

JOÃO CELSO COLLAÇO JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DE AMINOÁCIDOS APLICADOS VIA FOLIAR NO MANEJO DO
ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DO FEIJÃO**

Botucatu

2019

JOÃO CELSO COLLAÇO JUNIOR

**UTILIZAÇÃO DE AMINOÁCIDOS APLICADOS VIA FOLIAR NO MANEJO DO
ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DO FEIJÃO**

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Irrigação e Drenagem)**

Orientador: Prof. Dr. Hélio Grassi Filho

Botucatu

2019

C697u Collaço Junior, João Celso
Utilização de aminoácidos aplicados via foliar no manejo do estresse hídrico na cultura do feijão / João Celso Collaço Junior. -- Botucatu, 2019
60 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Hélio Grassi Filho

1. Feijão. 2. Aminoácido. 3. Aplicação foliar. 4. Irrigação. 5. Estresse hídrico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

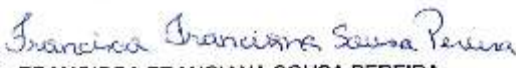
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

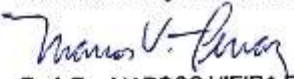
Título: **"UTILIZAÇÃO DE AMINOÁCIDOS APLICADOS VIA FOLIAR NO MANEJO DO ESTRESSE HÍDRICO NA CULTURA DO FEIJÃO"**

AUTOR: JOÃO CELSO COLLAÇO JUNIOR
ORIENTADOR: HÉLIO GRASSI FILHO
COORIENTADOR: FERNANDO BROETTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Dra. FRANCISCA FRANCIANA SOUSA PEREIRA
Pós-Doc do Engenharia Rural / Faculdade De Ciências Agrônômicas - UNESP de Botucatu


Prof. Dr. MARCOS VIEIRA FERRAZ
Depto de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp - Jaboticabal

Botucatu, 28 de fevereiro de 2019.

Dedico este trabalho com carinho: Aos meus queridos pais, João Celso Collaço e Vilma Aparecida Ferreira Collaço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço grandemente a **Deus** pela vida e por iluminar todos os meus caminhos e me dar a oportunidade de realizar mais este sonho.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Hélio Grassi Filho**, que ensina através do exemplo, que na vida devemos sempre nos valer da humildade e da sabedoria, para encontramos as melhores soluções.

À **Faculdade de Ciências Agrárias UNESP de Botucatu - SP**, pela oportunidade de passar aqui alguns anos de aprendizado, compreendendo que sempre temos algo a aprender e que sempre devemos buscar o conhecimento e a aplicação dele no campo em prol de uma agricultura melhor.

Ao **CNPq** pela auxílio na concessão de bolsa que muito contribuiu com a realização deste trabalho.

À doutoranda **Zildélia Silva** pela imensa colaboração na condução e execução deste trabalho.

Ao **José Israel Ramos**, funcionário do departamento do programa de Irrigação e Drenagem e ao doutorando do mesmo programa, **Kevim Muniz**.

A todos os funcionários do **departamento de Ciências dos Solos**, em especial ao **Sr. Jair Silva** pelos momentos de trabalho, alegria e descontração, e ao **Sr. Noel Batista** pela atenção e presteza em ajudar sempre.

Ao Programa de **Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) da FCA/UNESP** pela oportunidade de realização do curso e execução desta pesquisa.

Imensa gratidão a todos os funcionários e alunos da **UNESP de Botucatu SP**, com os quais dividi momentos de alegria e construção de conhecimento.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para que este meu objetivo fosse alcançado, meu muito obrigado.

Obrigado a todos.

É enfrentando as dificuldades que você fica forte, é superando seus limites que você cresce. É resolvendo problemas que você desenvolve a maturidade. É enfrentando o perigo que você encontra a coragem. Arrisque e descubra como as pessoas crescem quando exigem mais de si próprias.

“ Roberto Shinyashiki ”

RESUMO

O feijoeiro comum *Phaseolus vulgaris* L, é uma cultura amplamente cultivada em todas as regiões do Brasil, sendo de grande importância para o mercado interno pois gera empregos e renda no campo. O feijão tem grande relevância pois é a base da alimentação da maior parte da população brasileira. No entanto a maior parte das áreas cultivadas com esta cultura, não possui um sistema de irrigação, e sendo esta uma planta sensível a ocorrência de estresses diversos, o estresse hídrico é um dos que mais causam redução na sua produtividade. O estresse hídrico quando ocorre no período de florescimento e formação de vagens, causa as maiores perdas de qualidade e de produtividade na cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar como a aplicação de aminoácidos via pulverização foliar, atenua os danos causados pelo estresse hídrico em diferentes níveis. A pesquisa foi conduzida na FCA/UNESP de Botucatu SP, onde o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com 4 x 3. Onde os tratamentos consistiram-se em 4 épocas de aplicação foliar durante o período de estresse. Sendo a primeira época sem a aplicação de aminoácidos. A segunda época pré-estresse hídrico no florescimento aos 42 dias após o plantio (DAP), terceira época ocorreu durante o estresse hídrico em pleno florescimento aos 49 DAP. Quarta época ocorreu pós estresse hídrico, ao final do florescimento aos 56 DAP. Os 3 níveis de estresse hídrico foram. Nível 1: sem estresse hídrico (tensão de 0 a 30 KPa). Nível 2: com estresse hídrico moderado (tensão de 30 a 50 KPa). Nível 3: com estresse agudo (tensão 50 a 80 KPa). Com base nos resultados pode-se concluir que o estresse hídrico moderado e agudo causam a redução do desenvolvimento radicular, diminuindo o volume do sistema radicular e a massa da matéria seca das raízes. O componente de produtividade mais afetado foi número de vagens por planta, que sofreu grande redução sob efeito do estresse hídrico moderado e agudo. Também foi observado que o déficit hídrico quando ocorre de forma aguda, reduz significativamente o número de grãos produzidos por planta. Conclui-se portanto que a aplicação de aminoácidos via foliar, consegue atenuar os danos relativos ao estresse hídrico nesse período, minimizando as perdas nos componentes citados, sendo que os melhores resultados obtidos foram

nos tratamentos com as aplicações realizadas preventivamente ou no período inicial da ocorrência do estresse hídrico.

Palavras-chave: Feijão, estresse hídrico, aminoácidos, irrigação.

ABSTRACT

Common bean *Phaseolus vulgaris* L is a widely cultivated crop in all Brazilian regions, being of great importance for the domestic market as it job creation and field income. The beans have great relevance since it is the basis of most Brazilian population diet. However, greatest cultivated areas do not have an irrigation system and being this plant susceptible to different stresses, water stress is one of the most responsible for their productivity reduction. When water stress occurs in the flowering season and pod formation, it causes the greatest quality and productivity loss in the crop. Thus, our aim was to evaluate how amino acids applying via foliar spraying attenuates the damages caused by water stress at different water stress levels. Our trial was performed at FCA / UNESP, Botucatu SP, Brazil in randomized blocks in a factorial scheme of 4 x 3. The treatments were 4 times of foliar application during the stress period. In the first stage without amino acids application, the second stage of pre-stress in flowering at 42 (DAP), 3rd season: during water stress, full flowering at 49 (DAP), 4th season: post water stress ending flowering at 56 (DAP). All 3 water stress levels were. Level 1: no water stress (tension from 0 to 30 KPa). Level 2: moderate water stress (tension of 30 to 50 KPa). Level 3: acute stress (tension 50 to 80 KPa). Our results showed that moderate and acute water stress decrease root development, reducing root system volume and roots' dry matter mass. It was also observed the most affected productivity component is the number of pods per plant, which is greatly reduced under moderate and acute water stress effect. When water deficit occurs in an acute way, it reduces the number of grains per plant. However, amino acids application via foliar can mitigate losses from water stress in this period, minimizing losses in mentioned components. The best results are obtained when applications were carried out preventively or in the initial period of water stress.

Keywords: Beans, hydric stress, amino acids, irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Área Experimental no Departamento de Ciência dos Solos e Recursos naturais da UNESP/FCA em Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	28
Figura 2. Tanque Classe A, Instalado no local da pesquisa. Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	35
Figura 3. Curva Característica de Retenção de Água no Solo do Experimento. Botucatu, 2018. Elaboração: próprio autor.....	36
Figura 4. Sistema de gotejamento autocompensante, microtubos e estacas. Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	36
Figura 5. Sistema de bombeamento e reservatório de água para irrigação. Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	37
Figura 6. Tensiômetros de punção e tensímetro digital para manejo da irrigação. Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	38
Figura 7. Leitura do diâmetro do colo com paquímetro digital. Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	39
Figura 8. Leitura com Leitor de Índice SPAD modelo MINOLTA 502. Botucatu, 2018. Fonte: arquivo pessoal.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estádios Fenológicos de desenvolvimento da cultura do feijão comum. Botucatu, 2018.....	23
Tabela 2. Análise química e física do solo.....	29
Tabela 3. Descrição dos tratamentos. Botucatu, 2018.....	30
Tabela 4. Aminograma completo do Aminon Active® da Technes Agrícola LTDA. Botucatu, 2018.....	31
Tabela 5. Tratamentos fitossanitários realizados na cultura do feijão submetido a aplicação de aminoácidos via foliar em diferentes níveis de estresse hídrico Botucatu, 2018.....	33
Tabela 6. Coeficiente da cultura (Kc) para as três fases do ciclo do feijoeiro. Botucatu, 2018.....	34
Tabela 7. Índice SPAD aos 42, 49, 56 e aos 75 DAP e volume e matéria seca de raízes, na cultura do feijoeiro submetido a aplicação de aminoácidos sob estresse hídrico. UNESP/FCA –Botucatu, 2018.....	44
Tabela 8. Componentes de produtividade do feijão, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil grãos e número de grãos por planta e altura de plantas aos 49 e 56 DAP, na cultura do feijoeiro submetido a aplicação de aminoácidos sob estresse hídrico. Botucatu, 2018.....	45
Tabela 9. Diâmetro do colo aos 42, 49, 56 e 75 DAP e número de trifólios aos 49 e 56 DAP, na cultura do feijoeiro submetido a aplicação de aminoácidos sob estresse hídrico. Botucatu, 2018.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 Objetivo geral	22
2.1 Objetivos específicos	22
3 REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1 A Importância da Cultura do Feijão	23
3.2 Estresse hídrico na cultura do feijão	25
3.3 Aminoácidos no manejo do estresse hídrico	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Caracterização da área experimental	30
4.1.1 Local	30
4.1.2 Clima	31
4.1.3 A Casa de Vegetação	31
4.1.4 O Solo	31
4.2 Delineamento experimental e tratamentos	32
4.3 Descrição do produto utilizado	34
4.4 Características do cultivar de feijão	35
4.5 Instalação e condução do experimento	35
4.6 Manejo da irrigação	36
4.7 Sistema de Irrigação	40
4.8 Monitoramento da água no solo, durante o período de estresse hídrico	41
5 Avaliações realizadas ao longo do ciclo	42
5.1 Comprimento de plantas	42
5.2 Diâmetro de caule	42
5.3 Número de trifólios	43
5.4 Índice relativo de clorofila SPAD	43
5.5 componentes de produtividade	44
5.5.1 Número de vagens por planta	44
5.5.2 Número de grãos por vagem	45
5.5.3 Número de grãos por planta	45
5.5.4 Peso de 100 grãos	45
5.5.5 Número total de grãos por planta	45
5.6 Matéria seca de raízes e parte aérea	45

5.7 Volume de raízes	45
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1 Índice SPAD	46
6.2 Volume e massa de raízes	46
6.2 Componentes de produtividade do feijão	47
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
8 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L é muito sensível a ocorrência de diversos tipos de estresse, sejam eles de ordem abiótica ou biótica. Sendo que o estresse hídrico, é um dos grandes limitantes a produtividade da cultura. Perdas decorrente do estresse hídrico tem sido o principal desafio na produção de grãos nos últimos anos, sendo o fator ambiental que mais limita a produtividade ao redor do mundo. (FRITCHE NETO, BOREN, 2011). As principais perdas decorrentes do estresse hídrico são causadas pela falta de chuvas ou má distribuição delas ao longo do ciclo, causando períodos de estiagem que são também chamados de “veranicos”. Estes períodos de baixa disponibilidade hídrica causam as maiores perdas quando ocorrem nos períodos de definição de potencial produtivo. Para o feijão os maiores danos ocorrem nas épocas do florescimento e formação de vagens, causando reduções de produtividade e de qualidade dos grãos para a comercialização.

Estudos sobre a atenuação do estresse hídrico nas culturas através da utilização de aminoácidos são de grande relevância uma vez que boa parte das áreas plantadas são conduzidas sem a utilização de sistemas de irrigação, ficando assim sujeitas a ocorrência de veranicos que podem ter efeitos negativos aos cultivos. Logo, entender como o produtor pode fazer uso de aminoácidos via pulverização foliar, visando atenuar estas perdas é de grande importância para o setor.

De acordo com Castro (2009), os aminoácidos podem ser englobados no grupo de antiestressantes: compostos capazes de agir como precursores de hormônios vegetais e como ativadores de enzimas e favorecer a disponibilização de compostos capazes de promover tolerância a estresses, reduzir o uso de fertilizantes e aumentar a produção. Estes fatores têm contribuído para seu uso cada vez mais presente na agricultura moderna.

2 Objetivo geral

Avaliar a produtividade e o desenvolvimento do feijoeiro submetido a aplicação de produto a base de aminoácidos via foliar.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito do estresse hídrico no período de florescimento da cultura, avaliando dois fatores, a época de aplicação de aminoácidos e os níveis de estresse hídrico.
- Avaliar se as aplicações de aminoácidos via foliar são capazes de atenuar as perdas de produtividade decorrentes do estresse hídrico na cultura do feijão.
- Observar qual é a melhor época de aplicação dos aminoácidos, na cultura do feijão sob as condições de estresse hídrico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Importância da Cultura do Feijão

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família botânica Leguminosae que popularmente é chamada de família das Leguminosas, ele tem como centro de origem a região sul dos Andes na América do Sul. Apresentando uma grande diversificação genética e morfológica, em função do elevado número de variedades e cultivares. Sendo uma planta anual, seu ciclo varia de 90 e 120 dias, dependendo da cultivar escolhida (ROSELEM; MARUBAYASHI, 1994).

A cultura do feijão é de grande importância para o mercado interno gerando empregos e renda no campo, além de ser a base da alimentação tradicional da população brasileira juntamente com o arroz. O feijão é um alimento rico em proteína (aproximadamente 25%), rico também em vitaminas, minerais e compostos fenólicos com ação antioxidante contribuindo para a redução de doenças (ABREU 2005). Além disso o feijão é uma excelente fonte de ferro (BORÉM; CARNEIRO, 2006), logo é de grande importância para a nutrição humana nos países em desenvolvimento.

De acordo com os dados publicados pela FAO (2015) a produção média mundial de feijão no período de 1994 a 2014 foi de aproximadamente de 20 milhões de toneladas por ano. Sendo que os cinco países com maior produção respondem por cerca de 56% da produção mundial, são eles: Índia (17%), Brasil (15%), Myanmar (11%), China (8%) e Estados Unidos (6%). Em nosso território nacional foram plantados 3,2 milhões de hectares de feijão, com produção de 3,4 milhões de toneladas de grãos. Exibindo uma produtividade média de 1069 kg^{-1} na safra 2016/2017. No cenário nacional os estados do Paraná e Minas Gerais, são destaque por apresentar as maiores produções 710.000 t e 535.000 t, respectivamente. E os estados de Goiás e São Paulo são os que apresentam os maiores índices de produtividade, 2507 kg ha^{-1} e 2434 Kg ha^{-1} , respectivamente (CONAB 2017).

A cultura do feijão é exigente quanto aos fatores ambientais, sendo muito sensível as condições edafoclimáticas desfavoráveis ao cultivo, logo a cultura sofre grandes perdas de produtividade em função de estresses diversos de origem biótica e abiótica. De acordo com (DOURADO NETO e FANCELLI, 2007), a temperatura média de 21°C é a mais adequada para o cultivo do feijão, que se desenvolve bem entre 15 a 29°C . Já a demanda hídrica da cultura é variável em função dos seus

estádios fenológicos de desenvolvimento, aumentando de um valor mínimo da germinação (V0) até o valor máximo no período de floração (R5) e formação de vagens (R7), decrescendo a partir do início da maturação de grãos (R9). (BASTOS et al; 2008). Faz-se necessário compreender a caracterização de cada fase do ciclo do desenvolvimento da cultura, apresentada na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Caracterização dos estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura do feijão comum.

1. V = Vegetativa; R = Reprodutiva.

2. Cada etapa inicia-se quando 50% das plantas mostram as condições que correspondem à descrição da etapa.

Fonte: Quintel et al. (2005).

ETAPAS ¹	DESCRIÇÃO ²
V0	Germinação: absorção de água pela semente; emergência da radícula e sua transformação em raiz primária.
V1	Emergência: os cotilédones aparecem ao nível do solo e começam a separar-se. O epicótilo começa o seu desenvolvimento.
V2	Folhas primárias: folhas primárias completamente abertas.
V3	Primeira folha trifoliolada: abertura da primeira folha trifoliolada e o aparecimento da segunda folha trifoliolada.
V4	Terceira folha trifoliolada: abertura da terceira folha trifoliolada, as gemas e os nós inferiores produzem ramas.
R5	Pré- floração: aparece o primeiro botão floral e o primeiro rácimo.
R6	Floração: abre-se a primeira flor.
R7	Formação das vagens: aparece a primeira vagem
R8	Enchimento das vagens: começa o enchimento da primeira vagem (crescimento das sementes). Ao final desta etapa, as sementes perdem a cor verde e começam a mostrar as características da cultivar. Inicia-se o desfolhamento.
R9	Maturação fisiológica: as vagens perdem a pigmentação e começam a secar. As sementes adquirem a coloração típica da cultivar.

3. 2 Estresse hídrico na cultura do feijão

A disponibilidade de água é um fator de grande limitação para o desenvolvimento e a produção das culturas em ambientes com excesso ou falta de água prejudicando o rendimento das culturas agrícolas, principalmente em períodos de florescimento e frutificação.

O efeito do estresse hídrico sob a cultura do feijão varia em função do tempo de exposição ao estresse, fatores edáficos, tolerância da cultivar e das características climáticas da região de cultivo. O estresse hídrico tem efeito sobre diversos processos fisiológicos da planta, principalmente sobre o potencial hídrico foliar, condutância estomática, e transpiração foliar, com consequente aumento da temperatura da folha e redução dos processos fotossintéticos (MENDES et al., 2007). Fisiologicamente, o feijão sob estresse hídrico reduz a condutância estomática e aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante ao fechamento estomático, reduzindo a transpiração e em consequência o suprimento de CO₂ para a fotossíntese, reduzindo a fixação de carbono e consequentemente a produtividade (OLIVEIRA et al., 2005).

A cultura do feijão possui um ciclo relativamente curto de 90 dias em média, e ao longo deste ciclo necessita de 300 a 500 mm de chuva m⁻¹ bem distribuídos para a obtenção de boas produtividades segundo Stone e Moreira (2001). Porém uma grande parte das lavouras é cultivada sem a utilização de sistemas de irrigação e ficam sujeitas a ocorrência de chuvas regulares. Neste contexto a ocorrência de períodos de estiagem podem afetar o desenvolvimento e a produtividade da cultura, pois o feijoeiro é uma cultura muito sensível ao déficit hídrico. Principalmente em estádios fenológicos como o florescimento e a formação de vagens até o enchimento de grãos. O estresse hídrico é portanto, um dos fatores que mais limitam a obtenção de altas produtividades. Deficiências hídricas causam a redução nas perdas em diferentes proporções, sendo que as maiores perdas são ocasionadas pela falta de água nos períodos do florescimento e enchimento de grãos (SILVEIRA e STONE, 2001).

Períodos de deficiência hídrica de uma semana, por ocasião do início do florescimento, podem provocar queda de 40 a 50% na produtividade. E posteriormente no período de formação de vagens pode acarretar perdas de 25 a 32% (FANCELLI, 2004). Embora a fase reprodutiva do feijoeiro seja a mais sensível ao déficit hídrico,

na fase vegetativa também ocorre uma redução na produtividade do feijoeiro (STONE e MOREIRA, 2001).

Dentro dos componentes de produtividade da cultura do feijoeiro o número de vagens por planta é o mais afetado pelo déficit hídrico, assim como o número de grãos por vagem (GUIMARAES, et al., 2011). Porém, o componente de produtividade massa de 100 grãos é menos afetado pelo déficit hídrico, uma vez que a planta adota como estratégia poucas sementes porém viáveis. (ENDRES et al; 2010)

A maior sensibilidade à deficiência hídrica, ocorre na fase reprodutiva e na fase de enchimento de grãos, por serem as fases de maior demanda hídrica (SHOUSE et al., 1981; FERREIRA et al., 1991; BRITO, 1993; GUIMARAES et al., 1996; ANDRADE, 1999; KLUTHCOUSKI; OLIVEIRA, 2009). Quando ocorre deficiência hídrica na fase de pré-florescimento, há redução no número de flores e, também, há prolongamento do ciclo do feijoeiro (KLUTHCOUSKI; OLIVEIRA, 2009). Na fase de florescimento, há redução da altura de planta e o número de sementes por vagens também é reduzido (SILVA e RIBEIRO, 2009), em consequência do abortamento e da queda de flores, também ocorre redução do número de vagens por planta (GUIMARAES, 1988). Durante a floração e o enchimento de grãos, reduz a produtividade e o peso de sementes e acelera a maturidade do feijão (SINGH, 1995; ZLATEV e STOYANOV, 2005).

Quando o estresse hídrico ocorre de maneira acentuada, diversos processos fisiológicos são afetados sendo que a condutância estomática sofre uma redução acentuada, reduzindo a transpiração, proporcionando um aumento do estresse, e quanto mais intenso e duradouro for o estresse hídrico, maiores serão os danos a produção de fotossintatos e a produtividade. (Oliveira et al 2005).

Uma estratégia interessante para minimizar os danos causados pelo estresse hídrico na cultura do feijão, pode ser a utilização de aminoácidos aplicados via foliar com o intuito de melhorar algumas características fisiológicas da planta, visando preparar a planta para uma condição adversa com restrição de disponibilidade hídrica e consequente estresse hídrico.

3. 3 Aminoácidos no manejo do estresse hídrico

Embora as plantas possam conter vários aminoácidos diferentes, apenas 20 são necessários para a síntese de proteínas. As principais funções dos aminoácidos são: síntese de proteínas, precursores hormonais, efeito complexante em nutrientes e maior resistência ao estresse hídrico e térmico.

Estes compostos são descritos como produtos que podem aumentar a produção e a resistência aos estresses causados pelas elevadas temperaturas e pelo estresse hídrico (RUSSO e BERLYN, 1990). Os aminoácidos na agricultura começaram a ser utilizados no final da década de 1960, exatamente para atenuar os efeitos do estresse vegetal. Também foram associados a fertilizantes foliares aportando nutrientes as plantas.

A inclusão de aminoácidos na agricultura tem sido cada vez mais comum. Segundo Kerbauy (2008) são inúmeros benefícios que estas substâncias orgânicas vêm proporcionando às plantas. Os aminoácidos são ácidos orgânicos cujas moléculas são formadas por um ou mais grupamento amina, sendo suas principais funções constituintes de proteínas, e precursores de várias substâncias que regulam o metabolismo vegetal (FLOSS e FLOSS, 2008). Estão envolvidos em grande parte do metabolismo primário e secundário, levando à síntese de vários compostos que influenciam na produção (ALBUQUERQUE e DANTAS, 2010) e, também, favorecem uma significativa tolerância à planta contra adversidades ambientais ativando o metabolismo fisiológico vegetal.

Na cultura do feijão, a aplicação de aminoácidos vem apresentando resultados satisfatórios. Estudos concluíram que, após o uso de aminoácidos, as plantas resistiram melhor ao estresse térmico, tanto em altas quanto em baixas temperaturas, e também mostraram um incremento em altura de planta, número de vagens e massa dos grãos (CASTRO et al., 2011).

Um aminoácido que está presente na maior parte dos produtos é o ácido L-glutâmico, de grande importância para o metabolismo celular, pois apresenta uma gama de funções biológicas, atuando como molécula central na síntese de outros aminoácidos e no metabolismo das plantas superiores (FORDE E LEA, 2007), atuando como precursor da síntese de clorofila (YARONSKAYA et al., 2006).

Diversos são os fatores estressantes sob os quais as plantas podem estar condicionadas e, como consequência haver redução no seu potencial produtivo. Como exemplo: estresse térmico, salino, excesso de radiação solar, estresse hídrico, dentre outros. Diante desse fato, vários estudos estão sendo realizados em busca de alternativas que possam minimizar ou mesmo sanar os efeitos de estresses em culturas importantes para o consumo. Na cultura do feijão, a aplicação de aminoácidos vem apresentando resultados satisfatórios.

Os aminoácidos são formados por um carbono central, nem sempre apresenta simetria, ligado a um grupamento carboxila (COOH), um grupamento amino (NH_2) e um átomo de hidrogênio (CASTRO et al., 2008). De forma genérica, os aminoácidos possuem um radical chamado de “R”, e é esse radical que diferencia cada aminoácido. Uma cadeia de aminoácidos forma uma proteína e, dependendo de quais aminoácidos se unem e de que maneira se organizam, são formadas diferentes proteínas. Tais proteínas, por sua vez, constituem diversas funções dentro de um ser vivo, sendo partes integrantes de componentes celulares (TAIZ e ZEIGER, 2004). Seu uso na agricultura tem ganhado destaque por se apresentar como fonte de nutriente.

O transporte dos aminoácidos correm via membrana plasmática e sua entrada na célula está ligada à entrada de H^+ (TAIZ e ZEIGER, 2004). Na pulverização foliar, os aminoácidos possuem grande permeabilidade na cutícula, aumentando a eficiência da absorção via folha. O processo de quelatização facilita a penetração dos aminoácidos na membrana da cutícula pela associação de aminoácidos a nutrientes minerais, o que facilita a entrada destes na membrana cuticular, por apresentarem propriedades promotoras de permeabilidade, o que demonstra vantagens do uso de aminoácidos por auxiliar na entrada de nutrientes em maior velocidade nestas membranas, (ASHMEAD et al., 1986).

As plantas são capazes de absorver aminoácidos, sendo estes de fundamental importância ao crescimento e desenvolvimento do vegetal. Os aminoácidos podem formar complexos com cátions como Zn^{2+} , Cu^{2+} e Fe, protegendo-os e aumentando sua disponibilidade para as plantas. Estes elementos participam de processos metabólicos importantes. O Zn^{2+} participa da síntese de triptofano, aminoácido precursor das auxinas. O Cu^{+2} atua em processos fotossintéticos como transporte de

elétrons do fotossistema I, e o Fe participa da rota biossintética do etileno (FAGAN, 2015).

O uso de aminoácidos tem crescido na agricultura, objetivando incrementar a produtividade e ganhos econômicos dos cultivos. Estes produtos também têm ganhado destaque na amenização de estresse causados por eventos climáticos promotores de estresse como exemplo estresse térmico, intensidade luminosa e estresse hídrico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

4.1.1 Local

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, FCA/UNESP, campus de Botucatu/SP, nas dependências do Departamento de Ciência de Solos e Recursos Naturais, que se encontra nas coordenadas geográficas de latitude 22° 50' 15" Sul, longitude 48° 25' 30" Oeste, altitude de 770 m. O experimento foi conduzido durante cinco meses, com início em janeiro e término em maio de 2018.

Figura 1 - Área Experimental no Departamento de Ciência dos Solos e Recursos naturais da UNESP/FCA em Botucatu – SP.



Fonte: arquivo pessoal

4.1.2 Clima

Seguindo a classificação de Köppen, o clima da região é o subtropical úmido (Cwa), caracterizado pelo clima tropical de altitude com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO e DRUGOWICH, 1994). A precipitação média anual da região gira em torno de 1428 mm, concentrados na primavera e no verão, com períodos de estiagem no outono e inverno, sendo que a temperatura média anual é de 20,5 °C (CUNHA e MARTINS 2009).

4.1.3 A Casa de Vegetação

O experimento foi conduzido ao longo do ciclo em casa de vegetação, com teto em arco, com altura máxima de 4,5 m, comprimento de 24,0 m e largura de 7,0 m. Com alvenaria lateral até a altura de 0,4m e piso de concreto. Com pé direito de 3,0 m, coberta com plástico difusor de 120 micras e revestida lateralmente com tela anti-afídeos e com plástico difusor sobreposta.

4.1.4 O Solo

Antes da realização do experimento foi coletada a amostra de solo, para a análise química e física, cujos resultados constam na tabela abaixo. O solo utilizado para o experimento foi proveniente da Fazenda Experimental Lageado, (FCA/UNESP), classificado, segundo a (EMBRAPA 2013), como Latossolo Vermelho distrófico de textura arenosa. O solo foi peneirado em peneira de 4mm.

Para a para a caracterização física e química, foi coletada uma amostra e enviada ao Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciência dos Solos da UNESP, para a análise segundo a metodologia descrita por (RAIJ et al., 2001). Os resultados estão descritos no (Tabela 2):

Tabela 2: Análise química e física do solo

pH	M.O	P _{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	CTC	V%	S	B	Cu	Mn	Zn
(CaCl ₂)	g/dm ³	mg/dm ³	-----	mmolc/dm ³	-----			%	-----	mg/dm ³	-----		
4,2	11	2	44	0,2	11	2	57	23	19	0,16	0,4	0,1	0,1
Textura (g/dm ³)				Silte: 71			Argila: 292			Areia: 637			

Após a análise, foi calculada a necessidade de corretivo e o solo foi corrigido com Calcário Dolomítico PRNT 85% e incubado por um período de 90 dias para elevação da saturação de bases a 70% e correção do pH (Figura 4), segundo recomendação do IAC (RAIJ et al.,1996). O solo também recebeu um tratamento térmico de solarização para a diminuição de patógenos e nematoides, na sequência foi analisado pelo laboratório de Nematologia do Departamento de Proteção de Plantas de UNESP/FCA, que confirmou a ausência de adulto e de ovos de nematoides, qualificando assim o solo para o ensaio.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 12 tratamentos e quatro repetições, onde os tratamentos foram constituídos por (4 épocas de pulverização foliar dos aminoácidos e 3 níveis de estresse hídrico). Onde os 12 tratamentos correspondem à interação das quatro épocas de pulverização foliar com aminoácidos sendo elas: (aplicação foliar em pré - estresse hídrico no início do florescimento aos 42 dias após o plantio (DAP), aplicação foliar durante o estresse hídrico no meio do florescimento aos 49 DAP, aplicação foliar pós - estresse hídrico ao final do florescimento aos 56 DAP, e sem a aplicação foliar de aminoácidos, interagindo com três níveis de estresse hídrico, sendo eles (sem estresse hídrico com a tensão de água no solo de 0 a 30 KPa, com estresse hídrico moderado com a tensão de água no solo de 30 a 50 KPa e com estresse hídrico agudo com a tensão de água no solo de 50 a 80 KPa. Logo tinha-se 12 tratamentos distintos a serem avaliados, com 4 repetições, totalizando 48 parcelas. Cada unidade experimental foi composta por um conjunto de três vasos de PVC com capacidade de 15 litros cada, sendo que em cada vaso foram semeadas quatro sementes e conduzidas duas plantas após a desbrota. Logo o ensaio contava com 144 vasos, onde em cada vaso foram conduzidas duas plantas úteis finais para avaliação.

Para melhor compreensão segue abaixo a descrição detalhada dos 12 tratamentos: (Tabela 3).

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos.

T1	Sem estresse hídrico / Sem a aplicação de aminoácidos via foliar
T2	Sem estresse hídrico / Com aplicação em Pré Florescimento (42 DAP)
T3	Sem estresse hídrico / Com aplicação em Pleno Florescimento (49 DAP)
T4	Sem estresse hídrico / Com aplicação em Pós Florescimento (56 DAP)
T5	Com estresse hídrico moderado (30 a 50 KPa) / Sem aplicação de aminoácidos via foliar
T6	Com estresse hídrico moderado (30 a 50 KPa) / Com aplicação em Pré Florescimento (42 DAP)
T7	Com estresse hídrico moderado (30 a 50 KPa) / Com aplicação em Pleno Florescimento (49 DAP)
T8	Com estresse hídrico moderado (30 a 50 KPa) / Com aplicação em Pós Florescimento (56 DAP)
T9	Com estresse hídrico agudo (50 a 80 KPa) / Sem aplicação de aminoácidos via foliar
T10	Com estresse hídrico agudo (50 a 80 KPa) / Com aplicação em Pré Florescimento (42 DAP)
T11	Com estresse hídrico agudo (50 a 80 KPa) / Com aplicação em Pleno Florescimento (49 DAP)
T12	Com estresse hídrico agudo (50 a 80 KPa) / Com aplicação em Pós Florescimento (56 DAP)

4.3 Descrição do produto utilizado

O Aminon Active®, é um produto produzido e comercializado pela empresa Technes Agrícola LTDA, é um produto a base de um complexo de aminoácidos orgânicos em solução aquosa que é aplicado via pulverização foliar sobre as plantas e possui em sua composição os nutrientes Nitrogênio 8% (96 g L⁻¹), Fósforo 1% (12 g L⁻¹) e oxido de potássio 2% (24 g L⁻¹), com Carbono orgânico total 10% (132 g L⁻¹) e

% Aminoácidos presentes no Aminon Active®		
Alanina (1,76%)	Histidina (0,71%)	Metionina (0,79%)
Arginina 1,11%)	Isoleucina (0,51%)	Fenilalanina (0,60%)
Ácido Aspártico (0,88%)	Leucina (1,43%)	Serina (0,88%)
Cistina (1,10%)	Lisina (1,74%)	Treonina (0,90%)
Ácido Glutâmico (2,29%)	Tirosina (0,50%)	Valina (0,99%)
Glicina (0,95%)	Prolina (1,80%)	Triptonfano (1,95%)

densidade de 1.200 g L⁻¹. Aminograma na (Tabela 4).

Tabela – 4. Aminograma completo do Aminon Active® da Technes Agrícola LTDA.

O Aminon Active® foi utilizado para a aplicação via foliar em três épocas distintas durante o ciclo da cultura e também foi realizado o controle sem a pulverização do produto.

Durante as aplicações as parcelas foram isoladas com uma barreira física para que as parcelas laterais não recebessem qualquer deriva da aplicação do produto. O produto foi aplicado via foliar com um pulverizador eletrônico modelo PJB da Jacto, com controle fixo de pressão e velocidade, sendo a pressão de trabalho fixa a 60 lbf/pol², e a velocidade de trabalho a 5 km h⁻¹, com bico leque duplo da Magnojet modelo ST/D 0,2 amarelo, simulando um volume de aplicação de 200 litros ha⁻¹. A dosagem de Aminon Active® padrão utilizada foi de 2 L/h⁻¹, sendo este padrão seguido em todas as aplicações ao longo do experimento.

4.4 Características do cultivar de feijão

A cultivar de feijão Pérola, é o resultado do trabalho de seleção de linhas puras de uma cultivar denominada Aporé, seleção está realizada pela Embrapa Arroz e Feijão. Esta cultivar apresenta características como hábito de crescimento indeterminado com características intermediárias entre o tipo II e tipo III, ciclo médio de 95 dias entre a germinação e a maturação fisiológica dos grãos, porte semi-ereto que favorece a colheita mecanizada; período médio para o início da floração plena de 46 dias após a germinação; vagem da cor verde, flor da cor branca, grão de cor bege clara, sendo classificado como grupo comercial carioca. É tolerante a ferrugem, ao mosaico comum e a antracnose (YOKOYAMA et al., 1999).

4.5 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em vasos de PVC, com volume de 15 litros. O espaçamento adotado foi de 1,0 m entre linhas 0,5 metros entre plantas. A adubação de plantio consistiu para todos os tratamentos de 90 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de (superfosfato simples), 60 Kg ha⁻¹ de K₂O na forma de (cloreto de potássio).

A adubação de cobertura foi realizada quando a planta atingiu o estágio fenológico V4 com 3 trifólios completamente expandidos, onde foi aplicado o adubo nitrogenado Ureia 45% de nitrogênio, sendo preparada uma solução de ureia e água destilada equivalente a dose de 80 Kg/ha de N na forma de Ureia.

O controle de plantas daninhas foi realizado de forma manual, com a remoção das plantas daninhas sem agredir o sistema radicular da cultura, e foi mantido ao longo do ciclo de maneira que a cultura se mantivesse isenta de competição. O controle de pragas e doenças foi realizado através do monitoramento da cultura, utilizando pulverizador costal jacto com controlador eletrônico de pressão constante e sensor de velocidade, para manter a aplicação de agroquímicos de maneira uniforme, ao longo do ciclo foram utilizando produtos agroquímicos registrados e recomendados para o feijoeiro, o controle foi realizado de forma preventiva. Os agroquímicos utilizados listados ao longo do ciclo do feijão estão listados abaixo na tabela 5.

Tabela 5 - Tratamentos fitossanitários realizados na cultura do feijão submetido a aplicação de aminoácidos via foliar em diferentes níveis de estresse hídrico.

Data	Classe	Ingrediente ativo (concentração)	Dose (g i.a. ha⁻¹)
22/01/18	Herbicida	Fomesafem (250 g L ⁻¹)	125
22/01/18	Herbicida	Fluazifope-p-butílico (250 g L ⁻¹)	175
25/02/18	Inseticida	Tiametoxam (250 g kg ⁻¹)	37,5
05/02/18	Fungicida	Azoxistrobina (200 g L ⁻¹) + Difenoconazol (125 g L ⁻¹)	100 + 62,5
05/02/18	Inseticida	Tiametoxam (200 g L ⁻¹) + Clorantroliprole (100 g L ⁻¹)	50 + 25
25/02/18	Fungicida	Tiofanato-metílico (200 g kg ⁻¹) + Clorotalonil (500 g kg ⁻¹)	300 + 750
10/03/18	Fungicida	Piraclostrobina (250 g L ⁻¹)	75
07/03/18	Inseticida	Tiametoxam (141g L ⁻¹) + Lambda- cialotrina (106 g L ⁻¹)	21,2 + 15,9
20/03/18	Fungicida	Tiofanato-metílico (200 g kg ⁻¹) + Clorotalonil (500 g kg ⁻¹)	400 + 1000
05/04/18	Herbicida	Paraquat (200 g L ⁻¹)	400

4.6 Manejo da irrigação

Durante o experimento e ao longo do ciclo do feijão foram adotados dois regimes distintos de manejo de irrigação. O primeiro com lamina calculada pelo método do Tanque “Classe A”. Onde a lamina de irrigação foi determinada de acordo com a (Equação 1). Esta etapa durou desde o plantio (0 DAP) até os (42 DAP) na pré floração, neste momento foi induzido o estresse aplicando os tratamentos, e

retornando a esse padrão após o 56º DAP até a maturação fisiológica de grãos e colheita. Nesse período as laminas de irrigação foram iguais para todos os tratamentos visando atender plenamente a demanda hídrica da cultura, sem a presença de estresse hídrico induzido. Para este primeiro regime de irrigação foi utilizado o método do tanque “Tanque Classe A”, onde a lamina de irrigação foi fixa e calculada de acordo com a curva característica de água no solo, e os dados obtidos avaliação diária da evaporação do “Tanque classe A”, segundo a equação abaixo.

Equação - 1. Equação para determinar a lamina de irrigação de acordo com o método do tanque USWE “Tanque Classe A”.

$$ET_m = ECA \cdot K_p \cdot K_c$$

Onde:

ET_m - Reposição da Evapotranspiração máxima da cultura em (mm dia⁻¹);

ECA - Evaporação do “Tanque Classe A” (mm dia⁻¹);

K_p - Coeficiente do Tanque, que leva em consideração o clima e o meio circundante ao tanque, apresentado por Doorenbos & Kassan (1979);

K_c - Coeficiente Cultural do Feijoeiro.

Tabela 6 - Coeficiente da cultura (K_c) para as três fases do ciclo do feijoeiro

Fase da Cultura	Duração em dias	Idade da planta	K _c
Germinação ao Início da floração	35	0 - 35	0,69
Floração	30	35 - 65	1,28
Produção de vagens e enchimento	25	65 - 90	1,04

Fonte: Steinmetz (1984)

Figura 2 – Tanque Classe A, Instalado no local da pesquisa



E o segundo regime de manejo de irrigação com início aos 42º DAP com duração de 14 dias, até o 56º DAP. Neste período foram simulados três níveis de estresse hídrico induzidos e com monitoramento diário da tensão da água no solo, mantendo a tensão da água no solo nas classes a seguir, (sem estresse 0 a 30 Kpa), (estresse moderado 30 a 50 Kpa) e (estresse agudo 50 a 80 KPa). Neste período do 42º DAP até o 56º DAP foi induzido um estresse hídrico de 14 dias, com o intuito de avaliar os tratamentos propostos frente a condição de estresse hídrico induzido. Para o cálculo da lâmina da irrigação durante o período de estresse hídrico foi utilizada a equação 2. A lâmina de água foi aplicada sempre que a tensão da água no solo atingia a tensão estabelecida para cada tratamento, sendo que a lâmina máxima aplicada foi obtida segundo a equação abaixo citada.

Equação 2 - Lâmina líquida de irrigação

$$LL = 10 \cdot (\theta_i - \theta_a) \cdot H$$

Onde:

Lâmina de irrigação: (mm)

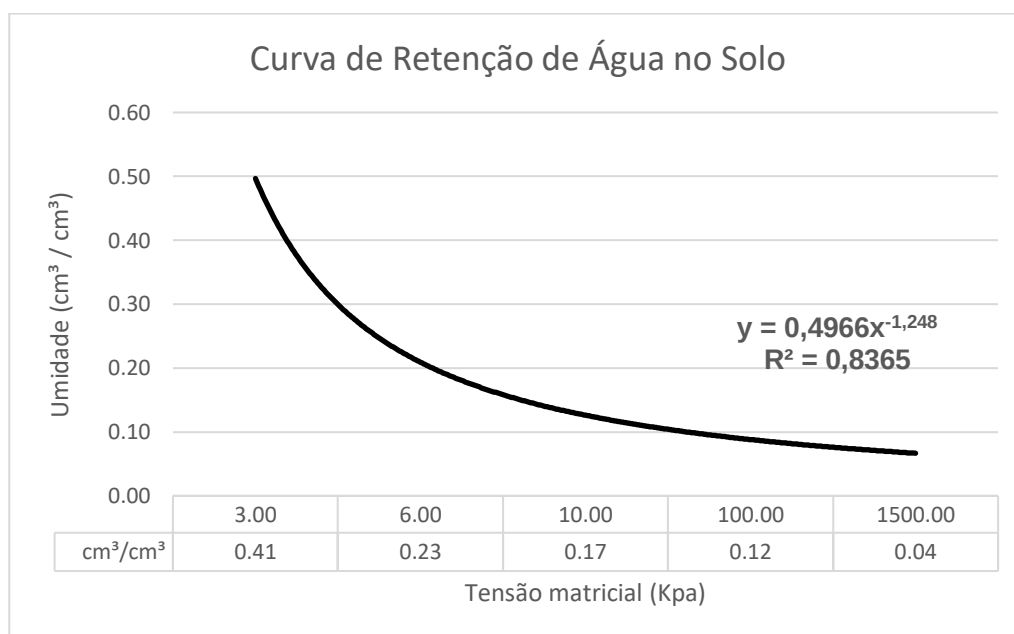
θ_i - Umidade do solo correspondente ao nível superior de tensão, especificado para cada tratamento ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

θ_a - Umidade do solo correspondente ao nível inferior de tensão, especificado para cada tratamento ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)

H – Camada de solo representativa do sistema radicular da cultura (cm).

Os pontos receberam a modelagem no software SWRC, de DOURADO NETO et al., (1995), versão 3.0, para geração dos parâmetros de α , n , m , θ_r , θ_s . Na sequência foi realizado o ajuste da curva de retenção de água no solo, de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980).

Figura 3: Curva Característica de Retenção de Água no Solo do Experimento



A curva característica de retenção de água, foi obtida de acordo com a coleta de amostras indeformadas enviadas ao Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da FCA/UNESP em Botucatu SP, onde através da câmara de pressão de Richards, foi determinado o conteúdo de água no solo para 5 pontos de tensão, 3; 6; 10; 100; 500 e 1500 Kpa. Também foram obtidos os valores da densidade do solo (DS) e a Porosidade Total do Solo (PT).

4.7 Sistema de Irrigação

Em cultivos comerciais o sistema de irrigação mais utilizado frequentemente na cultura do feijão é o da aspersão, contudo para a simulação do estresse hídrico e para garantir a boa uniformidade da aplicação das laminas de irrigação, visando simular a ocorrência do estresse hídrico momentâneo na casa de vegetação, foi escolhido o sistema de irrigação por gotejamento com gotejadores autocompensantes da marca NAANDAN, com vazão nominal de $0,4 \text{ L.h}^{-1}$ na faixa de trabalho de 50 KPa a 400 KPa. Cada parcela recebeu três vasos de 15 litros com 3 gotejadores individuais por vaso, para a irrigação. Antes do início do ensaio o sistema de irrigação foi submetido a um teste de uniformidade de vazão, visando observar o Coeficiente de uniformidade de Christiansen CUC, e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição CUD, sendo considerado aprovado o sistema quando os valores ficaram acima de 90%, de acordo com Zocoler (2005).

Figura 4 – Sistema de gotejamento autocompensante, microtubos e estacas



Fonte:arquivo pessoal

O sistema de irrigação foi alimentado por uma bomba monobloco periférica, com potência de $\frac{1}{2}$ Cv, marca Amanco, modelo IPX4, com vazão máxima de 2500 L/h, acoplada a um reservatório de água de 300 litros.

Figura 5 – Sistema de bombeamento e reservatório de água para irrigação



Fonte: arquivo pessoal

4.8 Monitoramento da água no solo, durante o período de estresse hídrico

O monitoramento da tensão da água no solo, foi realizado durante o período de estresse hídrico induzido que durou do 42º DAP ao 56º DAP, com a instalação de tensiômetros, instalados em todas as parcelas com o centro geométrica da cápsula porosa instalado na profundidade de 0,12 m.

Durante o período de estresse hídrico induzido foi realizado o monitoramento diário com coleta de dados no intervalo entre as 08:00 e 10:00 h, utilizando um tensímetro digital (Figura 7), para determinar o manejo da irrigação, mantendo as tensões de água no solo nas faixas especificadas para cada tratamento. Em seguida era realizada a irrigação com base nos resultados.

Figura 6 – Tensiômetros de punção e tensímetro digital para manejo da irrigação



Fonte:arquivo pessoal

5 Avaliações realizadas ao longo do ciclo

Foram avaliados semanalmente os parâmetros, comprimento de plantas, diâmetro de colo e número de trifólios e índice SPAD.

5.1 Comprimento de plantas:

Foi considerada a máxima distancia vertical da planta, desde o ponto de inserção das folhas cotiledonares até a projeção da última folha do ápice, este parâmetro foi determinado semanalmente até o final do ciclo, com uma trena metálica graduada em cm.

5.2 Diâmetro de caule

O diâmetro do caule na região do colo, foi considerado o diâmetro transversal do colo da planta na altura da inserção das folhas cotiledonares. Este parâmetro foi determinado semanalmente até o final da pesquisa com um paquímetro digital em (mm), de acordo com a (figura 8) abaixo.

Figura 7 – Leitura do diâmetro do colo com paquímetro digital



Fonte:arquivo pessoal

5.3 Número de trifólios

O número de trifólios, foi determinado semanalmente e ao final da pesquisa através de contagem manual dos trifólios completamente expandidos e fotossinteticamente ativos.

5.4 Índice relativo de clorofila SPAD

Ao longo do ciclo, semanalmente, foram realizadas leituras indiretas do índice relativo de clorofila (IRC), realizadas no período da manhã entre as 8:00 e 10:00. As leituras eram realizadas com o aparelho SPAD 502 de acordo com a figura 9. Para a amostragem foram realizadas leituras em três plantas de cada parcela, sendo amostrados três trifólios completamente expandidos por planta. Tomando como

referência a folha central do primeiro trifolíolo completamente desenvolvido, no sentido basípeto, sendo realizadas 3 leituras por folíolo, obtendo assim a média do valor do índice SPAD (PIRES et al., 2004).

Figura 8 – Leitura com Leitor de Índice SPAD modelo MINOLTA 502



Fonte: arquivo pessoal

5.5 componentes de produtividade

Foram avaliadas as 4 plantas centrais da parcela, na seguinte sequência: Contagem do número de vagens por planta, debulha manual das vagens. Contagem do número de grãos por planta, obtenção do número de grãos por vagem. Peso de 1000 grãos úmidos, secagem e pesagem dos 1000 grãos secos a 13% de umidade.

5.5.1 Número de vagens por planta

Foi determinado no número de vagens por planta, a partir da relação entre o número total de vagens coletadas em seis plantas centrais de cada parcela, e o número de plantas amostradas. Obtendo assim o componente de produtividade número médio de vagens produzidas por planta.

5.5.2 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem foi obtido a partir da relação entre o número de grãos produzidos em seis plantas centrais de cada parcela e o número total de vagens produzidos na mesma parcela. Obtendo assim o número médio de grãos produzidos por vagem.

5.5.3 Número de grãos por planta

O número de grãos por planta foi obtido através de contagem manual, sendo considerados todos os grãos produzidos pela planta, inclusive os grãos afetados pelo efeito do estresse hídrico, com baixo enchimento.

5.5.4 Peso de 100 grãos

Foi realizada através da média da pesagem de 3 amostras de 100 grãos cada uma, após feita a secagem dos grãos em estufa de circulação de ar a 65°C, e corrigida a umidade para 13% (base úmida).

5.5.5 Número total de grãos por planta

Para a estimativa da produtividade média de grãos por planta, foram utilizados os componentes de produtividade mencionados anteriormente, onde foi multiplicado (Número médio de vagens por planta x Número médio de grãos por vagem x (Peso médio de 100 grãos/100)). Obtendo assim o peso médio de grãos produzidos por planta na parcela experimental.

5.6 Matéria seca de raízes e parte aérea

Foram amostradas duas plantas por parcela para a determinação do peso da matéria seca do sistema radicular e da parte aérea. Onde todo o material foi seco em estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas, e em seguida pesado em balança semi analítica.

5.7 Volume de raízes

O volume de raízes foi determinado com a amostragem de duas plantas por parcela, logo após a colheita da parte aérea as raízes foram lavadas e colocadas a sombra para secar. Posteriormente elas foram imergidas em um volume conhecido de água destilada, avaliando o volume de água deslocado para determinar o volume de raízes.

A análise estatística foi realizada pelo software SISVAR versão 5.6.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observações para tabelas : Sem Aplicação (S.A), Aplicação PRÉ-Florescimento (A.PRE. F), Aplicação no Florescimento (A. F), Aplicação após Florescimento (A. PÓS. F.)

6.1 Índice SPAD

Na Tabela 6, o índice SPAD, aos 49º e 56º DAP obteve com a aplicação em pré florescimento e florescimento, um índice equivalente estatisticamente a condição dos tratamentos sem estresse hídrico, mostrando que ao final do período de estresse a planta se encontra em uma condição mais favorável devido a aplicação de aminoácidos realizada. Também é possível observar que o índice SPAD é afetado pelo estresse hídrico moderado a agudo, durante o período de restrição hídrica.

6.2 Volume e massa de raízes

Observando a tabela 6, é possível notar que o volume de raízes é negativamente afetado quando a planta é submetida ao regime de estresse hídrico moderado a agudo sem aplicação de aminoácidos, causando perdas do volume de raízes na ordem de 26% a 52% respectivamente. Neste contexto o parâmetro pode ser incrementado significativamente com a aplicação em pré florescimento e florescimento quando o estresse hídrico ocorre de forma moderada, e as perdas podem ser reduzidas quando o estresse hídrico ocorre de forma aguda, para as condições do ensaio citado.

De acordo com a análise dos dados relativos a matéria seca do sistema radicular, é possível notar que o estresse hídrico agudo compromete significativamente o peso do sistema radicular, causando redução de até 46% na massa do sistema radicular sem a aplicação de aminoácidos, e também podemos inferir que sob estresse hídrico agudo a planta deixa de perder massa radicular quando submetida a aplicação de aminoácidos em pré florescimento e florescimento pleno. Sendo que a aplicação em pré florescimento contribui para ganhos significativos de massa quando o estresse hídrico é moderado.

Vale a pena ressaltar que os melhores resultados são obtidos a nível de massa e volume de raízes quando a aplicação é realizada de forma preventiva no início da

ocorrência do estresse hídrico temporário. Isso nos remete ao monitoramento das previsões das condições climáticas dos próximos 15 dias, para que o produtor possa tomar a decisão de agir preventivamente, visando reduzir os danos causados ao sistema radicular, que neste momento de restrição hídrica é fundamental para a absorção de água e nutrientes em profundidade. A manutenção do sistema radicular tende a melhorar as respostas produtivas frente a uma condição de déficit hídrico momentâneo. Para isso as barreiras químicas e físicas do solo devem ser eliminadas, visando promover o enraizamento.

6.2 Componentes de produtividade do feijão

Analisando o fator peso de 1000 grãos (Tabela 8), notamos que o enchimento é fortemente afetado pelo estresse hídrico quando não são realizadas as aplicações de aminoácidos via foliar, e que as perdas do componente avaliado são evitadas quando as aplicações de aminoácidos são realizadas independente da época de aplicação. O componente de produtividade acima citado está diretamente ligado aos outros componentes de produtividade. Logo grandes alterações na população de plantas por hectare, no número de vagens por planta e no número de grãos por vagem impactam no peso de 1000 grãos.

O número de grãos por vagem (Tabela 8), não sofre alterações significativas em relação aos tratamentos avaliados, porém o componente de produtividade número de vagens por planta é muito afetado com perdas significativas decorrentes do estresse hídrico. Principalmente quando não são realizadas aplicações de aminoácidos em condição de estresse hídrico agudo, sendo que há redução de 49% do número de vagens por planta sob efeito de estresse hídrico agudo, concordando com os resultados obtidos por Guimarães et al., (2011), que concluiu que o componente agrônomo mais sensível ao déficit hídrico, é o número de vagens por planta. Logo é muito importante observar que as perdas deste componente podem ser significativamente reduzidas quando com a aplicação de aminoácidos no florescimento com antecedência a ocorrência do estresse moderado. Observando também que as perdas podem ser significativamente reduzidas em 22% quando recebem a aplicação de aminoácidos de forma previa a ocorrência de um estresse hídrico agudo.

Os resultados obtidos por Miorini (2012), em casa de vegetação com cultivar do grupo carioca, demonstraram que a supressão da irrigação durante o desenvolvimento da cultura do feijão, altera negativamente todos os componentes de produtividade, sendo reduzido em 20% em média. Manjeru et al (2007), concluíram que o estresse hídrico prejudicou significativamente o rendimento da cultura do feijão, sendo que a maior redução de produtividade é constatada quando o estresse hídrico ocorre após a floração.

De acordo com a análise é possível observar que a perda acumulada nos componentes produtividade, podem ocasionar uma redução de 59,8% de produção, quando o feijoeiro é submetido a ocorrência de um estresse hídrico agudo, nos períodos de floração e início de formação de vagens. Concordando com os resultados obtidos por Garrido (1998), que observou em sua pesquisa que o estresse hídrico quando ocorre nos períodos de início e final da floração, provocam perdas de 16%, 42% de produtividade respectivamente, e também avaliou que o déficit hídrico quando ocorre no período de início de formação de vagens, as perdas podem chegar a 58% de redução de produtividade de grãos.

De acordo com as observações de Libardi (1996), o estresse hídrico reduziu a produtividade da cultura do feijão durante a fase do florescimento e durante a fase reprodutiva da cultura. Ocasionalmente as maiores perdas com a redução de um dos componentes de produtividade da cultura, o número de vagens por planta. Paralelamente os estudos de Frizzone (1986), Fancelli (1987), Libardi e Saad (1994), Paz et al. (1997) e Gomes et al. (2010). Também observaram que o déficit hídrico, na fase de florescimento e enchimento de grãos, durante 10 e 17 dias, causaram redução de 42,6 e 62% no rendimento, respectivamente, quando comparado ao da situação sem déficit hídrico.

Para o diâmetro de colo (Tabela 9), não houve diferença estatísticas significativas ao longo do ciclo. Porém, é possível observar que nos tratamentos submetidos ao nível de estresse hídrico agudo, sempre obtiveram menor valor numérico para esta variável.

O número de trifólios (Tabela 9) está correlacionado ao Índice de Área Foliar (IAF) da cultura, logo uma planta de feijão bem desenvolvida no florescimento deve conter um IAF de $3,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, com taxa média diária de $0,4 \text{ trifólio dia}^{-1}$ (Oliveira

1990). Logo uma lavoura com população final de 220.000 plantas ha^{-1} , com 15 a 20 trifólios por planta em média, alcança o valor adequado de IAF para obter boas produtividades. Neste contexto observamos que a variável número de trifólios por planta é negativamente afetada pelo estresse hídrico moderado e agudo, sendo que a velocidade de emissão de trifólios é reduzida e consequentemente o IAF é prejudicado. Esta variável não é preservada com a aplicação de aminoácidos via foliar durante o período de estresse induzido.

Tabela 7. Dados médios do Índice SPAD aos 42, 49, 56 e aos 75 DAP e volume e matéria seca de raízes, na cultura do feijoeiro submetido a aplicação de aminoácidos sob estresse hídrico. UNESP/FCA –Botucatu, 2018.

Índice SPAD aos 42 DAP				Índice SPAD aos 49 DAP			Índice SPAD aos 56 DAP		
Épocas de aplicação		Níveis de estresse							
	0 a 30 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 Kpa	50 a 80 KPa
S.A.	51,65 aA	52,01 aA	49,98 aA	53,78 aA	45,86 aB	37,21 aB	54,22 aA	48,50 aB	44,21 aB
A PRÉ. F	50,86 aA	50,92 aA	52,50 aA	52,58 aA	48,57 aA	38,73 aB	56,62 aA	51,87 aA	41,08 aB
A.F	50,92 aA	51,76 aA	51,92 aA	53,82 aA	45,93 aA	38,47 aB	54,78 aA	53,71 aA	47,53 aB
APÓS F.	51,22 aA	51,26 aA	49,71 aA	52,60 aA	40,03 aB	36,85 aB	58,25 aA	50,05 aB	42,48 aB
CV% 11,89				CV% 17,89			CV% 16,89		
Índice SPAD aos 75 DAP				Volume de raízes (cm³)			Matéria seca de raízez		
S.A.	25,17 aA	29,35 bA	25,56 bA	53,12 cA	39,09 bB	25,01 cC	32,68 aA	26,54 bAB	17,73 cB
A PRÉ. F	27,05 aB	32,16 aA	30,22 aA	61,34 bA	53,12 aB	45,03 aCb	33,79 aB	45,55 aA	30,45 bB
A.F	27,96 aB	35,67 aA	33,67 aA	73,20 aA	56,22 aB	50,29 aB	39,94 aA	33,02 bA	40,68 aA
APÓS F.	27,30 aA	29,45 bA	27,45 bA	54,39 abA	35,02 bB	38,81 bB	32,92 aA	29,16 bA	26,22 bA
CV% 19,77									

Médias numéricas seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e de mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Dados médios do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil grãos e número de grãos por planta e altura de plantas aos 49 e 56 DAP, na cultura do feijoeiro submetido a aplicação de aminoácidos sob estresse hídrico. UNESP/FCA –Botucatu, 2018.

Número de vagens por planta				Número de grãos por vagem			Peso de 1000 grãos		
Épocas de aplicação		Níveis de estresse							
	0 a 30 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 Kpa	50 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 Kpa	50 a 80 KPa
S.A.	11,25 aA	11,50 aA	5,67 bB	4,76 aA	2,97 a A	3,87 aA	236,92 aAB	299,98 aA	216,48 aA
A PRÉ. F	12,13 aA	11,13 aA	9,38 bA	3,79 aA	3,83 aA	3,70 aA	238,81 aA	244,40 aA	224,89 aA
A.F	11,42 aA	11,75 aA	9,33 bA	4,32 Aa	3,24 aA	3,04 aA	230,92 aA	250,74 aA	22,53 aA
APÓS F.	10,13 aA	11,02 aA	8,89 bAB	4,08 aA	3,75 aA	40,8 aA	278,10 aA	242,25 aA	240,92 aA
CV% 19,84				CV% 17,83			CV% 14,65		
Número de grãos por planta				Altura de plantas aos 49 DAP			Altura de plantas aos 56 DAP		
	0 a 30 KPa	30 a 50 KP	50 a 80 Kpa	0 a 3 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 Kpa	0 a 30 Kpa	30 a 50 kpa	50 a 80 kpa
S.A.	162,98 aA	142,81 aA	39,38 bB	50,12 aA	47,87 aA	48,12 aA	47,50 aA	43,37 a A	42,12 aB
A. PRÉ. F	167,04 aA	141,60 aA	89,31 bB	49,25 aA	48,50 aA	48,37 aA	47,75 aA	43,87 aB	41,50 aB
A. F	164,33 aA	144,08 aA	72,89 bB	51,25 aA	48,50 aA	48,37 aA	46,75 aA	44,87 aA	41,25 aB
A.PÓS F.	157,12 aA	135,94 aA	49,66 bB	50,87 aA	48,25 aA	48,12 aA	47,50 aA	45,75 aA	40,75 aB
CV% 16,81				CV% 18,44			CV% 14,65		

Médias numéricas seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e de mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Dados médios de diâmetro do colo aos 42, 49, 56 e 75 DAP e número de trifólios aos 49 e 56 DAP, na cultura do feijoeiro submetido a aplicação de aminoácidos sob estresse hídrico. UNESP/FCA –Botucatu, 2018.

Diâmetro do colo (mm) aos 42 DAP				Diâmetro do colo (mm) aos 49 DAP			Diâmetro do colo (mm) aos 56 DAP		
Épocas de aplicação		Níveis de estresse							
	0 a 30 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 Kpa	30 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 Kpa	50 a 80 KPa
S.A.	5,04 aA	5,25 aA	5,20 aA	5,43 aA	5,35 aA	5,19 aA	5,46	5,36	4,97
A PRÉ. F	4,78 aA	5,40 aA	5,48 aA	5,57 aA	5,45 aA	5,41 aA	5,88	5,22	5,04
A.F	4,85 aA	5,26 aA	5,33 aA	5,48 aA	5,18 aA	5,12 aA	5,62	5,21	5,18
APÓS F.	5,11 aA	5,21 aA	5,28 aA	5,41 aA	5,02 aA	5,25 aA	5,53	5,26	5,36
CV% 6,70				CV% 8,61			CV% 14,65		
Diâmetro do colo (mm) aos 75 DAP				Número de trifólios aos 49 DAP			Número de trifólios aos 56 DAP		
	0 a 30 KPa	50 a 80 KPa	50 a 80 KPa	0 30 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 KPa	0 a 30 KPa	30 a 50 KPa	50 a 80 KPa
S.A	5,74 Aa	5,57 aA	5,21 aB	10,15 aA	8,00 Aa	6,12 aB	14,50 aA	13,25 aA	8,75 aB
A.PRÉ.F	5,83 aA	5,70 aA	5,24 aA	11,62 aA	7,62 aB	7,37 aB	16,50 aA	13,25 aB	8,25 aB
A. F	5,48 aA	5,59 aA	5,23 aA	10,25 aA	7,50 aB	6,50 aB	16,25 aA	12,75 aB	8,15 aB
A.PÓS. F	5,69 aA	5,55 aA	5,06 aB	10,10 aA	8,25 aA	7,00 aB	16,30 aA	12,62 aB	8,12 aC
CV% 9,89				CV% 16,66			CV% 17,50		

Médias numéricas seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e de mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- a) O estresse hídrico moderado e agudo causa a redução do desenvolvimento radicular da cultura do feijão, diminuindo o volume radicular e a massa da matéria seca das raízes. Porém a aplicação de aminoácidos reduz significativamente estas perdas, quando aplicado antecipadamente ao período de estresse hídrico no florescimento.
- b) O componente de produtividade, número de vagens por planta sofre grande redução sob efeito do estresse hídrico moderado e agudo, estas perdas podem ser significativamente minimizadas quando a aplicação de aminoácidos ocorre no florescimento antecedendo o período de estresse.
- c) Quando o déficit hídrico ocorre de forma aguda, o número de grãos produzidos por planta é significativamente reduzido. Porém é possível minimizar estas perdas com a aplicação de aminoácidos no período que antecede ao estresse com melhores resultados no florescimento.
- d) O número de trifólios é significativamente reduzido, durante o período de estresse hídrico agudo, consequentemente reduzindo o índice de área foliar e prejudicando a produtividade do feijoeiro.

8 CONCLUSÃO

A aplicação de aminoácidos via foliar, de forma antecipada ao período de estresse hídrico, reduz as perdas de produtividade na cultura do feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. F. B. Introdução e importância econômica. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na Região Sul de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.
- ALBUQUERQUE, T. C. S. de. DANTAS, B. F. Aplicação foliar de aminoácidos e a qualidade das uvas da cv. – Boa Vista: Embrapa Roraima. 19p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/ Embrapa Roraima, 23), 2010.
- ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; CRUZ, M. G. M. **Resposta do cultivar BR-1 de caupi (Vigna unguiculada (L.) Walp.), submetido a diferentes deficiências hídricas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. Resumos... Pelotas: SBEA, 1999. 1 CD ROM.
- ASHMEAD, H.D.; ASHMEAD, H.H.; MILLER, G.W.; HSU, H.H. **Foliar feeding of plants with amino acid chelates**. New Jersey: Noyes Publications. 369 p. 1986.
- BASTOS, E. A.; Ferreira, V. M.; Silva, C. R.; Andrade Júnior, A. S. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do feijão-caupi no vale do Gurguéia**, Pl. Irriga, v.13, p.182-190, 2008.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J. E. S. **A cultura do Feijão**. In: VIERA, C.; PAULA JUNIOR. T. J.; BORÉM, A. (Eds). Feijão: UFV. p. 13-18, 2006.
- BRITO, J. A. P. de. **Respostas de caupi (Vigna unguiculada (L.) Walp.) a diferentes períodos de deficiência hídrica**. 125 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1993.
- CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M. **Utilização de fosfitos e potencial de aplicação de aminoácidos na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, DIBD, 71 p. (Série Produtor Rural, 38), 2008.
- CASTRO, P, R, C. **Princípios da adubação foliar**. Jaboticabal: FUNEP, 42P, 2009.
- CASTRO, P.R.C.; MACEDO, W.R.; LAMBAIS, G.R.; MANSANO, S. R. **Ação anti-estresse de Flororgan em feijoeiro (Phaseolus vulgaris cv. Carioca)**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 13. Búzios. Resumos... Búzios: UENF, 2011. 1 CD-ROM, 2011.

CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel-SP. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.1-11, 2009.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Nutrição, adubação e calagem na produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, cap. 2, p. 49-85, 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

ENDRES, L.; SOUZA, J. L.; TEODORO, L.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M.; BRITO, J. E. D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.11- 16, 2010.

FANCELLI, A.L. **Cultura do feijão**. Piracicaba: FEALQ; ESALQ, 138 p, 1987.

FAGAN, E.B.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; CHALFUN JÚNIOR, A.; DOURADO NETO, D. Citocininas. In: Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais. São Paulo: Organização Andrei Editora LTDA., p. 111-128, 2015.

FORDE, B.G. E LEA, P.J. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signaling. **Journal of Experimental Botany**, 58, 9: 2339-2358, 2007.

FERREIRA, L. G. R.; COSTA, J. O.; ALBUQUERQUE, I. M. de. **Estresse hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de duas cultivares de caupi**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 26, n. 7, p. 1049-55, 1991.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Fertilizantes Organominerais de Última Geração: funções fisiológicas e uso na agricultura. **Revista Plantio Direto**, edição 100, julho/agosto de 2007.

FRIZZONE, J.A. **Funções de reposta do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) ao uso de nitrogênio de lâmina de irrigação**. 133p, 1986.

KERBAUY, G. B. 2ª ed. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, P de.; **Práticas indutoras do crescimento radicular das principais culturas anuais, com ênfase na cultura do feijoeiro**. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H (Org.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, p. 185 – 223, 2009.

LIBARDI, P.L., MANFRON, P.A., MORAES, S.O. & TUON, R.L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 1-12, 1996.

LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigada por pivô central em Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 18:529-532, 1994.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual Técnico de manejo e Conservação do Solo e da Água**. Campinas: CATI, v 2, 168p, 1994.

GARRIDO, M.A.T. **Respostas do feijoeiro às lâminas de água e adubação nitrogenada**. Universidade Federal de Lavras: ESAL, 205 p. (Tese Doutorado em Fitotecnia), 1998.

GOMES, A.A.; ARAÚJO, A.P.; ROSSIELLO, R.O.P.; PIMENTEL, C. Acumulação de biomassa , características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1927-1937, 2000.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; DEL PELOSO, M.J.; OLIVEIRA, J.P. Genótipos de Feijoeiro Comum Sob Deficiência Hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 7, p649-656, 2011.

- GUIMARÃES, C. M. **Efeitos fisiológicos do estresse hídrico**. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, p. 157-174, 1988.
- GUIMARÃES, C. M. Relações hídricas. In: Araújo, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba, SP: POTAFOS. 786, 1996.
- MANJERU, P., T. MADANZI, B. MAKEREDZA, A. NCIIZAH, AND M. SITHOLE. Effect of water stress at different growth stages on components and grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Crop Science**. Conf. Proc. 8: 299-303, 2007.
- MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; PITOMBEIRA, J. B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Ciência Agronômica**, v.38, p.95-103, 2007.
- MIORINI, T. J. J. **Produtividade do feijoeiro sob supressão de irrigação em diferentes fases fenológicas**, 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciencias Agronomicas , Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.86-95, 2015.
- SILVA.C. da.; RIBEIRO. J. R. **Zoneamento agroclimático para o feijão (2a safra) nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia**. In: KLUTHCOUSKI. J.; STONE. L. F.; AIDAR. H (Org.). Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás. EMBRAPA, p. 97 – 104, 2009.
- SINGH, S. P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 35, p. 118-124, 1995.
- PAZ, V.P.S.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.S. **Efeito de diferentes níveis de irrigação e do déficit hídrico na produção do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)**

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997 Campina Grande. Resumos... Campina Grande :CBEA, 1 CD-ROM, 1997.

QUINTEL, E. D. et al. Manejo fitossanitário do feijoeiro. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. Circular T, p. 1–16, nov. 2005.

RAIJ B; ANDRADE JC; CANTARELLA H; QUAGGIO JA. **Análise Química para avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 285p, 2001.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M.

C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação, 285 p, 1996.

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. **Seja o doutor do seu feijoeiro**.

Piracicaba: POTAFOS, 4 p. (Informações Agronômicas, 68),1994.

RUSSO, R.O., AND G.P. BERLYN. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. **Journal of Sustainable Agriculture** 1:19-42, 1990.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Requerimento de água. In: SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. (Ed). **Irrigação do Feijoeiro**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, P 230, 2001.

SHOUSE, P. et al. Water deficit effects on water potential, yield, and water use cowpeas. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 333-336, 1981.

STONE, L. F; SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A.; BRAZ, A.J.B.P.

Evapotranspiração do feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. **Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 3, p.473-481, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3ed. Porto Alegre: Artmed, 719p, 2004.

VAN GENUCHTEN, M. TH (1980). A Closed-Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, **Soils Science of American Journal**, Vol. 44, p. 892-898, 1980.

YARONSKAYA, E.; VERSHILOVSKAYA, I.; POERS, Y.; ALAWADY, A.E.; AVERINA, N. E GRIMM, B. (2006) - Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. **Planta**, 2006.

YOKOYAMA, M. Nível de aceitabilidade da cultivar de feijão Pérola: avaliação preliminar. Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão. 20 p. (Documentos, 98), 1999.

ZLATEV, Z.; STOYANOV, Z. Effects of water stress on leaf water relations of young bean plants. **Journal Central European Agriculture**, Zagreb, v. 6, p. 5-14, 2005.