

Câmpus
Ipameri



Universidade
Estadual de Goiás



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

**GRÃO-DE-BICO CULTIVADO SOB CONDIÇÕES DE MANEJO EM
SEQUEIRO E IRRIGADO**

ELAINE GLEICE SILVA MOREIRA

MESTRADO

**Ipameri-GO
2020**

ELAINE GLEICE SILVA MOREIRA

**GRÃO-DE-BICO CULTIVADO SOB CONDIÇÕES DE MANEJO EM
SEQUEIRO E IRRIGADO**

Orientador: Prof. Dr. Warley Marcos Nascimento

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

À Deus que nos ilumina e protege sempre.

A minha mãe Maria Helena e ao meu pai Joilson Alves pelo amor, pelos cuidados, pelos ensinamentos e no apoio à todas iniciativas da minha vida. À minha irmã Karina pelo carinho e apoio.

A minha família que me acompanha na luta diária, em todos os momentos da minha vida.

A todos meus amigos por sempre me apoiarem em todos os momentos.

Ao professor Dr. Warley Marcos Nascimento, pela orientação, apoio e amizade.

Ao Dr. Marcos Brandão Braga pelas valiosas contribuições.

A Dra. Patrícia Pereira da Silva pela amizade, apoio e suporte no laboratório de sementes da Embrapa Hortaliças e na condução dos experimentos em campo.

A Embrapa Hortaliças e aos funcionários, que contribuíram para realizar deste trabalho.

Aos estagiários do Laboratório de Sementes da Embrapa Hortaliças.

Ao professor Nei Peixoto por ter aceitado participar da banca e pelo apoio quando eu mais precisei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – Unidade Ipameri pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

A todo o corpo docente e demais funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. OBJETIVO.....	7
CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DE GRÃO-DE-BICO SOB CULTIVO DE SEQUEIRO.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÃO	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO II: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1. INTRODUÇÃO	33
2. OBJETIVO.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÃO	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
CAPÍTULO III: TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO AO ESTRESSE HÍDRICO	54
RESUMO	55
ABSTRACT	56
1. INTRODUÇÃO	57
2. OBJETIVO.....	59
3. MATERIAL E MÉTODOS	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5. CONCLUSÃO	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

RESUMO

Devido grande adaptabilidade do grão-de-bico às diversas condições de cultivo, para a produção dessa leguminosa nas condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro se faz necessário a avaliação de cultivares com maior potencial produtivo. Para isso foram realizados três experimentos a campo. O primeiro com o objetivo identificar genótipos de grão-de-bico que se adaptem ao plantio de sequeiro, no inverno seco, em comparação com cultivares comerciais e uma cultivar teste suscetível. O segundo experimento avaliou o desempenho agrônomico e produtividade de cultivares de grão-de-bico em diferentes épocas de suspensão de irrigação. O terceiro ensaio abordou resistência dos genótipos de grão-de-bico ao estresse hídrico nas condições edafoclimática do Distrito Federal. Os resultados mostraram, para o primeiro experimento, que os materiais que mais se destacaram foram os genótipos FLIP11-161, FLIP10-379, FLIP10-370 e FLIP10-329 e a cultivar BRS Toro que correlacionaram melhor com peso de 100 sementes, escore de tolerância à seca, índice de colheita e produtividade, e o BRS Cícero ao peso de 100 sementes. Já para Análise de Componentes Principais indicam que os genótipos mais divergentes são o FLIP10-347, FLIP11-161 e BRS Cícero, sendo eu estes podem ser promissores para as futuras etapas de seleção. Para o experimento épocas de suspensão da irrigação os resultados mostraram que as variedades BRS Aleppo e BRS Toro responderam de forma diferente aos tratamentos de suspensão da irrigação para as variáveis estudadas: número de vagens por planta, ciclo, peso de 1000 sementes e produtividade. Tendo a maior eficiência de uso da água para a variedade BRS Toro. No terceiro experimento as variedades de grão-de-bico foram significativamente afetadas pelos níveis de precipitação do aspersor, em razão da diferença na umidade do solo e da distribuição da água ao longo do diâmetro molhado. Nos níveis I e II a variedade BRS Aleppo imposta em condições de estresse alcançou melhores resultados. O déficit hídrico imposto pela diferença das precipitações fez efeito principalmente onde houve a menor precipitação (Nível III) que comprometeu os estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do grão-de-bico, o efeito negativo esteve associado a uma diminuição da altura de plantas, no número de sementes e de vagens produzidas por planta, assim como do peso de 100 sementes, o que refletiu na menor produtividade abaixo de 891,72 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Cerrado brasileiro; Irrigação, Produtividade.

ABSTRACT

Due to the great adaptability of the chickpeas to the different growing conditions, for the production of this legume in the edafoclimatic conditions of the Brazilian Cerrado, it is necessary to evaluate cultivars with greater productive potential. For this, three field experiments were carried out. The first with the objective of identifying chickpea genotypes that adapt to rainfed planting in the dry winter, in comparison with commercial cultivars and a susceptible test cultivar. The second experiment evaluated the agronomic performance and productivity of chickpea cultivars at different times of irrigation suspension. The third trial addressed the resistance of chickpea genotypes to water stress in the edaphoclimatic conditions of the Federal District. The results showed, for the first experiment, that the materials that stood out the most were the genotypes FLIP11-161, FLIP10-379, FLIP10-370 and FLIP10-329 and the cultivar BRS Toro that correlated better with weight of 100 seeds, score of drought tolerance, harvest index and productivity, and BRS Cícero at the weight of 100 seeds. As for Principal Component Analysis, they indicate that the most divergent genotypes are FLIP10-347, FLIP11-161 and BRS Cícero, and I can be promising for future selection steps. For the experiment times of suspension of irrigation the results showed that the varieties BRS Aleppo and BRS Toro responded differently to the treatments of suspension of irrigation for the studied variables: number of pods per plant, cycle, weight of 1000 seeds and productivity. Having the highest water use efficiency for the BRS Toro variety. In the third experiment, the chickpea varieties were significantly affected by the sprinkler precipitation levels, due to the difference in soil moisture and water distribution along the wet diameter. At levels I and II, the BRS Aleppo variety imposed under stress conditions achieved better results. The water deficit imposed by the difference in rainfall had an effect mainly where there was the lowest precipitation (Level III) which compromised the stages of vegetative and reproductive development of the chickpeas, the negative effect was associated with a decrease in the height of plants, in the number of seeds and pods produced per plant, as well as the weight of 100 seeds, which reflected in the lower productivity below 891.72 kg ha⁻¹.

Keywords: Brazilian savanna; Irrigation, Productivity.

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico é uma leguminosa das mais antigas cultivadas no Velho Mundo e o seu centro de origem é o sudeste da Turquia de onde foi disseminado para o resto do mundo. É cultivado há muito tempo principalmente na Bacia Mediterrânea, Ásia, África e América do Norte (AGUILAR-RAYMUNDO et al., 2016; ADAK et al., 2017). No Brasil a leguminosa foi introduzida pelos imigrantes espanhóis e do Oriente Médio no final do século XIX e início do XX, onde os nascidos no Brasil procuraram manter a tradição familiar, com o consumo de grão-de-bico (SHARMA, 1984).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), *pulses* é um subgrupo de leguminosas, da família Fabaceae, a qual pertencem os grãos secos usados na alimentação das quais as mais conhecidas e consumidas abrangem principalmente o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) a lentilha (*Lens culinaris*), ervilha (*Pisum sativum*) e o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (FAO, 1994; CALLES et al., 2019). Esses grãos contêm proporções mais altas de proteínas (17% a 30% em peso seco) em comparação a outros alimentos vegetais. O grão-de-bico possui boa fonte de proteínas e carboidratos (IRITI et al., 2017; JUKANTI et al., 2012; MERGA et al., 2019).

As principais proteínas encontradas no grão-de-bico são as albuminas e globulinas (WALLACE et al., 2016), e ainda é fonte de carboidratos, fibras alimentares, minerais como fósforo e cálcio e vitaminas (ARSLAN et al., 2016; SINGH et al., 2016).

Além do componente nutricional há a necessidade de produzir mais alimentos com culturas de qualidade e com uso de menos recursos naturais para atender a população mundial, que atualmente é de 6,5 bilhões de pessoas, e as projeções mostram que esse número deverá aumentar, no ano de 2050, para 9 bilhões de pessoas (MERGA et al., 2019; SOLTANI et al., 2016).

A leguminosa, globalmente, é a terceira mais produzida e importante na alimentação, após o feijão comum e a ervilha (FAO, 2014). A maioria das áreas produtoras de grão-de-bico está localizada nas zonas áridas e semiáridas, e, tem importantes usos na alimentação humana, ração e forragem (JABOW et al., 2015).

O Brasil, recentemente, foi estimulado a atender demandas de mercados internacionais, principalmente o asiático por grão-de-bico. O estímulo vem do interesse, principalmente, da Índia na importação desse produto, pois pesquisas mostram que a produtividade média no Brasil está acima da média mundial. Além do Brasil ter clima propício para desenvolvimento da cultura, pesquisadores, apontam que a cultura pode ser usada como alternativa alimentar

promissora e uma oportunidade para os produtores diversificarem seus cultivos. Além de trazer melhorias nas condições de solo com adição de nitrogênio orgânico (ARTIAGA et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2016; RODRIGUES, 2017).

A produção global anual é de 24,5 milhões de toneladas, onde a produção é maior na Ásia e na Oceania com 12,1 milhões de toneladas que representa 87,55% da produção mundial, só a Ásia concentra 80,3% da produção mundial (FAOSTAT, 2016). O principal país produtor é a Índia, onde, na safra 2017/2018 a produção foi de 12,2 de milhões de toneladas, o que corresponde a 50% da produção global. Os maiores consumidores é a Índia, e, também outros países asiáticos, por terem a maior de sua população com dieta vegetariana, o que justifica a elevada produção, importação e consumo do grão (GAUR et al., 2019; JABOW et al., 2015).

No Brasil, o consumo é baixo com médio por habitante é de 40 gramas/ano. A quantidade, que é consumida, cerca de 8 mil toneladas/ano, é proveniente, principalmente, da Argentina e do México, com dispêndio de US\$ 9,7 milhões em importações (NASCIMENTO, 2016).

Com relação à área plantada, no ano de 2013 era de 26 hectares e a partir de 2016 aumentou para 460 hectares. Na safra 2017/2018 a área plantada foi de 9.000 hectares concentrada nos estados de Goiás, Bahia, Distrito Federal, Mato Grosso e Minas Gerais. A cultura, no Brasil, possui produtividade média de 2.500 kg ha⁻¹ (ARTIAGA et al., 2015; EMBRAPA, 2017; RODRIGUES, 2017).

O grão-de-bico é cultivado em áreas onde a água é fator limitante, principalmente na Ásia. A cultura é uma leguminosa que tem, nutricionalmente, grande potencial a ser explorado, a fim de minimizar as deficiências proteicas e minerais da população, uma vez que é boa fonte de minerais.

No Brasil, o Cerrado possui alto potencial de produção agrícola, no entanto, para o grão-de-bico esse potencial é limitado pela falta de conhecimento das condições adequadas de manejo da cultura.

Diante da importância do potencial econômico e social, o grão-de-bico é promissora cultura leguminosa a ser explorada no Brasil. Para rendimento satisfatório é importante entender como a cultura se comporta em diferentes ecossistemas e, variados sistemas de produção, observando as relações entre componentes da produtividade e os caracteres morfológicos. Apesar do potencial de múltiplo uso é escasso o conhecimento científico sobre a resposta produtiva do grão-de-bico em sistema de cultivo em sequeiro e irrigado, no Brasil.

No Brasil, o cultivo de grão-de-bico realizado sob condições de sequeiro, quando há risco acentuado de perda de produtividade, devido à ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa (veranicos). A cultura possui elevada adaptação a ações de fatores abióticos

como o estresse hídrico, é considerada, também, como de boa tolerância a seca e a solos de baixa fertilidade natural.

Vários fatores abióticos limitam a produção e a produtividade da cultura, incluindo a água e temperatura do ar (MEHTA et al., 2015). Entre os fatores abióticos, a seca é a restrição mais importante, globalmente, responsável por 40-50% de redução de rendimento (MURUIKI et al., 2018). Para aproveitar o máximo potencial da cultura sob melhores condições de manejo é preciso haver mais estudos técnicos, pois uma das principais restrições ao estabelecimento da cultura é a falta de informações adequadas sobre os conhecimentos e práticas dos agricultores no manejo da irrigação.

A importância de estudos para seleção de genótipos adaptadas às regiões com pouca água disponível estão descritas por diversos autores, entre eles Jacinto et al. (2019) que trabalhando com genótipos de fava submetidos ao estresse hídrico, conforme três regimes hídricos: irrigados conforme a necessidade da cultura, redução em 50% da necessidade e déficit hídrico severo onde a irrigação foi totalmente suspensa. Estes observaram que - é possível que determinados genótipos sejam mais tolerantes ao déficit hídrico, e com isso maiores produtivos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O grão-de-bico pertence ao gênero *Cicer*, tribo *Ciceraceae*, família *Fabaceae*. É uma planta herbácea anual, diploide, autogâmica com germinação hipógea. Possui sistema radicular pivotante, vagem pilosa, podendo alojar de uma a três sementes. Existem dois tipos principais de grão-de-bico o tipo desi e tipo kabuli, classificados quanto à cor e tamanho da semente. O desi possui cor de semente escura e presença de antocianina nas flores e caules, enquanto, os grãos do tipo kabuli possuem cor creme claro e maior tamanho de sementes. No continente asiático, a Índia, o tipo desi é o mais consumido (ADAK et al., 2017; WOLDE-MESKEL et al., 2018). No Brasil o mais produzido e consumido é o do tipo kabuli, que possui casca clara sendo bastante valorizado na indústria de processados.

O grão-de-bico contribui com a segurança alimentar, pois é considerado uma fonte importante para a dieta humana, em função da sua composição nutricional. Apresenta alto conteúdo proteico (21-28,9%), rico em fibras, carboidratos (40-60%), minerais (fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco), β -caroteno e óleo (4,5-5,5%) (NOBILE et al., 2013; GAUR et al., 2010; FAO, 2014).

Na comercialização o grão é vendido como enlatados, à vácuo ou a granel. Na culinária os grãos podem ser consumidos cozidos na forma de saladas, junto com molhos, a farinha é usada para fabricação de bolos e pães (NASCIMENTO, 2016). Na cultura ocidental, o consumo de grão de bico é um pouco impulsionado pela ingestão de *hummus*, tradicional molho feito de grão de bico cozido e amassado, misturado com tahine, azeite, suco de limão e especiarias (WALLACE et al., 2016).

Geralmente, a cultura completa seu ciclo, de acordo com o tipo e variedade, entre 120 a 180 dias, considerando o período desde a germinação até a colheita, e está dividida em cinco estádios: emergência, floração, formação de grãos, maturidade fisiológica e colheita. O florescimento ocorre entre 30 a 100 dias após o plantio. O peso de 100 grãos pode variar de menos de 8 g a mais de 70 g (SINGH et al., 2016).

A água é considerada um dos principais recursos de que as plantas necessitam para o crescimento, sendo esse fator limitante para a produtividade agrícola. A água no solo é indispensável para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas e o seu uso pelo grão-de-bico varia, dependendo das condições climáticas, do tipo de solo e da duração da estação de crescimento. Requer água nas fases do início do florescimento e enchimento do grão (MARGHEIM et al., 2004).

Com relação à temperatura do ar, a ideal para o desenvolvimento do grão-de-bico, a fase reprodutiva varia entre 15°C a 30°C. A alta temperatura durante a fase reprodutiva causa problema maior do que na fase plântula ou vegetativa. Alguns dias de exposição a altas temperaturas ($\geq 32^{\circ}\text{C}$) durante a fase reprodutiva podem causar grandes perdas de rendimento (GAUR et al., 2019).

O grão-de-bico é sensível a temperaturas extremas ($>35^{\circ}\text{C}$ e $<15^{\circ}\text{C}$) na fase reprodutiva, conduzindo ao aborto floral e conseqüentemente a uma quantidade reduzida de vagens. A produção é melhor quando a temperatura varia entre 18-26°C durante o dia e 21-29°C durante a noite. A floração é afetada pela temperatura, pelo fotoperíodo e pela disponibilidade de umidade no solo. As condições de baixas temperaturas e dias curtos atrasam a floração (GAUR et al., 2010).

Em experimentos de irrigação é importante fazer uso da determinação do teor de água no solo. Existem diversas metodologias para a determinação da umidade do solo, com base na variação de precisão, de custo e praticidade. Entre os métodos para determinação da umidade do solo, o gravimétrico direto (padrão de estufa). Por meio deste método, o teor de água no solo é determinado de forma direta e seu valor expresso em percentagem de umidade em massa (base seca – massa de água/massa de solo).

O conhecimento da umidade do solo (U_{solo}) para a irrigação é de grande importância, pois a umidade indica o volume de água armazenada no solo. Possibilita também, definir se existe a necessidade de se irrigar e qual o volume de água aplicar.

Assim, a adoção de determinadas práticas de manejo culturais e irrigação, aliado ao monitoramento da umidade do solo possibilita aplicações controladas de água e maiores produtividades das culturas.

Para se manejar corretamente a irrigação, faz-se necessário determinar alguns parâmetros das culturas, tais com a evapotranspiração. A evapotranspiração é definida como o fenômeno que ocorre a partir da combinação de dois processos: a evaporação e a transpiração. A evapotranspiração de referência (ET_o) está relacionada ao efeito da demanda atmosférica sobre as necessidades hídricas das plantas, com o objetivo de otimizar o uso da água com base na coleta e cálculo dos valores diários de dados climáticos. A ET_o é utilizada para estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c) considerando valores do coeficiente da cultura. Portanto, uma determinação precisa de ET_o é de fundamental importância para o bom gerenciamento da irrigação (BIESDORF et al., 2017).

No cerrado o grão-de-bico pode ser cultivado utilizando irrigação (cultivo de inverno) (ARTIAGA et al., 2015). O grão-de-bico precisa de água durante o seu ciclo e a sua falta durante os períodos de estabelecimento, desde o início do cultivo até o enchimento dos grãos,

causa danos à cultura (JAIN et al., 2010). Aproximadamente 90% do grão-de-bico é cultivado sob condições de chuva, onde a seca é uma das principais restrições à sua produtividade (JABOW et al., 2015).

3. OBJETIVO

Avaliar genótipos e variedades comerciais de grão-de-bico sob sequeiro, épocas de suspensão da irrigação ideal para duas cultivares comerciais e resistência ao déficit hídrico, na condição edafoclimática do Cerrado do Distrito Federal.

CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DE GRÃO-DE-BICO SOB CULTIVO DE SEQUEIRO

RESUMO

O grão-de-bico é considerado uma leguminosa tolerante à seca, pois possui raízes bem desenvolvidas, tendo maior capacidade de extrair água em camadas mais profundas do perfil do solo. No entanto, a seca é uma restrição ao aumento da produtividade, além de ser considerada como fator de estresse, que mais afeta diretamente a produção agrícola no mundo. O presente estudo teve como objetivo a avaliação de desempenho de genótipos e cultivares comerciais de grão-de-bico, em cultivo de sequeiro, e, recomendar para a utilização nos programas de melhoramento. Foram utilizados para avaliação 40 genótipos diversos recebidos do Centro Internacional de Pesquisa Agrícola em Áreas Secas (ICARDA), juntamente com teste suscetível a estresse hídrico (ILC 3279), e 6 variedades comerciais disponibilizadas pela Embrapa Hortaliças. O delineamento foi em blocos casualizados, no esquema 2 x 47 (40 genótipos + 1 teste suscetível + 6 variedades comerciais). Foram realizadas avaliações quanto à altura, número de vagens por planta, dias para 50% de floração, dias até a maturação, peso de 100 sementes, índice de colheita, produtividade e scores de tolerância à seca. Houve efeito significativo para todas as fontes de variação. Os genótipos FLIP11-161, FLIP10-379, FLIP10-370 e FLIP10-329 e a cultivar BRS Toro, destacam-se como os mais resistentes ao déficit hídrico. Além, de apresentarem escore de tolerância à seca abaixo de 3,50 o que representa melhor associação com o maior número de vagens, florescimento e maturação precoce, índice de colheita acima da média, e bons potenciais produtivos. Quanto a Análise de Componentes Principais indicou que os genótipos FLIP10-347, FLIP11-161 e BRS Cícero, foram mais correlacionados ao peso de 100 sementes, escore de tolerância à seca, índice de colheita e a produtividade e podem participar de etapas do processo de seleção.

Palavras-chave: Leguminosa; Escore de tolerância à seca; Genótipo.

ABSTRACT

Chickpeas are considered a drought-tolerant legume, as they have well-developed roots, with greater capacity to extract water in deeper layers of the soil profile. However, drought is a restriction on increasing productivity, in addition to being considered a stress factor, which most directly affects agricultural production in the world. The present study aimed to evaluate the performance of chickpea commercial genotypes and cultivars, in rainfed cultivation, and to recommend for use in breeding programs. Forty different genotypes received from the International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA) were used for evaluation, together with a test susceptible to water stress (ILC 3279), and 6 commercial varieties available from Embrapa Hortaliças. The design was in randomized blocks, in a 2 x 47 scheme (40 genotypes + 1 susceptible test + 6 commercial varieties). Assessments were made for height, number of pods per plant, days for 50% flowering, days until maturation, weight of 100 seeds, harvest index, productivity and drought tolerance scores. There was a significant effect for all sources of variation. The genotypes FLIP11-161, FLIP10-379, FLIP10-370 and FLIP10-329 and the cultivar BRS Toro, stand out as the most resistant to water deficit. In addition, they have a drought tolerance score below 3.50, which represents a better association with the highest number of pods, flowering and early maturation, above average harvest rate, and good yield potential. As for the Principal Component Analysis, it indicated that the genotypes FLIP10-347, FLIP11-161 and BRS Cícero, were more correlated to the weight of 100 seeds, drought tolerance score, harvest index and productivity and can participate in stages of the process selection.

Keywords: Legume; Drought tolerance score; Genotype.

1. INTRODUÇÃO

Nos países asiáticos e do Oriente Médio que possuem as maiores áreas de cultivo de grão-de-bico a produção gira em torno de 350 a 820 kg ha⁻¹. Mas essas produtividades são consideradas baixas, pois nessas regiões a maior limitação é o déficit hídrico. No Brasil estudos demonstram que a produtividade sob sequeiro gira em torno de 1.500 a 2.500 kg ha⁻¹ (ARTIAGA et al., 2015; KANOUNI et al., 2012), cerca de três vezes maior que a maior produtividade encontrada no Oriente Médio.

Nos cultivos em condições de sequeiro a produtividade das culturas é altamente dependente das interações entre os estádios de desenvolvimento da cultura e as variações climáticas. A intensidade, a regularidade e a distribuição da precipitação pluvial interferem significativamente nesse tipo de cultivo (ALAMIN et al., 2019).

No Brasil, o Centro-Oeste, região central do país, constitui-se uma alternativa para a expansão da produção de grão-de-bico sob condições de sequeiro. O cultivo sob sequeiro é uma opção em lugar do cultivo irrigado, onde pode-se fazer o plantio aproveitando a umidade residual das chuvas. É considerada uma opção de sucessão às culturas de verão, como a soja, feijão “das águas” e outras commodities, além de ser uma espécie menos exigente em adubos e água e conseqüentemente apresenta custo de produção menor (ARTIAGA et al., 2015; AVELAR et al., 2018).

A região apresenta duas estações climáticas bem definidas, uma seca e outra chuvosa. O clima dominante da região é tropical-quente-úmido, apresentando estacionalidade das chuvas, período que dura de outubro a março, seguido por um período seco, que vai dos meses de abril a setembro (ALVARES et al., 2013; EMBRAPA, 2018). Nessas condições o grão-de-bico é favorecido por aspectos como a temperatura ideal e limites mínimos de altitude.

A seca pode ser considerada como fator de estresse, que afeta, diretamente, a produção agrícola em todo o mundo. O grão-de-bico é considerado uma leguminosa tolerante à seca, pois a raiz tem a capacidade maior em extrair água das camadas mais profundas do solo. No entanto, a seca é uma restrição ao aumento da produtividade. Portanto, a seleção de cultivares com adaptação ao cultivo em sequeiro pode ajudar o grão-de-bico utilizar mais eficiente à umidade disponível no solo e obter maiores rendimentos (SILVA et al., 2016).

Conhecer os genótipos mediante estudos de caracterização e avaliação em vários locais pode estender áreas de cultivo onde as baixas condições de chuva são recorrentes. A característica morfológica indicadora mais levada em consideração para esse ambiente é a maturação precoce, onde a planta utiliza com mais eficiência a umidade do solo para maiores

rendimentos, reduzindo também a duração da colheita. No Brasil trabalhos de caracterização e avaliação de genótipos gerados pela Embrapa Hortaliças têm permitido a identificação dos mais promissores e sua recomendação aos produtores de distintas regiões do país.

2. OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo a avaliação do comportamento agrônomo de genótipos e cultivares comerciais de grão-de-bico, em condições de cultivo em sequeiro, para recomendação daqueles que se destacarem, aos programas de melhoramento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na fazenda experimental da Embrapa Hortaliças, em Brasília, DF com localização (15°56' S, 48° 08, 43'W e altitude aproximada de 1050 m), no período de março a julho de 2019. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Tropical Semi-úmido (Aw) (ALVARES et al., 2013). A temperatura exibe médias anuais de 20 a 24°C, de 1300 a 1700 mm de precipitação, com umidade relativa do ar de 50%, estação chuvosa que vai do final de outubro até meados de abril, com período seco do final de abril até final de outubro.

Os dados climáticos diários e mensais foram coletados em uma estação agrometeorológica automática do INMET, constituída por sensores de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar, precipitação (mm) e velocidade do vento (ms⁻¹).

Foram utilizados para avaliação da tolerância a seca 40 genótipos diversos recebidos do Centro Internacional de Pesquisa Agrícola em Áreas Secas (ICARDA), juntamente com teste suscetível (ILC 3279), e 6 variedades comerciais disponibilizadas pela Embrapa Hortaliças, todas as denominações estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Lista de genótipos e cultivares comerciais de grão-de-bico utilizados no experimento.

Genótipos				Teste suscetível			
Nº	Denominação	Nº	Denominação	Nº	Denominação	Nº	Denominação
1 -	FLIP10-316	15 -	FLIP10-346	29 -	FLIP11-97	41 -	ILC 3279
2 -	FLIP10-319	16 -	FLIP10-347	30 -	FLIP11-119		
3 -	FLIP10-321	17 -	FLIP10-348	31 -	FLIP11-157		
4 -	FLIP10- 322	18 -	FLIP10-349	32 -	FLIP11-161		
5 -	FLIP10-323	19 -	FLIP10-351	33 -	FLIP11-179		
6 -	FLIP10-324	20 -	FLIP10-352	34 -	FLIP11-182		
7 -	FLIP10-325	21 -	FLIP10-353	35 -	FLIP11-187		
8 -	FLIP10-326	22 -	FLIP10-362	36 -	FLIP11-203		
9 -	FLIP10-327	23 -	FLIP10-370	37 -	FLIP11-206		
10 -	FLIP10-328	24 -	FLIP10-375	38 -	FLIP11-207		
11 -	FLIP10-329	25 -	FLIP10-379	39 -	FLIP11-213		
12 -	FLIP10-330	26 -	FLIP10-381	40 -	FLIP11-224		
13 -	FLIP10-341	27 -	FLIP10-383				
14 -	FLIP10-342	28 -	FLIP11-25				

A adubação de base foi aplicada na proporção de 230 kg ha⁻¹ de NPK (formulado 4-30-16) no momento do plantio, enquanto que 50 kg ha⁻¹ de uréia foram aplicados quatro semanas após o plantio, conforme a análise de solo (Tabela 2). Outras práticas culturais como aplicação de inseticida Deltametrina (5 g/ha) para controle de lagarta do gênero *Heliothis* foram realizadas conforme necessidade para todas as unidades experimentais.

As sementes foram tratadas com produto comercial a base de: Carboxina, 200 g/L+Carboxanilida 200 g/L na dose 250 mL p.c./100kg de sementes recomendada para soja a fim de combater fungos.

As ervas daninhas foram controladas por aplicação pré-emergência de pendimetalina a 1,0 kg a.i. ha⁻¹ e capina manual aos 40 dias após a semeadura para manter a colheita livre de ervas daninhas.

Tabela 2. Atributos químicos e físicos do solo da área anterior à instalação do experimento.

Amostra	Análise química								
	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Matéria Orgânica
		----mg/dm ³ -----			-----Cmolc/dm ³ -----				g/dm ³
0 – 30	6,1	3,7	262,5	28	2,5	1,7	0,5	3,8	33,45
Amostra	Análise química						Granulometria		
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Argila	Silte	Areia
	-----mg/dm ³ -----						Textura		
0 – 30	0,04	1,5	48,3	33	2,1	15,4	580	350	7

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – Brasília (DF).

O delineamento foi em blocos casualizados com 40 genótipos, 1 teste suscetível e 6 variedades comerciais. Cada unidade experimental contava com plantas plantadas em fileiras duplas, com espaçamento de 50 cm entre linhas e 10 cm entre plantas.

Quando as plantas de grão-de-bico de todas as parcelas atingiram o estágio de maturidade fisiológica foram amostradas na área útil 5 plantas por parcela para fazer observações sobre as seguintes variáveis: **Altura da planta (cm)** - o comprimento da base do nível do solo até a ponta da planta na maturidade; **Número de vagens por planta** - número médio de vagens; **Dias para 50% de floração** - número de dias desde o plantio até um estágio em que 50% das plantas em uma parcela produzem flores; **Dias até a maturação** - número de dias desde o plantio até um estágio em que 90% das plantas na parcela produzem vagens maduras; **Peso de 100 sementes (g)** - peso em gramas de 100 sementes; **Índice de colheita (%)** - razão entre o peso das sementes em gramas pelo peso da biomassa das plantas em gramas; **Produtividade (kg ha⁻¹)** - o rendimento de sementes obtido de cada parcela colhida foi convertido para obter o rendimento de sementes por hectare.

Com base em recomendação do Centro Internacional de Pesquisa Agrícola em Áreas Secas (ICARDA), os genótipos e as cultivares foram classificadas através de **escore de tolerância à seca (ETS)** da seguinte forma: (1) Floração precoce, boa formação de vagens a 100%; maturação normal, alta produtividade; (2) Altamente tolerante, floração precoce, 96-

99% de formação de vagens, maturação normal, alta produtividade; (3) Tolerante, floração precoce, 86-95% de formação de vagens e de sementes, maturidade normal, produtividade relativamente alta; (4) Moderadamente tolerante, floração precoce, formação de vagem de 76-85%, maturidade normal, boa produtividade; (5) Intermediário, floração média aceitável, planta precoce, 51-75% de formação de vagens, produtividade moderada; (6) Moderadamente suscetível, floração média, 26-50% de formação de vagens sem muitas sementes, produtividade moderada; (7) Suscetível, floração tardia, 11-25% de formação de vagens, baixa produtividade; (8) Altamente suscetível, floração tardia, vagens raras e principalmente sem sementes, baixa produtividade; (9) 100% de plantas mortas, sem floração, sem formação de vagens, sem produtividade.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para a normalidade. Atendida a pressuposição da estatística paramétrica, aplicou-se a análise da variância (ANOVA), seguida por teste Scott Knott para comparações entre as médias ($p \leq 0,05$). Posteriormente, realizou-se a análise multivariada, mediante a análise de componentes principais (PCA) para conhecer e compreender a relação entre as variáveis e os genótipos. O programa estatístico usado foi software R (R CORE TEAM, 2018) e SigmaPlot® versão 12 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2006) para confecção de gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo de grão-de-bico sob sequeiro proporciona resultados favoráveis de produtividade quando utilizadas técnicas adequadas como semeadura em época adequada para melhor aproveitamento das chuvas. O plantio foi realizado na época recomendada, proporcionando o máximo o aproveitamento de água proveniente das chuvas no período inicial de desenvolvimento da cultura.

As médias das temperaturas variaram marcando máxima de 22,82°C e mínima de 21,27°C a partir da semeadura do grão-de-bico e a radiação solar média foi de 710,45MJ m⁻² (Figura 1A). A umidade relativa máxima foi de 79,89% e mínima 72,60%. A velocidade média do vento foi de 4,75 ms⁻¹ (Figura 1B).

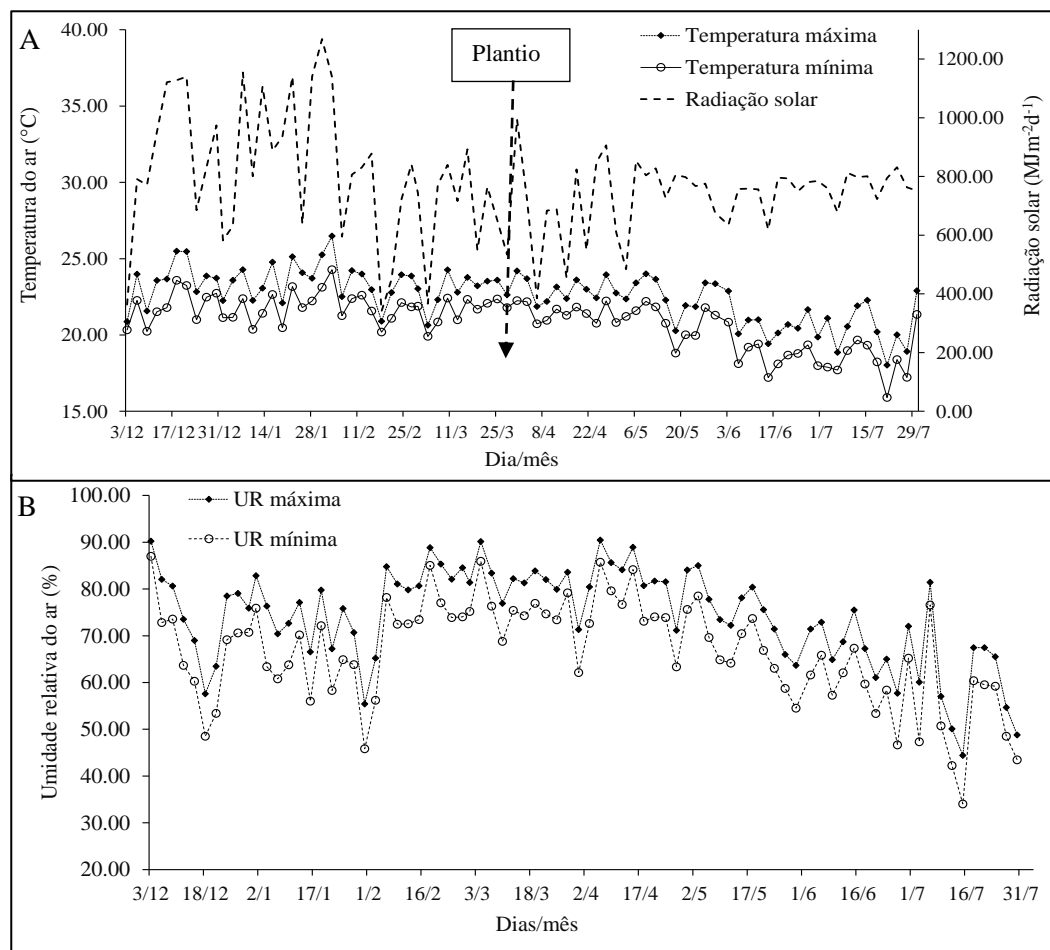


Figura 1. Ocorrências climáticas mensais e diárias de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (MJm⁻²d⁻¹) verificadas antes e durante o período de condução do ensaio, nos meses de dezembro de 2018 a julho de 2019. Fonte: Inmet (2018/2019) (<http://www.inmet.gov.br/porta1/>).

A temperatura ficou dentro do ideal recomendado para a cultura, pois, o grão-de-bico é sensível a temperaturas abaixo de 15°C durante o estágio de florescimento, que resulta baixa fertilização e tem como consequência o atraso no início da floração e abortamento de flores. Enquanto que altas temperaturas acima de 30°C durante o estágio reprodutivo aborta flores, flores e vagens, o que leva a redução no tamanho de sementes e consequentemente no rendimento (KIRAN et al., 2019; RANI et al., 2020).

O regime de chuvas durante a condução do experimento foi suficientemente adequado para o desenvolvimento inicial das plantas, sendo que, o valor acumulado entre dezembro de 2018 a março de 2019 foi de 598,20 mm. No âmbito do estudo, o volume pluviométrico no ciclo da cultura, da semeadura (27/março) até o início da floração (21/maio), foi de 305 mm. A partir daí começou a período da estiagem que se estendeu até a colheita. Ao todo ciclo a cultura recebeu 305,8 mm.

O regime de chuvas no início do desenvolvimento das plantas foi importante, pois, o déficit hídrico durante os estágios de plantas jovens reduz o crescimento, prejudica os processos reprodutivos durante o florescimento e formação de vagens, com isso causa severas perdas de rendimento de grãos (PANG et al., 2017; RANI et al., 2020).

A análise de variância mostrou efeitos significativos para tratamentos ($p < 0,01$) em relação a todos os caracteres morfológicos: altura, escore de tolerância à seca, dias para o florescimento, dias para a maturação e índice de colheita; e para todos os caracteres quantitativos de produção: número de vagens por planta, peso de 100 sementes e produtividade, indicando a possibilidade de identificação de cultivares superiores por causa da heterogeneidade dos genótipos avaliados (Tabela 3). Isso demonstra a possibilidade de selecionar genótipos superiores, a serem indicados para cultivo na região estudada.

O coeficiente de variação experimental da análise de variância (CV%) oscilou de 1,07% (DMAT) a 20,57% (PROD), representando variação baixa (CV < 10%) e média (CV entre 10 a 20%) (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). De modo geral, esses resultados indicam boa precisão experimental em relação a todos os caracteres. O limite de 20% é o estabelecido pelo MAPA, para a maioria das culturas, e que visa maior valor de cultivo e uso de cultivares no Brasil.

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos caracteres ALT - altura (cm), NVP - número de vagens por planta, P100 - peso de 100 sementes (g), DFLOR - dias para floração (dias), DMAT - dias para a maturação (dias), ETS - escore de tolerância à seca, IC - índice de colheita, PROD - produtividade (kg ha⁻¹).

FV	Quadrados médios e graus de liberdade								
	GL	ALT	NVP	P100	ETS	DFLOR	DMAT	IC	PROD
Tratamentos	46	68,73**	1909,75**	83,47**	2,65**	32,46**	15,07**	93,87**	26357,54*
Bloco	1	27,19ns	1839,51ns	0,02ns	0,02ns	5,62ns	3,44ns	7,56ns	207762,57
Resíduo	46	16,92	556,54	6,18	0,54	3,07	1,52	17,70	67778,48
Médias		42,04	77,17	35,24	5,10	54,11	115,03	23,07	813,67
C.V. (%)		9,78	20,57	7,05	14,32	3,23	1,07	18,24	19,25

FV = fonte de variação, GL = grau de liberdade, * significativo ($p < 0,05$), ** significativo ($p < 0,01$) pelo teste F

Com base na Tabela 4, estão apresentados os resultados das médias referentes aos caracteres altura (ALT), número de vagens por planta (NVP), peso de 100 sementes (P100), escore de tolerância à seca (ETS), dias para a floração (DFLOR), dias para a maturação (DMAT), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) estudadas no ensaio.

A comparação de médias mostrou que a altura de plantas variou de 24,75 cm (FLIP10-347) a 55,22 cm (FLIP10-324) dentre os quarenta e um genótipos e seis cultivares comerciais.

A altura média de plantas foi de 42,04 cm. Vinte e sete genótipos e quatro cultivares comerciais destacaram-se como as mais altas, com médias que variaram de 40,87 a 55,22 cm ($p < 0,01$; letra “a” na coluna), seguido de outros treze genótipos e uma cultivar comercial com altura média de 33,00 a 40,09 cm ($p < 0,01$; letra “b” na coluna).

O genótipo restante e uma cultivar comercial obtiveram médias que variaram de 24,75 a 27,37 cm ($p < 0,01$; letra “c” na coluna). O teste suscetível apresentou altura de 45,23 cm (ILC 3279). As cultivares comerciais apresentou altura de planta que variaram de 27,37 cm (BRS Cícero) a 48,48 cm (BRS Kalifa).

Houve muita variação para o número de vagens por planta, os valores foram de 30,78 (no. 19 - FLIP10-351) a 153,12 vagens (no. 24 - FLIP10-375). O teste suscetível apresentou 89,25 vagens por planta. Para as cultivares o menor número de vagens, 35,2, foi para BRS Cícero e o maior valor, 128,41, para BRS Toro.

Vale ressaltar, as diferenças entre os genótipos quanto ao número de vagens, o genótipo FLIP10-375 apresentou o NVP mais elevado, porém, o peso da massa de sementes foi muito baixa 33,3 g, com isso o NVP contribuiu para que a mesma atingisse boa produtividade.

Pela análise de variância verificou-se interação significativa entre os genótipos e os dados referentes ao peso de 100 sementes. O peso de 100 sementes variou de 21,80 g (no. 30-FLIP11-119) a 53,83 g (no. 32 - FLIP11-161). O genótipo FLIP11-161 e a cultivar BRS Cícero apresentaram os maiores pesos 53,83 g e 53,40 g respectivamente, sendo estatisticamente superior aos demais. O genótipo FLIP11-119 foi o que apresentou o menor peso das sementes de 21,80 gramas.

Houve efeito significativo para dias para floração (DFLOR) a 1%. Os acessos considerados neste trabalho como os mais precoces em relação aos dias para o florescimento foram FLIP10-370, FLIP11-161, BRS Toro, BRS Cícero, BRS Aleppo e Jamu que variou de 38,50 a 48,50 dias.

Destaca-se como o mais precoce a cultivar BRS Cícero que atingiu a 50% da floração aos 39 dias após o plantio. As intermediárias ficaram entre 50,50 a 52,50 dias para o florescimento. Os demais genótipos foram considerados neste trabalho como tardias quanto ao dia para o florescimento que variou de 53,00 a 59,00 dias. Os genótipos FLIP10-351 e FLIP10-379 apresentou maior tempo para atingir o estágio de 50% de floração, cerca de 59,00 dias cada.

Para dias para a maturação os acessos FLIP10-319, FLIP10-327, FLIP11-161, FLIP11-179 e as cultivares BRS Cícero e BRS Cristalino foram os mais precoces com 109,50 a 116,50 dias, diferenciando significativamente dos demais genótipos. Os genótipos que mais demoraram para a atingir a maturação levou 116,50 a 119,50 dias.

O Índice de colheita (IC%) variou de 11,67 a 49,68% para FLIP10-351 e FLIP11-161 respectivamente. O FLIP11-161 se diferenciou significativamente de todos os dos demais genótipo e cultivares ($p < 0,01$) com índice de colheita 49,68%. Esse resultado foi superior ao encontrado por Artiaga et al. (2015), onde sob condições de sequeiro, o grão-de-bico plantado em épocas similares, os índices dos genótipos variaram de 5,67 a 37,24%.

O BRS Aleppo obteve 39,77%, representando o segundo melhor IC%. Outros quatorze genótipos e três cultivares obtiveram índices entre 24,50 e 30,69%. Os demais vinte e seis genótipos e duas cultivares apresentaram índices entre 11,67 e 23,58%.

Em outros trabalhos recentes, foi encontrado em grão-de-bico, sob cultivo sob sequeiro um índice de colheita similar que variavam de 29,53 a 49,07% (ESKANDARI et al., 2017). E sob irrigação no estágio de pré-floração e desenvolvimento de vagens, foi encontrado um índice de colheita de 24 a 32% (SINGH et al., 2019).

A produtividade (PROD) dos genótipos variou de 230,00 kg ha⁻¹ (no. 30 – FLIP11-119) a 1778,49 kg ha⁻¹ (no. 32 – FLIP11-161) com média de 813,67 kg ha⁻¹ deste estudo. O teste suscetível ficou abaixo da média 808,61 kg ha⁻¹.

Os genótipos FLIP10-329, FLIP10-370, FLIP10-379, FLIP11-161, BRS Toro, significativamente ($p < 0,01$), foram os mais produtivos, em condição de sequeiro, com 1346,89, 1388,78, 1461,15, 1778,49 e 1710,12 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo superiores ao teste suscetível ILC 3279 com 808,61 kg ha⁻¹. Aqui as maiores produtividades podem ser explicadas pela maior capacidade de assimilação da radiação solar, o que contribuiu para o enchimento de grãos.

Outros nove genótipos e quatro cultivares comerciais obtiveram médias intermediárias entre 975,65 a 1251,8 kg ha⁻¹. E os demais vinte e oito genótipos e uma cultivar apresentaram produtividade média entre 230,98 a 857,65 kg ha⁻¹, sendo, portanto, as mais baixas produtividades.

A produtividade média mundial de grão-de-bico sob cultivo de sequeiro gira em torno de 900 a 1.200,00 kg ha⁻¹. A produtividade média do presente estudo (808,61 kg ha⁻¹) ficou dentro desta produtividade média mundial.

Os dados do escore de tolerância à seca (ETS) revelam que os genótipos receberam escore de “3” até “7”. Os dados reunidos de todos os quarenta e sete indicam que destes, cinco genótipos, isto é, FLIP10-319, FLIP10-328, FLIP10-329, FLIP11-161, BRS Toro, foram considerados tolerantes à seca, com escore “3”, portanto com bom potencial de rendimento em condições de estresse.

Outros dezesseis genótipos alcançaram escore “4”, considerados moderadamente tolerante, e outros dez genótipos tiveram escore “5” considerados como intermediários. Os demais dezesseis genótipos receberam score “6” e “7” sendo esses avaliados como moderadamente suscetível e suscetível, respectivamente.

Em relação ao desempenho geral relativo aos genótipos, o FLIP11-161 melhor se destacou no sistema de sequeiro, obteve o maior valor médios para os caracteres altura, número de vagens por planta, peso de 100, índice de colheita e produtividade. Alcançou produtividade média de 1778,49 kg ha⁻¹. Além disso, demonstrou o melhor índice de tolerância à seca com escore 3.

Tabela 4. Média das variáveis agronômicas ALT = altura (cm), NVP = número de vagens por planta, P100 = peso de 100 sementes (g), DFLOR = dias para floração (dias), DMAT = dias para a maturação (dias), ETS = índice de tolerância à seca (nota 1-9), IC = índice de colheita (%), PROD = produtividade (kg ha⁻¹) de grão-de-bico em sequeiro.

No.	Nome	ALT	NVP	P100	DFLOR	DMAT	ETS	IC	PROD
1	FLIP10-316	41,87 a	72,25 b	39,46 b	55,50 b	115,50 b	5,00 b	25,79 c	854,65c
2	FLIP10-319	44,23 a	52,73 b	42,05 b	55,00 b	109,50 c	3,50 b	23,25 d	657,82c
3	FLIP10-321	43,12 a	54,60 b	35,29 c	58,00 a	115,00 b	6,00 a	17,03 d	578,09c
4	FLIP10-322	38,25 b	105,25 a	30,25 c	55,00 b	116,00 b	6,50 a	22,84 d	949,38b
5	FLIP10-323	37,75 b	68,25 b	33,10 c	57,00 a	116,00 b	6,00 a	22,73 d	678,82c
6	FLIP10-324	55,22 a	42,00 b	32,10 c	51,00 c	115,50 b	5,50 a	17,82 d	399,36c
7	FLIP10-325	55,06 a	130,00 a	29,80 c	53,00 b	117,00 a	4,00 b	19,36 d	1161,57b
8	FLIP10-326	39,16 b	51,66 b	26,21 d	55,50 b	119,50 a	6,50 a	19,51 d	406,31c
9	FLIP10-327	44,50 a	70,50 b	33,42 c	52,50 c	116,50 c	6,50 a	12,93 d	707,89c
10	FLIP10-328	45,28 a	87,44 a	40,80 b	51,00 c	115,50 b	3,00 b	29,74 c	1069,12b
11	FLIP10-329	40,87 a	131,50 a	34,75 c	58,50 a	115,00 b	3,50 b	24,80 c	1340,89a
12	FLIP10-330	40,08 b	32,77 b	32,12 c	57,00 a	116,00 b	6,50 a	20,07 d	316,77c
13	FLIP10-341	44,65 a	47,30 b	29,09 d	56,50 a	119,00 a	7,50 a	11,88 d	412,79c
14	FLIP10-342	38,20 b	100,30 a	38,10 b	53,50 b	117,50 a	4,00 b	27,26 c	1054,56b
15	FLIP10-346	36,40 b	42,50 b	30,95 c	58,50 a	115,00 b	6,50 a	14,93 d	395,63c
16	FLIP10-347	24,75 c	35,30 b	41,05 b	57,50 a	118,00 a	5,50 a	21,96 d	434,90c
17	FLIP10-348	43,00 a	64,22 b	27,80 d	54,50 b	114,50 b	4,50 b	20,12 d	570,23c
18	FLIP10-349	36,83 b	70,75 b	38,90 b	55,50 b	117,50 b	4,50 b	21,34 d	849,25c
19	FLIP10-351	43,46 a	30,78 b	31,93 c	59,00 a	117,50 a	7,00 a	11,67 d	294,95c
20	FLIP10-352	48,76 a	84,75 a	42,05 b	54,50 b	116,50 a	4,50 b	24,65 c	1050,08b
21	FLIP10-353	43,45 a	31,25 b	31,47 c	54,50 b	116,00 b	6,50 a	15,25 d	270,70c
22	FLIP10-362	34,10 b	56,13 b	34,05 c	57,00 a	115,50 b	5,00 b	30,39 c	571,37c
23	FLIP10-370	47,50 a	102,50 a	34,86 c	48,50 d	117,50 a	6,00 a	30,45 c	1388,78a
24	FLIP10-375	51,81 a	153,12 a	33,30 c	57,50 a	115,50 b	4,00 b	21,80 d	1072,15b
25	FLIP10-379	43,75 a	140,00 a	34,75 c	59,00 a	116,50 a	4,00 b	27,20 c	1461,15a
26	FLIP10-381	45,10 a	77,15 b	30,12 c	58,50 a	114,50 b	5,00 b	23,58 d	698,13c
27	FLIP10-383	47,58 a	55,41 b	37,50 b	55,50 b	117,00 a	6,00 a	19,27 d	613,63c
28	FLIP11-25	43,45 a	67,50 b	44,00 b	51,00 c	114,50 b	4,50 b	26,74 c	817,52c
29	FLIP11-97	41,87 a	66,75 b	31,25 c	56,50 a	116,50 a	5,00 b	16,73 d	627,03c
30	FLIP11-119	33,00 b	35,25 b	21,80 d	56,50 a	116,00 b	6,50 a	13,84 d	230,98c
31	FLIP11-157	37,81 b	118,00 a	25,05 d	56,50 a	115,50 b	5,50 a	20,15 d	895,89b
32	FLIP11-161	45,16 a	110,00 a	53,83 a	48,50 d	110,50 c	3,00 b	49,68 a	1778,49a
33	FLIP11-179	40,92 a	74,45 b	34,15 c	55,50 b	110,50 c	4,50 b	26,34 c	770,74c
34	FLIP11-182	45,00 a	105,29 a	33,75 c	50,50 c	115,00 b	4,00 b	30,69 c	1069,50b
35	FLIP11-187	42,50 a	80,01 b	31,30 c	55,00 b	115,50 b	5,00 b	23,01 d	751,61c
36	FLIP11-203	42,62 a	68,25 b	39,15 b	54,50 b	115,50 b	5,50 a	17,60 d	805,74c
37	FLIP11-206	37,00 b	70,62 b	28,98 d	57,00 a	116,00 b	6,00 a	19,55 d	590,75c
38	FLIP11-207	39,88 b	78,81 b	30,41 c	51,50 c	115,50 b	4,00 b	20,28 d	718,89c
39	FLIP11-213	43,35 a	94,50 a	34,41 c	58,50 a	117,00 a	6,50 a	25,94 c	975,65b
40	FLIP11-224	40,09 b	54,83 b	32,70 c	56,50 a	115,00 b	4,50 b	25,58 c	539,87c
41	ILC 3279	45,23 a	89,25 a	30,35 c	51,50 c	116,50 a	6,50 a	27,35 c	808,61c
42	BRS TORO	47,00 a	128,50 a	44,50 b	46,50 d	115,00 b	3,50 b	25,58 c	1710,12a
43	CICERO	27,37 c	35,20 b	53,40 a	38,50 e	114,50 c	4,00 b	25,30 c	564,36c
44	BRS ALEPPO	40,95 a	77,50 b	42,81 b	48,50 d	114,00 b	4,50 b	39,77 b	994,07b
45	BRS CRIS	44,37 a	103,41 a	40,20 b	51,50 c	109,50 c	4,00 b	23,63 d	1251,98b
46	BRS KALIFA	48,48 a	93,66 a	39,25 b	52,50 c	116,50 a	5,00 b	19,71 d	1066,33b
47	JAMU	34,75 b	84,50 a	39,94 b	47,50 d	113,50 b	4,50 b	29,07 c	1015,39b
	Médias	42,04	77,17	35,24	54,11	115,03	5,10	23,07	813,67

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem estatisticamente pelo Teste Tukey a 1%.

As análises mostraram que os dois primeiros componentes principais permitiram explicar 68,2% da variância contida nas variáveis originais. O componente principal 1 (CP1) e o componente principal 2 (CP2) contribuíram com 47,5% e 20,7%, respectivamente, da variância remanescente (Tabela 5).

Tabela 5. Autovetores e autovalores associados aos caracteres e aos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2), estimados em grão-de-bico.

Componentes principais	CP1	CP2
Eigenvalues	3,80	1,65
Contribuição dos CP (%)	47,50	20,70
Contribuição acumulativa (%)	47,50	68,20
Altura	0,241	0,669
Número de vagens por planta	0,658	0,675
Peso de 100 sementes	0,719	-0,474
Dias para a floração	-0,584	0,445
Dias para a maturação	-0,566	0,359
Índice de tolerância à seca	-0,845	0,014
Índice de colheita	0,811	-0,175
Produtividade em kg ha ⁻¹	0,871	0,410

Foram consideradas como relevantes as cargas que apresentaram valor absoluto superior a 0,2. Assim, as variáveis que contribuíram na discriminação dos genótipos no primeiro componente principal foram: produtividade (0,871), índice de colheita (0,811), peso de 100 sementes (0,719), número de vagens por planta (0,658) e altura (0,241).

Variáveis com mesmo sinal atuam de forma direta, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra aumenta, ou vice-versa, e aquelas com sinais contrários atuam de forma inversa, ou seja, quando o valor de uma aumenta, o valor da outra diminui. Assim, as variáveis: produtividade, índice de colheita, número de vagens por planta, peso de 100 sementes, altura atuam de forma direta e inversamente ao índice de tolerância à seca (-0,845). Esse índice avalia principalmente as características tolerância à seca como boa formação de vagens e produtividade.

As variáveis que contribuíram na discriminação dos genótipos no segundo componente principal foram: número de vagens por planta (0,675), altura (0,669), dias para a floração (0,445), produtividade (0,410), dias para a maturação (0,359). As cinco se associam de forma direta e inversamente à variável peso de 100 sementes.

Na Figura 2 estão apresentados os grupos de variáveis e os autovetores representados pelos genótipos enumerados de 1 ao 47 conforme descritos na Tabela 4.

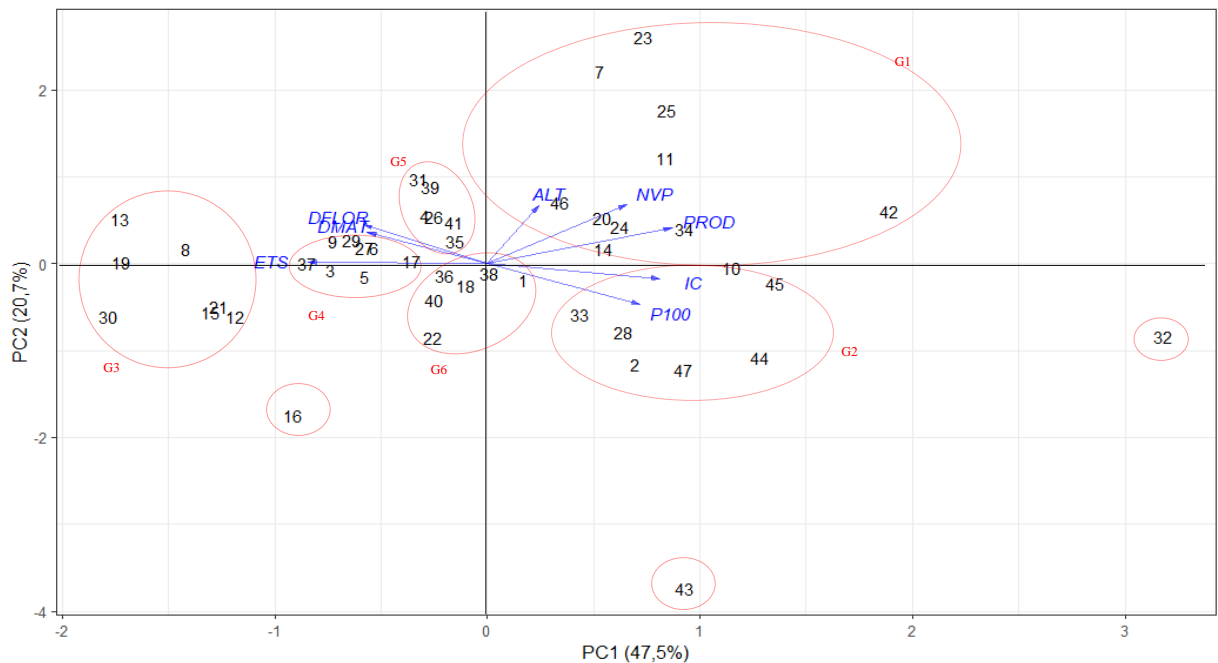


Figura 2. Gráfico biplot com 8 caracteres agrônômicos e morfológicos analisados em genótipos e cultivares de grão-de-bico: ALT = altura (cm), NVP = número de vagens por planta, P100 = peso de 100 sementes (g), DFLOR = dias para floração (dias), DMAT = dias para a maturação (dias), ETS = escore de tolerância à seca, IC = índice de colheita, e PROD = produtividade (kg ha⁻¹).

As variáveis altura, número de vagens por planta e produtividade estão entre mais correlacionadas, pois os vetores tendem a uma direção similar. Assim como o índice de colheita e peso de 100 sementes; dias para a floração e dias para maturação; e escore de tolerância à seca.

A distância entre os genótipos representa similaridade em relação as variáveis. Com isso, pode-se formar grupos de genótipos de similaridade em relação as variáveis.

O grupo I constituído das variáveis altura, número de vagens por planta e produtividade, que juntas englobaram 8 genótipos e 2 cultivares comerciais. As variáveis peso de 100 e índice de colheita promoveram a formação do grupo II composto por quatro genótipos e três cultivares comerciais. O grupo III agrupou sete genótipos. O grupo de constituído por oito genótipos formam similaridade quanto ao escore de tolerância à seca. Os variáveis dias para floração e dias para maturação englobaram seis genótipos.

Independente da influência das variáveis, os genótipos não englobados em nenhum grupo, o FLIP10-347, FLIP11-161 e o BRS Cícero são divergentes. O FLIP11-161 mais

correlacionado a peso de 100 sementes, escore de tolerância à seca, índice de colheita e produtividade, e o BRS Cícero ao peso de 100 sementes.

5. CONCLUSÃO

As características morfológicas e de produção de materiais genéticos de plantas é um processo necessário para gerar informações relevantes. Os materiais que mais se destacaram como os mais resistentes ao déficit hídrico foram os genótipos FLIP11-161, FLIP10-379, FLIP10-370 e FLIP10-329 e a cultivar BRS Toro.

Os resultados relacionados às variáveis avaliadas por Análise de Componentes Principais indicam que os genótipos mais divergentes são o FLIP10-347, FLIP11-161 e BRS Cícero. Portanto, nas próximas etapas do processo de seleção dentro e entre linhagens para os caracteres avaliados, os mesmos podem ser utilizados como promissores para as futuras etapas de seleção.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAK, A., et al. Gene effects of *Cicer reticulatum* on qualitative and quantitative traits in the cultivated chickpea. **Plant Breeding**, v. 136, n. 6, p. 1-9, 2017.
- AGUILAR-RAYMUNDO, V.; VÉLEZ-RUIZ, J. F. Characterization of two chickpea varieties and the effect of cooking on their physico-chemical and functional properties of flours. **Journal of Food Research**, v. 5, n. 2, p. 67-76, 2016.
- ALAMIN, A. M.; ABDALLA, A. H. Variability among chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes subjected to water stress during flowering stage. **University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences**, v. 25, n. 1, p. 49-72, 2019.
- ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARSLAN, A., et al. Evaluating the productivity potential of chickpea, lentil and faba bean under saline water irrigation systems. **Irrigation and Drainage**, v. 65, n. 1, p. 19-28, 2016.
- ARTIAGA, O. P., et al. Avaliação de genótipos de grão-de-bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, v.10, n. 1, p. 102-109, 2015.
- AVELAR, R. I. S. et al. Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 146-155, 2018.
- BIESDORF, E. M., et al. Comparison of reference evapotranspiration estimates obtained by different methods in relation to the Penman-Montheith method in Cerrado Environment, Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 17, n. 1, p. 1-9, 2017.
- CALLES, T.; XIPSITI, M.; DEL CASTELLO, R. Legacy of the international year of pulses. *Environmental Earth Sciences*, v. 78, n. 5, p. 1 - 8, 2019.
- EMBRAPA. Pesquisa quer expandir produção de grão-de-bico no Cerrado. Agosto, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26182629/pesquisaquer-expandir-producao-de-grao-de-bico-no-cerrado>>>. Acesso em: 12 nov. 2019.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Clima, 2018. Disponível: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>
- ESKANDARI, H.; AMRAEE, A. A. Growth and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars as affected by plant densities under the fall dry land farming. **Iranian Journal of Field Crop Science**, v. 48, n. 3, p. 21-33, 2017.
- FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação). Definição e classificação de mercadorias, 4. Leguminosas e produtos derivados, 1994. <http://www.fao.org/es/faodef/fdef04e.htm>
- FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Base de dados FAOSTAT, 2014. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em 14 de maio de 2018.
- FAOSTAT (Food & Agriculture Organization), 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em 14 de maio de 2019.

GAUR, P. M., et al. **Chickpea seed production manual**. International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics – ICRISAT, p. 28, 2010.

GAUR, P. M., et al. Integrated breeding approaches for improving drought and heat adaptation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Plant Breeding**, v. 138, n. 4, p. 389-400, 2019.

JABOW, M. K. A.; IBRAHIM, O. H.; ADAM, H. S. Yield and water productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as influenced by different irrigation regimes and varieties under semi desert climatic conditions of Sudan. **Agricultural Sciences**, v. 6, n. 11, p. 1299-1308, 2015.

IRITI, M.; VARONI, E. M. Pulses, healthy, and sustainable food sources for feeding the planet. *International Journal Molecular Sciences*, v. 18, n. 2, p. 1 - 6, 2017.

JACINTO, S. G. J., et al. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

JAIN, D.; CHATTOPADHYAY, D. Analysis of gene expression in response to water deficit of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties differing in drought tolerance. **Plant Biology**, v. 10, n. 24, p. 1–14, 2010.

JUKANTI, A., et al. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *British Journal of Nutrition*, v. 108, n. S1, p. 11 - 26, 2012.

KANOUNI, H. et al. Genetic variation in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. **Crop Breeding Journal**, v. 2, n. 2, p. 133-138, 2012.

KIRAN, A., et al. Low temperature induced aberrations in male and female reproductive organ development cause flower abortion in Chickpea. **Plant, Cell and Environmental**, v. 42, n. 7, p. 2075–2089, 2019.

MARGHEIM, J., et al. **EC04-183 chickpea production in the high plains**. University of Nebraska Lincoln, p. 8, 2004.

MEHTA, G.; VERMA, P. K.; RAVI, M. Correlation studies in chickpea grown under rainfed and irrigated conditions in northern plains of India. **Journal of Agroecology and Natural Resource Management**, v. 2, n. 5, p. 388-390, 2015.

MERGA, B.; HAJI, J. Economic importance of chickpea: production, value, and world trade. **Cogent Food and Agriculture**, v. 5: n, 1 p. 1-12, 2019.

MURUIKI, R., et al. Effect of drought stress on yield performance of parental chickpea genotypes in semi-arid tropics. **Journal of Life Sciences**, v. 12, n. 3, p. 159-168, 2018.

NASCIMENTO, W. M. Hortaliças leguminosas. Brasília, DF, Embrapa, ed. 1, p. 232, 2016.

NOBILE, C. G., et al. Proximate composition and seed lipid components of “kabuli”-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) from Argentina. **Agricultural Sciences**, v. 4, n. 12, p. 729-737, 2013.

PANG, J., et al. Pattern of water use and seed yield under terminal drought in chickpea genotypes. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1375, p. 1-14, 2017.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos, 2002.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

RANI, A, et al. Developing climate-resilient chickpea involving physiological and molecular approaches with a focus on temperature and drought stresses. **Frontiers in Plant Science**, v.10, n.1759, p. 1-29, 2020.

RODRIGUES, P. Pesquisa brasileira desenvolve grão-de-bico mirando mercado asiático. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-noticias/-/noticia/26381597/pesquisa-brasileira-desenvolve-grao-de-bico-mirando-mercado-asiatico>

SILVA, G. C., et al. Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Agroambiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 342-350, 2016.

SHARMA, R. D. **Algumas informações sobre a cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)**. EMBRAPA, circular técnica, Planaltina, p. 20, 1984.

SINGH, G., et al. Irrigation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) increases yield but not water productivity. **Experimental Agriculture**, v. 52, n. 1, p. 1-3, 2016.

SINGH, U. et al. Changing plant architecture and density can increase chickpea productivity and facilitate for mechanical harvesting. **International Journal of Plant Production**, v. 13, n. 3, p. 193-202, 2019.

SOLTANI, A; HAJJARPOURA, A.; VADEZ, V. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. **Field Crops Research**, v.185, p. 21-30, 2016.

SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. Sigamplot for Windows, version 12. 2006. Disponível em: <https://sySTATsoftware.com/products/sigamplot/>.

WALLACE, T. C.; MURRAY, R.; ZELMAN, K. M. The nutritional value and health benefits of chickpeas and hummus. **Nutrients**, v. 8, n. 12, p. 1-10, 2016.

WOLDE-MESKEL, E., et al. Additive yield response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to rhizobium inoculation and phosphorus fertilizer across smallholder farms in Ethiopia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 261, p. 144-152, 2018.

CAPÍTULO II: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo determinar o momento ideal de suspensão da irrigação em cultivos de grão-de-bico, na condição edafoclimática estudada, visando a obter informações que auxiliem o agricultor a planejar e utilizar a água eficientemente para o aumento da produção. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizado (DBC), em arranjo fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi dado por quatro períodos de suspensão das irrigações: 80, 90, 100 e 110 dias após o plantio. O segundo fator foi composto por dois cultivares de grão-de-bico: BRS Aleppo e BRS Toro. O ensaio foi conduzido com um sistema de irrigação por aspersão convencional. Foi realizado teste da uniformidade de aplicação de água de aspersor e o monitoramento de conteúdo de água no solo pelo método gravimétrico. Foram feitas as seguintes avaliações: altura, grau de acamamento, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de sementes, índice de colheita, produtividade e eficiência do uso da água (EUA). As variedades BRS Aleppo e BRS Toro responderam de forma diferente aos tratamentos com época de suspensão da irrigação para as variáveis número de vagens por planta, ciclo, peso de 1000 sementes e produtividade. A época de suspensão da irrigação aos 90 dias após o plantio (PSI) apresentou maior eficiência de uso da água para a variedade BRS Toro. Com os resultados obtidos pode-se recomendar a cultivar BRS Toro como potencial candidato para uso em regiões com menor disponibilidade hídrica, no entanto a sua recomendação depende de fatores como o tipo de solo e da ocorrência de chuvas durante e após a suspensão das irrigações.

Palavras-chave: Eficiência do uso da água; Evapotranspiração, Manejo da irrigação.

ABSTRACT

This work aims to determine the ideal moment of suspension of irrigation in chickpea crops, under the studied edaphoclimatic condition, aiming to obtain information that help the farmer to plan and use water efficiently to increase production. The experimental design used was randomized blocks (DBC), in a 4x2 factorial arrangement, with four replications. The first factor was given by four periods of suspension of irrigation: 80, 90, 100 and 110 days after planting (DAP). The second factor was composed of two chickpea cultivars: BRS Aleppo and BRS Toro. The test was conducted with a sprinkler irrigation system. Sprinkler water uniformity test was performed. The monitoring of water content in the soil was carried out using the gravimetric method. The following evaluations were made: height, degree of lodging, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of seeds, harvest index, productivity and water use efficiency (USA). The varieties BRS Aleppo and BRS Toro responded differently to treatments with irrigation suspension time for the variables number of pods per plant, cycle, weight of 1000 seeds and productivity. The irrigation suspension period at 90 days after planting (PSI) showed greater water use efficiency for the BRS Toro variety. With the results obtained, it is possible to recommend the cultivar BRS Toro can be a candidate for use in regions with less water availability, however its recommendation depends on factors such as the type of soil and the occurrence of rain during and after the suspension of irrigation

Keywords: Efficiency of water use; Evapotranspiration, Irrigation management.

1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L., Fabaceae) é uma leguminosa que tem, nutricionalmente, grande potencial a ser explorado, a fim de minimizar as deficiências proteicas e minerais da população, uma vez que o grão-de-bico é boa fonte de minerais (DEMIRBAS et al., 2017).

As cultivares de grão-de-bico existentes possuem suas especificidades quanto ao ciclo e características agronômicas.

A cultivar BRS Aleppo apresenta arquitetura semiereta, com altura média de 66 cm, com flores brancas e sementes de coloração creme claro. Caracterizada como de ciclo médio de 120 dias após a emergência. Mostrou-se ser mais produtiva em cultivos irrigados. Sua produtividade é outro fator que não pode ser desprezado: alcança, em média, 3.515 kg ha⁻¹ e outra questão a ser destacada refere-se à sua maior tolerância a fungos de solo. Possui aptidão industrial para uso em conservas e consumo seco (NASCIMENTO et al., 2014).

A cultivar BRS Toro apresenta arquitetura semiereta, com ciclo médio de 130 dias da emergência a maturação, altura média das plantas 70 cm, cor da semente creme. Produtividade em áreas irrigadas está acima de 3.000 kg ha⁻¹. Originou-se de populações segregante, obtida de cruzamentos múltiplos, realizados na Embrapa Hortaliças em 2009. Bastante rústica, a cultivar é adaptada ao cultivo mecanizado e seus grãos podem ser destinados tanto para o mercado de grãos secos quanto para o enlatamento, após o processamento industrial (NASCIMENTO et al., 2017).

O volume de água utilizado pela cultura não é tão elevado (400 mm), porém necessita ser bem distribuída ao longo do ciclo, e tem sempre a necessidade de identificar alternativas para máxima eficiência de uso da água. Em agricultura, a eficiência no uso de água é definida como a relação entre a produção de biomassa e/ou produto comercial e a quantidade de água utilizada (SOUZA et al., 2019).

Neste sentido, as alternativas visando minimizar o uso de água na lavoura irrigada podem estar associadas a diferentes práticas de manejo empregadas, como: a utilização de cultivares de menor ciclo, a realização da semeadura no início da época recomendada visando o maior aproveitamento das chuvas, o tipo de sistema de irrigação empregado, e a antecipação da época de supressão de irrigação (LONDERO et al., 2016).

A suspensão da irrigação é uma prática importante do ponto de vista da qualidade do produto (grão-de-bico), da economia de água/energia, também para melhorar as condições de

colheita. A definição da época ideal de suspensão das irrigações pode influenciar na obtenção de altos rendimentos e na boa qualidade dos grãos.

A supressão antecipada da irrigação pode contribuir para a redução do período de irrigação, além de facilitar a colheita, reduzir seus efeitos sobre a degradação da superfície do solo e facilitar a retirada do produto da lavoura. Um dos principais problemas enfrentado por produtores é a decisão sobre a época de suspender a irrigação no grão-de-bico. A irrigação costuma ser até às vésperas da colheita, ou interrompem no início do estágio da mudança da cor das vagens ou maturidade das vagens. No entanto, dependendo da época que esta supressão é realizada e o tempo que essa lavoura permanecerá em déficit hídrico, a produtividade da cultura pode ser afetada (KIRNAK et al., 2017; SOUZA et al., 2019).

Vários trabalhos têm sido conduzidos relacionando a supressão da irrigação e produção para várias culturas, entre eles, Sousa et al. (2010) avaliaram o desempenho da cultivar de feijão Carioca comum submetida à supressão da irrigação em seus estádios de desenvolvimento.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo determinar o momento ideal de suspensão da irrigação em cultivos de grão-de-bico, na condição edafoclimática do Distrito Federal, visando obter informações que auxiliem o agricultor planejar e utilizar a água, eficientemente, para o aumento da produção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental localizada na Embrapa Hortaliças, em Brasília – DF (latitude 15°56' S, longitude 48° 08, 439' W e altitude aproximada de 1.050 m), no período de maio a setembro de 2019. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (tropical semi-úmido) (ALVARES et al., 2013), com temperaturas médias anuais de 20 a 24 °C e 1.300 a 1.700 mm de precipitação, umidade relativa do ar média (UR) de 50%, com estação chuvosa no verão, de outubro até meados de abril e uma estação seca no inverno, do final de abril até o outubro.

Os dados climáticos diários e mensais foram coletados de uma estação de agrometeorologia automática do Instituto Nacional de Meteorologia, constituída por sensores de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (MJm²), precipitação (mm), e velocidade do vento (ms⁻¹).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, fase cerrado, de textura argilosa (EMBRAPA, 2018). As características físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 6.

Foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade, que foram enviadas ao laboratório de solo da Embrapa Hortaliças para análises física de granulometria e química. A análise granulométrica indicou o solo de textura argilosa (52% de argila, 35% de silte e 7% de areia). Testes de laboratório mostraram que o solo do local possui densidade média aparente (Da) de 1,1 g/cm³.

Tabela 6. Atributos químicos do solo da área anterior à instalação do experimento e textura física do solo.

Amostra	Análise química								Matéria Orgânica g/dm ³
	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	
	----mg/dm ³ ----			-----Cmolc/dm ³ -----					
0 – 20	6,3	2,1	180	24	2,4	1,8	0,1	3,0	27,9
20 – 30	5,9	5,3	345	32	2,6	1,7	0,2	4,6	39,0
	Análise química						Granulometria		
Amostra	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Argil a	Silte	Areia
	-----mg/dm ³ -----						Textura		
0 – 20	0,04	1,3	38,3	23,8	1,2	19,5	580	350	7
20 – 30	0,05	1,8	58,3	42,2	3,0	11,3			

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – Brasília (DF).

A área experimental foi preparada e nivelada com grade aradora. Sulcos foram abertos para o plantio, que foi realizado manualmente. Cada parcela continha cinco linhas de plantio com 3 metros, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas (totalizando 7,5 m²), com 12 sementes viáveis por metro linear, e para as avaliações e coleta de dados do ensaio foram consideradas as três linhas centrais (4,5 m²) como área útil, e as demais constituíram a bordadura.

O cultivo foi manejado conforme as especificidades da cultura, com adubação na proporção de 40 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 60 kg ha⁻¹ KCl com o formulado (6-24-12) no momento do plantio, enquanto que 20 kg ha⁻¹ de uréia foram aplicados quatro semanas após o plantio, conforme recomendação e análise de solo.

Foi realizado o tratamento das sementes para controlar insetos e doenças, que comprometem o desenvolvimento inicial da cultura. Produto usado foi à base de carboxim (Carboxina, 200 g/L+Carboxanilida 200 g/L) na dose 250mL p.c./100kg de sementes recomendada para soja.

Durante a condução do experimento foram feitas aplicações com inseticida Deltametrina (5 g/ha) para controle lagarta do gênero *Heliothis*, que apresentou pico populacional na época de florescimento e maturação das vagens.

As ervas daninhas foram controladas por aplicação pré-emergência de pendimetalina a 1,0 kg a.i. ha⁻¹ e uma mão capinando aos 40 dias após a semeadura para manter a colheita livre de ervas daninhas.

Para implantação do experimento foram utilizados dois genótipos de grão-de-bico, sendo do tipo kabuli (BRS Aleppo e BRS Toro). A semeadura ocorreu em 30/05/2019 e a colheita a partir de 28/09/2019.

O ensaio foi conduzido com um sistema de irrigação por aspersão convencional. Foi usado aspersor de plástico, rotativo de 360 graus, de bocal duplo com diâmetro 4,0 x 2,8, com vazão média de 810 litros por hora (L/h) fabricado pela empresa Fabrimar, modelo midi, utilizado, em geral, para irrigação em parques, jardins e culturas. A pressão de serviço foi mantida a 2,0 kgf cm² com uso de regulador de pressão na entrada da linha. A precipitação dos aspersores usado foi de 6 mm/h, espaçados de 12m x 12m.

Durante os primeiros dias após a emergência as plantas receberam irrigações iguais e uniformes de 1 hora por dia, com intuito de promover o desenvolvimento equitativo em todas as parcelas. Depois deste período, controlou-se a aplicação da água através de planilhas eletrônicas de manejo de irrigação para a aspersão, onde foi levado em consideração a evapotranspiração da cultura, estágio de desenvolvimento, uniformidade de distribuição de água do sistema e vazão média dos aspersores.

A caracterização do estágio de desenvolvimento da cultura foi acompanhada diariamente para definir os coeficientes de cultura (K_c) a serem usados, os valores de usados foram (0,40-0,80-0,35) para os diferentes estágios de desenvolvimento do grão-de-bico foi proposto pelo boletim da FAO 56 (ALLEN et al. 2006). A planilha no final permitia definir o tempo de irrigação em horas calculado com base na evapotranspiração (ET_o).

Foi realizado a teste de uniformidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação, onde foram dispostos coletores de água, em uma malha composta de 40 coletores, instalados em subáreas de 2 x 2 m. Os coletores utilizados foram da marca Fabrimar, que possuem forma geométrica tronco-cônica, com diâmetro 80 mm na parte superior e altura de 102 mm. Após as irrigações o volume de água armazenado em cada coletor foi medido com uso de proveta graduada de 100 ml logo após o término da irrigação. Os testes foram realizados nos 12 aspersores, espaçados de 12m x 12m, e a pressão medida do aspersor foi de 20 metros de coluna d'água (m.c.a.) (BERNARDO et al 2019).

Foi realizado o monitoramento do conteúdo de água no solo, através da retirada de amostras de solo dentro das parcelas experimentais irrigadas. As coletas de solo ocorreram antes e após as irrigações, como forma de se aferir os valores de conteúdo de água no solo e possibilitar possíveis ajustes das irrigações impostas. O monitoramento do conteúdo de água no solo foi efetuado pelo método gravimétrico, onde foram coletadas amostras de solo, nas profundidades de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,3 m, as quais, logo após, foram levadas para o laboratório de irrigação de irrigação, para pesagem e secagem em estufa por um período de 48 horas (105 °C) seguindo o Manual de Métodos de Análise de Solos (DONAGEMA et al., 2011).

Com o monitoramento foi possível conhecer as condições de disponibilidade de água no solo, tanto em termos de umidade volumétrica, como em termos de potencial de água no solo, com as quais foi mantida a cultura do grão-de-bico, com a aplicação dos tratamentos.

A umidade gravimétrica (U_g , kg kg⁻¹) de uma amostra de solo é a relação entre a massa da água e a dos sólidos nela contidos. Os cálculos do teor de água no solo foram feitos de acordo com a fórmula:

$$U_g = \frac{(PU - PS)}{(PS - PR)}$$

Onde: U_g é a umidade gravimétrica (kg.kg⁻¹); PU é a massa umidade da amostra (kg); PS massa da amostra seca (kg); e PR peso do recipiente.

A estimativa da umidade volumétrica ($U_v - m^3.m^{-3}$) pode ser dada pela expressão matemática: $U_v = U_g \times D_a$; onde D_a (densidade do solo - kg.m⁻³). Para obter os valores em percentagem, multiplica-se os resultados da equação acima por 100.

A colheita do grão-de-bico ocorreu manualmente, em cada área útil da parcela, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura. Depois de colhidas aleatoriamente, dez plantas seguiram para as avaliações dos parâmetros de crescimento, produtividade e componentes de produção. As demais plantas foram para debulha manual, limpeza com peneiras e armazenado em câmara de secagem.

Em campo foram determinadas as seguintes variáveis:

Altura de planta em cm (AP): altura de 10 plantas de cada parcela escolhidas ao acaso, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha ou vagem da haste principal.

Grau de acamamento (GA): Avaliação foi realizada através de escala visual de 1 a 9, em que: 1 - significava todas as plantas eretas; 2 - poucas plantas caídas ou todas as plantas levemente inclinadas; 3 - 25% das plantas caídas ou todas as plantas inclinadas em torno de 25 graus; 5 - 50% das plantas caídas ou todas as plantas inclinadas 45 graus; 7 - 75% das plantas caídas, ou todas inclinadas em torno de 65 graus; 8 - poucas plantas não caídas ou todas as plantas quase tocando o solo; 9 - todas as plantas caídas (ANTUNES et al., 1993).

A colheita foi realizada em diferentes períodos conforme a maturação de cada cultivar dentro de cada nível de irrigação. Após a colheita de 10 plantas escolhidas ao acaso, em cada área útil das parcelas experimentais foram determinadas as seguintes variáveis:

Número de vagens por planta (NVP): foram colhidas 10 plantas de cada parcela, por ocasião da maturação realizou-se a contagem do número de vagens por planta.

Número de grãos por vagem (NGV): contagem direta do número de grãos por vagem.

Peso de 1000 sementes: foi determinada através de amostras por parcela experimental selecionadas aleatoriamente após a debulha. Em seguida, realizaram-se as pesagens com o auxílio de balança analítica, com precisão de 0,001 g, conforme Regras para Análise de Sementes, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

Índice de colheita (IC) em %: a razão entre o rendimento de grãos e a matéria seca acima do solo, calculado multiplicando o rendimento de grãos por 100 e dividindo pelo rendimento biológico.

Produtividade de grãos (PROD) em kg ha⁻¹: peso total dos grãos colhidos na área útil da parcela extrapolados para uma área de 1ha.

A eficiência do uso da água (EUA): foi considerada como a métrica de produtividade da água para os rendimentos de grão-de-bico em diferentes níveis de corte de irrigação. Foi calculado pela equação: $EUA = Y / (I \times 10)$, onde EUA = eficiência no uso da água para irrigação (kg m⁻³), Y = Rendimento de grãos (kg ha⁻¹), e I = Quantidade total de irrigação aplicada (mm)

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizado (DBC), em arranjo fatorial 4x2, com quatro repetições. O primeiro fator foi dado por quatro épocas de suspensão das irrigações: 80, 90, 100 e 110 dias após o plantio (DAP). O segundo fator foi composto por dois cultivares de grão-de-bico: BRS Aleppo e BRS Toro.

Os dados passaram pelas análises de pressupostos e normalidade dos resíduos. E os resultados foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) para cada parâmetro estudado. Médias foram comparadas através de testes de Scott-Knott. Após isso foi feita a regressão para os fatores quantitativos. O programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007) e do programa SigmaPlot® versão 12 (SYSTAT SOFTWARE INC, 2006) para confecção dos gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condição climática observada entre os meses de maio a outubro de 2019 mostrou que a partir da sementeira da cultura (30/05/2019) em termos médios verificou-se temperatura do ar de 21,83 °C, com valores médios máximos de 22,77 °C e mínimos de 20,82 °C, a radiação solar diária foi de 828,57 MJ m⁻² dia⁻¹ (Figura 4A) e a umidade relativa do ar obteve máxima do ar foi de 52% e mínima de 45% (Figura 4B). Houve uma precipitação, de 9,4 mm, na última semana de setembro coincidindo com o período de colheita, mas que não interferiu na mesma. A velocidade média do vento no período foi de 2,73 m s⁻¹. Sob essas condições naturais, observa-se no gráfico que com o aumento da radiação solar, e temperatura aumentou e a umidade relativa do ar diminuiu.

Neste trabalho em questão foi possível observar que a temperatura média ficou dentro do ideal durante a condução da cultura em campo. Temperaturas mais baixas do que a recomendada, pode gerar efeitos negativos como atraso no florescimento, e temperaturas mais altas causam abortamentos de flores e vagens (BARBANO et al., 2001; KIRAN et al., 2019).

Com relação ao ciclo da cultura, em meados de 18/07/2019 encontrava-se em início do florescimento (botão floral), no 02/08/2019 início de formação de vagens; a partir de 28/09/2019 estava no estágio de colheita. O ciclo do grão-de-bico com os dias de corte das irrigações pode ser visualizado na Figura 3.

Com relação a evapotranspiração total da cultura (ETc) foram de 110,92 mm, 135,87 mm, 174,64 mm e 195,04 mm para os tratamentos de cortes aos 80, 90, 100 e 110 DAP, respectivamente. Os maiores valores de ETc ocorreram a partir de 02/08/2019 (início da formação das vagens) com 4,52 mm dia⁻¹ até 13/09/2019 (fase de maturação das vagens) com 7,87 mm dia⁻¹, coincidindo com baixa umidade relativa e elevada temperatura no mesmo período (Figura 4B).

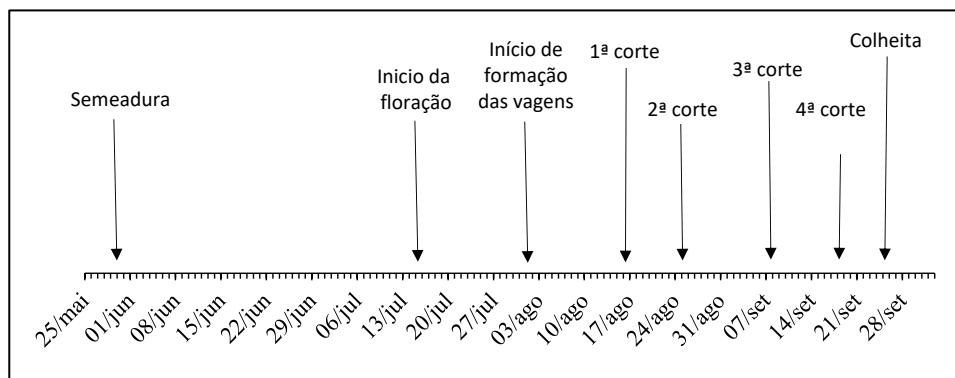


Figura 3. Ciclo e manejos da irrigação de grão-de-bico submetido a suspensão da irrigação.

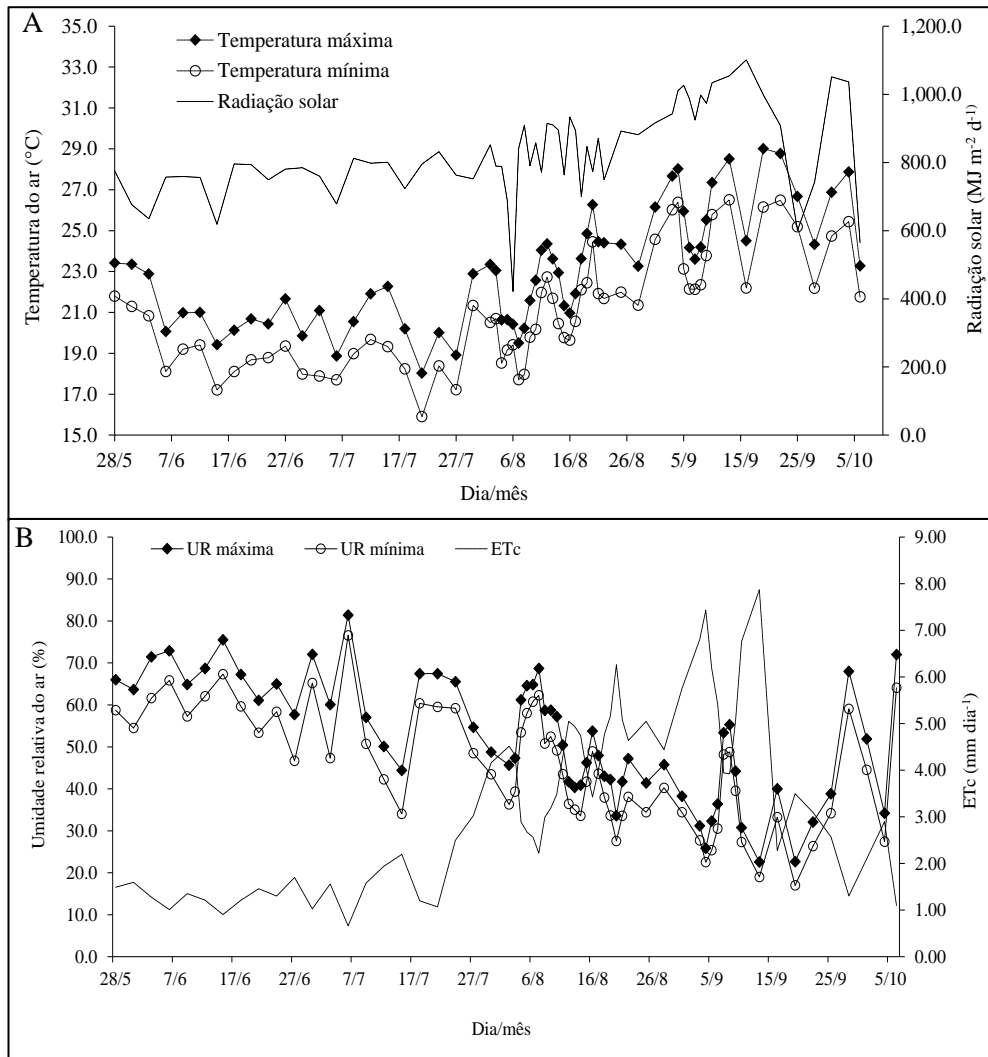


Figura 4. Temperaturas do ar (máxima e mínima), radiação solar, umidades relativas do ar (máxima e mínima) e evapotranspiração da cultura (ETc), durante o período do experimento, 2019.

Analisando o efeito de quatro períodos de suspensão da irrigação (PSI), variedade (V) e a interação entre ambas (PSI x V) sobre o rendimento e seus componentes são mostradas na análise de variância presentes na Tabela 7. Os coeficientes de variação (CV) foram inferiores a 30% sendo considerado de baixo a média variação, para as variáveis estudadas, demonstrando confiabilidade dos dados, de acordo com Pimentel-Gomes; Garcia (2002).

Avaliando as interações PSI x V houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a variável peso de 1000 sementes. Para as demais variáveis não houve interação significativa. Observa-se apenas efeito de fatores isolados. A característica de altura de planta ($p < 0,05$), o ciclo da cultura e o peso de 1000 sementes ($p < 0,01$) foram influenciados pelo fator período de suspensão da irrigação. As variáveis número de vagens por planta, peso de 1000 sementes, ciclo e produtividade foram influenciados pelo fator variedade ($p < 0,01$).

Tabela 7. Análise de variância para altura (ALT), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), ciclo, peso de 1000 sementes (P1000), índice de colheita (ÍC), grau de acamamento (GA) e produtividade (PROD) na avaliação de genótipos de grão-de-bico submetidos a suspensões das irrigações aos 80, 90, 100 e 110, dias após o plantio.

Quadrados médios								
	GL	AP (cm)	NVP	NSV	CICLO (dias)	P1000 (g)	ÍC (%)	PROD (kg ha ⁻¹)
FV								
Bloco		2.82 ^{ns}	0.66 ^{ns}	1.03 ^{ns}	4.81*	0.25 ^{ns}	1.10 ^{ns}	4.15*
PSI	3	4.11*	3.82 ^{ns}	0.27 ^{ns}	18.66**	8.09**	2.83 ^{ns}	2.87 ^{ns}
Erro (a)	9							
Variedade (V)	1	2.67 ^{ns}	38.30**	0.03 ^{ns}	33.00**	54.95**	2.179 ^{ns}	96.73**
PSI x V	3	0.36 ^{ns}	0.65 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.34 ^{ns}	9.28**	0.60 ^{ns}	1.62 ^{ns}
Erro (b)	12							
Média geral		64.24	55.62	1.20	123.96	382.92	34.4	2918.86
C.V. (%)		7.95	24.36	8.09	0.74	6.38	9.35	20.76
C.V. (%)		9.46	26.8	9.29	0.83	5.67	16.01	14.41

FV – Fatores de variação; GL – grau de liberdade; C.V.: Coeficiente de variação; ^{ns}Não significativo; *Valor significativo no teste F a 5% de probabilidade e **Valor significativo no teste F a 1% de probabilidade.

Na Tabela 8, estão os testes de medias para as variáveis analisadas no trabalho.

Tabela 8. Médias das variáveis em função da época de suspensão da irrigação para altura (ALT), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), ciclo em dias (CICLO), peso de 1000 sementes (P1000), índice de colheita (IC), grau de acamamento (GA) produtividade (PROD).

Período de suspensão das irrigações após o plantio (PSI)						
		80 PSI	90 PSI	100 PSI	110 PSI	
ALT (cm)	Aleppo	58,90 Aa	59,15 Aa	65,64 Aa	66,24 Aa	62,48 a
	Toro	62,95 Aa	63,73 Aa	71,30 Aa	66,00 Aa	65,99 a
	Médias	60,92 B	61,44 B	68,47 A	66,12 A	
NVP	Aleppo	56,18 Aa	62,36 Aa	77,28 Aa	82,78 Aa	69,64 a
	Toro	40,17 Aa	33,68 Ab	40,52 Ab	52,07 Ab	41,60 b
	Médias	48,17 A	48,02 A	58,90 A	67,42 A	
NSV	Aleppo	1,17 Aa	1,19 Aa	1,23 Aa	1,23 Aa	1,20 a
	Toro	1,24 Aa	1,18 Aa	1,23 Aa	1,18 Aa	1,21 a
	Médias	1,21 A	1,19 A	1,23 A	1,21 A	
P1000 (g)	Aleppo	357,88 Aa	350,13 Ab	339,58 Ab	370,23 Ab	354,45 b
	Toro	349,33 Ca	405,65 Ba	434,73 Aa	455,93 Aa	411,40 a
	Médias	353,60 C	377,89 B	387,15 B	413,08 A	
IC	Aleppo	34,15 Aa	33,38 Aa	38,92 Aa	37,65 Aa	36,02 a
	Toro	33,29 Aa	33,82 Aa	31,63 Aa	35,39 Aa	33,53 a
	Médias	33,72 A	33,60 A	35,28 A	36,52 A	

Continua...

GA	Aleppo	2,25aB	2,50aB	2,75aB	3,75aA	2,81a
	Toro	2,00aB	2,25aB	2,75aB	3,50aA	2,62a
	Médias	2,12B	2,37B	2,75B	3,62A	
PROD (kg ha⁻¹)	Aleppo	1850,85 Ab	1943,72 Ab	2484,27 Ab	2470,81 Ab	2187,41 b
	Toro	2957,02 Ba	3928,95 Aa	3959,64 Aa	3755,62 Aa	3650,30 a
	Médias	2403,94 A	2936,34 A	3221,96 A	3113,22 A	
CICLO (dias)	Aleppo	119,00 Cb	120,75 Bb	121,00 Bb	122,50 Ab	120,81 b
	Toro	125,75 Ba	126,50 Ba	127,25 Ba	129,00 Aa	127,12 a
	Médias	122,38 C	123,63 B	124,13 B	125,75 A	

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A altura das plantas das variedades de grão-de-bico cultivadas sob diferentes suspensões da irrigação (PSI) variou de 58,90 a 71,30 cm em 80 e 100 PSI, respectivamente. A análise de regressão para altura de planta apresentou resposta linear, como visualizado na Figura 5, com o aumento dos dias de suspensões das irrigações aumentou significativamente a altura das plantas de grão-de-bico. A possível explicação para isso é que o grão-de-bico possui crescimento indeterminado. Irrigações no decorrer dos estágios de crescimento vegetativo aumentam a altura de plantas (MAURYA et al., 2018).

As alturas máximas encontradas em trabalhos com grão-de-bico em condições irrigadas foram de 77,67 cm (KOMAL et al., 2018), muito próximo do que foi encontrado nesse estudo.

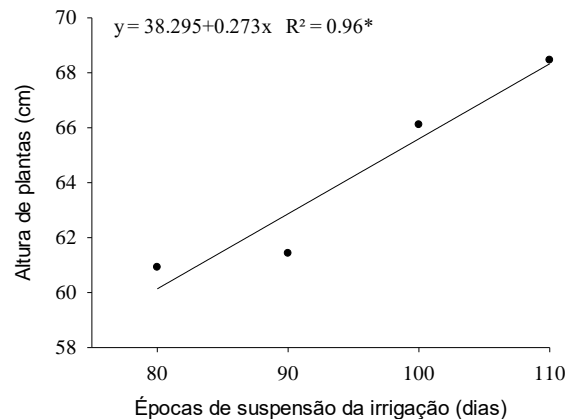


Figura 5. Regressão linear da altura de plantas em função dos dias de suspensão da irrigação.
* Significativo ao nível de 5% de probabilidade estatística.

Observou-se comportamento similar para o grau de acamamento, à medida que suspendeu a irrigação na época mais tardia (110 dias após o plantio), onde foi favorecido para obtenção de plantas mais altas, porém mais suscetíveis à ocorrência de acamamento. Altura de plantas de grão-de-bico elevadas pode comprometer, devido a maior taxa de acamamento de plantas em campo. Que influência na eficiência da colheita mecanizada como relatam Singh et al. (2019).

O efeito de variedade (V) e o período de suspensão da irrigação (PSI) no número de vagens por planta foi significativo ($p < 0,05$); no entanto, o NVP não foi influenciado significativamente pela interação V x PSI.

Quando mais tarde houve a suspensão da irrigação (110 dias) a formação de vagens aumentou linearmente. Aos 80 dias o NVP foi menor devido a suspensão da irrigação ter coincidido ao período crítico de no estágio de formação e enchimento de vagens, nas duas variedades testadas. De acordo com a análise de regressão a máxima produção de vagens foi aos 110 dias, com 65,88 vagens por planta (Figura 6).

O número de vagens por planta é um dos fatores mais importantes, por este ter maior correlação com o rendimento do grão-de-bico (ESKANDARI et al., 2017). O número de vagens por planta de 37,33 foram encontradas por KOMAL (2018) trabalhando com grão-de-bico irrigado, nesse trabalho todos os tratamentos obtiveram NVP maiores que o encontrado pelo autor, com exceção do tratamento.

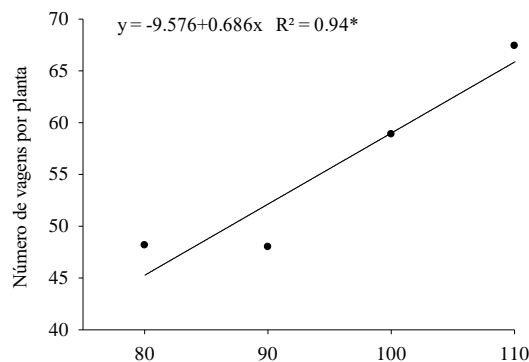


Figura 6. Regressão linear para número de vagens por planta em função dos períodos de suspensão da irrigação. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade estatística.

O número de sementes por vagem não foi afetado pelos níveis de suspensão da irrigação. As médias das variedades dentro de cada período de suspensão da irrigação que compartilham uma mesma letra (a, b) e entre as épocas de suspensão da irrigação (A, B) são significativamente iguais entre si (Figura 7).

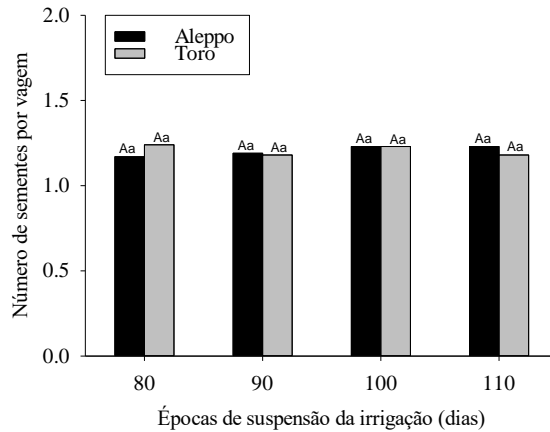


Figura 7. Médias do número de sementes por vagem das variedades de grão-de-bico.

Para peso de 1000 sementes a interação PSI x V foi significativa ($p < 0,01$), indicando que os fatores cortes e variedades agem de modo dependente sobre a produção. As interações foram desdobradas, estudando os efeitos dos cortes em cada variedade.

O peso de 1000 sementes aumentou significativamente para a interação entre os níveis de suspensão da irrigação e variedades (Figura 8). A variedade BRS Toro apresentou maior peso de 1000 sementes (411,64 g), significativamente ($p < 0,01$) superior que a BRS Aleppo (354,45 g). Houve um aumento para a cultivar BRS Toro com o aumento da época de suspensão da irrigação. O corte da irrigação aos 110 dias promoveu aumento no peso de mil sementes, na ordem de 85,4 g em relação a cultivar BRS Aleppo.

Em condições controladas de laboratório Dias et al (2020) trabalhando com duas variedades encontraram peso de 1000 sementes que variaram de 344,29 a 390,99 g para BRS Aleppo e de 476,27 a 648,30 g para BRS Cícero.

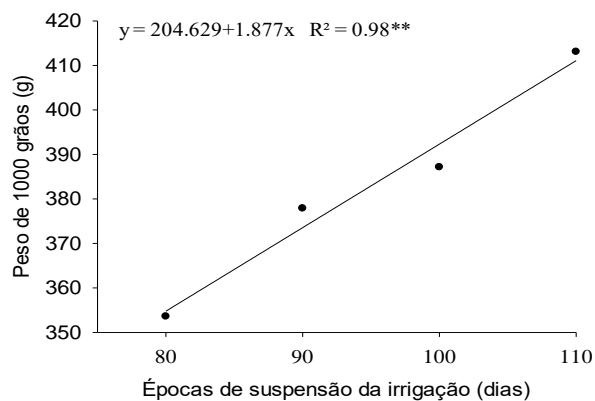


Figura 8. Regressão linear do peso de 1000 sementes em função das épocas de suspensão da irrigação. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade estatística.

A época de suspensão da irrigação afetou a produtividade de ambas as variedades de grão-de-bico. Aos 100 dias após o plantio a maior produtividade observada foi da BRS Toro com 3.959,64 kg ha⁻¹ o que neste trabalho pode ser associado a um maior peso de 1000 sementes, mas não a um número maior de vagens por planta ou a número de sementes por vagem. Enquanto que a variedade BRS Aleppo obteve uma produtividade média de 2.484,27 kg ha⁻¹ (Figura 9).

O número de vagens por planta e peso de sementes são fatores importantes que afetam o rendimento de grão-de-bico. A maior correlação entre rendimento e componentes de produção pertence ao número de vagens por planta e o peso de sementes.

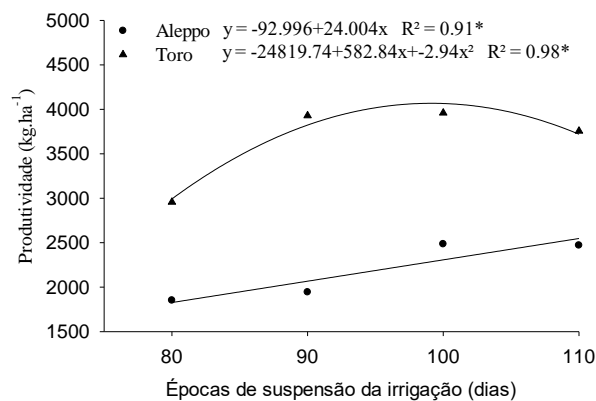


Figura 9. Regressão linear e quadrática da produtividade em função das épocas de suspensão da irrigação. * Significativo ao nível de 5% de probabilidade estatística.

O comportamento para o ciclo em função épocas de suspensão da irrigação pode ser visualizado na Figura 10, sendo o modelo de regressão linear o que melhor se ajustou aos dados para as cultivares BRS Aleppo e BRS Toro, sendo que houve efeito significativo para ambas.

Houve aumento linear do ciclo em dias à medida que se aumentou a época de suspensão da irrigação. O BRS Aleppo foi o mais precoce com 121 dias aos 100 PSI. Segundo Nascimento, et al (2014), o ciclo vegetativo para BRS Aleppo de 120 dias é considerado precoce.

A cultivar BRS Toro obteve as maiores médias em relação ao ciclo apresentou ciclo de 129 dias aos 110 PSI, sendo considerada de médio ciclo. De acordo com Nascimento et al. (2017) a cultivar apresenta ciclo médio de 130 dias da emergência a maturação.

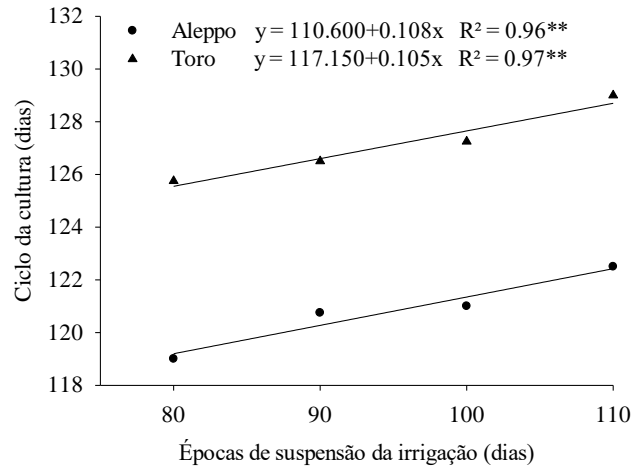


Figura 10. Ciclo das variedades de grão-de-bico em função a época de suspensão da irrigação.

O índice de colheita não foi afetado significativamente pela época de suspensão da irrigação. Mas, os maiores valores de índice de colheita foram encontrados nos tratamentos 100 e 110 dias após o plantio, o que pode servir de explicação para a maior produtividade obtida nesses tratamentos.

O déficit hídrico imposto pela suspensão da irrigação aos 80 dias e 90 dias coincidiram com o período de formação e enchimento das vagens. O período de suspensão da irrigação aos 100 e 110 dias coincidiram com o início do período de maturação das vagens. A paralisação das irrigações de acordo com Marouelli et al. (2007), no período de início da maturação e a colheita, nesse caso pode permitir acelerar e uniformizar a maturação, pois essa cultura apresenta crescimento indeterminado, com florescimento contínuo. Além de causar danos na qualidade do produto final. Permite-se concluir que as plantas de grão-de-bico, toleraram ao déficit hídrico nos tratamentos a 100 e 110 DAP.

A determinação do conteúdo de água no solo mediante método gravimétrico foi suficientemente precisa. Observa-se que a evapotranspiração (ETc) quanto mais alta maior o conteúdo de água no solo, pois, a planta demandou mais água nesse período (Figura 11).

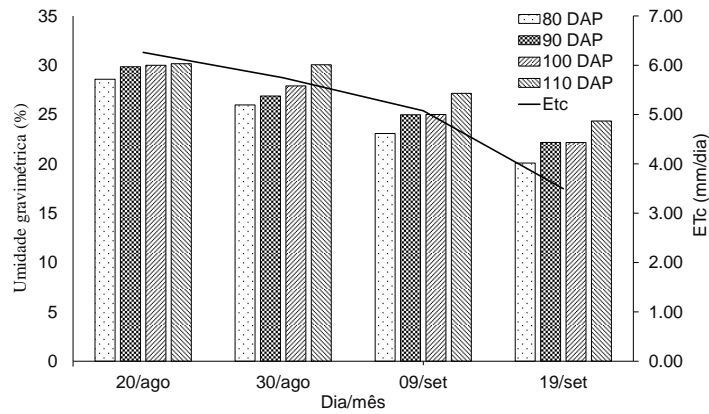


Figura 11. Umidade gravimétrica do solo e evapotranspiração da cultura (ETc) do dia, para os diferentes períodos de suspensão da irrigação, 2019.

As lâminas totais de irrigação recebidas nos tratamentos variaram de 178,65 mm a 328,88 mm. As lâminas aplicadas nos tratamentos foram inferiores as relatadas em outros trabalhos, nos quais para a cultura de grão-de-bico foi recomendada uma lâmina de até 400 mm (Tabela 9).

Cabe ressaltar que o volume de água utilizado varia de acordo com a capacidade de retenção de água do solo, sua drenagem interna e condições climáticas (GOMES et al., 2008).

Tabela 9. Lâminas de irrigação aplicadas e número de irrigações em cada tratamento durante todo o ciclo do grão-de-bico.

Dias após o plantio	Lâminas aplicadas (mm)	Número de irrigações
80	178,65	35
90	222,24	39
100	274,90	43
110	328,88	48

A eficiência do uso de água (EUA) para as duas cultivares estudadas foi calculada através da razão entre produtividade e volume de água (mm) utilizado em cada tratamento, mostrou que a melhor eficiência de uso da água em kg m^{-3} foi para o tratamento na época de suspensão da irrigação aos 90 dias após o plantio. Os tratamentos com uma maior oferta de água via irrigação proporcionaram menores EUA em grão-de-bico. Os valores da eficiência no uso da água aos 80, 90, 100 e 110 épocas corresponderam, respectivamente, para BRS Aleppo 1,04, 0,87, 0,90 e 0,75 kg m^{-3} e para BRS Toro 1,66, 1,77, 1,44 e 1,14 kg m^{-3} (Figura 12).

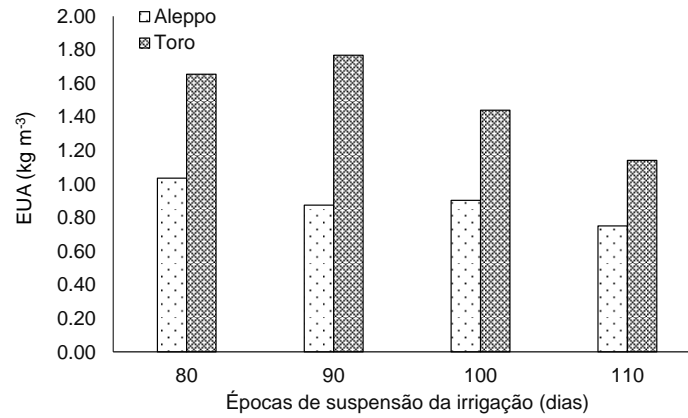


Figura 12. Eficiência de uso da água das variedades testadas, em função do período de suspensão da irrigação.

Em termos de eficiência o uso da água, o tratamento corte das irrigações aos 90 dias com a variedade BRS Toro sobressaíram aos outros tratamentos. E que em termos de eficiência do uso da água a variedade BRS Toro foi mais eficiente que a BRS Aleppo em todas as condições estudadas. Demonstrando que a cultivar BRS Toro pode ser um candidato para uso em regiões com menor disponibilidade hídrica.

5. CONCLUSÃO

As variedades BRS Aleppo e BRS Toro responderam de forma diferente aos tratamentos com época de suspensão da irrigação para as variáveis número de vagens por planta, ciclo, peso de 1000 sementes e produtividade.

Em termos de eficiência do uso da água a variedade BRS Toro foi mais eficiente que a BRS Aleppo em todas as condições estudadas.

Com os resultados obtidos pode-se recomendar a suspensão da água de irrigação aos 90 dias após o plantio, por ter apresentado maior produtividade em função da lâmina adequada e obteve melhor eficiência no uso da água, no entanto a sua recomendação depende de fatores como o tipo de solo e da ocorrência de chuvas durante e após a suspensão das irrigações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G., et al. **Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: Estudio FAO riego y drenaje, 56, p. 298, 2006.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf
- ANTUNES, I. F.; SILVEIRA, E.P. **Feijão: manual de campo**. Pelotas: Embrapa-CPACT, p. 7, 1993.
- BARBANO, M.T., et al. Comparação entre valores observados e estimados de duração dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.103-110, 2001.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, p. 399, 2009.
- BERNARDO, S. et al. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: Ed. UFV. 545p. 2019.
- DEMIRBAS, A., et al. Effects of dressing fertilizer and different nitrogen doses together with bacteria (*Rhizobium* spp.) inoculation treatments on nodulation and some parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Journal of International Scientific Publications - Agriculture & Food**, v. 5, n. 1 p. 217-225, 2017.
- DIAS, L. B. X., et al. Accelerated ageing as a vigour test on chickpea seeds. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 2, p. 339-346, 2020.
- DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos- Documentos (INFOTECA-E), p. 230, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Clima, 2018.
Disponível: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>
- ESKANDARI, H.; AMRAEE, A. A. Growth and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars as affected by plant densities under the fall dry land farming. **Iranian Journal of Field Crop Science**, v. 48, n. 3, p. 21-33, 2017.
- FERREIRA, D. F. Programa Sisvar. exe: sistema de análise de variância. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007.
- GOMES, A. da S. et al. **A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado**. Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E), p. 44, 2008
- KIRAN, A., et al. Low temperature induced aberrations in male and female reproductive organ development cause flower abortion in chickpea. **Plant, Cell and Environmental**, v. 42, n. 7, p. 2075–2089, 2019.

KIRNAK, H., et al. Effects of irrigation applied at different growth stages on chickpea yield. **Agronomy Research**, v. 15, n. 5, p. 1928-1933, 2017.

KOMAL, D., et al. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) productivity under different irrigation frequencies and mulching. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 9, p. 3638-3642, 2018.

LONDERO, G. P. et al. Supressão da irrigação: redução do uso de água e produtividade do arroz irrigado. **Irriga**, p. 43-55, 2016.

MARQUELLI, W. A. **Irrigações em campos de produção de sementes de hortaliças**. Brasília, DF, 2007.

MAURYA, O.; KUMAR, H. Crescimento da produção de grão de bico na Índia. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 5, p. 1175-1177, 2018.

NASCIMENTO, W. M., et al. **BRS Aleppo: Maior tolerância a fungos de solo**. Embrapa hortaliças, p. 2, 2014.

NASCIMENTO, W. M., et al. **BRS Toro: rusticidade e desempenho**. Embrapa hortaliças, p. 2, 2017.

SOUZA, P. J. O. P. et al. Produtividade e eficiência do uso da água do feijão-caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 119-125, 2019.

SINGH, U. et al. Changing plant architecture and density can increase chickpea productivity and facilitate for mechanical harvesting. **International Journal of Plant Production**, v. 13, n. 3, p. 193-202, 2019.

SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. Sigamplot for Windows, version 12. 2006. Disponível em: <https://systatsoftware.com/products/sigmaplot/>.

**CAPÍTULO III: TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO AO
ESTRESSE HÍDRICO**

RESUMO

O grão-de-bico é uma cultura com potencial para ser amplamente explorado, sendo de grande importância para o mercado interno, pois possui aspectos nutricionais benéficos para a saúde, além de gerar alternativas de cultivo e renda no campo. A espécie não é exigente em água, mas as maiores produtividades são alcançadas quando há irrigação suplementar no período de inverno seco, a partir do mês de maio no Centro-Oeste do Brasil. No entanto, pouco se conhece sobre o desenvolvimento da planta ao estresse hídrico nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal, e suas estratégias de tolerância a seca. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar através de teste de resistência ao estresse hídrico causado por diferenças de precipitação de aspersão, por meio de análise envolvendo variáveis morfológicas de altura, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de 100 sementes, índice de colheita e produtividade. Na condução do experimento foram feitas o manejo de irrigação obtido pela ETc baseado em dados da estação meteorológica, além do monitoramento de conteúdo de água no solo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado (DBC) em esquema fatorial 4 x 3, onde os tratamentos consistiram de quatro cultivares BRS Cícero, BRS Aleppo, BRS Toro e CP 1606 e três níveis de precipitação do aspersor (nível 1, nível 2 e nível 3), em esquema line source, com quatro repetições. As variedades de grão-de-bico foram significativamente afetadas pelos níveis de precipitação do aspersor, em razão da diferença na umidade do solo e dada pela distribuição da água dos aspersores. As plantas sob os níveis 1 e 2 de precipitação do aspersor apresentaram melhores resultados para as variáveis altura, número de vagens por planta, índice de colheita e produtividade. Enquanto que para número de sementes por vagem e peso de 100 sementes foram pouco influenciados. O nível 3 comprometeu o desenvolvimento do grão-de-bico, com efeito negativo associado a uma diminuição da altura de plantas, no número de sementes e de vagens produzidas por planta, assim como do peso de 100 sementes, o que refletiu na menor produtividade.

Palavras-chave: Irrigação; Line source; Déficit hídrico; Cicer arietinum.

ABSTRACT

Chickpeas are a crop with the potential to be widely explored, being of great importance for the domestic market, as it has beneficial nutritional aspects for health, in addition to generating alternatives for cultivation and income in the field. The species is not demanding on water, but the highest yields are achieved when there is supplementary irrigation in the dry winter period, starting in May in the Midwest of Brazil. However, little is known about the development of the plant under water stress in the edafoclimatic conditions of the Federal District, and its drought tolerance strategies. In this context, the objective of this work was to evaluate through water stress resistance test caused by differences in sprinkler precipitation, through analysis involving height morphological variables, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 seeds, harvest index and productivity. In conducting the experiment, the irrigation management obtained by ET_c was made based on data from the meteorological station, in addition to the monitoring of water content in the soil. The experimental design used was in randomized blocks (DBC) in a 4 x 3 factorial scheme, where the treatments consisted of four cultivars BRS Cícero, BRS Aleppo, BRS Toro and CP 1606 and three levels of precipitation from the sprinkler (level 1, level 2 and level 3), in a line source scheme, with four repetitions. Chickpea varieties were significantly affected by the sprinkler precipitation levels, due to the difference in soil moisture and given by the sprinkler water distribution. Plants under sprinkler precipitation levels 1 and 2 showed better results for the variables height, number of pods per plant, harvest index and productivity. While the number of seeds per pod and weight of 100 seeds were little influenced. Level 3 compromised the development of chickpeas, with a negative effect associated with a decrease in plant height, in the number of seeds and pods produced per plant, as well as in the weight of 100 seeds, which reflected in lower productivity.

Keywords: Irrigation; Line source; Water deficit; *Cicer arietinum*.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade agrícola pode ser afetada por fatores abióticos, os quais afetam o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Dentre os fatores abióticos, o estresse hídrico, dependendo da frequência e da intensidade do período de seca, associado às altas temperaturas, influencia negativamente o desenvolvimento da cultura, principalmente no estágio reprodutivo. Isto se deve ao fato de que o déficit hídrico reduz a multiplicação e divisão celular no interior do tecido vegetal, o que resulta em menor crescimento da parte aérea das plantas, que como mecanismo de defesa ao início da restrição hídrica reduzem a expansão foliar e a eficiência fotossintética (HUSSAIN et al., 2015; TAIZ et al., 2017).

No grão-de-bico o estresse hídrico antes da entrada da floração causa redução na emissão do número de ramos e de folhas, com consequente diminuição do peso da matéria seca produzida. Durante a floração conduz a diminuição na emissão de flores e de nós reprodutivos, devido a um bloqueio na extremidade apical; promovendo a um menor número de vagens e sementes e consequentemente a um decréscimo no rendimento final (KAUR et al., 2016; SINGH et al., 2016).

Plantas de grão-de-bico são bastante resistentes a secas, mas não gostam de condições úmidas. Podem ter níveis de rendimento bastante altos, com irrigações leves durante os períodos secos. Além de uma preparação adequado do solo, o uso de sementes de alto rendimento, fertilização e outras práticas culturais, programação e quantificação de irrigação também são questões bastante significativas na cultura do grão-de-bico (KIRNAK et al., 2017).

Vários autores trabalharam com irrigação e déficit hídrico com leguminosas. Quando o plantio ocorreu no mês de maio, em Montes Claros norte do estado de Minas Gerais, sob irrigação a produtividade de grão-de-bico variaram de 0,79 a 9,80 t ha⁻¹ (AVELAR et al., 2018).

Na região nordeste do Brasil (Fortaleza - CE), Jacinto et al. (2019) trabalhando com genótipos de fava submetidos ao estresse hídrico sob três regimes hídricos: irrigados conforme a necessidade da cultura, redução em 50% da necessidade e déficit hídrico severo, onde a irrigação foi totalmente suspensa observou-se que é possível de determinados genótipos sejam mais tolerantes ao déficit hídrico, evidenciando maior produtividade fotossintética, e com isso maior produtividade.

Na região de Areia (PB) o feijão caupi submetido a déficit hídrico na fase reprodutiva ocorreu baixas produtividades e eficiência no uso de água (LIMA et al., 2011). Já Silva et al. (2016) avaliando o desempenho de vinte genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de

sequeiro no Sul do estado de Roraima, concluiu que as cultivares apresentam respostas diferenciadas com relação à produtividade nos sistemas de cultivo irrigado e de sequeiro.

Há carência de estudos sobre o efeito da irrigação com déficit na produção de grão-de-bico no Brasil, principalmente, com foco em pesquisas aplicadas no campo em regiões de cultivo, tornando fator limitante para a produção irrigada sustentável da cultura. Visto que a prática da irrigação é importante para o desenvolvimento da agricultura, pois garante estabilidade da produção em períodos de déficit hídrico. Taiz et al. (2017) reforçam que a prática da irrigação de culturas reflete o fato de que a água é um recurso-chave que limita a produtividade agrícola.

Em regiões com elevado déficit hídrico ou distribuições irregulares de precipitação, a irrigação é considerada fator tecnológico imprescindível para produções agrícolas. Os sistemas de irrigação por aspersão convencional são de grande utilização no Brasil. O adequado manejo é imprescindível diante da limitação dos recursos hídricos (BRAGA, 2017; RODRIGUES et al., 2019). Esse sistema quando não há sobreposição adequada das precipitações dos aspersores ocorre uma desuniformidade da distribuição da água acarretando excesso de aplicação de água em parte da área irrigada e deficiência em outra. (ALVES et al., 2017; ARAUJO et al., 2020).

Para obter sucesso no uso da irrigação, torna-se necessário conhecer o efeito da lâmina de irrigação na produtividade e nos componentes de produção da cultura. Com isso o sistema de irrigação do tipo “*line source*” desenvolvido por Hanks et al. (1976), que permite um gradiente de aplicação de água a medida que se afasta do aspersor. Com isso pode ser utilizado para estudos dos efeitos do estresse hídrico no crescimento e desenvolvimento das plantas (WAKCHAURE et al., 2016; CONCEIÇÃO et al., 2017).

Essa informação pode ser utilizada para teste de resistência ao estresse hídrico já que o grão-de-bico é tolerante ao déficit hídrico, no entanto pouco se sabe sobre as estratégias de tolerância a seca, pois é influenciado pela quantidade de água no solo. Sabe-se que o déficit hídrico ou o excesso pode diminuir a produtividade.

2. OBJETIVO

Avaliar a tolerância a déficit hídricos de variedades de grão-de-bico cultivadas sob irrigação na condição edafoclimática do Distrito Federal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental localizada na Embrapa Hortaliças, em Brasília – DF (latitude 15°56' S, longitude 48° 08, 439' W e altitude aproximada de 1.050 m). Do ponto de vista climático, a região é classificada conforme Köppen, como Aw (tropical), chuvas nos meses de outubro até meados de abril, e com secas nos meses de maio a setembro. Temperatura média anual varia de 20 a 24°C e as precipitações pluviométricas variam de 1300 a 1700 mm (ALVARES et al., 2013).

Os dados climáticos diários e mensais foram coletados de uma estação agrometeorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), constituída por sensores de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar, precipitação (mm), evaporação (mm) e velocidade do vento (ms^{-1}). Os dados coletados foram utilizados para o cálculo da evapotranspiração (ET_o, e depois da evapotranspiração da cultura (ET_c).

Foi utilizado a metodologia “*line source*” modificada ou de precipitação diferenciada com aspersores fixos, ou seja, com um gradiente de precipitação (lâmina). Sendo os maiores valores de lâminas de irrigação para as áreas mais próximas dos aspersores, e estas foram diminuindo à medida que se afastou do ponto dos aspersores. A frequência de irrigação usada foi de 2 dias. A *line source* foi constituída de 4 aspersores de baixa pressão com mesmos diâmetros de alcance (25 m) sem sobreposição e mesma precipitação. Foram instalados em uma área de solo homogêneo e divididos em quadrantes. Testes foram realizados antes e durante o ensaio para determinar as lâminas de precipitação ao longo do raio de alcance dos aspersores à campo. As cultivares foram plantadas em faixas, seguindo as médias de precipitação de cada faixa, formado 3 faixas que fora denominada de níveis. As irrigações foram suspensas aos 90 dias após a semeadura.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro cultivares (BRS Cícero (tipo kabuli), BRS Aleppo (tipo kabuli), BRS Toro (tipo kabuli) e CP 1606 (tipo desi) e três níveis de precipitação do aspersor (nível 1, nível 2 e nível 3) com quatro repetições.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2018), fase cerrado e de textura argilosa. As características químicas do solo estão na Tabela 10.

Foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade, que foram enviadas ao laboratório de solo da Embrapa Hortaliças para análises física de granulometria e química. A análise granulométrica indicou o solo de textura argilosa

(52% de argila, 35% de silte e 7% de areia). Testes de laboratório mostraram que o solo do local possui densidade média aparente (Da) de 1.1 g/cm³.

Tabela 10. Atributos químicos do solo da área anterior à instalação do experimento e textura física do solo. Brasília, DF, 2019.

Amostra	Análise química								Matéria Orgânica
	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	
	-----mg/dm ³ -----				-----Cmolc/dm ³ -----				g/dm ³
0 – 20	6,3	2,1	180	24	2,4	1,8	0,1	3,0	27,9
20 – 30	5,9	5,3	345	32	2,6	1,7	0,2	4,6	39,0
Amostra	Análise química						Granulometria		
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Argila	Silte	Areia
	-----mg/dm ³ -----						Textura		
0 – 20	0,04	1,3	38,3	23,8	1,2	19,5	580	350	7
20 – 30	0,05	1,8	58,3	42,2	3,0	11,3			

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – Brasília (DF).

Foi realizado o tratamento das sementes para controlar insetos e doenças, que comprometem o desenvolvimento inicial da cultura. O produto usado foi à base de carboxim (Carboxina, 200 g/L+Carboxanilida 200 g/L) na dose 250mL p.c./100kg de sementes recomendada para soja.

A semeadura ocorreu em 05/06/2019, em parcelas contendo três linhas de 3m e 18 sementes por metro linear. O cultivo foi manejado conforme as especificidades da cultura, com adubação na proporção de 250 kg ha⁻¹ de NPK (formulado 4-30-16) no momento do plantio, enquanto que 30 kg ha⁻¹ de uréia foram aplicados quatro semanas após o plantio, conforme a análise de solo.

Durante a condução do experimento foram feitas aplicações com inseticida Deltametrina (5 g/ha) para controle lagarta do gênero *Heliothis*, que apresentou pico populacional na época de florescimento e maturação das vagens.

As ervas daninhas foram controladas por aplicação pré-emergência de pendimetalina a 1,0 kg a.i. ha⁻¹ e capina manual aos 40 dias após a semeadura para manter a colheita livre de ervas daninhas

O sistema de irrigação utilizado foi de aspersão com espaçamento entre aspersores de 24m metros, e diâmetro de alcance de 25m. Foram instalados coletores na área com espaçamento de 1 metro totalizando 63 coletores, instalados à altura de 0,50 m. A lâmina obtida em cada coletor representou a precipitação do aspersor nas subáreas.

O manejo de irrigação foi obtido pela ETc (BERNARDO et al. 2019) baseado em dados da estação meteorológica instalada na área e utilizado os coeficientes da cultura (Kc) para os diferentes estádios de desenvolvimento do grão-de-bico propostos pela FAO (ALLEN et al. 2006). As imposições dos tratamentos foram conforme a Tabela 11 e a disposição dos tratamentos em campo pode ser visualizado através do croqui na Figura 13.

Tabela 11. Composição dos tratamentos com os níveis de irrigação baseados na diferença de precipitação no raio molhado em função da distância do aspersor.

Tratamento	Nível	Raio distância do aspersor (m)
Variedades 1, 2, 3 e 4	1	0,5 – 3,5
Variedades 1, 2, 3 e 4	2	4,5 – 7,5
Variedades 1, 2, 3 e 4	3	8,5 – 11,5

Variedades 1: BRS Cícero, 2: BRS Aleppo, 3: BRS Toro, 4: CP 1606

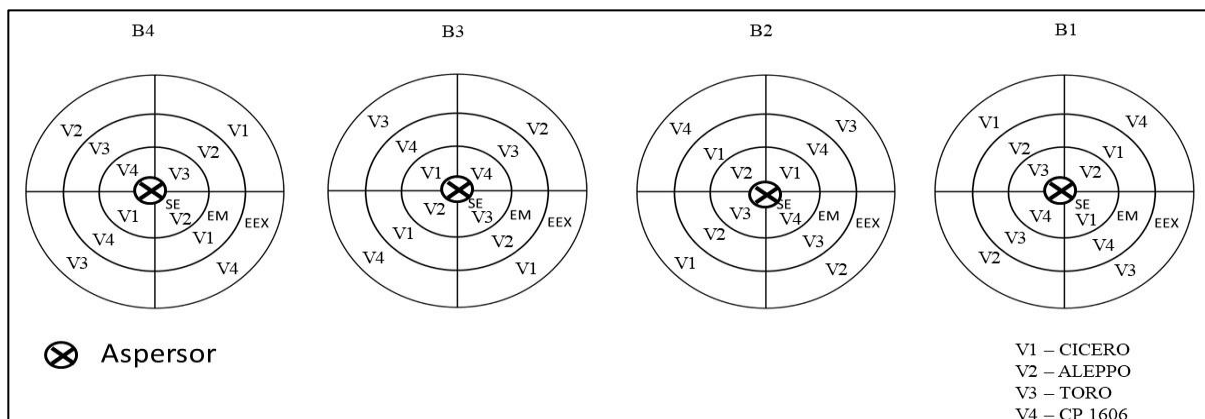


Figura 13. Croqui do experimento em esquema *line source*, em blocos casualizados com quatro cultivares de grão-de-bico.

Foi realizado o monitoramento de conteúdo de água no solo, através da retirada de amostras de solo dentro das parcelas experimentais irrigadas. O monitoramento do conteúdo de água no solo foi efetuado pelo método gravimétrico, onde foram coletadas amostras de solo, nas profundidades de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,3 m, as quais, logo após, foram levadas para o laboratório de irrigação, para pesagem e secagem em estufa por um período de 48 horas (105 °C) seguindo o Manual de métodos de análise de solos (DONAGEMA et al., 2011).

As coletas de solo ocorreram antes e após as irrigações, como forma de se aferir os valores de conteúdo de água no solo e possibilitar possíveis ajustes das irrigações.

Com o monitoramento foi possível conhecer as condições de disponibilidade de água no solo, tanto em termos de umidade volumétrica, como em termos de potencial de água no solo, com as quais foi mantida a cultura do grão-de-bico, com a aplicação dos tratamentos.

A umidade gravimétrica (U_g , kg kg⁻¹) de uma amostra de solo é a relação entre a massa da água e a dos sólidos nela contidos. Os cálculos do teor de água no solo foram feitos de acordo com a fórmula: $U_g = ((PU-PS)) / ((PS-PR))$

Onde: U_g é a umidade gravimétrica (kg kg⁻¹); PU é a massa umidade da amostra (kg); PS massa da amostra seca (kg); e PR peso do recipiente.

As avaliações das características agronômicas foram:

Altura de planta em cm (AP): altura de 10 plantas de cada parcela escolhidas ao acaso, medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha ou vagem da haste principal.

Após a colheita de 10 plantas escolhidas ao acaso, em cada área útil das parcelas experimentais foram determinadas as seguintes variáveis:

Número de vagens por planta (NVP): foram colhidas 10 plantas de cada parcela, por ocasião da maturação realizou-se a contagem do número de vagens por planta.

Número de grãos por vagem (NGV): contagem direta do número de grãos por vagem.

Peso de 100 sementes (P100): foi determinada por parcela experimental, selecionadas aleatoriamente após a debulha. Em seguida, realizaram-se as pesagens com o auxílio de balança analítica, com precisão de 0,001 g, conforme Regras para Análise de Sementes, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

Índice de colheita (IC) em %: a razão entre o rendimento de grãos e a matéria seca acima do solo, calculado multiplicando o rendimento de grãos por 100 e dividindo pelo rendimento biológico.

Produtividade de grãos (PROD) em kg ha⁻¹: peso total dos grãos colhidos na área útil da parcela.

Os dados passaram pelas análises de pressupostos e normalidade dos resíduos. E os resultados foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA) para cada parâmetro estudado. As médias foram comparadas através de testes de Scott Knott. Após isso foi feita a regressão para os fatores quantitativos. O programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007) e do programa SigmaPlot® versão 12 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2006) para confecção de gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas observadas a partir da semeadura da cultura (05/06/2019) estão apresentadas na Figura 14. Em termos médios verificou-se temperatura do ar foi de 22,07 °C, com valores médios máximos de 23,07 °C e mínimos de 21,09 °C para todo o ciclo da cultura. Não houve precipitação durante a condução do ensaio. A umidade relativa máxima do ar foi de 51,5% e mínima de 44,89%, a radiação solar diária de 833,00 MJ m⁻² d⁻¹ e velocidade do vento de 2,73 m s⁻¹. Sob essas condições naturais, observa-se no gráfico que com o aumento da radiação solar, e temperatura aumentou e a umidade relativa do ar diminuiu. Os valores acumulados de ETc foram de 241,9 mm. Os maiores valores de ETc (mm dia⁻¹) coincidiram com baixa umidade relativa e elevada temperatura no mesmo período.

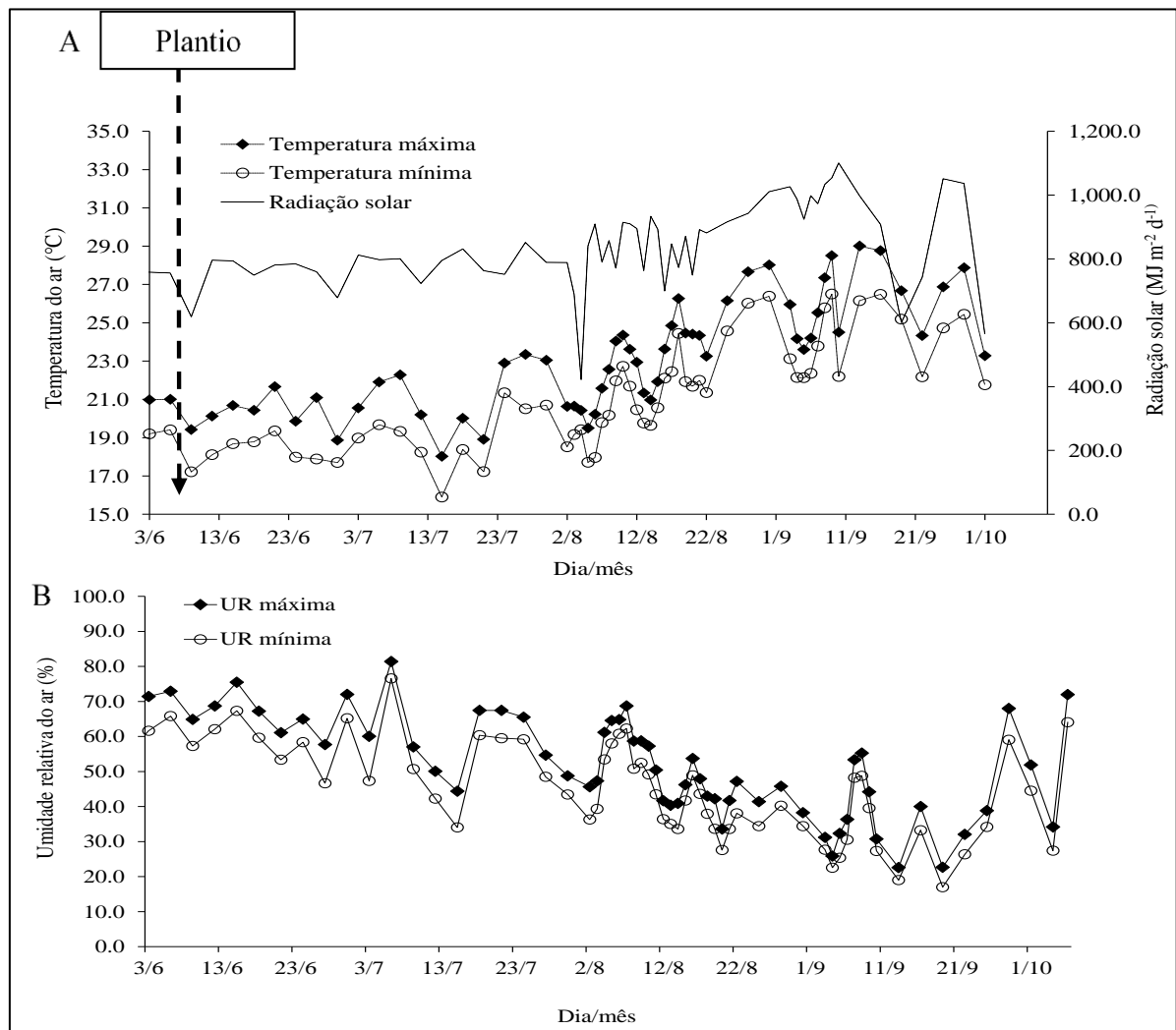


Figura 14. Temperatura, radiação solar diária, umidade relativa do ar durante o período do experimento.

Neste trabalho em questão foi possível observar que a temperatura média ficou dentro do ideal durante a condução da cultura, que é de 15 a 30°C. Temperaturas mais baixas e que a recomendada, pode gerar efeitos negativos como atraso no florescimento, e temperaturas mais alta pode causar abortamento de flores e vagens, além da redução no tamanho das sementes. Os efeitos da temperatura são mais severos em função do número de dias consecutivos sob altas temperatura (KIRAN et al., 2019; BARBANO et al., 2001).

Com relação ao ciclo da cultura, após a semeadura (05/06/2019), em meados de 19/07/2019 as parcelas encontravam-se com 50% de florescimento, a partir de 02/08/2019 já pode ser visualizado o início de formação das vagens; e a partir de 29/09/2019 iniciou-se a colheita.

O resumo da análise de variância é apresentado na Tabela 12, quando o grão-de-bico foi submetido a diferentes níveis de irrigação, avaliando as interações houve diferença significativa a 5% de probabilidade para as variáveis número de vagens por planta, índice de colheita e produtividade. Isoladamente para o fator variedade em altura de planta, número de sementes por vagem e produtividade mostrou significância a 5%. Para o fator nível a significância a 1% para as variáveis altura número de vagens por planta, peso de 100 sementes e produtividade.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para altura (AP), número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), peso de 100 sementes (P100), índice de colheita (IC) e produtividade (PROD) em cultivares de grão-de-bico submetidos a níveis de estresse hídrico.

FV	GL	AP	NVP	NSV	P100	IC	PROD
Bloco	3	267,74*	84,94ns	0,0018ns	9,62ns	285,89ns	104151,64ns
Variedade	3	246,21*	3121,32**	0,018*	1522,42**	372,24ns	509003,39*
Nível	2	1169,93**	6444,54**	0,020*	138,84**	3026,20**	46627,57**
Interação (V x N)	6	63,48ns	317,00*	0,005ns	7,486ns	550,11*	42762,13*
Erro	33	45,83	98,93	0,004	11,05	139,16	149984,22
Total	47						
Média geral		37,11	40,99	1,08	40,85	42,63	1238,96
C.V. (%)		18,25	24,26	9,21	8,14	17,67	21,26

FV: fatores de variação; GL: grau de liberdade; C.V.: coeficiente de variação; ^{ns}Não significativo; *Valor significativo no teste F a 5% de probabilidade e **Valor significativo no teste F a 1% de probabilidade.

A altura de planta da variedade BRS Cícero dentro de cada nível de irrigação não foi significativa. Para as variedades BRS Aleppo, BRS Toro e CP 1606 houve diferença

significativa em função dos níveis de irrigação. No entanto, para todas as variedades foram observadas uma redução de altura em função dos níveis de irrigação. As variedades sob irrigação no nível 3 sofreram redução da altura média de planta. Essa diferença se deve as menores precipitações do aspersor ocorridas na faixa de nível 3 onde as plantas de grão-de-bico receberam ao longo do ciclo de produção, proporcionalmente, menos água do que os outros dois níveis (Tabela 13).

Neste trabalho a altura obtida pela variedade BRS Aleppo não atingiu a média de 66 cm como o encontrado por Avelar et al (2018). A variedade CP1606, do grupo desi, atingiu altura de 36,45 cm sendo superiores aos encontrados por Artiaga et al (2015) para variedades do mesmo grupo, apresentando média de 33 cm.

Tabela 13. Teste de médias da altura de planta (cm) em função dos níveis de irrigação em variedades de grão-de-bico.

Altura de planta (cm)	Níveis de irrigação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
BRS Cícero	35,53 Ba	35,82 Aa	26,30 Aa
BRS Aleppo	50,80 Aa	44,65 Aa	31,27 Ab
BRS Toro	52,82 Aa	38,40 Ab	27,20 Ac
CP 1606	39,46 Ba	36,45 Aa	26,48 Ab

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Os componentes: número de vagens por planta e número de sementes por vagem foram afetados pelo déficit hídrico na fase reprodutiva. As médias de número de vagens por planta variaram de 34,20 (BRS Cícero) a 90,70 (BRS Aleppo) no nível 1, de 28,37 (BRS Cícero) a 65,92 (BRS Aleppo) no nível 2 e de 11,32 (BRS Toro) a 35,10 (BRS Aleppo) no nível 3.

Para o número de sementes por vagem as médias foram 1,04 (BRS Cícero) a 1,18 (CP 1606) no nível 1, de 1,03 (BRS Toro) a 1,11 (BRS Aleppo) no nível 2, e de 1,02 (CP 1606) a 1,07 (BRS Aleppo) no nível 3 (Tabela 14).

A diferença significativa para fator variedade se deu somente para o CP 1606. Com relação ao segundo fator, somente o nível 1 apresentou diferença significativa.

Observa-se pelos resultados que a diferenciação de lâminas aplicadas pelo aspersor na fase reprodutiva influenciou no número de vagens por planta e no número de grãos por vagem. Pode-se afirmar que a precipitação de água do aspersor nos níveis 1 e 2 de água mais adequadas induziu a uma boa floração e formação de vagens e enchimento de grãos.

Os dados indicam que a variedade BRS Aleppo teve uma maior tolerância à seca no nível 3. Que segundo KAUR et al (2016), algumas plantas podem ativar um mecanismo de resistência à seca, e assim buscar condições para superar o déficit hídrico.

Tabela 14. Médias do número de vagens por planta e número de sementes por vagem em função dos níveis de irrigação em variedades de grão-de-bico.

Número de vagens por planta	Níveis de irrigação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
BRS Cícero	34,20 Ca	28,37 Ca	15,60 Bb
BRS Aleppo	90,70 Aa	65,92 Ab	35,10 Ac
BRS Toro	52,67 Ba	48,30 Ba	11,32 Bb
CP 1606	58,72 Ba	35,42 Cb	15,57 Bc

Número de sementes por vagem	Níveis de irrigação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
BRS Cícero	1,04 Ba	1,05 Aa	1,04 Aa
BRS Aleppo	1,17 Aa	1,11 Aa	1,07 Aa
BRS Toro	1,07 Ba	1,03 Aa	1,03 Aa
CP 1606	1,18 Aa	1,10 Aa	1,02 Ab

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O efeito do nível de precipitação e da variedade sobre o peso de 100 sementes foi significativo ($p < 0,05$). O peso de 100 sementes variou de 32,94 g (CP 1606) a 59,18 g (BRS Cícero) no nível 1, de 34,69 g (CP 1606) a 57,95 g (BRS Cícero) no nível 2, e de 29,67 g (CP 1606) a 54,74 g (BRS Cícero) no nível 3 (Tabela 15)

A variedade BRS Cícero obteve o maior peso de 100 sementes com 59,18g. Mas não se diferenciou significativamente entre os níveis de precipitação. Em outro trabalho para a variedade BRS Cícero o peso de 100 sementes encontrado sob irrigação variou de 42,0 a 60,0 gramas (HOSKEM et al., 2017).

Observa-se um aumento do peso de 100 sementes obtida devido no nível 1, onde possivelmente a precipitação ocorrida nos estágios de floração + formação de vagens inferiu no peso de sementes. Enquanto os valores mínimos no nível 3 foram registrados a partir de parcelas que sofreram uma precipitação deficitária nos estádios de produção.

Singh et al. (2016) também relataram que o peso de 100 sementes com irrigação na fase vegetativa / floração aumentou significativamente, e foi aumentado ainda mais por irrigação adicional na fase de formação de vagens.

Tabela 15. Testes de Médias do peso de 100 sementes em função dos níveis de irrigação em variedades de grão-de-bico.

Peso de 100 sementes (g)	Níveis de irrigação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
BRS Cícero	59,18 Aa	57,95 Aa	54,74 Aa
BRS Aleppo	37,20 Ca	35,52 Ca	31,93 Ba
BRS Toro	42,38 Ba	40,45 Ba	33,60 Bb
CP 1606	32,94 Ca	34,69 Ca	29,67 Ba

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O índice de colheita foi afetado significativamente para a interação variedade x nível ($p < 0,05$) e efeito isolado para o fator nível ($p < 0,01$).

O índice variou de 22,14 (CP 1606) no nível 3 a 63,93 (BRS Cícero) no nível 2 (Tabela 16). Os valores encontrados foram similares ou superiores aos descritos por trabalhos recentes com grão-de-bico, sob cultivo de sequeiro um índice que variavam de 29,53 a 49,07% (ESKANDARI et al., 2017). E com irrigações nos estádios de pré-floração e desenvolvimento de vagens, um índice de colheita de 24 a 32% (SINGH et al., 2019).

Tabela 16. Médias do índice de colheita em função dos níveis de irrigação em variedades de grão-de-bico.

Índice de colheita (%)	Níveis de irrigação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
BRS Cícero	53,87 Aa	63,93 Aa	32,20 Ab
BRS Aleppo	43,80 Aa	46,12 Ba	41,68 Aa
BRS Toro	43,53 Ab	60,81 Aa	22,36 Bc
CP 1606	55,03 Aa	37,12 Bb	22,14 Bb

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Houve interação significativa entre os fatores variedade x níveis ($p < 0,05$). Entre variedades a produtividade foi maior nos níveis 1 e 2, e menor no nível 3 de precipitação de água.

Nos níveis 1 e 2 as precipitações foram suficientes para promover bons resultados na produtividade de todas as variedades. A produtividade variou de 493,63 (BRS Toro) a 2284,22 kg ha⁻¹ (BRS Aleppo) (Tabela 17). A irrigação deficitária no nível 3 promoveu as menores

produtividades para todas as variedades estudadas. É provável que a imposição do déficit hídrico durante todo o ciclo da cultura possa ter influenciado na baixa produtividade da cultura.

Na condição de nível 1 a variedade BRS Aleppo se mostrou mais produtiva. Segundo Nascimento et al. (2014), a cultivar BRS Aleppo mostrou ser comparada com a cultivar BRS Cícero, até 3 vezes mais produtiva, quando cultivada em sequeiro e até 2 vezes mais em cultivos irrigados. Isso mostra características da variedade de maior tolerância a condições edafoclimáticas desfavoráveis, para o cultivo de grão-de-bico, também a fungos de solo.

A variedade do tipo desi CP1606 foi a única que entre no nível 3 de irrigação obteve produtividade estatisticamente igual aos do tipo kabuli. Esse resultado foi similar ao encontrado por Muruiki et al. (2018), onde a capacidade genética inerente do tipo desi tolerou mais a deficiência hídrica em comparação as variedades do tipo kabuli.

Tabela 17. Médias da produtividade em função dos níveis de irrigação em variedades de grão-de-bico.

Produtividade Kg ha ⁻¹	Níveis de irrigação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
BRS Cícero	1428,41 Ba	1625,54 Aa	581,88 Ab
BRS Aleppo	2284,22 Aa	1736,26 Aa	578,86 Ab
BRS Toro	1630,61 Ba	1331,04 Aa	493,63 Ab
CP 1606	1372,11 Ba	913,13 Ba	891,72 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

O valor da lâmina de água total aplicada estimada pela evapotranspiração da cultura (ETc) e total, utilizando o método Ivanov, foi de 241,9 mm.

O teor da umidade do solo expresso em % (v/v), em função dos níveis de precipitação do aspersor apresentou regressão significativa ($R^2 = 0,81$). A umidade do solo teve efeito significativo sobre os níveis de precipitação, onde os valores variaram de 30,31% no nível 1 a 24,23% no nível 3 (Figura 15), sendo que a capacidade de campo desse solo foi estimada em 37,5%

Essa diferença encontrada sobre a umidade do solo pode explicar grande parte das diferenças dos componentes de produção para as variedades de grão-de-bico. Verifica-se um crescimento reduzido na periferia da área (nível 3), em virtude do efeito da lâmina de água reduzida se comparando com o início da área (nível 1).

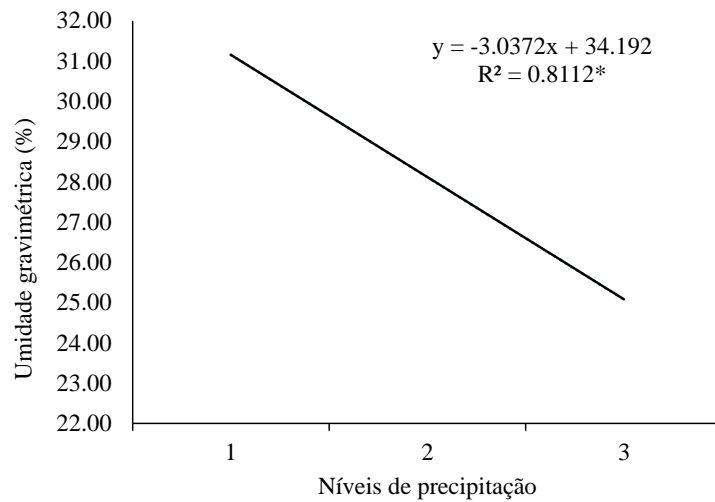


Figura 15. Umidade gravimétrica do solo, base de peso, em função dos níveis de precipitação do aspersor. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade estatística ($p < 0,05$).

Na Figura 16 estão representados os perfis de distribuição de água para os três níveis de precipitação do aspersor em teste de campo. A distribuição da precipitação do aspersor apresentou regressão significativa, $R^2 = 0.99$ ($p = 0.021$). Para o nível 1 a quantidade de água amostrada média foi de 116,00 mL (lâmina de 23,20mm), o nível 2 foi coletada 70,38 mL (lâmina de 14,07mm) de água, e no nível 3 de 32,38 mL (lâmina de 6,47mm). Esses dados mostram que os níveis 2 e 3, receberam cerca de 40% e 70%, menos de água do que o nível 1.

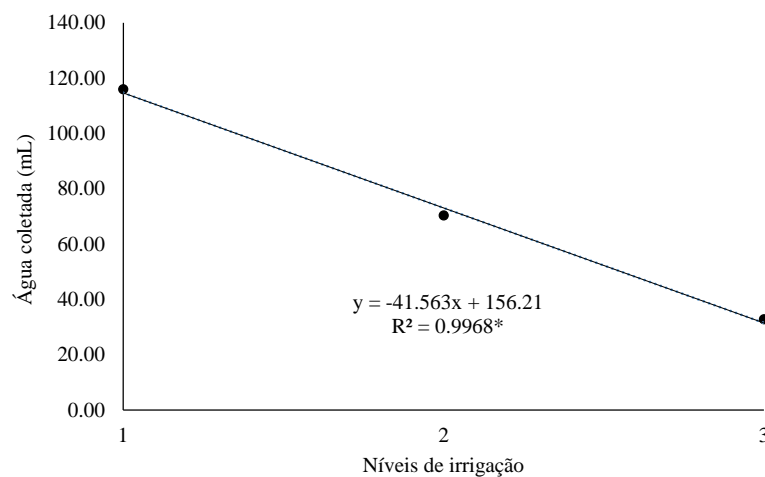


Figura 16. Água coletada em coletores de precipitação do aspersor em função dos níveis de irrigação. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade estatística ($p < 0,05$).

Com a identificação do monitoramento do conteúdo de água no solo, pode-se verificar que as variedades de grão-de-bico tiveram desenvolvimento satisfatório ao longo do ciclo de cultivo nos níveis 1 e 2. E insatisfatório no nível 3, pois ocorreu maior déficit hídrico, o que afetou, provavelmente, a floração, e o enchimento de vagens.

Ramos Gomes et al. (2017) ressaltam que a determinação da umidade do solo é de suma importância no manejo da irrigação, pois as culturas exigem valor mínimo de disponibilidade hídrica, que facultará as plantas, o bom desenvolvimento.

Com os resultados foi possível observar que houve um decréscimo da umidade do solo e, conseqüentemente, da quantidade de água aplicada em função dos níveis de precipitação do aspersor. Assim é possível afirmar que devido a aplicação de lâminas de irrigação distintas ao longo do raio de precipitação dos aspersores, o desenvolvimento das variedades de grão de bico testados, foram afetadas negativamente diminuindo a produtividade à medida que se distancia do centro do raio de precipitação dos aspersores. Isso era esperado devido ao déficit hídrico sofrido pelas plantas.

5. CONCLUSÃO

As variedades de grão-de-bico foram significativamente afetadas pelos níveis de precipitação do aspersor, em razão da diferença na umidade do solo e da distribuição da água.

As plantas sob os níveis 1 e 2 de precipitação do aspersor apresentaram melhores resultados para as variáveis altura, número de vagens por planta, índice de colheita e produtividade. Enquanto o número de sementes por vagem, e, peso de 100 sementes foram pouco influenciados.

O déficit hídrico imposto pela diferença das precipitações fez efeito principalmente no nível 3, onde comprometeu as fases vegetativa e reprodutiva do grão-de-bico, o efeito negativo esteve associado a uma diminuição da altura de plantas, no número de sementes e de vagens produzidas por planta, assim como do peso de 100 sementes, o que refletiu em menores produtividades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G., et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: Estudios FAO Riego y Drenaje 56, p. 298, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- ALVARES, C. A. et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf
- ALVES, S. É. et al. Caracterização de sistema de irrigação por aspersão convencional dimensionado com vazão econômica e prática e diferentes configurações hidráulicas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 8, p. 2172-2182, 2017.
- ARAUJO, E. D. et al. Predictive models of water application and distribution efficiency in conventional sprinkling. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 1, p. 24-33, 2020.
- ARTIAGA, O. P., et al. Avaliação de genótipos de grão-de-bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, v.10, n. 1, p. 102-109, 2015.
- AVELAR, R. I. S. et al. Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 146-155, 2018.
- BARBANO, M. T. et al. Comparação entre valores observados e estimados de duração dos diferentes subperíodos de desenvolvimento da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.103-110, 2001.
- BERNARDO, S. et al. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: Ed. UFV. 545p. 2019.
- BRAGA, M. B. In: LOPES, C. A.; PEDROSO, M. T. M. **A sustentabilidade da irrigação no Brasil**. Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática. Brasília, DF: Embrapa, p. 253-270, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164936/1/Sustentabilidade-e-horticultura-254-271.pdf>. Acesso em: 09 out. 2018.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, p. 399, 2009.
- CONCEIÇÃO, C. G. et al. Influência de lâminas de irrigação sobre a produção do feijão comum conduzido na 2ª safra. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1876-1883, 2017.
- DONAGEMMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos- Documentos (INFOTECA-E), p. 230, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Clima, 2018. Disponível: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>

ESKANDARI, H.; AMRAEE, A. A. Growth and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars as affected by plant densities under the fall dry land farming. **Iranian Journal of Field Crop Science**, v. 48, n. 3, p. 21-33, 2017.

FERREIRA, D. F. Programa Sisvar. exe: sistema de análise de variância. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007.

HANS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P.; WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, p. 426-429, 1976.

HOSKEM, B. C. S., et al. Produtividade e qualidade de sementes de grão de bico no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrícolas**, v.12, n.3, p.261-263, 2017.

HUSSAIN, N. et al. Chickpea genotypes evaluation for morpho-yield traits under water stress conditions. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 25, n. 1, p. 206-211, 2015.

JACINTO, S. G. J., et al. Respostas fisiológicas de genótipos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 413-422, 2019.

KAUR, D., et al. Water deficit stress tolerance in chickpea is mediated by the contribution of integrative defence systems in different tissues of the plant. **Functional Plant Biology**, v. 43, n. 10, p. 903-918, 2016.

KIRAN, A., et al. Low temperature induced aberrations in male and female reproductive organ development cause flower abortion in Chickpea. **Plant, Cell and Environmental**, v. 42, n. 7, p. 2075–2089, 2019.

KIRNAK, H., et al. Effects of irrigation applied at different growth stages on chickpea yield. **Agronomy Research**, v. 15, n. 5, p. 1928-1933, 2017.

LIMA, J. R. S., et al. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 65-74, 2011.

MURUIKI, R., et al. Effect of drought stress on yield performance of parental chickpea genotypes in semi-arid tropics. **Journal of Life Sciences**, v. 12, n. 3, p. 159-168, 2018.

NASCIMENTO, W. M., et al. BRS Aleppo: grão-de-bico - Maior tolerância a fungos de solo. Embrapa hortaliças, p. 2, 2014.

RAMOS GOMES, E. et al. Utilização de sensor e tensiômetro no monitoramento da umidade do solo na cultura do feijoeiro sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v. 11, n. 7, p. 2076 – 2083, 2017.

RODRIGUES, L. G. et al. Coeficientes de uniformidade em aspersores de baixa vazão com diferentes arranjos e altura da haste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 170-180, 2019.

SILVA, G. C., et al. Rendimento de grãos secos e componentes de produção de genótipos de feijão-caupi em cultivo irrigado e de sequeiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 342-350, 2016.

SINGH, G., et al. Irrigation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) increases yield but not water productivity. **Experimental Agriculture**, v. 52, n. 1, p. 1 - 13, 2016.

SINGH, U. et al. Changing plant architecture and density can increase chickpea productivity and facilitate for mechanical harvesting. **International Journal of Plant Production**, v. 13, n. 3, p. 193-202, 2019.

SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. Sigamplot for Windows, version 12. 2006. Disponível em: <https://systatsoftware.com/products/sigmaplot/>.

TAIZ, L., et al. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, ed. 6, p. 918, 2017.

WAKCHAURE, G. C. et al. Optimising supplemental irrigation for wheat (*Triticum aestivum* L.) and the impact of plant bio-regulators in a semi-arid region of Deccan Plateau in India. **Agricultural Water Management**, v. 172, p. 9-17, 2016.