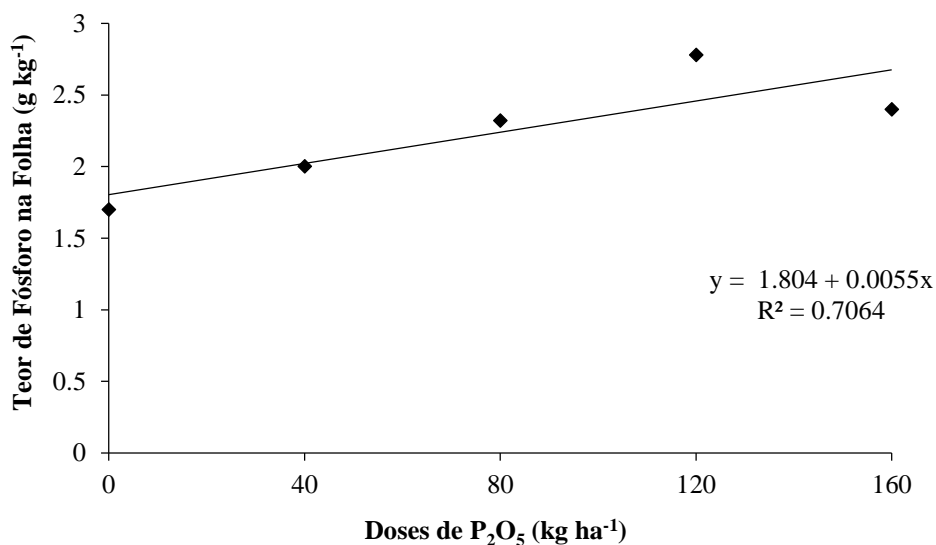
Rodríguez et al. (1998) constataram que o baixo suprimento de P reduz a área foliar e o número de folhas, limitando a expansão das mesmas, o mesmo foi encontrado no presente trabalho podendo observar que teve aumento na área foliar até a dose de ponto máximo. Zobot et al. (2004) avaliando o crescimento do cultivar de feijão BR Ipagro 44 guapo brilhante



cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura constatou que a área foliar, apresentou comportamento quadrático com aplicação de  $P_2O_5$ , mostrando que a densidade também pode influenciar na área foliar.

#### 4.2.5 Teor de fósforo na folha (TP)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de fósforo no teor de fósforo na folha ( $g\ kg^{-1}$ ) na cultura do sorgo (Tabela 5). Para teor de fósforo na folha, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 12, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



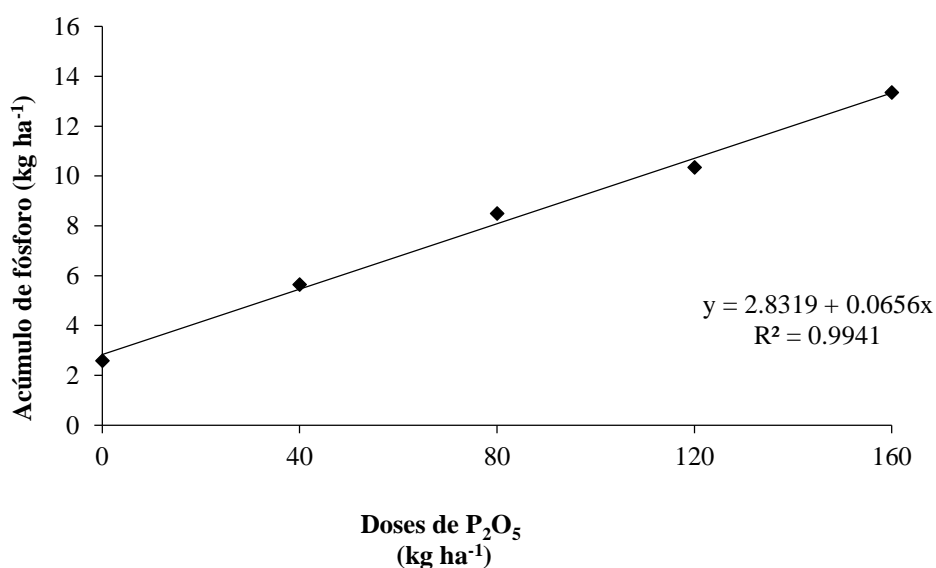
**Figura 12** - Efeito de doses de fósforo para teor fósforo na folha ( $g\ kg^{-1}$ ) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Médias de 5 observações.  $CV\% = 13,30$ .

Para Pereira *et al.* (2014) trabalhando com sorgo granífero BR304 e com quatro doses de fósforo (30, 60, 90, e  $120\ kg\ ha^{-1}$ ) observou efeito significativo para regressão ajustada seguindo o modelo linear para os tratamentos estudados com teor de fósforo na folha, ( $p < 0,01$ ), resultado semelhante ao obtido no presente trabalho. Fonseca *et al.* (2008), avaliando cultivares de sorgo,

apresentaram teor de fósforo foliar da ordem de  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ , Martinez et al. (1999) adotam como ideal o teor de  $4,4 \text{ g kg}^{-1}$  resultado mais elevado que os obtidos no presente trabalho como mostra a figura 12.

#### 4.2.6 Acúmulo de fósforo na massa seca da parte aérea (AC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de fósforo no acúmulo de fósforo na massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na cultura do sorgo (Tabela 5). Para acúmulo de fósforo na massa seca, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 13, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



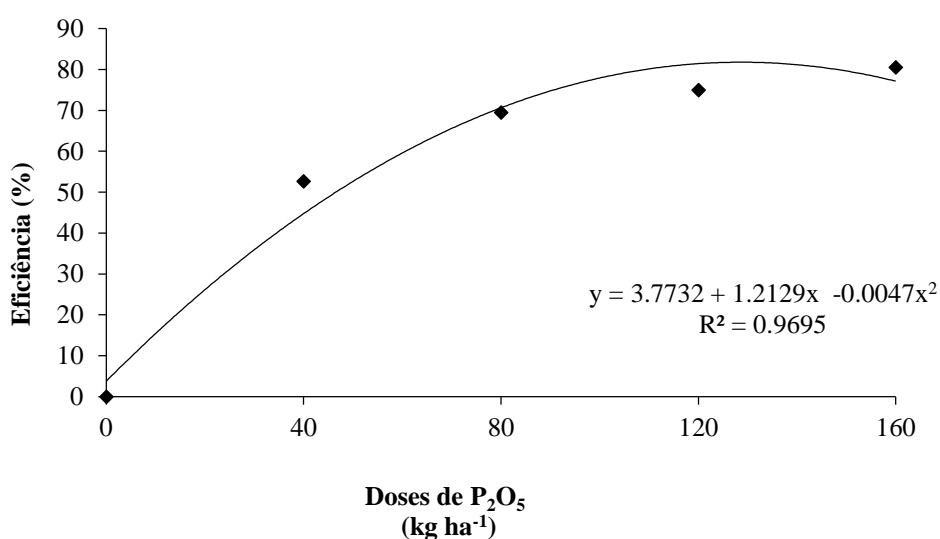
**Figura 13** - Efeito de doses de fósforo para acúmulo de fósforo na massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de cinco observações.  $\text{CV}\% = 13,92$ .

Castro et al. (2015) trabalhando com dois híbridos de sorgo utilizando no plantio  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo observou que as plantas acumulam crescentemente este nutriente até a maturidade fisiológica, e neste trabalho também foi observado aumento crescente no acúmulo com o

aumento das doses de fósforo. Maia et al. (2003) constatou que doses maiores de fósforo afetam o acúmulo de todos os macronutrientes em frutos de banana. Giacomini et al. (2003) observou que o aumento da concentração de fósforo no solo para nabo forrageiro se destacou quanto à quantidade de P acumulado, atingindo a média de três anos, 4,1 kg mg<sup>-1</sup> de P na MS produzida. Já BARCELLOS (1991) trabalhando com milho encontrou acúmulo de fósforo na parte aérea do milho com aumento de 38%, com a utilização do dejetos, substância rica em macro nutrientes. Os resultados encontrados por Maia et al. (2003), Giacomini et al. (2003) e BARCELLOS (1991) foram semelhantes ao presente trabalho, o aumento de fósforo teve o acúmulo na massa seca.

#### 4.2.7 Eficiência no uso de fósforo (EF)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de fósforo na eficiência do uso de fósforo (%) na cultura do sorgo (Tabela 5). Pode-se verificar que o ponto máximo para eficiência foi na dose de 129 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com eficiência de 82,02 %, mostrado na figura 14.



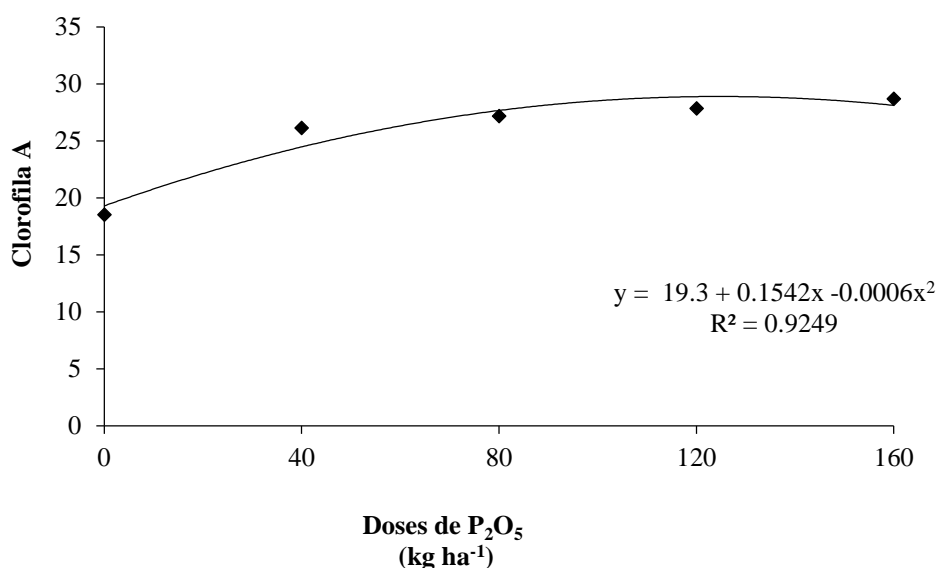
**Figura 14** - Efeito de doses de fósforo para eficiência do uso de fósforo (%) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no

sudoeste goiano. Média de cinco observações. CV%= 8,23.

Khan et al. (2005), avaliando dois cultivares de milho submetidos a diferentes doses de fósforo em condições salinas, obtiveram a dose de 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como a dose de máxima eficiência física, resultado diferente do obtido no presente trabalho. Segundo Cantão (2007), fatores limitantes para o crescimento das plantas, principalmente a do P pode aumentar a eficiência de absorção deste nutriente quando há limitação desses nutrientes no solo, e o oposto foi verificado no trabalho, quando se teve aumento da dose, melhorou a eficiência, até chegar em seu ponto máximo. Parentoni et al. (1999), trabalhando com milho concluiu que genótipos têm baixa eficiência quando cultivados em solução nutritiva, com omissão de fósforo, e o mesmo foi observado neste trabalho até chegar na dose de ponto máximo.

#### 4.2.8 Clorofila A (CLA)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear e quadrático para aplicação das doses de fósforo na clorofila A (ICF) na cultura do sorgo (Tabela 5). Pode-se verificar que o maior índice de clorofila A foi na dose de 128,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com índice de clorofila A 29,2, mostrado na figura 15.

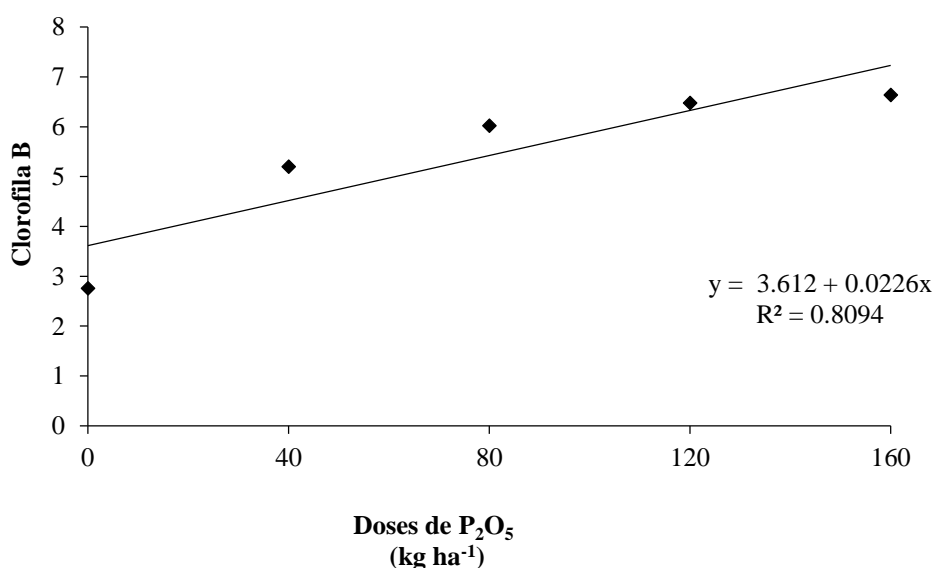


**Figura 15** - Efeito de doses de fósforo para clorofila A (ICF) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de 15 observações. CV%= 9,95.

Silva et al. (2010) estudando duas fontes solúveis de fósforo, observaram resposta quadrática do teor de clorofila na folha de feijão-caupi em função da adubação fosfatada, com valores máximos de 41 e 56 unidades nas doses de 66 e 86 kg ha<sup>-1</sup> para superfosfato simples e triplo, respectivamente. Doses mais baixas foram determinadas para a cultura do sorgo neste trabalho de 29,2. Souza et al. (2011) verificaram que o teor de clorofila aumentou com as doses de fósforo, sendo que a elevação de nitrogênio no tecido foliar foi proporcionada pela adubação fosfatada, favorecendo a síntese de clorofila.

#### 4.2.9 Clorofila B (CLB)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de fósforo na clorofila B (ICF) na cultura do sorgo (Tabela 5). Para clorofila B, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 16, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



**Figura 16** - Efeito de doses de fósforo para clorofila B (ICF) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de 15 observações. CV%= 22,09.

Farias (2012) trabalhando com fosfato natural reativo Bayóvar, com dose de fósforo ( $P_2O_5$ ) de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$ , em Latossolo Vermelho do Cerrado, observou teor de clorofila entre 41,9 e 43,5 em plantas de feijão-guandu. Haim et al. (2012) observaram que incremento do teor de clorofila nas folhas, em função do fornecimento de adubo fosfatado ao solo, deve-se a maior absorção de nitrogênio pela planta na presença do fósforo, uma vez que há correlação alta entre a leitura de clorofila e a concentração de nitrogênio nas folhas do feijoeiro como foi observado no trabalho com o aumento das doses de fósforo.

### 4.3 Potássio

A análise estatística das doses de potássio utilizadas mostrou efeito significativo para as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea (MS), comprimento do caule (CC), diâmetro caulinar (DC), teor de potássio na folha (TK), acúmulo (AC) e eficiência (EF). As doses de potássio utilizadas neste trabalho não influenciaram (CLA), clorofila B (CLB) e área foliar (AF), como é mostrado na tabela 6.

**Tabela 6** – Efeito de doses de potássio em sorgo granífero em condições de campo no sudoeste goiano. Tabela de quadrados médios.

Parâmetros	Desdobramento		CV (%)
	QM	Regressão (V%)	
MS ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	95.707664	Linear** NS	6.23
CC (cm)	18.362316	Linear** NS	3.78
DC (cm)	0.077536	Linear** NS	8.88
AF ( $\text{cm}^2$ )	949.946824	NS NS	10.72
TK ( $\text{g kg}^{-1}$ )	4.775000	Linear** NS	9.68
AC ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	440.269226	Linear** NS	9.07
EF (%)	1814.134616	Linear** NS	28.10
CLA (ICF)	2.955400	NS NS	7.58
CLB (ICF)	3.041000	NS NS	23.59

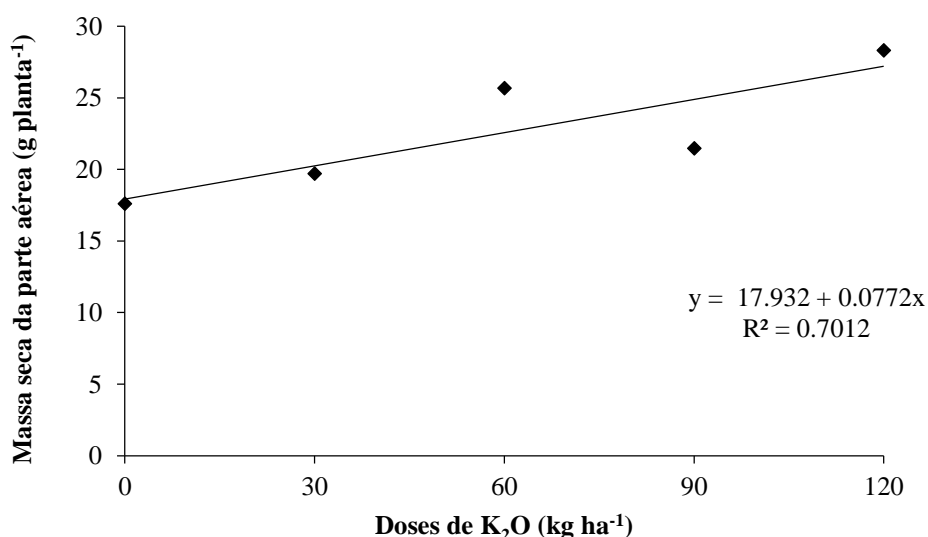
NS: não significativo; \*, Significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*, Significativo ( $P < 0,01$ ).

Quadrat= Quadrática; MS= massa seca da parte aérea; CC= comprimento de caule; DC= adiantamento de caule; AF= área foliar; TK= teor de potássio na folha; AC= acúmulo de potássio; EF= eficiência; CLA= clorofila A e CLB=

clorofila B.

#### 4.3.1 Massa seca da parte aérea (MS)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de potássio na massa seca da parte aérea ( $\text{g planta}^{-1}$ ) na cultura do sorgo (Tabela 6). Para massa seca da parte aérea, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 17, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



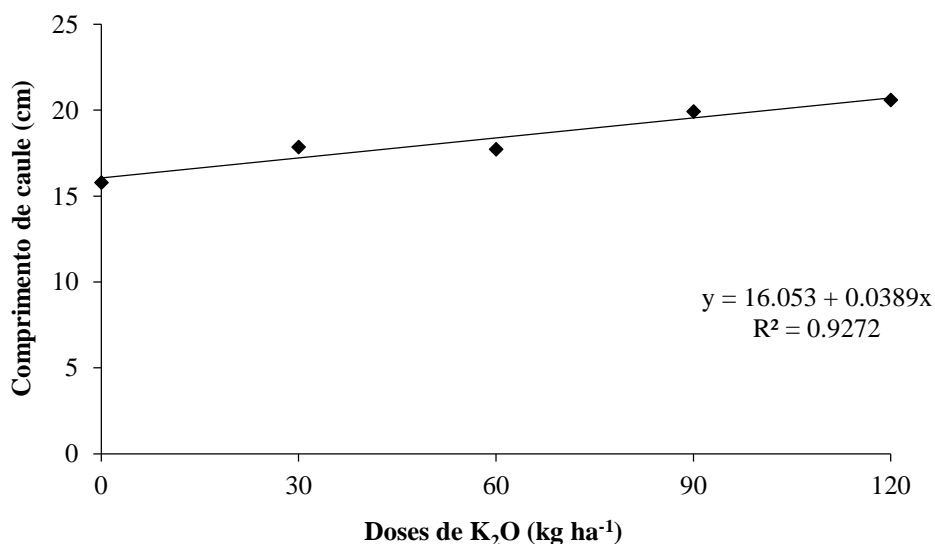
**Figura 17** - Efeito de doses de potássio para massa seca da parte aérea ( $\text{g planta}^{-1}$ ) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de 15 observações. CV%= 6,23.

De acordo com Galvão *et al.* (2015), trabalhando com sorgo forrageiro observaram que a matéria seca da parte aérea é influenciada pelas doses de potássio, e o rendimento máximo estimado de massa seca da parte aérea para o plantio direto foi de  $10.835 \text{ kg ha}^{-1}$ , obtido com a dose de  $152 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, enquanto para o plantio convencional a produção foi de  $10.310 \text{ kg ha}^{-1}$  na dose de  $213 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, valores que poderiam ser obtidos neste trabalho se fosse trabalhado doses mais elevadas de K. Simili *et al.* (2008) observaram que a adubação potássica não

influenciou a matéria seca, na porcentagem de colmos e folhas do sorgo-Sudão cultivado em Latossolo Vermelho distrófico, em solo de textura média resultado diferente foi obtido no presente estudo em que a dose de potássio influenciou com incremento crescente na massa seca da planta. Kalpana et al. (2002) verificaram efeito significativo das aplicações de  $K_2O$  na altura de plantas e fitomassa seca da parte aérea do milho, comparando em parte com os resultados encontrados.

#### 4.3.2 Comprimento do caule (CC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de potássio no comprimento do caule (cm) na cultura do sorgo (Tabela 6). Para comprimento do caule, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 18, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



**Figura 18** - Efeito de doses de potássio para comprimento de caule (cm) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de 15 observações.  $CV\% = 3,78$ .

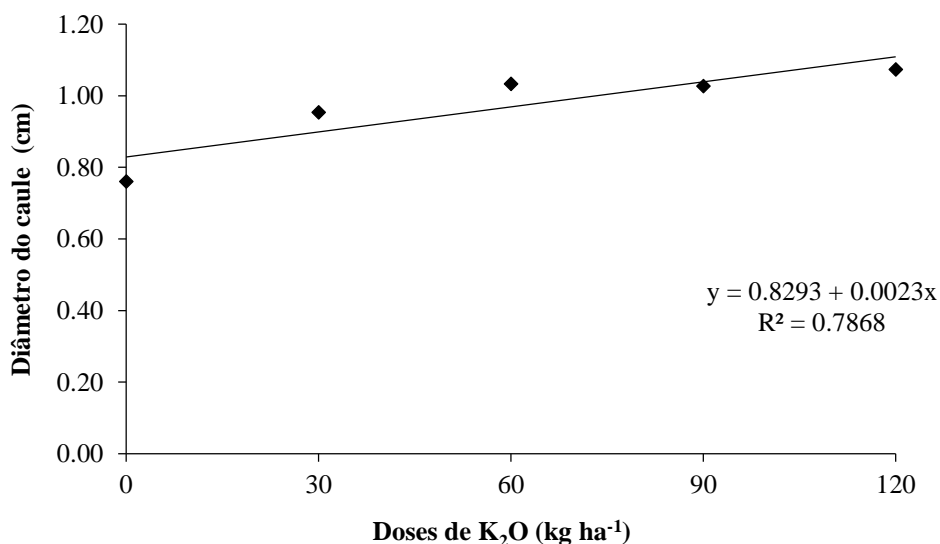
Kalpana et al. (2002) também verificaram que a adição de  $K_2O$  influenciam na altura de



plantas do milho com doses de 40 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O testando três doses fracionadas, comparando em parte com os resultados do presente estudo.

#### 4.2.3 Diâmetro caulinar (DC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de potássio no diâmetro do caule (cm) na cultura do sorgo (Tabela 6). Para diâmetro do caule, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 19, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



**Figura 19** - Efeito de doses de potássio para diâmetro do caule (cm) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de 15 observações. CV%= 8,88.

O maior diâmetro do colmo com incremento das doses de K<sub>2</sub>O também foi observado por Andreotti et al. (2001) trabalhando com milho realizado em casa de vegetação em vaso, em condições controladas para máxima exploração.

#### 4.3.4 Área foliar

A análise de variância da regressão não mostrou efeito linear nem quadrático para

aplicação das doses de potássio na área foliar ( $\text{cm}^2$ ) na cultura do sorgo e as médias por tratamento estão apresentadas na tabela 7, e a área foliar, encontrada neste trabalho para todos os tratamentos foi de  $190,16 \text{ cm}^2$ .

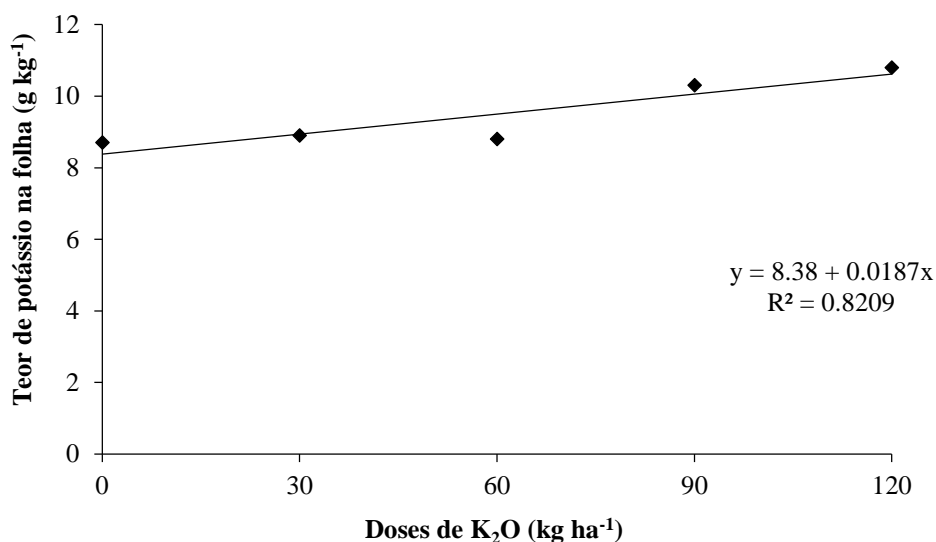
**Tabela 7:** Efeito das doses de potássio na área foliar, médias de 15 observações por tratamento de doses de K para área foliar ( $\text{cm}^2$ ).

Doses de $\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Área Foliar ( $\text{cm}^2$ )
0	167,6
30	193,6
60	200,3
90	187,7
120	201,5

Matos et al. (2015) trabalhando com mandioca, com as doses de potássio observou que nas doses de 30, 60 e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , os valores de área foliar foram de ( $1.074,95$ ;  $1.256$  e  $1.480,40 \text{ cm}^2$ ) apresentaram relação crescente, sendo que na dose  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  houve redução de  $149,88 \text{ cm}^2$  de área foliar em relação ao valor máximo registrado, resultados divergentes dos encontrados neste trabalho.

#### 4.3.5 Teor de potássio na folha (TK)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de potássio no teor de potássio na folha ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na cultura do sorgo (Tabela 6). Para teor de potássio na folha, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 20, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.

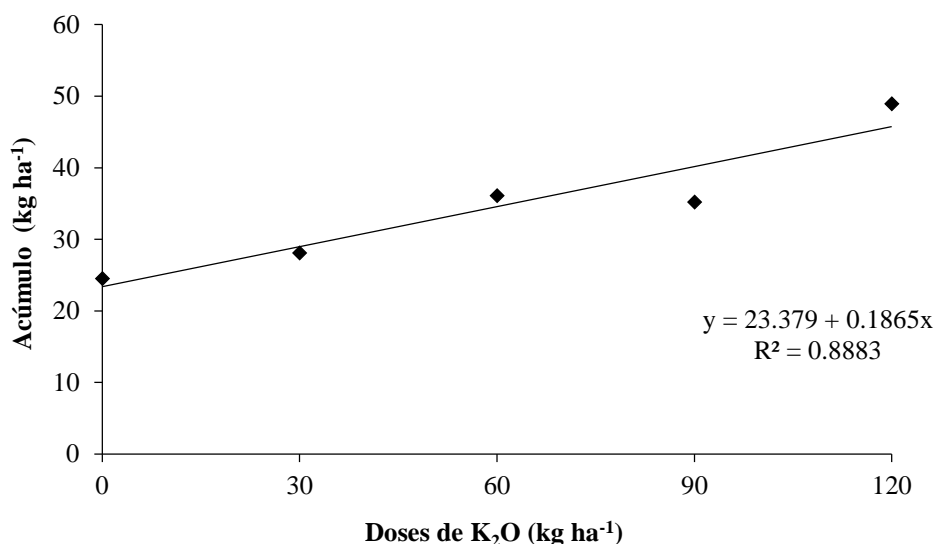


**Figura 20** - Efeito de doses de potássio para teor de nutrientes na folha ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de cinco observações.  $\text{CV}\% = 9,68$ .

Mattos et al., (2002) trabalhando com capim-Tanzânia, e verificando teores médios de K, em função dos tratamentos, observaram que diminuindo a dose, ocorreu a omissão desse nutriente na planta. Von Pinho et al. (2009) trabalhando com duas cultivares milho e aplicação de potássio, observaram picos de teores de K o mesmo observado no presente trabalho. De acordo com Petter et al. (2016) no trabalho realizado com milho com as doses de (0, 30, 60, 90 e 120 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ ), observaram incremento linear significativo nas concentrações de  $\text{K}^+$  nas folhas com doses crescentes de  $\text{K}_2\text{O}$ . O mesmo resultado foi encontrado no presente trabalho.

#### 4.3.6 Acúmulo de potássio na massa seca da parte aérea (AC)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de potássio no acúmulo de potássio na massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) na cultura do sorgo (Tabela 6). Para o acúmulo de potássio na massa seca, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear (figura 21), indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas, em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



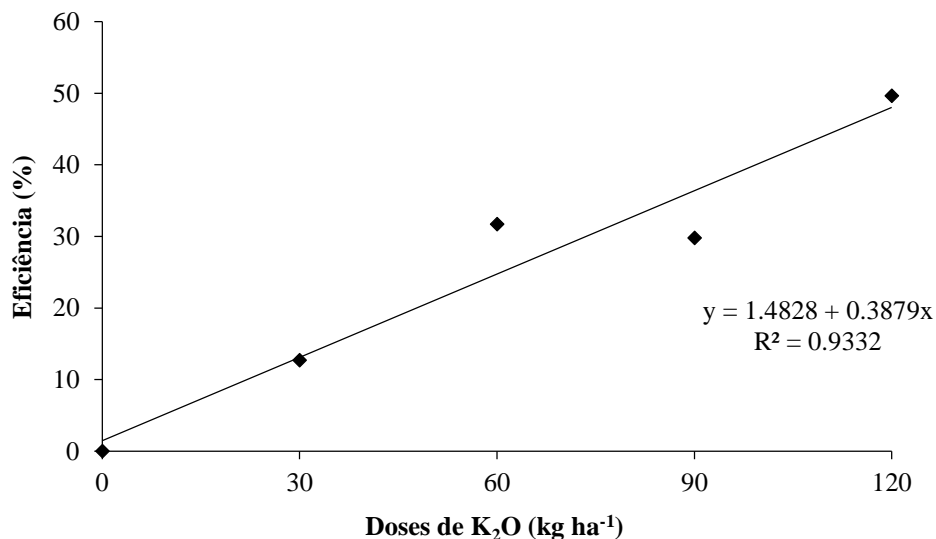
**Figura 21** - Efeito de doses de potássio para acúmulo de potássio na massa seca (kg ha<sup>-1</sup>) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de cinco observações. CV%= 9,07.

Castro et al. (2015) trabalhando com dois híbridos de sorgo e fazendo aplicações de potássio no plantio e na cobertura, observou que as plantas acumulam crescentemente este nutriente até a maturidade fisiológica. Neste trabalho também foi observado aumento crescente no acúmulo de K com o aumento das doses de potássio. Han et al. (2011) trabalhando com cultivares de sorgo e doses de potássio, verificou que o acúmulo variou de 109 a 209 kg ha<sup>-1</sup>. Rosolem e Malavolta (1981) trabalhando com sorgo sacarino, verificam que houve acúmulo de k de 146 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, significando que estas absorveram para cada tonelada de matéria seca produzida, 10 e 12,27 kg de K, respectivamente. Os resultados encontrados, por Han et al. (2011) e Rosolem (1981) mostram que as doses trabalhadas neste trabalho foram baixas, pois foi possível identificar a dose de máxima para o acúmulo de K no intervalo estudado.

#### 4.3.7 Eficiência no uso de potássio (EF)

A análise de variância da regressão mostrou efeito linear para aplicação das doses de

potássio na eficiência do uso de potássio (%) na cultura do sorgo (Tabela 6). Para eficiência do uso de potássio, os dados obtidos foram significativos para o modelo linear, conforme pode ser visto na figura 22, indicando que as doses utilizadas na realização deste trabalho ainda foram baixas em relação ao potencial de resposta da cultura nestas condições.



**Figura 22** - Efeito de doses de potássio para eficiência de utilização do potássio (%) na cultura do sorgo granífero cultivado em condições de campo no sudoeste goiano. Média de cinco observações. CV%= 28,10.

Petter et al. (2016) trabalhando com milho obtiveram maior eficiência agrônômica no uso do K com a aplicação de 30 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Deparis et al. (2007) trabalhando com milho também verificaram redução da eficiência no uso do K com aplicações acima de 30 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, resultados que reforçam a lei dos rendimentos decrescentes de Mitscherlich, que afirma que à medida que se aumenta a dose de um determinado fertilizante, a resposta em produtividade é reduzida de forma exponencial como visto no presente trabalho. Resultados encontrados neste trabalho foram opostos dos encontrados por Petter et al. (2016) e Deparis et al. (2007), esses autores encontraram que quanto mais se elevou a dose de K<sub>2</sub>O mais aumentou a eficiência do uso de K, como mostra a (Figura 22). E, este resultado pode ter sido obtido pelo baixo teor de argila e matéria orgânica no solo, pelo cultivo no verão época de grandes quantidades de chuva

podendo ter ocorrido lixiviação do nutriente e as doses aplicadas foram baixas.

#### 4.3.8 Clorofila A

A análise de variância da regressão não mostrou efeito linear nem quadrático para aplicação das doses de potássio na clorofila A (ICF) na cultura do sorgo as médias por tratamento estão apresentadas na tabela 8, e o teor médio de clorofila A encontrada neste trabalho para todos os tratamentos foi de 27,27.

**Tabela 8** – Efeito das doses de potássio na clorofila A, médias de 15 observações por tratamento de doses de K para clorofila A (ICF).

Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Clorofila A
0	27,0
30	26,1
60	27,3
90	28,2
120	27,6

Viana e Kiehl (2010), constatou que o fornecimento de potássio incrementou o conteúdo de clorofila nas plantas de trigo, e não pôde ser observado neste trabalho realizado com sorgo.

#### 4.3.9 Clorofila B

A análise de variância da regressão não mostrou efeito linear nem quadrático para aplicação das doses de potássio na clorofila B (ICF) na cultura do sorgo e as médias por tratamento estão apresentadas na tabela 9, e o teor médio de clorofila B, encontrada neste trabalho para todos os tratamentos foi de 5,56.

**Tabela 9** – Efeito das doses de potássio na clorofila B, médias de 15 observações por tratamento de doses de K para clorofila B (ICF).

Doses de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )	Clorofila B
0	5,3

30	4,3
60	5,8
90	6,3
120	6,0

Almeida et al. (2011) em estudo de avaliação nutricional de alface cv. Verônica, cultivada em solução nutritiva suprimida de potássio, observou que o teor de clorofila pode ser indicador de nível de dano de estresse nutricional, e os tratamentos com solução nutritiva completa e com a omissão de potássio apresentaram decréscimo dos teores de clorofila, o que não foi observado neste trabalho realizado com sorgo.

## 5. CONCLUSÃO

Frente as condições edafoclimáticas que o trabalho foi desenvolvido, conclui-se que:

- a) A maior eficiência da adubação nitrogenada de 73,63% foi obtida na dose de 150,6 kg ha<sup>-1</sup> de N;
- b) O emprego de 129 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, conferiu a maior eficiência da adubação fosfatada, correspondente a 82,02%;
- c) A resposta linear crescente do sorgo frente as doses de K<sub>2</sub>O, indicam que precisam ser conduzidos mais estudos com esse nutriente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Almeida, T. B. F. Prado, R. M. Correia, A. R. Puga, A.P. Barbosa, J. C. 2011.** Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. Biotemas, v. 24, n.2, p. 27-36.

**Andrade, A. C.; Fonseca, D. M.; Queiroz, D. S.; Salgado, L. T.; Cecon, P. R. 2003.** Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (pennisetum purpureum schum. cv. napier). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, p. 1643-1651, dez. Edição especial.

**Andreotti, M.; Rodrigues, J. D.; Crusciol C. A. C.; Souza, E. C. A.; Büll, L. T. 2001.** Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. Scientia

Agrícola, v.58, p.145-150.

**Araújo, A. P. & Machado, C. T. T. 2006.** Fósforo. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, P. 253-280.

**Barcellos, L.A.R. 1991.** Avaliação do potencial fertilizante do dejetos líquido de suínos de bovinos. 108f. (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

**Basso, C.J. 1999.** Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 91p. (Tese de Mestrado).

**BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A.** Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41).

**Belarmino, M. C. J.; Pinto, J. C.; Rocha, G. P.; Ferreira Neto, A. E.; Moraes, A. R. 2003.** Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim-tanzânia em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 27, n. 4, p. 879-885, jul./ago.

**Benites, V. M. 2010.** Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.) Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. Piracicaba: IPNI, p. 137-191.

**Borghi, E.; Wilda, L. R. M.; Resende, A. V.; Filho, I. A. P.; Rodrigues, R. A. L. 2016.** Índice de vegetação, teor de clorofila e eficiência de uso de nitrogênio por híbridos de milho. XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo.

**Broge, N. H. & Leblanc, E. 2001.** Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. Remote Sensing of Environment, v. 76, p.156-172.

**Buah, S. S. J. & Mwinkaara, S. 2009.** Response of sorghum to nitrogen fertilizer and plant density in the Guinea Savanna Zone. Journal of Agronomy. Amsterdam, v. 8, n. 4, p. 124-130.

**Calegari, A.; Mondardo, A.; Bulisani, E.A.; Costa, M.B.C.; Miyasaka, S. & Amado, T.J.C. 1992.** Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.C., ed. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro, Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. p.1-55.



**Cantão, F. R. O. 2007.** Marcadores morfológicos de raiz em genótipos de milho contrastantes para tolerância à seca em resposta a estresses de fósforo e alumínio. 108 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

**Castro, G. F.; Borges, I. D.; Franco, A. A. N.; Kondo, M. K.; Lara, J. P.; Moreira, S. G. 2015.** Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na rebrota de dois híbridos de sorgo. XXXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo.

**Castro, L. R.; Reis, T. C.; Júnior, O. F.; Almeida, R. B. S.; Alves, D. S. 2016.** Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho. Revista Agrarian, v.9, n.31, p.47 – 54.

**Coelho, A. M.; Waquil, J. M.; Karan, D.; Casela, C. R.; Ribas, P. M. 2002.** Seja o doutor do seu sorgo. Piracicaba: POTAFOS. 24 p. (Arquivo do agrônomo, 14).

**Conab. Companhia Nacional De Abastecimento. 2019.** Acompanhamento de safra brasileiro – Acomp. safra bras. grãos, v. 7 Safra 2019/20 -Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-114, outubro.

**Cruz, S. J. S.; Oliveira, S. C.; Cruz, S. C. S.; Machado, C. G.; Pereira, R. G. 2009.** Adubação fosfatada para a cultura do sorgo granífero. Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 91-97.

**Deparis, G. A., Lana, M. Do C., Frandoloso, J. F. 2007.** Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. Acta Scientiarum Agronomy 29:517-525.

**Epstein, E. & Bloom, A.J. 2006.** Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2.ed. Trad.. Londrina: Editora Planta. 392p.

**Fancelli, A. L. & D. Dourado Neto. 2008.** Produção de milho. Guaíba: 2.ed., Agropecuária. 360p.

**Farias, L.N. 2012.** Feijão guandu adubado com fosfato natural e utilizado como adubo verde para o cultivo de milho em Latossolo de Cerrado. 2012. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis.

**Fernandes, V. L. B.; Nunes Filho, M.; Souza, V. A.; Fernandes, M. B. 1991.** Absorção e utilização de nitrogênio em planta de sorgo cultivado em solução nutritiva. Ciência Agrônômica, Fortaleza, v. 22, p. 89-96.

**Ferreira, D. F. 2011.** Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia

(UFLA), v. 35, p. 1039-1042.

**Fonseca, I. M.; Prado, R. M.; Alves, A. U.; Gondim, A. R. O. 2008.** Crescimento e nutrição do sorgo (cv. BRS 304) em solução nutritiva. *Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande*, v. 8, n. 2, p. 113-124.

**Galvão, J. R.; Fernandes, A. R.; Siva, V. F. A.; Pinheiro, D. P.; Melo, N. C. 2015.** Adubação potássica em híbridos de sorgo forrageiro cultivados em sistemas de manejo do solo na Amazônia oriental. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 28, n. 4, p. 70 – 79, out.

**Giacomini, S. J.; C. Aita; Vendruscolo, E. R. O.; Cubilla M.; Nicoloso R. S.; Fries M. R. 2003.** Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* vol.27 no.2 Viçosa Mar./Apr.

**Godoy, L.J.G.; Santos, T.S.; Villas Bôas, R.L. 2008.** Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 217-226.

**Goes, R.J; Rodrigues, R.A.F; Orivaldo A.R.F.; Arruda1, O.G; Vilela, R.G. 2011.** Fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no sorgo granífero na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.10, n.2, p. 121-129.

**Haim, P.G.; Zoffoli, B.C.; Zonta, E.; Araújo, A.P. 2012.** Diagnose nutricional de nitrogênio em folhas de feijoeiro pela análise digital de imagens. *Nota Científica. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.10, p.1546- 1549.

**Han, L. P.; Steinberger Y.; Zhao, Y. L.; Xie, G. H. 2011.** Accumulation and partitioning of nitrogen, phosphorus and potassium in different varieties of sweet sorghum. *Field Crops Research, Amsterdam*, v. 120, n. 2, p. 230- 240.

**IBGE 2020: 2020.** Produção. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/17901-ibge-preve-safra-de-graos-2020.html>>. Acesso em: 20/01/2020.

**Kalpana, R. & Krishnarajan J. 2002.** Effect of dose and time of potassium application on yield and quality of baby corn. *Agricultural Science Digest* 22(1): 59–60.

**Khalili, A.; Akbari, N.; Chaichi, M. R. 2008.** Limited irrigation and phosphorus fertilizer effects on yield and yield components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. var. Kimia). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*. Faisalabad, v. 3, n. 5, p.

697-702.

**Khan, M. A.; Abid, M.; Hussain, N.; Masood, M. U. 2005.** Effect of phosphorous levels on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars under saline conditions. *International Journal of Agriculture & Biology*. Faisalabad, v. 7, n. 3, p. 511-514.

**Korndörfer, G. H. & Oliveira, L. A. 2005.** O potássio na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. p. 469-490.

**Landau, E. C. & Schaffert, R. E. 2011.** Zoneamento de áreas aptas para o plantio de sorgo sacarino na época de entressafra de cana-de-açúcar no Brasil. *Agroenergia em Revista*, Brasília, v. 2, n. 3, p. 20- 21, ago.

**Leal, A.J.F. ; Valderrama, M. ; Kaneko, F.H. ; Leal, U.A.S. ; Perin, A. ; Luchese, K.U.O. 2015.** Produtividade da Soja de Acordo com Diferentes Doses de Cloreto de Potássio Revestido ou Não com Polímeros. *Global Science and Technology*, v. 8, p. 19-30.

**Maia, V.M.; Salomão, L.C.C.; Cantarutti, R.B.; Venegas, V.H.A. 2003.** Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana Prata anã ao dano mecânico. *Revista Ceres*, v. 50, n. 292. p.753-765.

**Martha Junior, G. B.; Pena Júnior, M. A. G.; Marcial, E. C.; Castanheira Neto, F.; Torres, L. A.; Nogueira, V. G. De C.; Chervenski, V. M. B.; Silva, G. T. S. Da; Wosgrau, A. C. 2019.** Cenários exploratórios para o desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira: síntese. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: Acesso em: 04 jun.

**Martinez, H.E.P.; Carvalho, J.G.; Souza, R.B. Diagnose Foliar. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. 1999.** (Eds). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5.a Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais-CFSEMG. p.143-168

**Mateus, G. P. 2007.** Doses de nitrogênio na cultura do milho e do sorgo em consórcio com forrageiras. 162 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

**Mateus, G. P.; Crusciol, C.A.C; Borghi, E.; Pariz, C.M.; Costa, C.; Silveira, J.P.F. 2011.** 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.

**Matos, W. S.; Deyse Silva, C. O.; Alves, J. M. A.; Uchôa, S. C. P.; Barreto, G. F.; Silva, M. R. 2015.** Efeito de doses de potássio na área foliar e características da folha de plantas de

mandioca. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

**Mattos, W. T. De; Santos, A. R. Dos; Almeida, A. A. Da S.; Carreiro, B. D. C.; Montero, F. A. 2002.** Aspectos produtivos e diagnose nutricional do capim- Tanzânia submetido a doses de potássio. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 37-44.

**Menezes, C. B. De; Coelho, A. M.; Silva, A. F. Da; Silva, D. D. Da; Mendes, S. M.; Albuquerque, C. J. B.; Rodrigues, J. A. S. 2018.** É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil? In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. cap. 4, p. 106-139.

**Moll, R. H.; Kamprath, E. J.; Jackson, W. A. 1982.** Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, Madison, v. 74, p. 562-564.

**Oliveira, P. R.; França, A. F. S.; Silva, A. G.; Miyagi, E. S.; Oliveira, E. R.; Perón, H. J. M. C. 2009.** Composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiros sobre doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 10, n. 4, p. 1003-1012.

**Parentoni, S. N.; Gama, E. E. G.; Santos, M. X.; Lopes. 1999.** Adaptação de milho a solos ácidos: Tolerância à toxidez de alumínio e eficiência no uso de nutrientes no programa de pesquisa da EMBRAPA - Milho e Sorgo. In: REUNION LATINO AMERICANA DEL MAIZ, 18. Sete Lagoas. Memórias... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; México: CIMMYT. p. 179-199.

**Pereira, R. G.; Oliveira, F. H. T.; Silva, G. F.; Paiva, M. R. F. C.; Júnior, J. N. 2014.** Rendimento do sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.3, p. 285-299.

**Perin, A.; Santos, R. H. S. ; Urquiaga, S. ; Guerra, J. G. M. ; Cecon, P. R. 2004.** Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília - DF, v. 39, n.1, p. 35-40.

**Petter, F. A.; Andrade, F. R.; Zuffo, A. M.; Monteiro, M. M. S.; Pacheco, L. P.; Almeida, F. A. 2016.** Doses e épocas de aplicação de potássio no desempenho agrônômico do milho no cerrado piauiense. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v.7, n.3, p.372-382, Ago./Out.

**Prado, R. M. 2008.** *Nutrição de Plantas*. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP. v. 1. 407 p.

**Quadros, Br; Borges, Ls; Silva, Es; Moreira, Ca; Moro, Al; Bôas, Rlv. 2010.** Doses de

nitrogênio na produção de rabanete fertirrigado e determinação da clorofila por medidor portátil nas folhas. *Irriga Botucatu* 15: 353-360.

**Reddy, G. B. & Reddy, K. R. 1993.** Fate of nitrogen<sup>15</sup> enriched ammonium nitrate applied to corn. *Soil Science Society of the America Journal*, Madison, v. 57, p. 111-115.

**Resende, A.V.; Furtini Neto, A.E.; Alves, V.M.C.; Muniz, J.A.; Curi, N.; Faquin, V.; Kimpara, D.I.; Santos, J.Z.L.; Carneiro, L.F. 2006.** Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da Região do cerrado, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.453-466.

**Ribas, P. M. 2014.** Origem e importância econômica. In: BOREM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELA, R. A. C. (eds). *Sorgo do plantio à colheita*. Viçosa, MG: ed. UFV, p. 9-36.

**Rodríguez, D. 1998.** Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil*, New York, v.200, p.227-240.

**Römer, W.; Augustin, J. & Schilling, G. 1988.** The relationship between phosphate absorption and root length in nine wheat cultivars. *Plant Soil*, 111: 199-201.

**Rosolem, C. A. & Malavolta, E. 1981.** Acumulação de matéria seca e macronutrientes pelo sorgo sacarino. *Anais Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba*, v. 38, n. 1, p. 223-241.

**Rosolem, C.A.; Machado, J.R.; Brinholi. 1985.**O. Efeito de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no sorgo sacarino em um Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.20, p.635-641.

**Sá, F. V. S.; Mesquita, E. F; Melo, U. A; Paiva, E. P.; Bertino, A. M. P.; Moreira, R. C. L. 2018.** Crescimento e biomassa em plantas de sorgo sacarino irrigados com água salina sob adubação fosfatada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.12, nº.2, p. 2561 – 2569.

**Sans, L. M. A. & Pellegrin, L. A. 1998.** Método simples para estimar a área foliar da cultura do sorgo. *Congresso nacional de milho e sorgo*, 22., 1998, Recife. *Globalização e segurança alimentar: anais*. Recife: ABMS.

**Santos, F. C.; Filho, M. R. A.; Resende, A. V.; Oliveira, A. C.; Gomes, T. C.; Oliveira, M. S. 2014.** Adubações nitrogenada e potássica no sorgo biomassa -produtividade e qualidade de fibra. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.1, p. 1-13.

**Silva, E. M. B.; Silva, T. J. A.; Cabral, C. E. A.; Kroth, B. E.; Rezende, D. 2011.** Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186.

**Silva, E.F.L; Araújo, A.S.F.; Santos, V.B.; Nunes, L. A.P.L; Carneiro, R.F.V. 2010.** Fixação biológica do N<sub>2</sub> em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. *Bioscience Journal*, v.26, n.3, p.394-402.

**Silva, M.A.G.; Boaretto, A.E.; Fernandes, H.G.; Boaretto, R.M.; Melo, A.M.T.; Scivittaro, W.B. 2001.** Características químicas de um latossolo adubado com uréia e cloreto de potássio em ambiente protegido. *Scientia Agrícola*, v.58, n.3, p.561-566.

**Simili, F. F. Et Al. 2008.** Resposta do híbrido de sorgosudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. *Ciência agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 474-480.

**Sindicato Nacional Da Indústria De Alimentação Animal. 2017.** Boletim informativo do setor. Disponível em: <https://sindiracoes.org.br/>. Acesso em: 25 jan.

**Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo. 2007.** Viçosa. Fertilidade do solo, (eds. Novais, R.F., Alvarez V., V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B. & Neves, J.C.L.) 3p.

**Sousa, D.M.G. & Lobato, E. 2004.** Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 416p.

**Souza, G.S.; Silva, J.S.; Santos, A.R.; Gomes, D.G.; Oliveira, U.C. 2011.** Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em alfavaca cultivada sob malhas coloridas e adubação fosfatada. *Enciclopédia Bioesfera*, Goiânia, v.7, n.13.

**Taiz, L. & Zeiger, E. 2004.** Fisiologia vegetal. Porto Alegre: ArtMed. 719p.

**Viana, E. M. & Kiehl, J. C. 2010.** Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. *Bragantia*, v.69, p.975-982.

**Viégas, I. De J. M.; Batista, M. M. F.; Frazão, D. A. C.; Carvalho, J. G. De; Silva, J. F. 2002.** Avaliação dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S em plantas de gravioleira cultivadas em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. *Revista Ciências Agrárias*, Belém, n. 38, p. 17-28.

**Vieira-Megda, M.X.; Mariano, E.; Leite, J.M; Franco, H.C.J.; Vitti, A.C.; Megda, M.M.; Khan, S.A.; Vaney, R.L.; Trivelin P.C.O. 2015.** Contribution of fertilizer nitrogen to the total nitrogen extracted by sugarcane under Brazilian field conditions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*: v:101: pg 241-257.

**Vilela, L.; Junior, G. B. M.; Macedo, M. C. M.; Marchao, R. L.; Guimaraes Junior, R.; Pulrolnik, K.; Maciel, G. A. 2011.** Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Revista Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília*, v.46, n.10, p.1127-1138.

**Von Pinho, R.G., Borges, I.D., Pereira, J.L.A.R., Reis, M.C. 2009.** Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 8(2): 157–173.

**Wells, B. R. & Turner, F. T. 1984.** Nitrogen use in flooded rice soils. In: HAUCK, R. D. (Ed.). *Nitrogen in crop production*. Wisconsin: American Society of Agronomy. p. 349- 362.

**Zabot, L. 2004.** Análise de crescimento da cultivar de feijão Br Ipagro 44 Guapo Brilhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura em Santa Maria-RS. *Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages*, v.3, p.105- 115.