



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**ESTRESSE HÍDRICO NAS FASES FENOLÓGICAS DO FEIJÃO VIGNA SOB
NÍVEIS DE POTÁSSIO**

THÂMARA LAYSSE FREITAS MEDEIROS

**POMBAL - PB
2020**

THÂMARA LAYSSE FREITAS MEDEIROS

**ESTRESSE HÍDRICO NAS FASES FENOLÓGICAS DO FEIJÃO VIGNA SOB
NÍVEIS DE POTÁSSIO**

Trabalho de conclusão de curso de Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, como um dos requisitos para a obtenção do grau em Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dr. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Co-orientador: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

M488e Medeiros, Thâmara Laysse Freitas.
Estresse hídrico nas fases fenológicas do feijão vigna sob níveis de potássio / Thâmara Laysse Freitas Medeiros. – Pombal, 2020.
40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia
Agroalimentar, 2020.

"Orientação: Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares".

"Coorientação: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. *Vigna unguiculata* L. 2. Tolerância à seca. 3. Nutrição mineral. 4. Manejo de irrigação. 5. Déficit hídrico. 6. Adubação potássica. 7. Feijão-caupi. I. Soares, Lauriane Almeida dos Anjos. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 633.35(043)

THÂMARA LAYSSE FREITAS MEDEIROS

**ESTRESSE HÍDRICO NAS FASES FENOLÓGICAS DO FEIJÃO VIGNA SOB
NÍVEIS DE POTÁSSIO**

Trabalho de conclusão de curso de
Agronomia da Universidade Federal
de Campina Grande, campus Pombal,
como um dos requisitos para a
obtenção do grau em Bacharel em
Agronomia.

Aprovado em: 25 / 06 / 2020

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora - Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Geovani Soares de Lima

Co-orientador – Prof. Dr. Geovani Soares de Lima
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Pollyanna Freire Montenegro Agra

Examinadora – Pollyanna Freire Montenegro Agra
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)

Rômulo Carantino Lucena Moreira

Examinador – M. Sc. Rômulo Carantino Lucena Moreira
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

Luderlândio de Andrade Silva

Examinador – M. Sc. Luderlândio de Andrade Silva
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN – PPGEA)

POMBAL - PB

2020

A DEUS, por tanto. Não tenho palavras para agradecer por tudo que me proporcionou e me proporciona a cada dia.

A minha família, em especial a meus pais Janilson Rodrigo de Medeiros e Rosimar Alexandrina de Freitas Medeiros, a minha irmã Thainara Santana Freitas Medeiros.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, primeiramente por sempre ter me guiado pelo caminho correto e pela força sempre dada nos momentos que mais precisei.

Aos meus familiares pelo apoio dado, primeiramente a meus pais, Janilson Rodrigo de Medeiros e Rosimar Alexandrina de Freitas Medeiros, a minha irmã Thainara Santana Freitas Medeiros, pelo incentivo, apoio e dedicação, por sempre estarem ao meu lado nos momentos mais difíceis. A minha avó Maria José de Medeiros Rodrigo (in memoriam). Minha madrinha Celina Diniz de Souto. Ao meu namorado Francisco Marcondes Alves da Silva Junior pelo companheirismo.

Aos meus amigos e colegas de curso por todos os momentos compartilhados, em especial: Cassiano Nogueira de Lacerda, Iuri Carvalho, Mateus de Sousa Lins, Anielly Cássia de Lima Rodriguês, Sarah Carolina Alves Araújo, Mychelle de Lira Andrade.

A minha orientadora por toda disponibilidade e respeito, Lauriane Almeida dos Anjos Soares e o meu Co-orientador Geovani Soares de Lima.

A Universidade Federal de Campina Grande de Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar pela contribuição do meu crescimento e espaço cedido.

A todos meus amigos por cada momento compartilhado. A meus professores por todos os ensinamentos que contribuíram na minha formação.

Muito Obrigada!

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Frendrich Nietzsche

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral	13
2.2. Específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1. Aspectos gerais sobre o feijão-caupi	14
3.1.1. Fases fenológicas do feijão <i>Vigna</i>	15
3.4. Efeito do déficit hídrico sobre as plantas	16
3.4.1. Estresse hídrico na cultura do feijão <i>Vigna</i>	17
3.5. Adubação Potássica	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Localização.....	20
4.2. Tratamentos e delineamento estatístico	20
4.3. Condições de cultivo.....	21
4.4. Semeadura	22
4.5. Manejo da irrigação	23
4.6. Tratos fitossanitários e culturais	24
4.7. Características avaliadas	24
4.7.1. Variáveis de crescimento	24
4.7.2. Produção de fitomassa.....	24
4.7.3. Componentes de produção.....	25
4.8. Análises estatísticas	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6. CONCLUSÕES	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE TABELAS

	Pág
Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento.....	19

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Visão geral do experimento de feijão <i>Vigna</i> cv. BRS Marataoã aos 45 dias após a semeadura.....	20
Figura 2. Detalhe do procedimento adotado para semeadura e condução das plantas nos lisímetros de drenagem.....	21
Figura 3. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) do feijão <i>Vigna</i> aos 65 dias após a semeadura.....	24
Figura 4. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para o número de folhas (A) e fitomassa seca das folhas- FSF (B) do feijão <i>Vigna</i> aos 65 e 90 dias após a semeadura, respectivamente.....	26
Figura 5. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a fitomassa seca de caule - FSC (A) e fitomassa seca das raízes- FSR (B) do feijão <i>Vigna</i> aos 90 dias após a semeadura.....	28
Figura 6. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para o número de vagens (A) e comprimento de vagens (B) do feijão <i>Vigna</i> aos 90 dias após a semeadura.....	29

MEDEIROS, T. L. F. **Estresse hídrico nas fases fenológicas do feijão *Vigna* sob níveis de potássio**. 2020. 41 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Pombal, PB.

RESUMO

Em regiões semiáridas, a deficiência hídrica é o principal fator ambiental que influencia o rendimento das plantas, notadamente no feijão *Vigna*, torna-se necessário o manejo adequado dos recursos visando garantir a sustentabilidade do sistema de produção. Assim, objetivou-se avaliar a morfologia e a partição de fitomassa do feijão *Vigna*, cv. BRS Marataoã, quando submetido a estratégias de manejo da irrigação em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos da cultura e doses de adubação potássica. Utilizou-se o delineamento estatístico em bloco ao acaso, em esquema fatorial 5 x 5, com três repetições, sendo os tratamentos definidos em função das cinco doses de adubação potássica (50, 75, 100, 125 e 150% de K₂O) associadas a cinco estratégias de manejo definidas em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos do feijão BRS Marataoã. A aplicação do déficit hídrico na floração favorece o crescimento e o acúmulo de fitomassa do feijão *Vigna* com recuperação das plantas após suspensão do estresse. Doses crescentes de potássio quando associadas ao déficit hídrico nas fases de floração e frutificação comprometem o número de vagens e comprimento de vagens do feijão *Vigna*. Nas fases iniciais do desenvolvimento do feijão BRS Marataoã o déficit hídrico pode ser utilizado do seu cultivo com as menores perdas nos componentes de produção.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L., tolerância à seca, nutrição mineral.

MEDEIROS, T. L. F. **Water stress in the phenological phases of *Vigna* beans under potassium levels**. 2020. 41 f. Monograph (Graduation in Agronomy). Federal University of Campina Grande, Center for Agri-Food Science and Technology. Pombal, PB.

ABSTRACT

In semi-arid regions, water deficiency is the main environmental factor that influences the yield of plants, especially in *Vigna* beans, making it necessary to manage resources adequately in order to guarantee the sustainability of the production system. Thus, the objective was to evaluate the morphology and partition of phytomass of *Vigna* beans, cv. BRS Marataoã, when submitted to irrigation management strategies due to the time of induction of water deficit in the different phenological stages of the crop and doses of potassium fertilization. A randomized block design was used in a 5 x 5 factorial scheme, with three replications. The treatments were defined according to the five doses of potassium fertilization (50, 75, 100, 125 and 150% of K₂O) associated to five management strategies defined as a function of the time of induction of water deficit in the different phenological stages of the BRS Marataoã bean. The application of water deficit in flowering favors the growth and accumulation of *Vigna* bean phytomass with plant recovery after stress suspension. Increasing doses of potassium when associated with water deficit in the flowering and fruiting phases compromise the number of pods and pod length of *Vigna* beans. In the early stages of development of BRS Marataoã beans the water deficit can be utilized from its cultivation with the lowest losses in the production components.

Keywords: *Vigna unguiculata* L., drought tolerance, mineral nutrition

1. INTRODUÇÃO

Na alimentação humana o uso de leguminosas é de suma importância, por as mesmas serem fonte de proteínas, fósforo, ferro, tiamina, riboflavina e niacina (MONTROYA et al., 2010). Entre essas leguminosas destaca-se o feijão caupi (*Vigna unguiculata L. Walp.*) que tem origem africana foi introduzido no Brasil pelos primeiros colonizadores, sendo cultivado em maior escala nas regiões Norte e Nordeste com grande importância socioeconômica para essas regiões (FREIRE FILHO et al., 2011).

A produção de feijão *Vigna* no Brasil está condicionada as condições ambientais apresentando uma produtividade média de 449 kg ha⁻¹, entretanto, na região Nordeste do país a produção de feijão-caupi está condicionada na maioria das vezes a condições adversas do meio ambiente, dentre elas, a ocorrência de precipitações pluviométricas irregulares limitando a produção agrícola nessa região, influenciando todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas (DAMATTA, 2007; CONAB, 2020).

O feijão *Vigna* possui tolerância média a variações de umidade do solo (NASCIMENTO et al., 2011), tendo em vista que as suas necessidades hídricas variam com a escala de tempo considerada, as respostas de curto prazo estão relacionadas ao ajuste da condutância estomática, diferenças de potencial hídrico entre os tecidos, condutância hidráulica, conteúdo osmolítico e pressão do turgor, já as respostas em longo prazo estão associadas à duração do ciclo da colheita, aborto de grãos, arquitetura radicular, alocação de nutrientes, estágios fenológicos, mecanismos de tolerância à desidratação celular e senescência tardia (TARDIEU et al., 2018).

Sob tais condições a homeostase dos nutrientes é um processo fundamental na mitigação dos sintomas de seca nas plantas, pois o rápido ajuste osmótico em resposta à condições de déficit hídrico resultante no rápido acúmulo de íons inorgânicos como K⁺ e Cl⁻ no vacúolo, permite rápida recuperação do potencial osmótico celular e manutenção do turgor celular (SHABALA e LEW, 2002; WARAICH et al., 2011). Destacando-se o potássio por está relacionado a regulação do potencial osmótico das plantas, influenciando a expansão celular e o transporte de íons, além de ser fundamental para o movimento dos estômatos. Plantas bem nutrida com

potássio usam a água do solo com mais eficiência, enquanto as com deficiência de potássio apresentam desempenho fotossintético mais baixo devido à abertura irregular dos estômatos, que causa redução na absorção de CO₂ (PRADO, 2008).

Mesmo já tendo sido realizados estudos sobre a tolerância do feijão *Vigna* ao estresse hídrico, devem ser intensificadas pesquisas para identificação das fases fenológicas em que a cultura é mais tolerante ou sensível ao déficit hídrico, além dos possíveis efeitos mitigadores da adubação potássica sob tais condições, podem ser estratégias promissoras para a obtenção de melhores rendimentos nos sistemas de produção em regiões com períodos de restrições hídricas.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Objetivou-se avaliar o crescimento e os componentes de produção do feijão BRS Marataoã submetido a estratégias de manejo de irrigação, variando os estádios de desenvolvimento em que as plantas eram submetidas ao déficit hídrico e adubação potássica.

2.2. Específicos

- Avaliar o crescimento e o acúmulo de fitomassa do feijão *Vigna* sob diferentes estratégias de manejo do déficit hídrico associado à adubação potássica;
- Identificar a fase de desenvolvimento em que o feijão *Vigna* é mais tolerante ou sensível ao déficit hídrico em função das doses de potássio;
- Registrar as alterações na produção ocasionadas às plantas de feijão *Vigna* pelo déficit hídrico durante as diferentes fases fenológicas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais sobre o feijão-caupi

O feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. pertencente à família *Fabaceae* é das leguminosas mais utilizadas na alimentação humana, onde se destaca pela sua rusticidade, sendo utilizada para suprir as necessidades nutricionais das populações carentes em países como África, América Latina e Ásia (FREIRE FILHO et al., 2005), podendo ser utilizado na cobertura para solo, como forragem para os animais e adubação verde (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005),

Mundialmente o feijão *Vigna* ocupa uma área de 12,5 milhões de ha, com 64% da produção localizado na região Oeste e Central da África, onde os principais produtores são Nigéria, Níger e Brasil (FREIRE FILHO, 2011). A produção média no Brasil de feijão *Vigna* é apontada como baixa, ela preencheu no ano de 2015 um território de cultivo de 1 milhão de hectares, e apenas obteve uma produção de 419 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2018).

No Brasil, levando em consideração o potencial genético do feijão-caupi comparado ao de outras culturas ainda é pouco explorado, com base na produção média da região Centro-Oeste que é de aproximadamente 1070 kg ha⁻¹, e a da região Nordeste não excede 276 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2014). O ciclo do feijão *Vigna* dura em torno de 75 a 110 dias, de acordo com sua latitude e altitude (KLUTHCOUSKI et al., 2009). Destacando-se pela sua ampla base genética e fácil adaptação mesmo em regiões onde as condições de clima e solo nem sempre são favoráveis (FREIRE FILHO et al., 2006).

A planta do feijão *Vigna* possui quatro tipos de portes o ereto, semiereto, semiprostrado e o prostrado. As quantidades de galhadas secundárias resultam na estrutura do vegetal e produtividade de grãos (SANTOS e ARAÚJO et al., 2000; TÁVORA et al., 2001; MENDES et al., 2005). A germinação do caupi acontece de 2 a 3 dias após o plantio, com temperatura entre 28°C e profundidade de 2 a 3 cm, uns cinco dias depois de germinar, acontece o corte dos cotilédones, e suas reservas são levadas para os órgãos de desenvolvimento (VALE et al., 2017). Pelo fato de existir variedades de feijão *Vigna* que possuem desenvolvimento indefinido o momento adequado da

recolha das sementes ocorre quando a maioria das vagens muda da cor verde para a cor marrom (BEVILAQUA et al., 2013).

A planta possui folhas compostas alternas e trifoliadas, coloração verde escura, sendo as folhas do primeiro par simples e opostas com hastes rugosas quase sempre lisas e em alguns casos de coloração roxa. As flores são hermafroditas e autopolinizadas, cuja inflorescência ocorre no ápice do pedúnculo (DONÇA, 2012). Os frutos são do tipo vagem, de forma cilíndrica, retas ou curvadas, com comprimento que varia de 18 a 30 cm. As sementes variam de acordo com a cultivar quanto à coloração, forma e tamanho, características essas de importante valor comercial (FREIRE FILHO et al., 2011).

As folhas e os ramos são muito utilizados também como adubos verdes e podem ser incorporadas ao solo como fonte de matéria orgânica, além da utilização na alimentação animal como forragem ou feno (ALVES et al., 2009). Para a produção de grãos verdes tem-se preferência pelas cultivares de hábito de crescimento trepador, com períodos prolongados de floração e frutificação, o que possibilita a colheita escalonada. O tempo médio para início de floração é de 40 a 50 dias e para a colheita de vagens e grãos verdes 60 a 70 dias (GUEDES, 2008). As raízes base surgem na zona axial da parte debaixo do hipocótilo, a parte superior da interface da raiz e da parte aérea, a partir das mesmas surgem as raízes laterais, que são mais eficazes na absorção dos nutrientes e da água (VALE et al., 2017).

3.1.1. Fases fenológicas do feijão *Vigna*

Campos et al. (2000) estabeleceu o ciclo de desenvolvimento do *Vigna* em fase vegetativa e em fase de reprodutiva. Na fase vegetativa: V0: Semeadura, V1: Cotilédones, V2: As folhas unifoliadas, V3: A primeira folha trifoliolada, V4: Segunda folha trifoliolada, V5: Terceira folha trifoliolada, V6: Os primórdios ramo secundário, V7: A primeira folha do ramo secundário, V8: A segunda folha do ramo secundário, V9: A terceira folha do ramo secundário, já a fase reprodutiva foi estabelecida da seguinte forma, R1: Surgem primórdios do primeiro botão floral, R2: Antese da primeira flor, R3: Início da maturidade da primeira vagem, estágio responsável pelo começo da mudança na

coloração das vagens, R4: Maturidade de 50% das vagens da planta, R5: Maturidade de 90% das vagens da planta.

Embora o feijão *Vigna* tenha certa resistência ao estresse hídrico, suas respostas a ele mudam dentro da espécie, cultivar e suas fases fenológicas (BEZERRA et al., 2003; SILVA, et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2011). Bastos et al. (2002) Avaliando o desenvolvimento e crescimento do feijão *Vigna* sob variadas lâminas de irrigação, foi constatada uma redução da área foliar da cultura, a medida que o estresse hídrico aumentou.

3.4. Efeito do déficit hídrico sobre as plantas

Entre os vários problemas que causam a diminuição da produção na agricultura destaca-se o déficit hídrico, ocasionando sérios problemas para a produtividade final, entretanto, essas perdas econômicas dependem da fase de desenvolvimento da planta, do grau de severidade e duração (PEKSEN et al., 2014). O estresse hídrico é uma das principais causas que influenciam a produção agrícola, pois atinge o crescimento das plantas, mesmo sendo uma cultura resistente a falta de água, resultados de trabalhos mostraram que o estresse hídrico no feijão nas fases de floração e enchimento de grãos resulta em uma baixa produção de grãos (OLIVEIRA et al., 2014).

Na região Nordeste do Brasil, o estado de Mato Grosso ocupa a primeira posição como o maior produtor, embora acabe apresentando a maior área colhida ainda possui a maior produção, onde se cultiva muito feijão *Vigna*, a região Nordeste se destaca devido a maior produtividade, resultado direto do emprego de tecnologias adequadas no sistema de produção da cultura. possui um clima bastante seco devido a falta de chuvas regulares, a cultura do feijão-caupi passa muitos períodos sem chuva e com as elevadas temperaturas, o que tende a uma diminuição na produção do feijão *Vigna*, principalmente nos períodos de florescimento e de enchimento dos grãos (MENDES et al., 2005; SILVA et al., 2010). Entretanto, o feijão *Vigna* possui vários mecanismos de adaptação a condições de estresse hídrico entre eles pode-se destacar o maior crescimento das raízes com favorecimento da sua condutividade hidráulica possibilitando aumento da absorção de água, além do controle da abertura de seus estômatos, a fim de minimizar as perdas de água para o ambiente (BONFIM-SILVA et al., 2011).

Além disso, devido a grande variabilidade das cultivares do feijão-caupi não respondem de forma homogênea às condições edafoclimáticas das regiões produtoras, devido suas características genéticas, morfológicas e fisiológicas, têm-se a necessidade de se indicar cultivares adequadas para cada região para se obter uma alta produtividade (SANTOS, 2013). A quantidade de água ofertada induz uma divergência nos fatores de desenvolvimento do feijoeiro, uma redução do seu tamanho quando sujeito a uma diminuição de água no solo (OLIVEIRA et al., 2011).

Em regiões com restrições hídricas a irrigação se torna uma técnica indispensável para um melhor desenvolvimento das plantas do feijão *Vigna* (BLANCO et al., 2011; RAMOS et al., 2012). Embora a utilização de técnicas de irrigação possa proporcionar um abastecimento de água apropriado durante todo o ciclo da cultura, ainda requer a inclusão de outras técnicas como cobertura do solo que faz com que a evapotranspiração diminua e eleva a eficiência de menores lâminas de irrigação no abastecimento adequado de cada cultivo, além do uso de variedades tolerantes ao déficit hídrico (NASCIMENTO et al., 2011; FERREIRA et al., 2015).

3.4.1. Estresse hídrico na cultura do feijão *Vigna*

A quantidade de água requerida pelo feijão *Vigna* varia de acordo com a fase fenológica. O consumo de água aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (NÓBREGA et al., 2001), podendo variar de 300 a 450 mm/ciclo, bem distribuídos nos diferentes estágios de desenvolvimento sendo dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais (NASCIMENTO, 2011).

O cultivo do feijão *Vigna* prevalece no período de mais chuvas, porém, em alguns anos acontece a escassez de chuvas e a cultura fica submetida ao estresse hídrico, onde a reduzida quantidade de água disponibilizada no solo é a causa que limita a evolução e produção das culturas na agricultura (LIMA et al., 2018). A água por ser o meio de transporte dos nutrientes para o solo e as raízes no xilema, ela interfere no desenvolvimento fisiológico da planta e absorve e utiliza os nutrientes (FERREIRA et al., 2008).

Neste sentido, a ocorrência de déficit hídrico em períodos iniciais do crescimento da semente resulta em uma diminuição da atividade fotossintética, reduzindo assim a produção de assimilados, tais como a redução da transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a realização da fotossíntese (PEDROSO et al., 2009; ASHRAF e HARRIS, 2013). Outros processos também são afetados, dentre eles a produção de ácido abscísico, abscisão foliar e o ajustamento osmótico. Com o déficit hídrico, a atividade fotossintética diminui juntamente com a diminuição do volume celular e, concomitantemente, a diminuição da turgescência (MORAIS et al., 2003).

Segundo Stone e Moreira (2001) o déficit hídrico durante a fase vegetativa do feijão *Vigna* provoca menores reduções nos componentes de crescimento, sendo que, na fase reprodutiva, seus efeitos são mais acentuados. De forma semelhante, Cunha et al. (2013) observaram que as plantas de feijoeiro submetidas a déficit hídrico de 21 e 37% nas fases vegetativa e reprodutiva, respectivamente, têm sua produtividade reduzida em 29%, e que déficit hídrico de 22% na fase reprodutiva é capaz de reduzir a produtividade do feijoeiro em 15%.

3.5. Adubação Potássica

O potássio é o segundo macroelemento mais utilizado na agricultura no Brasil, ficando atrás apenas do fósforo que ocupa a primeira posição (PRADO, 2008). Devido ao seu papel fundamental no mecanismo de osmose e abertura estomática que são importantes para apoio às relações hídricas das plantas e expansão das células (PETTIGREW, 2008). Benefícios do fornecimento de potássio em plantas sob estresse hídrico são relacionados em diversos estudos, como incrementos na matéria seca, potencial hídrico, taxa fotossintética, teor de clorofila, área foliar e diâmetro de caule (FAROOQ et al., 2009).

Além disso, o potássio faz parte do funcionamento de muitos compostos enzimáticos, com participação na fotossíntese e respiração das plantas, o suprimento inadequado de potássio compromete o processo de abertura e fechamento dos estômatos, podendo assim diminuir a assimilação de CO₂ e a taxa fotossintética, e conseqüentemente a produção de fotoassimilados,

podendo haver prejuízos na produção. Entretanto, o excesso desse nutriente pode inibir a absorção de Ca e Mg, sendo de fundamental importância o fornecimento adequado (ERNANI et al., 2007).

Neste sentido, a nutrição mineral se destaca, então, como uma das principais tecnologias utilizadas para incrementar a produtividade e a rentabilidade das culturas sob condições de déficit hídrico, sendo o potássio de grande importância para a cultura do feijão-caupi em razão de exercer papel-chave na regulação osmótica e promover a manutenção do turgor nas células-guardas, por meio da elevação do seu potencial osmótico, o que resulta em absorção de água por essas células e por células adjacentes e, em contrapartida, gera maior turgor e abertura dos estômatos (LANGER et al., 2004). Entretanto, ainda são escassos estudos visando averiguar a importância da adubação potássica nas características morfológicas do feijão *Vigna* sob déficit hídrico e seus eventuais reflexos na produtividade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

A pesquisa foi desenvolvida em condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude e 37°48'01" de longitude, a uma altitude de 194 m.

4.2. Tratamentos e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 5, referente a cinco doses de adubação potássica (50, 75, 100, 125 e 150% de K) sendo a dose de 100% correspondente a 150 mg K₂O kg⁻¹ de solo conforme Novais et al. (1991) para ensaios em vasos, associadas a cinco estratégias de manejo definidas em função da época de indução do déficit hídrico nos diferentes estádios fenológicos do feijão *Vigna*: vegetativo – período entre surgimento da primeira folha trifoliolada com os folíolos separados e completamente abertos e abertura da 1ª flor; florescimento – abertura da 1ª flor até o início da maturidade da primeira vagem; formação da produção - a partir da maturação da 1ª vagem, até a colheita final, com três repetições e uma planta por parcela, totalizando 75 plantas.

Para as estratégias de manejo o feijão *Vigna* cv. BRS Marataoã que tem forma de crescimento semi-prostado foi irrigado com 100% da Evapotranspiração Real – ETr e 50% da ETr, sendo estas aplicadas em cinco estratégias de manejo: T1: SE – durante todo ciclo plantas irrigadas com 100% da ETr durante todo o ciclo; T2: VE – 27 a 47 dias após a semeadura (DAS) plantas sob déficit (50% da ETr) na fase vegetativa; T3: FL – (48 a 55 DAS) plantas submetidas ao déficit hídrico na fase de floração, T4: FR – (56 a 90 DAS) irrigação com 50% da ETr na fase de formação da produção e T5: FL/FR

– (48 a 90 DAS) irrigação com 100% da ETr na fase vegetativa e irrigação com 50% da ETr nas fases de floração e formação da produção.

4.3. Condições de cultivo

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos adaptados como lisímetros com 20 L de capacidade, os quais receberam na base uma camada de 3 cm de brita e uma manta geotêxtil (é um não tecido permeável que quando associado com o solo, tem a capacidade de drenar, filtrar, separar, reforçar e proteger) para evitar a obstrução do sistema de drenagem pelo material de solo. Cobrindo a superfície da base do recipiente, em cada vaso foi instalada uma mangueira transparente de 4 mm de diâmetro conectada à sua base, de modo a facilitar a drenagem, sendo acoplada a um recipiente plástico para coleta da água a ser drenada. Em seguida, foram acondicionados 24 kg de um Neossolo flúvico de textura franco-arenosa, proveniente da zona rural do município de São Domingos, PB, cujas características químicas e físico-hídricas, foram determinadas conforme Claessen (1997), descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Características químicas								
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O. g kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
		cmol _c kg ⁻¹					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CEes (dS m ⁻¹)	CTC cmol _c kg ⁻¹	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST %	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
				Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7,0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; ^{1,2} referindo à capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

A adubação com nitrogênio e fósforo foi realizada em cobertura conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, contida em Novais et al. (1991), colocando-se as quantidades de 100 e 300 mg kg⁻¹ de solo de nitrogênio e fósforo, respectivamente, nas formas de ureia e fosfato

monoamônico (MAP); aplicados via água de irrigação, aos 20, 30 e 40 dias após a semeadura (DAS). O fator adubação potássica foi parcelado em três aplicações via fertirrigação, em intervalos de dez dias a partir dos 20 DAS, utilizando cloreto de potássio, a quantidade de adubo nos demais tratamentos foi calculada conforme a dose K3 – 100%. Os vasos foram dispostos em fileiras simples espaçadas de 1,5 m e 1,0 m entre plantas na fileira. (Figura 1).



Figura 1. Visão geral do experimento de feijão *Vigna* cv. BRS Marataoã aos 45 dias após a semeadura.

4.4. Semeadura

A semeadura ocorreu após ser elevada a umidade do solo ao nível de retenção máxima, em todas as unidades experimentais com 100% da ETr em todas as parcelas experimentais, colocando-se cinco sementes por vaso, a 3 cm de profundidade. Foi mantida a umidade do solo no nível equivalente ao da capacidade de campo, em todas as unidades experimentais, até a emissão da primeira folha definitiva, quando se iniciou a aplicação dos tratamentos irrigado com 100% da Evapotranspiração Real – ETr e 50% da Evapotranspiração Real –ETr , após 30 DAS da semeadura foi realizado desbaste, mantendo-se apenas uma planta por vaso. (Figura 2).



Figura 2. Detalhe do procedimento adotado para semeadura e condução das plantas nos lisímetros de drenagem.

4.5. Manejo da irrigação

Após a semeadura, a irrigação foi realizada diariamente, às 17 horas, aplicando-se, em cada lisímetro, a água conforme tratamento, na fase vegetativa que foi de 27 a 47 dias o estresse hídrico foi em torno de 20 dias, na fase de floração que foi de 48 a 55 dias o estresse foi em 7 dias, na fase frutificação que 56 a 90 dias o tempo de estresse hídrico foi 34 dias e nas fases sucessivas de floração/frutificação que foi de 48 a 90 dias o estresse hídrico foi em torno de 42 dias, sendo a quantidade aplicada de acordo com a necessidade hídrica das plantas, determinada pelo balanço hídrico; mensurado pelo método dos lisímetros de drenagem, ou seja, aplicando-se um volume de água conhecido nestas plantas (V_a) no dia anterior a irrigação, pela manhã do outro dia era observado o volume de água drenado (V_d) e, a partir da diferença, obteve-se o consumo destas plantas (CH). A cada 7 dias, um volume de água adicional foi disponibilizado às plantas para se obter uma fração de lixiviação correspondente a 20%, visando o reestabelecimento do cálculo referente à lâmina referente a 100 da E_{Tr} , conforme a Equação 1.

$$CH = \frac{V_a - V_d}{1 - FL} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: CH = consumo hídrico (ml),

Va = Volume de água aplicado às plantas no dia anterior (ml);

Vd = Volume drenado (ml),

FL= Fração de lixiviação, estimada em 20%.

4.6. Tratos fitossanitários e culturais

No controle de plantas invasoras nos lisímetros, foram efetuadas capinas manuais durante o período de condução do experimento com o objetivo de evitar a competição interespecífica por água e nutrientes, favorecendo o desenvolvimento pleno da cultura. O controle de pragas e doenças foi realizado com defensivos naturais e químicos, conforme a necessidade (SANTOS e SANTOS, 2008). A aplicação foi realizada utilizando-se de pulverizador manual de compressão prévia, com tanque em polietileno, com capacidade volumétrica de 15 L.

4.7. Características avaliadas

4.7.1. Variáveis de crescimento

Foram mensurados aos 65 DAS, onde as plantas encontravam-se na fase de frutificação, o número de folhas, a altura de plantas e o diâmetro de caule, sendo considerados os seguintes critérios:

a) Número de folhas: contagem das folhas com comprimento superior a 3 cm, e com coloração característica do genótipo.

b) Altura da planta (cm): comprimento da parte aérea, do colo da planta até a gema apical do ramo principal.

c) Diâmetro do caule (mm): mensurado a 2 cm do solo, utilizando-se de paquímetro digital.

4.7.2. Produção de fitomassa

Para não haver perda de dados, devido, principalmente, à senescência e à abscisão de folhas, foram coletadas, diariamente em cada planta, as folhas

que caíam, sendo guardadas em sacos de papel enumerados de acordo com o tratamento. Ao final do ciclo da cultura (90 DAS), coletaram-se as plantas, separando-as em folhas, caules e raízes, para serem acondicionadas as partes em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até peso constante; posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g, obtendo-se a fitomassa das folhas (FSF), caule (FSC) e raízes (FSR).

4.7.3. Componentes de produção

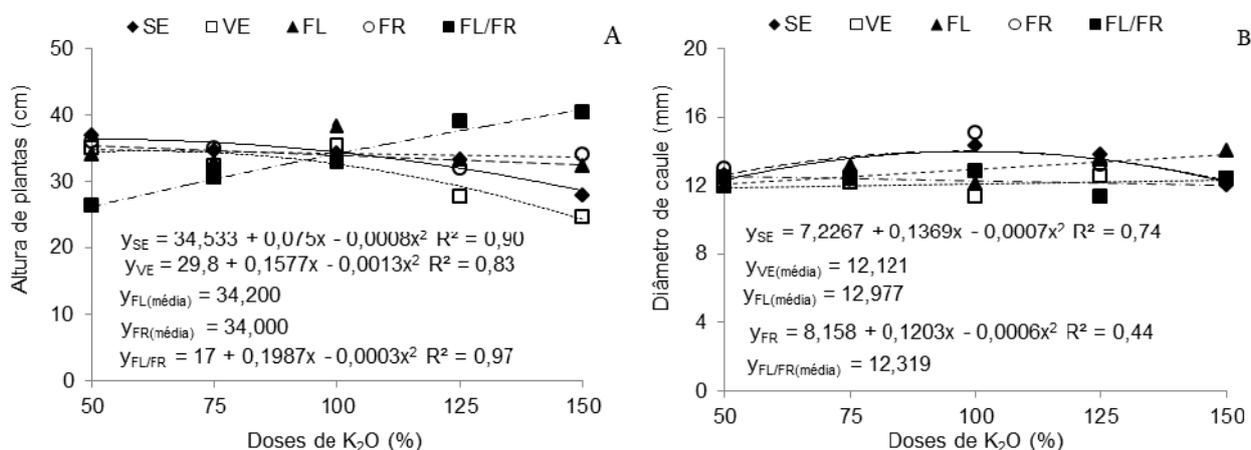
Na colheita, realizada aos 90 dias após a semeadura, foram determinados o comprimento das vagens, pela média do comprimento das vagens, em centímetros, obtidas em parcela e o número de vagens por planta, contadas na ocasião da colheita.

4.8. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, fez-se teste de médias por Tukey ($p < 0,05$) para as estratégias de manejo do déficit hídrico e regressões lineares e quadráticas ($p < 0,05$) para as doses de potássio utilizando-se o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a altura de plantas e diâmetro de caule do feijão *Vigna*, de forma que a interação significativa entre esses fatores são apresentadas nas Figuras 3A e 3B. Com referência ao efeito das doses de K sobre a altura de plantas (AP) verificou-se nas estratégias de manejo sem estresse SE (SE) e vegetativa (VE), decréscimos de 23,42% e 30% quando adubadas com 125% de K em relação ao fornecimento de 50% de K. Entretanto, o aumento da adubação potássica teve efeito positivo quando aplicada em plantas sob déficit hídrico sucessivamente durante as fases de floração e frutificação, com aumento da altura de plantas, isto é, a uma superação parcial do efeito da seca no feijão *Vigna*. Portanto, como resultado da oferta de 150% de K, a resposta do feijão *Vigna* à seca foi equalizada na estratégia de manejo florescimento/frutificação (FL/FR) com altura de plantas média de 33,61 cm não diferindo das plantas sem estresse hídrico ao longo do ciclo com 33,35 cm (Figura 3A). O aumento da adubação potássica durante as fases de floração e frutificação minimizou os efeitos do estresse hídrico, conferindo resistência à seca às plantas devido aos processos de regulação estomática e relações hídricas celulares (BAHRAMI-RAD e HAJIBOLAND, 2017).



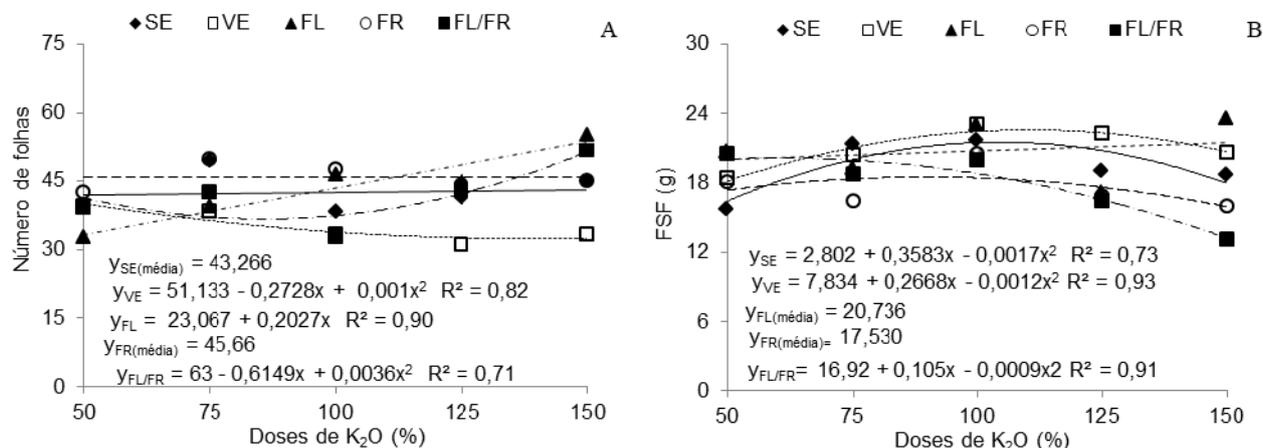
SE: sem déficit hídrico; VE, FL, FR, FL/FR: com déficit hídrico nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente.

Figura 3. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a altura de plantas (A) e diâmetro de caule (B) do feijão *Vigna* aos 65 dias após a semeadura.

As doses de adubação potássica evidenciaram efeitos sobre o diâmetro das plantas sob as estratégias de manejo do déficit hídrico sem estresse (SE) e frutificação (FR) (Figura 3B), apresentando uma relação quadrática, sendo observados incrementos até a dose de potássio estimada de 98% de K_2O , com o máximo diâmetro das plantas de 13,92 e 14,18 mm, respectivamente, quando a partir desta ocorreram reduções no diâmetro. No entanto, as plantas que submetidas às estratégias vegetativa (VE), florescimento (FL) e florescimento/frutificação (FL/FR) não tiveram efeito significativo, ocorrendo um crescimento do diâmetro de caule (DC) médio de 12,46 mm independentemente das doses de potássio. As reduções de crescimento causadas pelo aumento da adubação com potássio também foram relatadas por Prazeres et al. (2015), que avaliaram o crescimento e a fisiologia de duas cultivares de feijão-caupi irrigadas com água salina e submetidas a diferentes níveis de K na forma de KCl (0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 g de KCl por vaso) e observaram que as maiores doses de K associadas com salinidade causou um efeito deletério no crescimento das cultivares de feijão-caupi.

Por desdobramento do efeito das estratégias de manejo do déficit hídrico em doses de adubação potássica aos 65 Dias após a semeadura (DAS) (Figura 4A), observa-se que o número de folhas divergiu conforme as estratégias de manejo adotadas, o déficit hídrico foi imposto na fase vegetativa (VE) ocorreu redução no número de folhas (NF) sendo estimado o menor valor para as plantas adubadas com a 150% de K_2O com 32,71 folhas, correspondente à redução em cerca de 18,20% em relação às plantas adubadas com a menor dose (50% de K_2O) com 39,99 folhas (Figura 4A). Diferentemente, nos manejos em que o déficit hídrico foi aplicado durante a floração e sucessivamente nas fases de floração e frutificação do feijoeiro, verificam-se incrementos variando de 20,30% e 38,24%, respectivamente, no número de folhas (NF) das plantas submetidas a 150% de K em relação as que receberam 50% de K, pois as plantas possuem uma dose adequada para cada fase de seu desenvolvimento e se é colocado a mais do que se recomenda

acaba então acarretando danos a planta. Isso mostra que a exigência de adubação potássica difere em relação ao período de maturação e ao hábito de crescimento das culturas (CLEMENT-BAILEY e GWATHMEY, 2007).



SE: sem déficit hídrico; VE, FL, FR, FL/FR: com déficit hídrico nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente.

Figura 4. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para o número de folhas (A) e fitomassa seca das folhas- FSF (B) do feijão *Vigna* aos 65 e 90 dias após a semeadura, respectivamente.

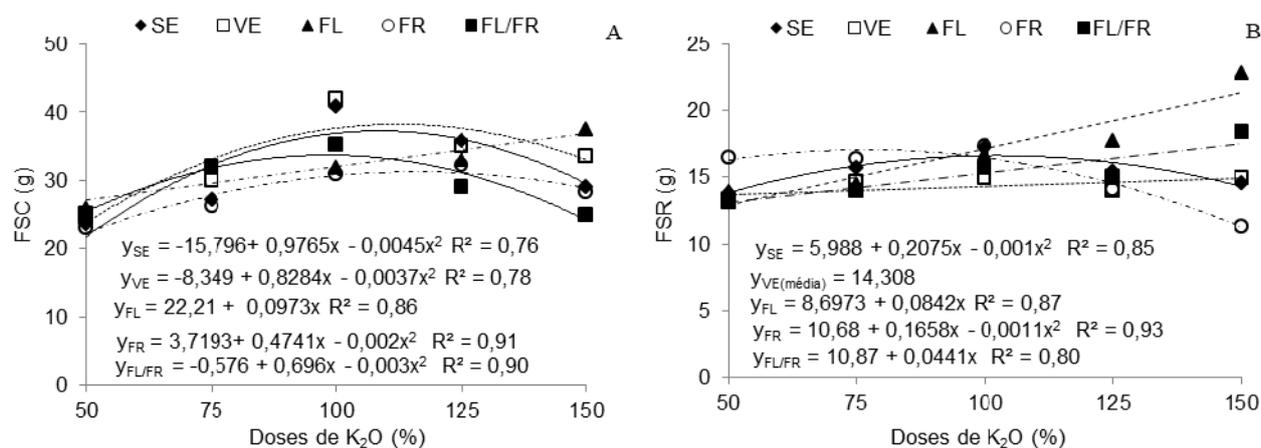
De acordo com as equações de regressão (Figura 4B), o modelo que melhor os dados para fitomassa seca de folhas se ajustaram foi o quadrático, onde nota-se que as estratégias de manejo do déficit hídrico sem estresse (SE) e vegetativa (VE) e que estavam sob as doses estimadas de potássio de 105% e 111% de K₂O respectivamente, conseguiram promover maior acúmulo de fitomassa seca da folha (FSF) (21,68 e 22,66 g) já os menores valores de fitomassa seca da folha (FSF) foram obtidos quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico na sucessivamente nas fases de floração e frutificação da cultura (FL/FR) tiveram o acúmulo de fitomassa de folhas inibido com o incremento das doses de potássio com redução de 37,65% na fitomassa seca da folha (FSF) das plantas sob a adubação de 150% de K₂O quando comparadas a menor dose de potássio.

Ao final do ciclo, a fitomassa seca das folhas das plantas sob estresse hídrico na fase vegetativa tinha o crescimento diferente, as quando estudou as fitomassas não diferiu das plantas sem estresse, demonstrando que, apesar do

estresse na fase inicial da cultura, houve uma retomada na emissão foliar (Figura 4B). Diferentemente, o decréscimo mais expressivo nas plantas impostas ao déficit hídrico consecutivamente nas fases de floração e frutificação, quando comparada às demais estratégias de manejo, deveu-se, possivelmente, ao fato do ajuste osmótico se desenvolver lentamente em resposta à desidratação. Portanto, é possível que esse processo não tenha se desenvolvido no feijão *Vigna* devido ao maior tempo de déficit hídrico, o que explicaria a ausência de alívio dos efeitos do estresse hídrico associados à adubação potássica (SÁ et al., 2014).

Analisando as equações de regressão (Figura 5A), verifica-se haver comportamento linear crescente da estratégia com déficit hídrico na floração (FL) com o aumento das doses de potássio, com acréscimo de 10,25% por aumento de 25% de K_2O , ou seja, aumento de 26,44% na fitomassa seca de caule das plantas submetidas à dose de 150% de K_2O , em relação às adubadas com 50% de K_2O . De acordo com Guo et al. (2007) existe uma correlação positiva entre a captação de água e a absorção de K no feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo o potássio responsável pela manutenção da condutância hidráulica do xilema, turgor celular, movimento estomático e trocas gasosas como parte da adaptação à seca ajudando a manter o equilíbrio da água nas plantas (Oddo et al., 2011).

Já quando às plantas foram cultivadas com as estratégias sem estresse (SE), vegetativa (VE), floração (FR) e floração/frutificação (FL/FR) o modelo ao quais os dados se ajustaram melhor foi o quadrático, verificando-se que as plantas que receberam as doses de K de 108%, 112%, 119% e 116% de K_2O , propiciaram os maiores acúmulo de fitomassa seca do caule (FSC) com 36,83; 38,01; 31,81 e 39,79 g por planta respectivamente (Figura 5A). De maneira geral, essas estratégias de manejo proporcionaram aumentos na fitomassa seca do caule (FSC) com a adição de doses crescentes de K ao solo até o valor correspondente à dose recomendada para obter a produção máxima, além disso, a redução da disponibilidade de água durante essas fases levou a redução do potencial de água nas células do caule, fazendo com que ocorresse um menor alongamento celular e dos entrenós, culminando em menor acúmulo de fitomassa das plantas (NEZAMI et al., 2008).



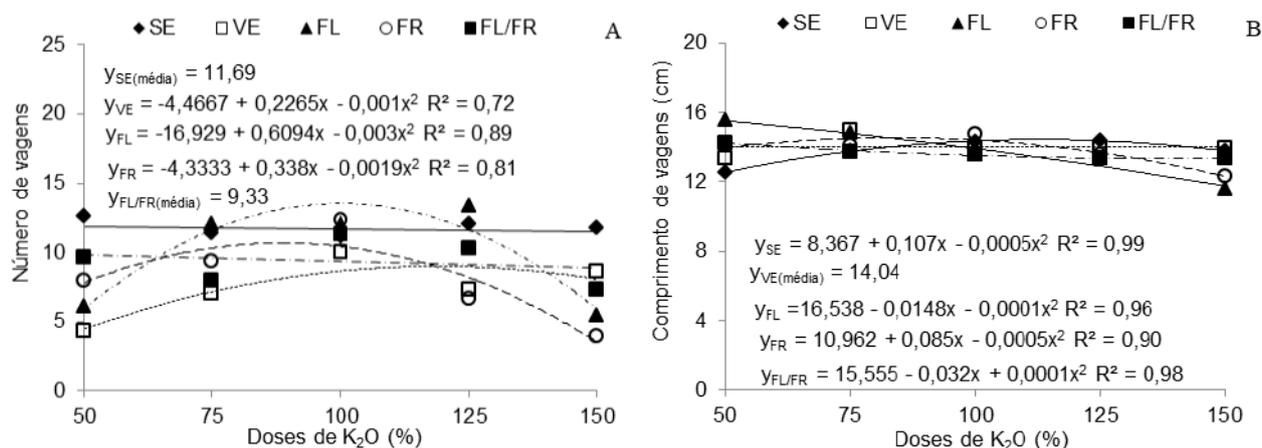
SE: sem déficit hídrico; VE, FL, FR, FL/FR: com déficit hídrico nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente.

Figura 5. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para a fitomassa seca de caule - FSC (A) e fitomassa seca das raízes- FSR (B) do feijão *Vigna* aos 90 dias após a semeadura.

A interação entre os fatores estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de potássio também promoveu efeito significativo sobre a fitomassa seca das raízes (Figura 5B), verificando-se efeito linear crescente das doses de potássio sobre a fitomassa seca de raiz (FSR) das plantas submetidas ao déficit hídrico nas fases de floração e sucessivamente na floração e frutificação, cujos acréscimos foram de 24,00% e 10,14% por aumento de 25% na dose de potássio. Com base na equação de regressão, os dados correspondentes às estratégias sem estresse (SE) e frutificação (FR) foram ajustados a um modelo quadrático, e os maiores valores de fitomassa seca do raiz (FSR) (16,75 e 16,92 g) foram obtidos em plantas adubadas com 104% e 76% de K₂O, respectivamente. Entre as estratégias, o maior acúmulo de fitomassa seca do raiz (FSR) foi observado com o déficit hídrico na fase de floração com 17,12 g, enquanto que os menores acúmulos foram obtidos nas plantas sob as estratégias sem estresse (SE) e vegetativa (VE) com valores médios de 15,33 e 14,30 g, respectivamente (Figura 5B). Isso pode ser associado à falta de água do solo nas camadas rasas do solo em condições déficit hídrico; as plantas estendem suas raízes para absorver a água das camadas mais profundas do solo. Fato esse relatado por Römheld et al. (2010) que associam o aumento na área superficial das raízes sob condições de déficit hídrico a

doses adequadas de potássio, o que resulta maior eficiência na captação de água pelas células das plantas.

Ao analisar a equação de regressão para o número de vagens em função das estratégias de manejo vegetativa (VE), floração (FL) e frutificação (FR) (Figura 6A) verifica-se que os dados se ajustaram ao modelo quadrático ($p < 0,05$), sendo os valores máximos estimados (8,35; 14,01 e 10,69 vagens) obtidos quando se adubaram com as doses de 113%, 102% e 89% de K_2O , respectivamente, a partir destas doses, ocorreram reduções no número de vagens por planta, sendo alcançado o menor valor (3,61 vagens) nas plantas de feijão *Vigna* sob déficit hídrico na fase de frutificação com a maior dose de potássio (150% de K_2O). Em relação às plantas submetidas às estratégias sem estresse (SE) e floração/frutificação (FL/FR), vê-se conforme estudos de regressão (Figura 6A) não haver efeito significativo sobre o número de vagens NV, sendo alcançados valores médios de 11,69 e 9,33 vagens, respectivamente. De acordo com Karam et al. (2005), a fase reprodutiva do feijão é mais vulnerável ao déficit hídrico no solo, qualquer redução relativa no suprimento hídrico refletirá no decréscimo da produtividade, causando não apenas o abortamento de embriões, mas também a perda de folhas e frutos (ENDRES et al., 2010).



SE: sem déficit hídrico; VE, FL, FR, FL/FR: com déficit hídrico nas fases vegetativa, floração, frutificação e floração/frutificação, respectivamente.

Figura 6. Desdobramento da interação entre as estratégias de manejo do déficit hídrico e doses de adubação potássica para o número de vagens (A) e comprimento de vagens (B) do feijão *Vigna* aos 90 dias após a semeadura.

Dentre as estratégias de manejo do déficit hídrico em função das distintas doses de adubação potássica aos 90 dias após a semeadura (DAS) (Figura 6B), quando conduzidos sem aplicação do estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura sem estresse (SE), observa-se que a dose estimada de 107% de K_2O resultou no maior comprimento das vagens (14,09 cm). Para as estratégias floração (FL), frutificação (FR) e floração/frutificação (FL/FR) associadas às doses de potássio estimadas em 50%, 85% e 50% resultaram em maior comprimento das vagens com 15,58; 14,57 e 14,20 cm, respectivamente, sendo que doses mais elevadas de potássio intensificaram os efeitos do déficit hídrico nessas fases fenológicas do feijão *Vigna*. Os efeitos negativos de elevadas doses de potássio em plantas submetidas ao déficit hídrico nessas fases, observados no presente estudo, também são relatados por Ribeiro et al. (2001), que associam essas reduções ao elevado índice salino do fertilizante utilizado (KCl) afetar a absorção de água e crescimento das plantas devido à redução no potencial hídrico da solução externa por meio do efeito osmótico.

6. CONCLUSÕES

A aplicação do déficit hídrico na floração favorece o crescimento e o acúmulo de fitomassa do feijão *Vigna* com recuperação das plantas após suspensão do estresse.

Doses crescentes de potássio quando associadas ao déficit hídrico nas fases de floração e frutificação comprometem o número de vagens e comprimento de vagens do feijão *Vigna*.

Nas fases iniciais do desenvolvimento do feijão BRS Marataoã o déficit hídrico pode ser utilizado do seu cultivo com as menores perdas nos componentes de produção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, O. D. C. Avaliação agro econômica de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. *Revista Agro@ambiente*, v. 3, p. 15-30, 2009.
- ANDRADE JÚNIOR A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; BASTOS, E. A. Irrigação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A. RIBEIROV. Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. p. 243-277
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C.; Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, v. 2, p. 163-190, 2013.
- BAHRAMI-RAD, S.; HAJIBOLAND, R. Effect of potassium application in drought-stressed tobacco (*Nicotiana rustica* L.) plants: Comparison of root with foliar application. *Annals of Agricultural Sciences*, v. 62, p. 121–130, 2017.
- BASTOS, E.A.; RODRIGUES, B.H.N.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; CARDOSO, M.J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.
- BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; EBERHARDT, P. E. R.; EICHHOLZ, C. J.; GREHS, R. C. Indicações Técnicas para Produção de Sementes de Feijão para a Agricultura Familiar, v.141, p.1-16, 2013.
- BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v.34, n. 1, p.5-10, 2003.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 524-530, 2011.
- BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J.; CABRAL, C. E. A.; GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, M. T. J. Produção e morfologia da leguminosa java submetida à adubação fosfatada. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, p. 1-10, 2011.
- CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B.; ROCHA, M. de M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna*

- unguiculata* L. Walp): Uma proposta de escala de desenvolvimento. Revista Científica Rural, v.5, p.110-116, 2000.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. Embrapa-CNPS. Documentos, 1
- CLEMENT-BAILEY, J.; GWATHMEY, C. O. Potassium effects on partitioning, yield, and earliness of contrasting cotton cultivars. Agronomy Journal, North, v. 99, p. 1139–1136, 2007.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 4 - SAFRA 2016/17- n. 12 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-158, 2020. Acesso em 20 Fev. 2020, disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1317_3b92fdb4c81421e032d3de69c6243135>.
- CUNHA, P. C.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; JÚNIOR, J. A. L. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. Revista Brasileira. Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, p. 735-742, 2013.
- DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. Brazilian Journal of Plant Physiology. v.19, p.485-510. 2007.
- DONÇA, M. C. B. Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão caupi. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 102 p, 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Produtos e Serviços, 2018. Acesso em 15 mar 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/produtos-processos-e-servicos>>.
- ENDRES, L.; SOUZA, J. L. de; TEODORO, I.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M dos; BRITOS, J. E. D. de. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 11-16, 2010.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS/UFV. 2007. p.551-594.

- FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: Effects mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 29, p. 185-212, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; FREDERICO O. M. DURÃES, F. O. M.; CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS, C. A.; ARAUJO NETO, J. C. Acúmulo e distribuição de macronutrientes em dois híbridos duplos de milho, em função da disponibilidade de água no solo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.7, n.1, p.1- 17, 2008.
- FERREIRA, N. M.; MESQUITA, E. F.; SÁ, F. V. S.; BERTINO, A. M. P.; PAIVA, E. P.; FARIAS, S. A. R. Crescimento e produção da mamoneira BRS Paraguaçu sob irrigação, cobertura do solo e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 857-864, 2015.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; LOPES, A. C. A. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de feijão-caupi. *Ciência Rural*, v.35, p.24-30, 2005.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. M. BRS Marataoã: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. *Revista Ceres*, v.52, p.771-777, 2006.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011, 84 p.
- GUEDES, R. E. Bases para o cultivo orgânico feijão-caupi [*Vigna unguiculata* L. (Walp.)] no Estado do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Seropédica - RJ, Universidade Federal Rio de Janeiro-UFRRJ, 2008. 93p.
- GUO, S.; KALDENHOFF, R.; UEHLEIN, N.; SATTELMACHER, B.; BRUECK, H. Relationship between water and nitrogen uptake in nitrate- and ammonium-supplied *Phaseolus vulgaris* L. plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 170, p. 73–80, 2007.
- KARAM, F.; MASAAD, R.; SFEIR, T.; MOUNZER, O.; ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. *Agriculture Water Management*, v. 75, p. 226-244, 2005.

- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 452p.
- LANGER, K.; LEVCHENKO, V.; FROMM, J.; GEIGER, D.; STEINMEYER, R.; LAUTNER, S.; ACHE, P.; HEDRICH, R. The poplar K⁺ channel KPT1 is associated with K⁺ uptake during stomatal opening and bud development. *The Plant Journal*, v.37, p.828-838, 2004.
- LIMA, F. A.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; CORREIA L. F. M.; AZEVEDO B. M. Yield of strawberry crops under different irrigation levels and biofertilizer doses. *Revista Ciência Agronômica*, v.49, n.3, p.381-388, 2018.
- MENDES, R. M. de S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N. de; PITOMBEIRA, J. B. Alterações na relação fonte-dreno em feijão-de-corda submetido a diferentes densidades de plantas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 36, p.82-90, 2005.
- MONTOYA, C. A.; LALLÈS, J. P.; BEEBE, S.; LETERME, P. Phaseolin diversity as a possible strategy to improve the nutritional value of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Food Research International*, v.43, p.443–449, 2010.
- MORAIS, H.; MARUR, C. J.; CARAMORI, P. H.; RIBEIRO, A. M. A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, p. 35-40, 2003.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R. F.; SILVA, E. M. da. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.15, n. 8, p. 853-860, 2011.
- NEZAMI, H.; KHAZAEI, R.; BOROUMAND REZAZADEH, Z.; HOSSEINI, A. Effect of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) in controlled conditions. *Desert*, v. 12, p. 99-104, 2008.
- NÓBREGA, J. Q. E.; RAO, T. V.; BELTRÃO, N. E. D. M.; FIDELES FILHO, J. E. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.437-443, 2001.

- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA. p. 189-253. 1991.
- ODDO, E.; INZERILLO, S.; LA BELLA, F.; GRISAFI, F.; SALLES, S.; NARDINI, A. Short-term effects of potassium fertilization on the hydraulic conductance of *Laurus nobilis* L. *Tree Physiology*, Edmonton, v. 31, p. 131–138, 2011.
- OLIVEIRA, G. A.; ARAUJO, F. W.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 872-882, 2011.
- OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. *Holos*, v. 1, p. 143-151, 2014.
- PEDROSO, T. Q.; Scalco, M. S.; Carvalho, M. L. M. de; Resende, C. A. de; Otoni, R. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. *Coffee Science*, v. 4, p. 155-164, 2009.
- PEKSEN, E.; PEKSEN, A.; GULUMSER, A. Leaf and stomata characteristics and tolerance of cowpea cultivars to drought stress based on drought tolerance indices under rainfed and irrigated conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 3, p. 626-634, 2014.
- PETTIGREW, W. T. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum*. v. 133, p. 670-681, 2008.
- PRADO, R.M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP, 2008.407p.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@ambiente*, v. 9, p. 111-118, 2015.
- RAMOS, H. M. M.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MAROUELLI, W. A.; Estratégias ótimas de irrigação do feijão-caupi para produção de grãos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, p. 576-583, 2012.

- RIBEIRO, M. C. C.; MARQUES, B. M.; AMARRO FILHO, J. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quatro cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, p. 281-284, 2001.
- RÖMHELD, V.; KIRKBY, E. A. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. *Plant and Soil*, v. 335, p. 155–180, 2010.
- SÁ, A. F. L. de; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da; BARBOSA, J. C.; REZENDE, G. M.; TEIXEIRA, M. P. Effects of potassium application and soil moisture on the growth of *Corymbia citriodora* plants. *Cerne*, v. 20, p. 645-651, 2014.
- SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. Produtividade e morfologia de genótipos de caupi em diferentes densidades populacionais irrigado e de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1977-1984, 2000.
- SANTOS, J. G. R.; SANTOS, E. C. X. R. *Agricultura orgânica: teoria e prática*. 1ª ed. Campina Grande: EDUEPB, 2008.
- SHABALA, S.; LEW, R. R. Turgor regulation in osmotically stressed Arabidopsis epidermal root cells. Direct support for the role of inorganic ion uptake as revealed by concurrent flux and cell turgor measurements, *Plant Physiology*, v. 129, p. 290-299, 2002.
- SILVA, A. J.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V.; OLIVEIRA, J. M. F.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. *Acta Amazonica*, v. 40, p. 31-36, 2010.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, p.473-481, 2001.
- TARDIEU, F.; SIMONNEAU, T.; MULLER, B. The physiological basis of drought tolerance in crop plants: a scenario-dependent probabilistic approach. *Annual Review of Plant Biology*, v. 69, p. 733–759, 2018.
- TÁVORA, F. J. A. F.; CARVALHO, W. P. de; PINHO, J. L. N. de; PITOMBEIRA, J. B. Densidade de plantio na cultura do feijão-de-corda irrigado. II. Componentes de produção e rendimento de grãos. *Ciência Agrônômica*, v. 31, p.20-25, 2001.
- VALE, J. C. do; BERTINI, C.; BOREM, A. *Feijão-caupi: do plantio a colheita*. 1. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. 267 p.

WARAICH, E. A.; AHMAD, R.; ASHRAF, M. Y.; SAIFULLAH, A. M. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, v. 61, p. 291-304, 2011.