



Crescimento e produção do feijoeiro comum, cultivar “Querência”, do grupo carioca, submetido à restrição hídrica em ambiente protegido

Sandro Dan Tatagiba¹, Ana Luiza Pirolli Figueiredo¹, Luana Brancaleoni¹, Camila Carelli¹, Gustavo Formentin Modolon¹

RESUMO: Buscou-se investigar neste trabalho o crescimento vegetativo e a produção do feijoeiro comum, cultivar “Querência”, submetido à restrição hídrica durante o seu ciclo. Para esta finalidade, plantas de feijoeiro foram cultivadas em vasos de 8 dm³ e submetidas aos tratamentos de 50 (D+) e 100% (D-) da capacidade de campo. Foram avaliadas as seguintes características: altura da planta, diâmetro do coleto, comprimento da raiz, área foliar, matéria seca das folhas, haste e ramos, da raiz e total, além do número de vagens, matéria seca das vagens e dos grãos e a estimativa de produtividade. O experimento foi realizado em casa de vegetação, no *Campus* Videira, pertencente ao Instituto Federal Catarinense, disposto num delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Os resultados obtidos mostraram que houve um menor crescimento vegetativo nas plantas submetidas à restrição hídrica (D+), evidenciado pelos decréscimos em altura, área foliar e a matéria seca das plantas, além de queda na produção, verificado principalmente pela matéria seca dos grãos e a estimativa de produtividade, demonstrando a necessidade do controle adequado de água no solo como estratégia de manejo para a produção.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, déficit hídrico, análise de crescimento.

Growth and production of common bean, cultivar “Querência”, from the Rio group, subjected to water restriction in a protected environment

ABSTRACT: In this work, we sought to investigate the vegetative growth and production of the common bean plant, cultivar “Querência”, subjected to water restriction during its cycle. For this purpose, bean plants were grown in 8 dm³ pots and subjected to treatments of 50 (D+) and 100% (D-) of field capacity. The following characteristics were evaluated: plant height, stem diameter, root length, leaf area, dry matter of leaves, stem and branches, root and total, in addition to the number of pods, dry matter of pods and grains and the productivity estimation. The experiment was carried out in a greenhouse, at *Campus* Videira, belonging to the Instituto Federal Catarinense, arranged in a completely randomized experimental design, in a scheme of subdivided plots in time, with four replications. The results obtained showed that there was less vegetative growth in plants subjected to water restriction (D+), evidenced by decreases in height, leaf area and dry matter of the plants, in addition to a drop in production, verified mainly by the dry matter of the grains and the productivity estimate, demonstrating the need for adequate control of water in the soil as a management strategy for production.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, water deficit, growth analysis.

INTRODUÇÃO

O feijão comum, *Phaseolus vulgaris* L., é um dos grãos mais importantes na agricultura brasileira, com produção na safra 2019/2020 de 3.229,8 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Além de sua importância econômica, possui também importância cultural e social, estando presente na alimentação diária da maioria das famílias brasileiras. O consumo per capita do feijão brasileiro é de 200,8 g/dia (BEZERRA et al., 2013). A produtividade média brasileira é de 1.104 kg/ha (CONAB, 2020), enquanto pode chegar a mais de 3.000 kg/ha em lavouras irrigadas utilizando alta tecnologia (JUSTINO et al., 2019).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) prevê que até 2050, ocorrerá um aumento de 34% da população humana concentrada principalmente nas áreas urbanas (TIAN et al., 2021), o que restringirá a produção e distribuição de alimentos, resultando em fome e desnutrição, atingindo especialmente grupos de baixa renda (PHILIPPIDIS et al., 2021). Nesse contexto, o feijoeiro, se torna uma alternativa promissora, considerando a sua importância socioeconômica como cultura de subsistência no país (HARA et al., 2022).

Recebido em 09/04/2024; Aceito para publicação em 22/05/2024

¹ Instituto Federal Catarinense

*e-mail: sandrodantatagiba@yahoo.com.br

Pesquisas têm demonstrado que a produtividade do feijoeiro pode ser afetada de forma drástica pela deficiência hídrica em pelo menos uma das fases de desenvolvimento, apresentando baixas produtividades quando submetido às práticas inadequadas de manejo (SOUZA et al., 2020; SILVA et al., 2020). O déficit hídrico é um fator agravante para a perda da produtividade vegetal, por afetar o crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (CAVALCANTE, 2021), através da diminuição da condutância estomática, aumentando a resistência ao vapor de água, através do fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, por conseguinte, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (DUTRA et al., 2017).

De acordo com Santos et al. (2020) e Paiva et al. (2018), quando ocorre a deficiência hídrica no período após a semeadura do feijoeiro, implicações são ocasionadas diretamente na sua germinação, limitando o crescimento inicial e o vigor das plântulas, todavia, a germinação se mantém mesmo em altos níveis de estresse, indicando uma certa tolerância. Na fase vegetativa, Silva (2019) relata que, ocorre diminuição do potencial hídrico foliar e redução no crescimento. Ainda, Ayala et al. (2020) destacam que a deficiência hídrica pode promover redução da biomassa vegetal, por afetar as trocas gasosas através da redução da condutância estomática e da transpiração, resultando assim, em perda de taxa fotossintética.

Os efeitos do déficit hídrico no feijoeiro são adversos e depende da sua intensidade e duração, da fase em que a cultura se encontra no momento em que é acometida e da sua capacidade de tolerância (LEMONS et al., 2022; FREITAS et al., 2017). O feijoeiro é considerado uma planta sensível ao déficit hídrico devido à baixa capacidade de recuperação após a ocorrência de deficiência hídrica no solo (GUIMARÃES, 1996). O crescimento de um vegetal depende, em termos gerais, da divisão, do desenvolvimento e da expansão celular, processos sensíveis ao déficit hídrico, principalmente na fase de alongamento celular. A água, além de ser o principal constituinte do protoplasma, participa diretamente de inúmeras reações químicas, responsáveis pela turgescência celular (TATAGIBA et al., 2013). A redução da absorção de água e a consequente desidratação das células comprometem os processos fisiológicos afetando, assim, todos os componentes de crescimento (PÁEZ et al., 1995).

Uma das principais estratégias de mitigação e adaptação aos cenários atuais e futuros de produção de alimentos é a escolha de cultivares que utilizam recursos do meio de forma eficiente, mesmo em condições limitantes como o déficit hídrico (PETER et al., 2020), que se torna cada vez mais comum em

regiões subtropicais, devido à falta de chuvas e maior demanda evaporativa do ar (VICENTE-SERRANO et al., 2020). Diante desses aspectos, evidencia-se a necessidade do monitoramento da água no solo a fim de favorecer o estabelecimento de uma estratégia efetiva de manejo, visando à obtenção de rendimentos satisfatórios e lucrativos para o cultivo do feijoeiro. Sendo assim, buscou-se, neste estudo, investigar o crescimento vegetativo e a produção do feijoeiro comum, cultivar “Querência” durante o ciclo cultural, submetido ou não à restrição hídrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal Catarinense - Campus Videira, localizado na rodovia SC 135, Km 125, bairro Campo Experimental, no município de Videira, estado de Santa Catarina.

O município encontra-se na zona agroecológica do Vale do Rio do Peixe, com clima subtropical, segundo classificação de Koppen, apresentando temperatura moderada, chuva bem distribuída e verão brando. Podem ocorrer geadas, tanto no inverno como no outono. As temperaturas médias são inferiores a 20°C, exceto no verão. No inverno a média é inferior a 14°C, com mínimas inferiores a 8°C.

Material experimental

Sementes de feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, cultivar SCS207 “Querência” do grupo carioca, gerado e registrado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), foram semeadas e crescidas em vasos plásticos contendo 8 dm³ de substrato, constituído de uma mistura de terra extraída da camada de 0,40 a 0,80 m de profundidade de um Argissolo Vermelho Distrófico e substrato comercial Tropstrato[®] (Vida Verde, Mogi Mirim, SP) na proporção 3:1, respectivamente. Foi realizada análise granulométrica do substrato, obtendo-se a classificação textural como muito argiloso.

Amostras do substrato foram analisadas quimicamente, resultando em boa disponibilidade de bases trocáveis (SB = 7,97 cmolc.dm⁻³), baixa saturação de bases (V = 48,3%), baixa disponibilidade de fósforo (P < 3 mg.dm⁻³) e de enxofre (12,8 mg.dm⁻³). Antes do plantio foi necessário realizar a correção da acidez do solo, elevando a saturação por bases a 70%, fornecendo 21,2 g/vaso de calcário dolomítico (Filler[®]). As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E

FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2016). O nitrogênio foi fornecido na forma de uréia, parcelado em duas vezes (Uma aplicação no plantio e outra em cobertura), o fósforo (P_2O_5) aplicado no plantio (Única dose), o potássio aplicado na forma de cloreto de potássio (Uma aplicação no plantio e outra em cobertura) e o enxofre (pó simples) aplicado em cobertura (Única dose).

No plantio foram fornecidos 0,5; 3,5 e 0,7 g/vaso de uréia, fosfato e cloreto de potássio, respectivamente. A adubação de cobertura foi realizada aos 30 dias após a emergência (DAE) (Estádios V3 e V4), fornecendo-se 1,0; 0,7 e 0,4 g/vaso de uréia, cloreto de potássio e enxofre (pó simples), respectivamente. Também foram realizadas duas adubações de reforço do fertilizante mineral misto “NPK + 9 nutrientes” (Forth Frutas[®]), fornecendo 25 g/vaso do formulado, aos 45 e 60 DAE.

Os dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos utilizando um datalogger HT-500 (Instrutherm[®]), instalado no interior da casa de vegetação onde foi conduzido o experimento.

Manejo hídrico

As plantas cresceram com o substrato mantido próxima a capacidade de campo por 45 DAE, quando então foram estabelecidos dois níveis de água, definidos a partir da porosidade total do solo, com valores de 50 (D+) e 100% (D-) do volume total de poros ocupados por água (Capacidade de Campo), sendo o controle da irrigação realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980).

Crescimento e produção

As coletas para avaliação do crescimento e desenvolvimento foram realizadas quinzenalmente, até o final do período experimental, iniciadas após o décimo quinto dia da emergência das plântulas. Em cada coleta foram analisados por planta as seguintes variáveis: altura, diâmetro do coleto, número de vagens. Também foram avaliadas a matéria seca das folhas, ramos e haste, raiz e total (folha, ramos e haste, e raiz).

A produção foi mensurada através da massa seca de vagens e das sementes (grãos) por planta, realizada no final do experimento. A matéria seca foi obtida com o auxílio de uma estufa com ventilação forçada a 65 °C, até o material vegetal atingir peso constante. O diâmetro do coleto foi determinado com auxílio de paquímetro digital (Starrett[®]) modelo

727 a 01 (Um) cm do substrato, e a altura das plantas, através de régua milimetrada.

A área foliar foi estimada através de modelo matemático proposta por Hara et al. (2019), apresentado a seguinte equação: $AFM = -2,20042 + 1,77534.C.L$; sendo AFM a área foliar do trifólio medida (cm^2); C, o comprimento do folíolo (cm), e L, a largura (cm). Também foi estimada a produtividade potencial do feijoeiro de acordo com os valores obtidos da matéria seca dos grãos por planta, considerando um espaçamento de 40 x 50 cm em um hectare (ha), o que totalizou 50 mil plantas/ha. Os dados foram obtidos na unidade de toneladas (t) por ha.

Delineamento experimental

Foi instalado um experimento disposto num delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas no tempo (15, 30, 45, 60, 75 e 90 DAE), composto por dois níveis de água, 100 e 50% da capacidade de campo, ou seja, sem déficit hídrico (D-) e com déficit hídrico (D+), respectivamente. Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo duas plantas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos foram comparados a partir dos 45 DAE pelo teste t ($P \leq 0.05$) utilizando-se o programa o software R[®], versão 4.3.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas (T máxima), média (T média) e mínima (T mínima) do ar durante o cultivo do feijoeiro podem ser observadas na Figura 1A. Durante o período de desenvolvimento do feijoeiro, as temperaturas médias mantiveram-se acima de 16°C, observando alguns valores que ultrapassaram 30°C. O feijoeiro é uma planta sensível a altas e baixas temperaturas, sendo a temperatura média ótima para o cultivo varia entre 18 e 24°C. Temperaturas médias acima de 30°C e abaixo de 12°C podem ocasionar em certas cultivares, abortamento de flores, vagens e grãos, com conseqüente queda de rendimento (JUNIOR; VENZON, 2007). Torna-se importante ressaltar, que a cultivar “Querência” (SCS207), é indicada para o cultivo em toda região sul brasileira (KAVALCO; NICKNICH, © 2016 - 2024) suportando temperaturas mais baixas.

A umidade relativa média do ar (UR média) manteve-se acima de 55%, enquanto que os valores da umidade relativa máxima (UR máxima) e mínima (UR mínima) registradas foram de 97% e 24%, respectivamente (Figura 1B).

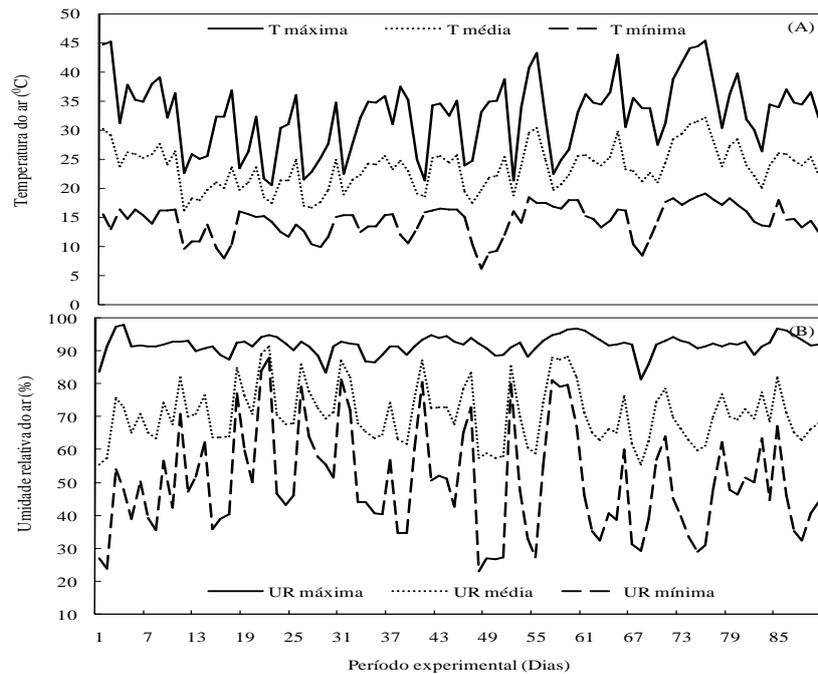


Figura 01 - Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) durante o período experimental.

A Figura 02 apresenta os valores médios de crescimento para a altura, diâmetro do coleto, comprimento da raiz e estimativa da área foliar aos 15, 30 e 45 DAE (antes da aplicação dos manejos hídricos) e para o teste *t* de médias aos 60, 75 e 90 DAE.

Observam-se para a altura reduções significativas nas médias das plantas submetidas a 50% da capacidade de campo (D+) em 18, 8 e 20% aos 60, 75 e 90 DAE em relação às plantas submetidas a 100% da capacidade de campo (D-), evidenciando que a restrição hídrica contribuiu para a redução do crescimento (Figura 2A). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Pinheiro e Freitas (2022), onde verificaram reduções significativas na altura à medida que aumentava a restrição hídrica no substrato em vasos onde se cultivava feijoeiro-mungo. Em condições de restrição hídrica no solo as plantas de feijoeiro podem ficar sujeitas há aumentos de tensões da água no solo, o que dificulta a retirada de água pelas raízes das plantas, e assim reduzir a turgescência celular, promovendo redução no alongamento do caule e folhas.

Nota-se ainda para a altura que aos 90 DAE, as plantas em ambos os tratamentos D- e D+ apresentaram máximo valor em altura, registrando o valor médio de 108 e 86,3cm, respectivamente.

O diâmetro do coleto não apresentou diferenças significativas entre as médias dos tratamentos aos 60, 75 e 90 DAE, como pode ser observado na Figura 2B, o que confirma que a restrição hídrica aplicada não foi suficiente em provocar reduções no crescimento do diâmetro do feijoeiro. Santos (2021)

ao contrário do encontrado no presente estudo, verificou reduções significativas no diâmetro do coleto do feijoeiro, grupo carioca, à medida que se intensificava o déficit hídrico. A deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento celular, pois a divisão e o alongamento celular do caule são afetados pela falta de água, tendo em vista que o processo de crescimento das células vegetais é altamente sensível a baixa disponibilidade de água, acarretando a diminuição do diâmetro do caule (FERRI, 1985).

O comprimento da raiz apresentou reduções significativas de 19% em D+ em relação a D- aos 60 DAE, o que confirma que a restrição hídrica diminuiu significativamente o crescimento do comprimento da raiz (Figura 2C). Aos 75 e 90 DAE não foram verificadas diferenças significativas entre as médias. A resposta positiva do crescimento radicular em condições em que o solo apresente adequada disponibilidade hídrica está relacionada ao fato do desenvolvimento do sistema radicular ser dinâmico e extremamente dependente das condições prevaletentes (TAIZ; ZEIGER, 2017).

As médias de área foliar apresentaram reduções significativas em D+ de 20 e 50% em relação a D- aos 60 e 90 DAE, evidenciando que a restrição hídrica diminuiu a área fotossinteticamente ativa no feijoeiro, limitando a assimilação de CO₂. Os valores de área foliar encontrados no tratamento D+ estão de acordo com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2008) e Tatagiba et al. (2013), onde o crescimento da área foliar do feijoeiro decresceu com a deficiência de água.

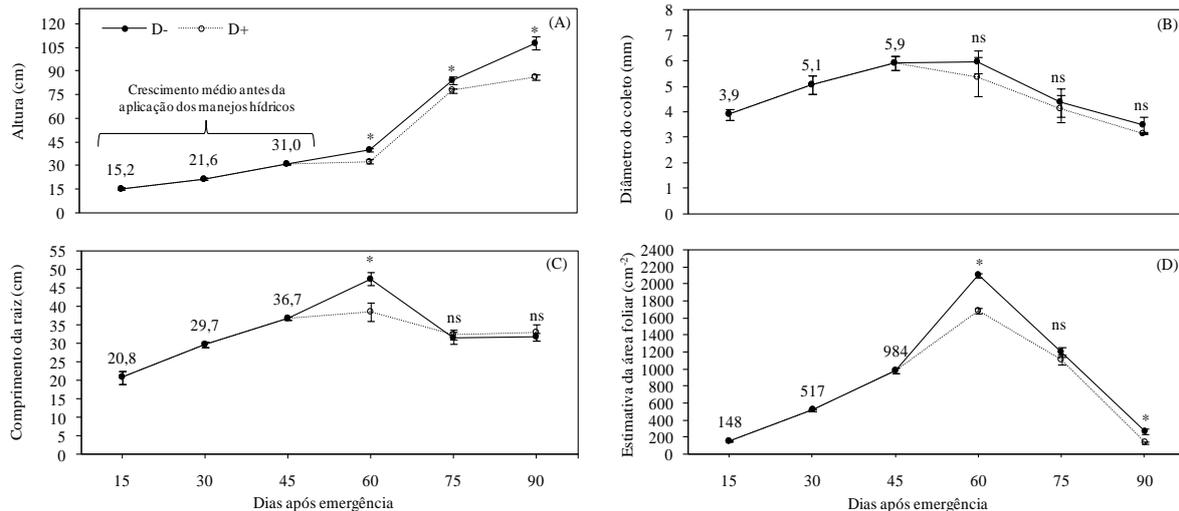


Figura 02 - Altura (A), diâmetro do coleto (B), comprimento da raiz (C) e estimativa da área foliar (D) durante o ciclo do feijoeiro. Valores médios aos 15, 30 e 45 DAE, antes da aplicação dos manejos hídricos. Médias dos tratamentos aos 60, 75 e 90 DAE seguidas de asteriscos (*) são significativamente diferentes pelo teste *t*, ($P \leq 0,05$) e ns = não significativo pelo teste *t*, ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

A redução da área foliar pode diminuir a atividade fotossintética e a produtividade de plantas submetidas ao déficit hídrico. A resposta ao déficit hídrico pode limitar o tamanho e o número de folhas, levando a redução no consumo de carbono e energia por esse órgão da planta. Assim, a área foliar tem importância por ser um parâmetro indicativo da produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha, atuando na formação de carboidratos, que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos (BASTOS et al., 2002). De acordo com Taiz e Zeiger (2017), as folhas são os centros de produção de matéria seca (fotossíntese), enquanto o resto da planta depende da exportação de material da folha. Para a maioria das culturas, a área foliar aumenta rapidamente até atingir o máximo crescimento vegetativo, decrescendo posteriormente com o desenvolvimento da cultura. Esse comportamento indica que, inicialmente, a maior parte do material fotossintetizado é convertida em folhas, visando à maior captação de radiação solar disponível (PEREIRA; MACHADO, 1987). Urchei et al. (2000) observaram em duas cultivares de feijão que a área foliar aumentou até aos 30-37 DAE para depois diminuir devido o surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias. Comportamentos decrescentes de área foliar também foram encontrados por Tatagiba et al. (2013) em feijoeiro, cultivar manteiga, após atingirem o máximo crescimento vegetativo.

Aos 60 DAE, observa-se o máximo crescimento vegetativo para a cultivar estudada, não só em área foliar, mas também do diâmetro do coleto e

comprimento da raiz (Figura 02). Após esse período, de maneira geral, foram observadas reduções destas três variáveis, podendo estar associadas com a exportação preferencial de fotoassimilados para o desenvolvimento das flores e posterior emissão das vagens.

A Figura 03 apresenta os valores médios de matéria seca das folhas, haste e ramos, da raiz e total, aos 15, 30 e 45 DAE (antes da aplicação dos manejos hídricos) e aos 60, 75 e 90 DAE para o teste *t* de médias.

A matéria seca das folhas apresentou reduções significativas nas médias em D+ de 20 e 9% em relação a D-, aos 60 e 75 DAE, mostrando que a restrição hídrica diminuiu a matéria seca das folhas (Figura 3A). Este fato ocorre devido o acúmulo e a partição de biomassa seca estar condicionado à disponibilidade de água no substrato. Para Leite et al. (1999), considerando as folhas o centro de produção da fotossíntese e que o resto da planta depende da exportação de material assimilado da folha para outros órgãos da planta, a restrição hídrica no feijoeiro, comprometeu tal exportação, contribuindo para os decréscimos de seu crescimento, como pode ser observado para a matéria seca da haste e ramos, da raiz e total (Figuras 3B, 3C e 3D, respectivamente).

Para a matéria seca da haste e ramos houve redução significativa em D+ de 18 e 38% em relação a D- aos 75 e 90 DAE. Este fato confirma a redução na matéria seca da parte aérea no feijoeiro provocado pelo déficit hídrico. Oliveira et al. (2008) e posteriormente Tatagiba et al. (2013), estudando o efeito do estresse hídrico em feijoeiro, também constataram que a matéria seca da parte aérea foi

menor nas plantas onde havia redução na disponibilidade de água no solo.

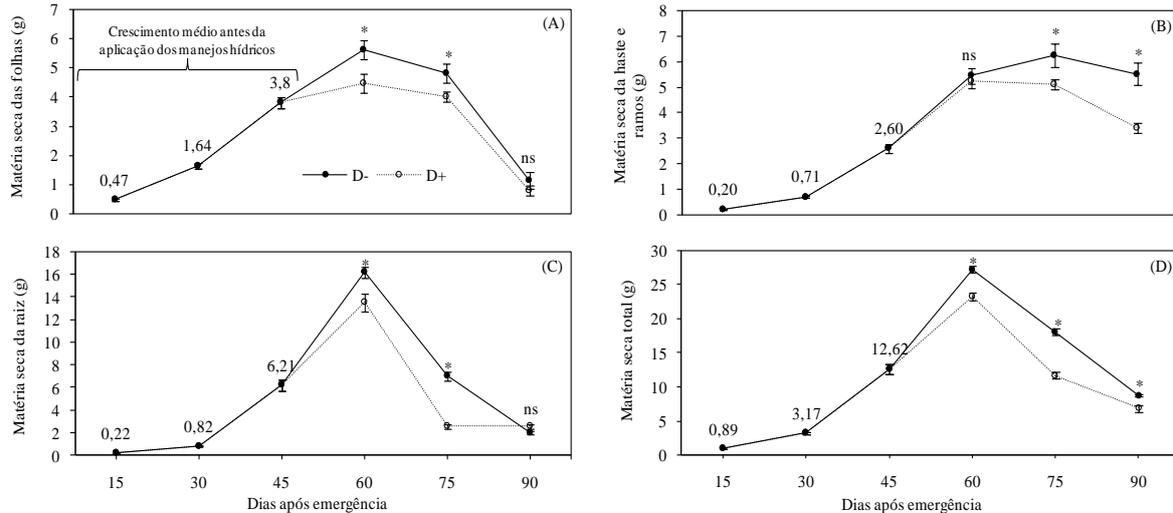


Figura 03 - Matéria seca das folhas (A), da haste e ramos (B), da raiz (C) e total (D) durante o ciclo do feijoeiro.

Valores médios aos 15, 30 e 45 DAE, antes da aplicação dos manejos hídricos. Médias dos tratamentos aos 60, 75 e 90 DAE seguidas de asteriscos (*) são significativamente diferentes pelo teste *t*, ($P \leq 0,05$) e ns = não significativo pelo teste *t*, ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Reduções significativas na matéria seca da raiz de 16 e 64% aos 60 e 75 DAE foram encontradas em D+ em comparação a D-, respectivamente (Figura 3C).

O fornecimento de água é fundamental tanto para a otimização da absorção dos nutrientes relacionados à água, quanto para os insumos, onde o acúmulo de carbono, o hidrogênio e o oxigênio representam mais de 99% da matéria seca da planta (FERNANDES et al., 2018), o que explica o menor desenvolvimento radicular do feijoeiro em condições de restrição hídrica.

O efeito da restrição hídrica nas plantas de feijoeiro pode ser avaliado pela matéria seca total, que apresentou reduções significativas de 15, 55 e 22% aos 60, 75 e 90 DAE, respectivamente, nas plantas submetidas a D+ em comparação as plantas submetidas a D- (Figura 3D), evidenciando que a restrição hídrica reduziu o incremento da matéria seca nas plantas.

Sob condições de restrição hídrica, o fechamento estomático restringe fortemente a fotossíntese e tem sido apontado como a principal limitação da fotossíntese e do acúmulo de matéria seca das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017). Segundo Silva et al. (2021), a ocorrência de estresse hídrico na fase vegetativa do feijoeiro promoverá redução na produtividade. Para Larcher (2006), o decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e a condutância estomática, promovendo o fechamento dos estômatos. Este fechamento bloqueia o fluxo de CO_2 para as folhas, afetando o

acúmulo de fotoassimilados, podendo reduzir a produção.

Torna-se importante ainda enfatizar, que as plantas submetidas a ambos os tratamentos (D- e D+), registraram tendência de máximo crescimento vegetativo para a matéria seca das folhas, raiz e total até 60 DAE, (Figura 3A, 3C e 3D) chegando a 75 DAE para a haste e ramos (Figura 3B). Após esse período, de maneira geral, foram observadas reduções destas quatro variáveis estudadas, podendo estar associadas com a exportação e mobilização de fotoassimilados para o desenvolvimento das vagens e enchimento dos grãos.

Observa-se na Figura 4A que, para o número de vagens, houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, verificando que as plantas submetidas a D- apresentaram aumento significativo em seus valores, ao passo que as plantas sob restrição hídrica (D+) apresentaram valores mais baixos. Dessa forma, permite-se deduzir que a restrição hídrica pode afetar o rendimento das vagens, como é demonstrada pelas variáveis estudadas, matéria seca das vagens e dos grãos (Figuras 4B e 4C, respectivamente).

Os valores observados para a matéria seca das vagens e principalmente para a matéria seca dos grãos permite-se confirmar que a restrição hídrica (D+) ocasionou impacto negativo na fase de enchimento de grãos, mostrando o conflito entre a conservação de água pela planta e a taxa de assimilação de CO_2 na produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER 2017), diminuindo a produção.

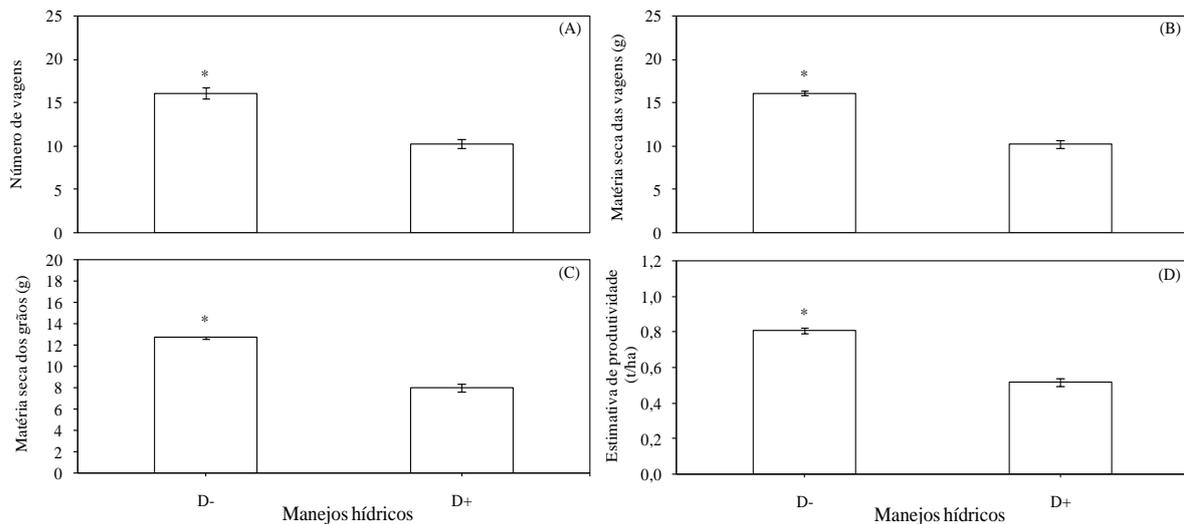


Figura 04 - Número de vagens (A), matéria seca das vagens (B), matéria seca dos grãos (C) e estimativa de produtividade (D) durante o ciclo do feijoeiro.

Médias dos tratamentos seguidas de asteriscos (*) são significativamente diferentes pelo teste t , ($P \leq 0,05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Houve redução significativa em 36 e 37% para a matéria seca das vagens e dos grãos, respectivamente, nas plantas submetidas à restrição hídrica (D+) quando comparada com D-. Os resultados obtidos para a massa seca de grãos estão de acordo com os resultados obtidos por Santos et al. (2016), Silva et al. (2021) e mais recentemente Pohlmann et al. (2022), onde verificaram que o estresse hídrico diminuiu significativamente a massa seca de grãos, afetando consideravelmente a produção do feijoeiro.

Shouse et al. (1981) relatam que a matéria seca dos grãos reflete a relação entre a fonte e o dreno. Quando a biomassa é reduzida pela restrição hídrica, a produção fica limitada na fonte (folha). Este fato pode ocorrer em virtude do efeito do estresse hídrico sobre a fotossíntese e na translocação de fotoassimilados da fonte para o dreno. A redução da matéria seca dos grãos encontrada nas plantas submetidas à restrição hídrica reflete a limitação do tamanho da fonte, evidenciada pela área foliar fotossinteticamente ativa, encontrada no presente estudo.

Para a estimativa de produtividade também houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos nas plantas (Figura 4D). Os valores obtidos para a estimativa de produtividade foram reduzidos em 37% nas plantas submetidas a D+ quando comparadas com D-, indicando que a restrição hídrica pode afetar negativamente a produtividade. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Rodrigues et al. (2018), que verificaram em seu estudo que o déficit hídrico, na média, reduziu em 29,83% a produtividade de várias cultivares de feijoeiro.

CONCLUSÃO

A restrição hídrica afetou negativamente o crescimento vegetativo e a produção do feijoeiro, evidenciando a necessidade do controle adequado de água no solo como estratégia de manejo para a produção.

As análises de crescimento para o feijoeiro, cultivar “Querência”, mostraram-se capazes de permitir respostas satisfatórias em estudo sobre restrição hídrica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - (CNPq), Brasil, concedendo bolsas de iniciação científica às alunas Ana Luiza Pirolli Figueiredo, Camila Carelli e Luana Brancaloni.

REFERÊNCIAS

AYALA, C.C., VILLADIEGO, C.C., PACHECO, C.P., TATIS, H.A., CAMACHO, M.M.E. Growth, biomass distribution, gas exchange and chlorophyll fluorescence in cowpea (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.) under drought conditions. *Australian Journal of Crop Science*, v. 14, n. 2, p. 371-381, 2020.

BASTOS, E.A., RODRIGUES, B.H.N., ANDRADE JÚNIOR, A.S., CARDOSO, M.J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.

BEZERRA, I.N., SOUZA, A.M., PEREIRA, R.A., SICHIERI, R. Consumo de alimentos fora do domicílio no Brasil. *Revista Saúde Pública*, v. 47, p. 200-2011, 2013.

CAVALCANTE, I.E. **Ácido salicílico atenua os efeitos da restrição hídrica em cultivares de feijão-caupi**

- [*vigna unguiculata* (L.) Walp] em condições de campo. 2021. 88 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: safra 2020/21.** 2020. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- DUTRA, W. F., MELO, A. S., SUASSUNA, J. F., DUTRA, A. F., SILVA, D. C., MAIA, J. M. Antioxidative Responses of Cowpea Cultivars to Water Deficit and Salicylic Acid Treatment. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 3, p. 895-905, 2017.
- FERNANDES, S.N.D., RODRIGUES, A.M.G., VIANA, T.V.A., FERNANDES, C.N.V., SOBREIRA, A.E.A., AZEVEDO, B.M. Crescimento do milho verde sob Lâminas de irrigação e adubação foliar silicatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n. 4, p. 2789-2798, 2018.
- FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal.** Livro: 2ª edição, vol. 1. São Paulo: EPU, 1985.
- FREIRE, J.C., RIBEIRO, M.V.A., BAHIA, V.G., LOPES, A.S., AQUINO, L.H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p. 5-8, 1980.
- FREITAS, R.M.O., DOMBROSKI, J.L.D., FREITAS, F.C.L., NOGUEIRA, N.W., PINTO, J.R.S. Respostas fisiológicas de feijão-caupi sob estresse hídrico e reidratação em plantio direto e convencional. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 559-567, 2017.
- GUIMARÃES, C.M., STONE, L.F., BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. II Produtividade e componentes agrônômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 481-488, 1996.
- JÚNIOR, P.T.J., VENZON, M. **Manual de tecnologias agrícolas.** Belo Horizonte: EPAMIG. 2007. 800p.
- HARA, A.T., GONÇALVES, A.C.A., MALLER, A., HASHIGUTI, H.T., OLIVEIRA, J.M. Ajuste de modelo de predição de área foliar do feijoeiro em função de medidas lineares. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 179-186, 2019.
- HARA, F.A.S., VENDRUSCOLO, J., INÁCIO, A.C.F.; CABRAL, R.F., MOURA, R.P.M. Evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars in a lowland soil in the municipality of Autazes/AM. **Research Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e16511729865, 2022.
- JUSTINO, L.F., ALVES JÚNIOR, J., BATTISTI, R., HEINEMANN, A.B., LEITE, C.V., EVANGELISTA, A.W.P., CASAROLI, D. Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil. **Agricultural Water Management**, v.224, art.105749, 2019.
- KAVALCO, S.A., NICKNICH, W. **SCS207 Querência - cultivar de feijão.** Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), © 2016 - 2024. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/tecnologias/cultivar-geradolancado/> Acesso em: 17 mar 2024.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Editora rima. 2006. 531p.
- LEITE, M.L., RODRIGUES, J.D., MISCHAN, M.M., VIRGENS FILHO, J.S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], cv. EMAPA-821. II - Análise de Crescimento. **Revista de Agricultura**, v. 74, n.3,p.351-370, 1999.
- LEMO, J.R., TEIXEIRA, M. C.S.A., PEREIRA NETO, J.G., GALENO, L.M.M. **Plantas – Relações Hídricas. Fisiologia Vegetal: Manual de aulas práticas para a educação básica.** Editora UFV, p. 1-33, 2022.
- OLIVEIRA, R.B., LIMA, J.S.S., REIS, E.F., PEZZOPANE, J.E.M., SILVA, A.F. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. capixaba precoce). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.16, n.3, p.343-350, 2008.
- PÁEZ A., GONZÁLES M.E., YRAUSQUÍN O.X. 1995. Water stress and clipping management effects on guinea grass. In: Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, p.698-706, 1995.
- PAIVA, E.P., SÁ, F.V.S., TORRES, S.B., BRITO, M.E. B., MOREIRA, R.C.L., SILVA, L.A. Germination and tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars to water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 407-411, 2018.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. **Boletim Técnico**, 114. Campinas: IAC, 1987. 33p.
- PETER, B.G., MESSINA, J.P., LIN, Z., SNAPP, S.S. Crop climate suitability mapping on the cloud: a geovisualization application for sustainable agriculture. **Scientific Reports**, v.10, art.15487, 2020.
- PHILIPPIDIS, G., FERRER-PÉREZ, H., GRACIA-DE-RENTERÍA, P., M'BAREK, R., LÓPEZ, A.I.S. Eating your greens: a global sustainability assessment.

- Resources, **Conservation and Recycling**, v. 168, p. e105460, 2021.
- PINHEIRO, C.S., FREITAS, M.B. **Desenvolvimento e produção do feijão-mungo sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. 2022. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.
- POHLMANN, V., LAGO, I., LOPES, S.J., ZANON, A.J., STRECK N.A., MARTINS, J.T.S., BITTENCOURT, P.N., SANTANA, V.F.K., POTALANZA, D. Water deficit tolerance of beans cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 57, p.1-11, 2022.
- RODRIGUES, E.V., SILVA, K.J.D., ROCHA, M.M., BASTOS, D.A., SANTOS, A. Tolerance of F₂ populations of cowpea to water deficit. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.31, n.1, p.48-55, 2018.
- SANTOS, L.L.S., FILHO, A.G., LEANDRO, R.I., CARVALHO, F.M., GOMES, P.L., SOARES, A.S. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v.2, n.1, p.1-14, 2016.
- SANTOS, M.R., TEIXEIRA, N.G.M., GOMES JUNIOR, F.A., FARIAS, T.S.F., LEONARDO, F.A.P. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi em condições de déficit hídrico. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n. 4, p. 389-399, 2020.
- SANTOS R.M. **Respostas produtiva do feijão carioca (*Phaseollus vulgaris* L. TAA DAMA) sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas**. 2021. 78f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.
- SHOUSE, P., DASBERG, S., JURY, W. A., STOLZY, L. W. Water deficit effects on water potential, yield, and water use of cowpeas. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.333-336, 1981.
- SILVA, J.S. **Estresse hídrico em variedades tradicionais de feijão-caupi: estratégias fisiológicas e bioquímicas para tolerância ao déficit hídrico**. 2019. 61 f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SILVA, L.D.R., CARTAXO, P.H.A., SILVA, M.C., GONZAGA, K.S., ARAÚJO, D.B., SOUSA, E.S., SANTOS, J.P.O. Effect of rainfall variability on the production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. in the semi-arid region of Paraíba. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 9, p. 26-32, 2020.
- SILVA, J.S., COSTA, R.S., TOMAZ, F.L.S., BEZERRA, A.E., MESQUITA, R.O. Mechanisms of tolerance to water deficit and physiological responses to rehydration in cowpea. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.52.n.3,p.1-10, 2021.
- SOUZA, J.O.P., FARIAS, V.D.S., PINTO, J.V., NUNES, H., DE SOUZA, E.B., FRAISSE, C.W. Yield gap in cowpea plants as function of water deficits during reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 372-378, 2020.
- TAIZ, L., ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- TATAGIBA. S.D., NASCIMENTO, K.J.T., MORAES, G.A.B.K., PELOSO, A.F. Crescimento e rendimento produtivo do feijoeiro submetido à restrição hídrica. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.21, p.465-475, 2013.
- TIAN, X., ENGEL, B.A., QIAN, H., HUA, E., SUN, S., WANG, Y. Will reaching the maximum achievable yield potential meet future global food demand? **Journal of Cleaner Production**, v.294, art.126285, 2021.
- URCHEI, M.A., RODRIGUES, J.D., STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p. 497-506, 2000.
- VICENTE-SERRANO, S.M., QUIRING, S.M., PEÑAGALLARDO, M.; YUAN, S., DOMÍNGUEZ-CASTRO, F. A review of environmental droughts: increased risk under global warming? **Earth-Science Reviews**, v.201, art.102953, 2020.