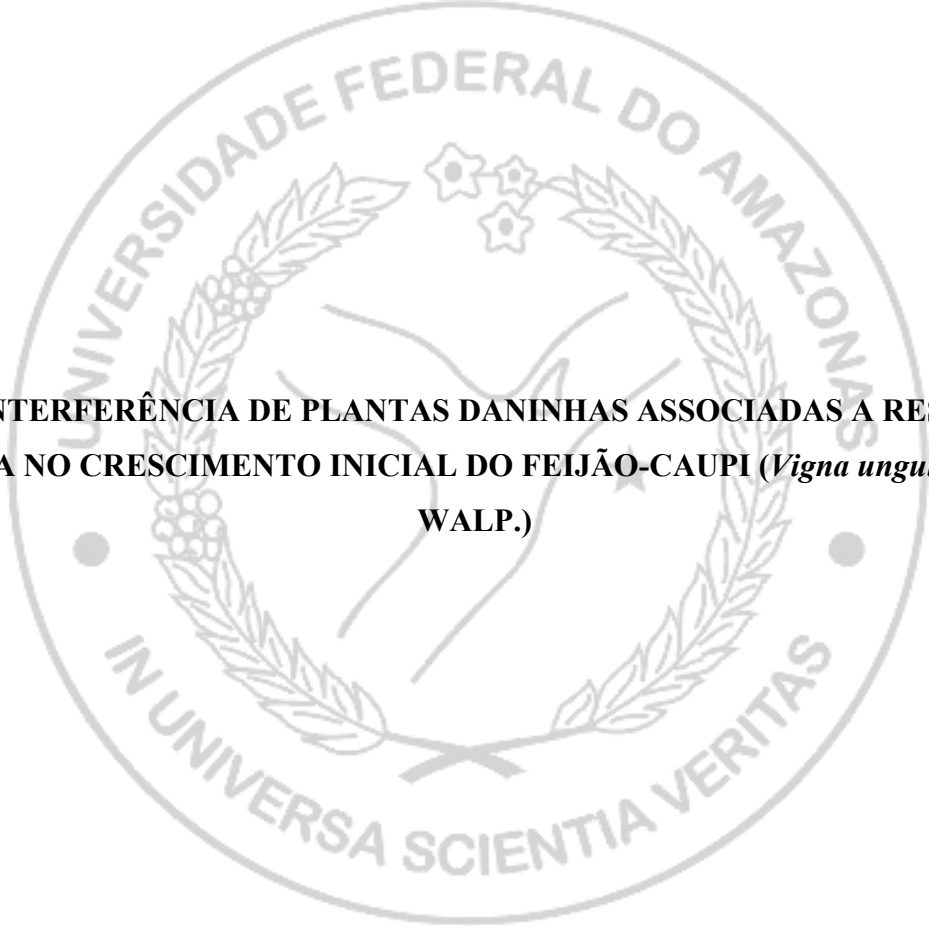


UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL



**INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS ASSOCIADAS A RESTRIÇÃO
HÍDRICA NO CRESCIMENTO INICIAL DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.)
WALP.)**

MONIQUE FEITOSA DA COSTA SOUSA

Manaus – AM

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

**INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS ASSOCIADAS A RESTRIÇÃO
HÍDRICA NO CRESCIMENTO INICIAL DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.)
WALP.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientador- Prof. Dr. José Ferreira da Silva
Coorientadora- Profa. Dra. Flávia Camila Schimpl

Manaus – AM

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S725i Sousa, Monique Feitosa da costa
Interferência de plantas daninhas associadas a restrição hídrica no crescimento inicial do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) / Monique Feitosa da costa Sousa. 2019
77 f.: il.; 31 cm.

Orientador: José Ferreira da Silva
Coorientadora: Flávia camila Schimpl
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Competição. 2. B. plantaginea. 3. densidade de plantas daninhas. 4. produção. I. Silva, José Ferreira da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

MONIQUE FEITOSA DA COSTA SOUSA

**INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS ASSOCIADAS A RESTRIÇÃO
HÍDRICA NO CRESCIMENTO INICIAL DO FEIJÃO-CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.)
WALP.)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

BANCA EXAMINADORA

Aprovada em 27 fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Flávia Camila Schimpl - Presidente
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Inocencio Junior de Oliveira, Membro
Embrapa Amazônia Ocidental



Prof. Dr. João Henrique Frota Cavalcanti, Membro
Universidade Federal do Amazonas

À Deus pelo Dom da vida e proteção.
Aos meus amados e queridos avós, pelo cuidado e amor até aqui.
“A razão de todo o meu esforço”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, Pelas bênçãos e proteção.

À minha avó, por ser mãe e melhor amiga. Por fazer questão de saber como estou, de me chamar a atenção e acreditar nas minhas aventuras e ao meu avô, por ser pai e melhor amigo e por ceder o seu colo quando eu mais precisei.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Programa de Pós-Graduação Agronomia Tropical por ter possibilitado desenvolver o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. José Ferreira da Silva, pela confiança investida em mim. Pelas orientações, contribuições e ensinamentos durante o mestrado, as quais foram muitas, obrigada.

A Profa. Dra. Flávia Camila Schimpl pela coorientação. Por todos ensinamentos em ciência da biologia. Pelo total apoio nos trabalhos de campo e laboratoriais. Pela amizade e boas conversas, obrigada.

A todos professores do curso de mestrado do Programa em Agronomia Tropical, pelos ensinamentos, pelas exigências e apoio.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas, Ajax, Anselmo, Bruna, Celso, Francisco, Géssica, Laís, Leandro, Layane, Daniel, Karla, Jefferson, Marcelo, Mauro, Silvana, Sara, Vilson, pelo apoio e momento de descontrações inesquecíveis.

Ao técnico do Laboratório de Ciência das Plantas Daninhas Gilsimar, por sempre estar disponível a ajudar.

A todos os meus colegas e amigos (as): Ana célia, Kédima Sarmiento, Maquelle Garcia, Oswaldo neto, Roseno Galileo, Sigríd Costa, Suliane Pinhão e Vitor Santos pelo apoio e conforto oferecido no momentos difíceis.

A todos estes que de qualquer forma entraram e garantiram o seu espaço na construção da minha história, os meus agradecimentos mais sinceros.

RESUMO

O feijão-caupi é de grande importância nutricional e econômica, principalmente para a população mais carente das regiões Norte e Nordeste. Essa cultura possui um elevado potencial produtivo de grãos por hectare, no entanto a interferência de plantas daninhas pode influenciar o seu rendimento de forma direta e indireta. Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de competição da *Brachiaria plantaginea* em diferentes níveis de infestação e sob período de restrição hídrica, nas características de crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado no esquema fatorial 3x2. Os tratamentos foram a densidades de plantas daninhas (0; 3; 6 plantas por vaso) e dois regimes hídricos (plantas irrigadas e período de restrição hídrica). No tratamento controle as plantas foram mantidas irrigadas por 47 dias após a semeadura. As características avaliadas foram fisiológicas, pela taxa de fotossíntese (P_{max}), condutância estomática (g_s), concentração interna de carbono (C_i), respiração (E), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água ($EiUA$) e pigmentos cloroplastídicos, evidenciando que os menores índices fisiológicos ocorreram devido à restrição hídrica. As características de crescimento pelo acúmulo de matéria seca do feijão-caupi, no qual superior quando cultivado em ausência da *B. plantaginea* sob regime de plantas irrigadas com média de 7,3 g por planta. A matéria seca total das plantas daninhas foi superior na maior densidade de plantio com média de 2,3 por planta, independente do regime hídrico. Quanto as características bioquímicas, o teor de prolina nas folhas do feijoeiro aumentou com a presença de três plantas daninhas no período de restrição hídrica, possivelmente pela competição interespecífica pelo recurso água na fase vegetativa do feijão-caupi. A atividade das enzimas dismutase superóxido, catalase e peroxidase de ascobato foram superior em resposta a densidade de três ou seis plantas daninhas, independente do regime hídrico.

Palavras-chaves: Competição, *B. plantagiена*, densidade de plantas, produção.










ABSTRACT

The cowpea has a great nutritional and economic importance, especially for the poorest population in the North and Northeast regions of Brazil. This crop is able to produce high yields of grains per hectare, however it can suffer influence of the cultivation conditions, which it is submitted. Thus, the objective of this research was to evaluate the competition effect of *Brachiaria plantaginea* at different levels of infestation and submitted a periods of water restriction, on the growth and development characteristics of cowpea. The experimental design was completely randomized design, using a 3x2 factorial scheme. The treatments were weed densities (0, 3, 6 plants per pot) and two water regimes (irrigated plants and water restriction period). In the control treatment, the plants were maintained irrigated by 47 days after. The rates of photosynthesis (P_{max}), stomatal conductance (g_s), internal carbon concentration (C_i), respiration (E), water use efficiency (US), intrinsic water use efficiency ($EiUA$) and chloroplastidic pigments, evidencing that the lower physiological indexes occurred due to the water restriction. The cowpea MST accumulation was higher when cultivated in the absence of *B. plantaginea* under irrigated plants regime, on average 7.3 g per plant. The total dry matter of the weeds was higher in the higher planting density, on average 2.3 plants per pot, independent of the water regime. The proline content in the cowpea leaves increased due the presence of three weeds with the water restriction period, possibly by the interspecific competition for water in the V5 phase of cowpea. The enzymatic activity of dismutase superoxide, catalase and ascobate peroxidase was higher in response to the density of three or six weeds, independently of the water regime.

Key-words: Competition, *B. plantagiена*, density of plants, production.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Fenologia do feijão-caupi: estádios de desenvolvimento da cultura. Adaptado de CAMPOS (2000)15
- Figura 2.** Fotossíntese máxima (P_{max}) (A), Carbono interno (C_i) (B), Transpiração (E) (C), Eficiência no uso da água (EUA) (D), Condutância estomática (g_s) (E), Eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$) (F) do feijão-caupi, submetido a diferentes densidades das plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas ■ (PI) e restrição hídrica ▒ (RI), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.....30
- Figura 3.** Teores de pigmentos: clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C) e carotenóides (D) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas ■ (PI) e restrição hídrica ▒ (RI), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.....34
- Figura 4.** Área foliar (A), matéria seca do caule (B), matéria seca das folhas (C), matéria seca da raiz (D), matéria seca total (E) do feijão- caupi submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamento plantas irrigadas ■ (PI) e restrição hídrica ▒ (RI), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.....37

- Figura 5.** Matéria seca da parte aérea  e raiz  (g.g⁻¹) da *B. plantaginea* submetida a diferentes densidades de plantio e tratamentos plantas irrigadas  (PI) e restrição hídrica (RI), após 47 dias de interferência com o feijão-caupi.....41
- Figura 6.** Teor de prolina do feijão- caupi, submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas  (PI) e restrição hídrica  (RI), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.....42
- Figura 7.** Peroxidação de lipídios (MDA) em folhas de feijão-caupi, submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas  (PI) e restrição hídrica  (RI), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e regime hídrico, respectivamente.....44
- Figura 8.** Atividade da dismutase de superóxido (SOD) (A), Catalase (CAT) (B), peroxidase de fenóis (POX) (C), peroxidase de ascobato (APX) (D) do feijão-caupi, submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas  (PI) e restrição hídrica  (RI), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e regime hídrico, respectivamente.....46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Planilha de controle de irrigação HIDROFARM.....23
- Tabela 2.** Imposição dos períodos de restrição hídrica nos tratamentos após 32 DAS no feijão-caupi e densidade de plantas daninhas.....23
- Tabela 3.** Valores de umidade do solo em percentagem no tratamentos de densidades de plantas daninhas (*B. plantagiens*) e plantas irrigadas e restrição hídrica.24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO -----	11
2. OBJETIVOS -----	13
2.1 Objetivo Geral -----	13
2.2 Objetivos específicos -----	13
3. REVISÃO DE LITERATURA -----	14
3.1 O feijão-caupi -----	14
3.2 Interferência das plantas daninhas em cultivo com o feijão-caupi -----	16
3.2.1 Impacto da <i>Brachiaria plantaginea</i> no feijão-caupi -----	18
3.3 Efeito do estresse hídrico no feijão-caupi -----	19
4. MATERIAL E MÉTODOS -----	22
4.1 Localização e caracterização do experimento -----	22
4.2 Variáveis analisadas -----	24
4.3 Análises estatísticas -----	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	29
<i>Características fisiológicas</i> -----	29
<i>Características de crescimento</i> -----	35
<i>Características bioquímicas</i> -----	41
6. CONCLUSÕES-----	48
REFERÊNCIAS -----	49
ANEXOS-----	61

1. INTRODUÇÃO

No Brasil encontram-se plantadas grandes áreas da cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. - Fabaceae), que desempenha função de destaque socioeconômico na agricultura familiar, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (SOUZA et al, 2011). Essa leguminosa é uma cultura que contribui para fixar o homem no campo e melhorar a renda da família. No Amazonas, o caupi representa um dos principais componentes na dieta da população, devido ao seu valor nutritivo, tornando-se uma das principais fontes de proteína vegetal para os ribeirinhos (CRAVO et al, 2002).

Na região Norte, os principais estados produtores de feijão-caupi são: Roraima, Amapá, Pará e Rondônia (FREIRE FILHO et al, 2011). No Estado do Amazonas, além da mandioca, o caupi também é cultivado em pequena escala, por produtores da agricultura familiar, cultivando basicamente para sua subsistência e com baixa produtividade. A produção da cultura é baixa em função do cultivo ser realizado com baixo aporte tecnológico, uso de sementes de baixa qualidade, problemas fitossanitários, além da competição das plantas daninhas com o feijão-caupi (FILGUEIRAS et al, 2009).

Na região há uma grande diversidade de plantas daninhas desenvolvendo no mesmo ambiente da cultura (ALBERTINDO et al, 2004; OLIVEIRA et al, 2010). A presença dessas plantas pode interferir no processo produtivo, competindo pelos recursos do meio, principalmente água, luz e nutrientes, e ainda podendo liberar substâncias alelopáticas, além de atuar como hospedeiros de pragas e doenças comuns (FREITAS, 2009).

Os recursos suscetíveis de competição com maior frequência são os nutrientes minerais, a luz, a água e o espaço. Adicionalmente, a baixa disponibilidade de água no solo é um fator limitante na produção do feijão-caupi, especialmente em três estádios críticos, que são a germinação, florescimento e enchimento de grãos (BEGG & TUNER, 1976; SORATTO et al, 2003).

Algumas espécies de plantas daninhas apresentam maior competitividade com as culturas, devido à sua maior eficiência na absorção e utilização de nutrientes (DI TOMASO et al, 1995). A tiririca (*Cyperus rotundus* L.) reduziu a fotossíntese líquida e o acúmulo de matéria seca do feijão-caupi (SILVA TERCEIRO et al, 2016). Já para o feijão comum, as espécies *Brachiaria plantaginea* e *Bidens pilosa* promoveram efeitos negativo no crescimento da cultura (MANABE et al., 2015).

No município de Manaus, por exemplo, inserida na bacia hidrográfica do rio negro, têm

clima caracterizado do tipo Equatorial (SILVA, 2012). Possui predominância de clima urbano, elevadas temperaturas, elevada umidade relativa e aumento das precipitações. No entanto, elevadas taxas de evapotranspiração associadas às irregularidades das chuvas têm provocado déficit hídrico (ZANELLA, 2014), tornando uns dos fatores limitantes no rendimento da cultura, principalmente do feijoeiro, que demanda água de forma distinta durante as fases de crescimento, desenvolvimento e enchimentos de grãos (GUBIANI et al, 2014).

Eventualmente, espécies de plantas daninhas podem ser mais competitivas quando o nível de água do solo é ótimo e outras, quando ocorre déficit hídrico (SANTOS et al, 2010). Quando o estresse hídrico foi induzido por três dias no estágio de pré-florescimento, as plantas de *Bidens pilosa* tiveram murcha permanente em solos com 17,4% de umidade, e para a *Euphorbia heterophylla* e *Desmodium tortuosum* o ponto de murcha permanente ocorreu quando o solo tinha 14,7% e 15,6%, respectivamente, demonstrando que são plantas daninhas com menos capacidade de extração de água do solo (PROCÓPIO et al, 2004a).

Os fatores de crescimento como água, luz e temperatura são abundantes na Amazônia, no entanto, a frequência das chuvas é uma fator relevante para manter a umidade do solo, no período de verão quando há déficit hídrico, o crescimento vegetal é vigoroso para as plantas daninhas e limitado para a leguminosa (FERRARI et al, 2015). Com isso, é importante verificar o comportamento das plantas nas diversas condições ambientais que são impostas, e a análise de crescimento possibilita identificar características das plantas associadas às suas adaptações, bem como seus potenciais de produção.

Existe escassez de informações publicadas abordando a competição das plantas daninhas associada ao déficit hídrico de plantas. Neste trabalho, buscou-se avaliar os aspectos fisiológico e bioquímico do feijão-caupi nesse contexto. Além das preocupações relacionadas ao clima e o manejo incorreto que causam efeitos diretos e indiretos provocando um declínio no seu crescimento, assim como no seu potencial competitivo das plantas daninhas.

Em algumas situações, estratégias são necessárias para promover a competitividade da cultura do feijão-caupi frente às plantas daninhas e a escassez de água, como também é importante a investigação da espécie de planta daninha que mais interferem nas fases fenológica do feijoeiro, visando a redução da competição e incremento da produtividade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de competição da *Brachiaria plantaginea* em diferentes níveis de infestação e sob período de restrição hídrica, nas características de crescimento do feijão-caupi.

2.2 Objetivos específicos

Verificar a densidade de infestação da *Bachiaria plantaginea* que mais interfere nas características de crescimento do feijão-caupi;

Avaliar as respostas fisiológicas e bioquímicas do feijão-caupi submetido ao período de restrição hídrica;

Avaliar a influência da competição por *Bachiaria plantaginea* associada ao período de restrição hídrica no crescimento do feijão-caupi;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O feijão-caupi

Devido a maior ocorrência de formas silvestres e da diversidade de espécies de feijão na região oeste da África, acredita-se que essa região corresponda ao seu centro de origem, pois se desenvolveu adequadamente em ampla faixa geográfica, adaptando-se tanto a terras altas como baixas (STEELE & MEHRA, 1980; NG & MARECHAL, 1985; FREIRE FILHO et al, 2005).

No Brasil foi introduzida em meados do século XVI, pelos colonizadores portugueses na região Nordeste, provavelmente na Bahia. Porém, a existência de muitos feijões no País é notada desde 1568 (GADAVO, 2001). A partir da Bahia, o feijão-caupi foi difundido por pequenos produtores para as outras regiões do País, o mesmo possui vários nomes populares, feijão-macassa e feijão-de-corda, na região Nordeste; feijão-de-praia, feijão-da-colônia e feijão-de-estrada, na região Norte; feijão-miúdo, na região Sul (ARAÚJO, 1988).

Na Amazônia, o feijão-caupi foi introduzido no século XVIII, pelos nordestinos que foram para a região trabalhar na extração de látex de seringueira e no garimpo, levando consigo parte dos seus costumes e culinária. E também por um grupo de norte-americanos, no século XIX, que insatisfeito com o resultado da Guerra de Sucessão foram para Amazônia e levaram consigo variedades de sementes de feijão-caupi e semearam nas várzeas (FILQUEIRAS et al, 2009).

O caupi é uma planta autógama, herbácea anual, propagada por sementes, flores tipo hermafrodita e produz frutos tipo vagem (ROCHA et al, 2006). A leguminosa possui dois tipos de hábitos de crescimento principais: Determinado, onde o caule produz um número limitado de nós e para de crescer quando emite uma inflorescência, e o indeterminado, em que as gemas apicais não se diferenciam em inflorescências e a planta continua a produzir novos ramos secundários e flores por um período mais longo, sendo que as flores partem das axilas (DONÇA et al, 2012).

A classificação cientificamente aceita do feijão-caupi é um planta Dicotiledônea, da ordem Fabales, família Fabacea, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e a subespécie *unguiculata* é subdividida em quatro grupos: *unguiculata*, *sesquipedalis*, *biflora* e *textilis* (EMBRAPA, 2007).

Campos et al (2000) determinaram as seguintes fases fenológicas do feijão-caupi:

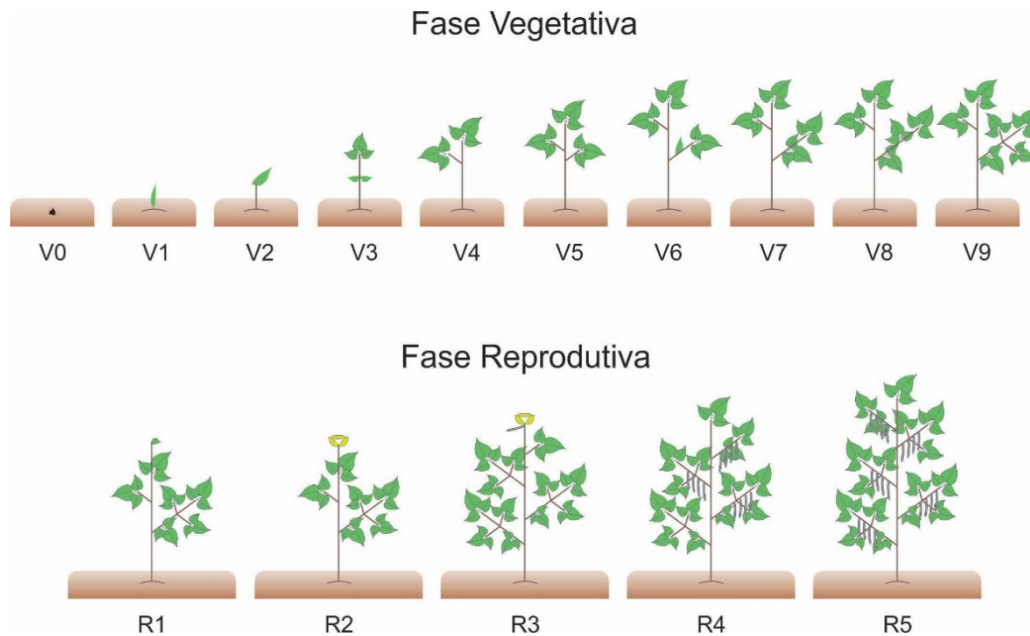


Figura 1. Fenologia do feijão-caupi: estádios de desenvolvimento da cultura. Adaptado de CAMPOS (2000).

Fase Vegetativa:

V0 – Semeadura;

V1 – Os cotilédones encontram-se emergidos na superfície do solo;

V2 – As folhas unifoliadas encontram-se completamente abertas, suas duas margens estão completamente separadas;

V3 – A primeira folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos;

V4 – A segunda folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos;

V5 – A terceira folha trifoliada encontra-se com os folíolos separados e completamente abertos;

V6 – Os primórdios do ramo secundário surgem nas axilas das folhas unifoliadas, podendo também ser observados nas axilas das primeiras folhas trifoliadas;

V7 – A primeira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta;

V8 – A segunda folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta;

V9 – A terceira folha do ramo secundário encontra-se completamente aberta.

Fase reprodutiva:

R1 – Surgem os primórdios do primeiro botão floral no ramo principal;

R2 – Antese da primeira flor, geralmente oriunda do primeiro botão floral;

R3 – Início da maturidade da primeira vagem, geralmente oriunda da primeira flor. Esse estágio é caracterizado pelo início da mudança de coloração das vagens devido ao início da secagem das mesmas;

R4 – Maturidade de 50% das vagens;

R5 – Maturidade de 90% das vagens.

O feijão-caupi é uma planta rústica, de ciclo curto, que se adapta numa ampla faixa de solo, desenvolve-se bem em temperaturas entre 18 a 34 °C, apresenta exigência hídrica entorno de 300 mm e possui baixa exigência nutricional (ANDRADE JÚNIOR et al, 2002).

Na safra de 2016/2017, o Brasil aumentou a área semeada de feijão, totalizando 3,18 milhões de hectares, com participação de 1.409,3 mil hectares do feijão-caupi, foi o terceiro tipo de grão mais cultivado no país, tendo sua produção concentrada no nordeste, em especial nos estados do Piauí e Bahia (CONAB, 2017). Na região Norte, o feijão-caupi teve aumento de área plantada para 55% e produtividade de 62% e os estados de Tocantins e Pará foram os que mais contribuíram para esse aumento de produção, atingindo na safra de 2016/2017 uma média de 1.630 e 866 kg ha⁻¹, respectivamente (CONAB, 2017).

No Estado do Amazonas, a área cultivada de feijão-caupi ocorre basicamente em dois ecossistemas de produção, sendo em área de várzea e terra firme, em média 4,1 mil hectares com produtividade média de 925kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). Ambos ecossistemas apresentam uma agricultura de pouca eficiência, devido ao uso de baixa tecnologia pelos agricultores, além dos fatores que podem diminuir a produtividade da cultura anual, as plantas daninhas e o déficit hídrico. A competição das infestantes podendo reduzir a produtividade em 90% quando não controladas (MORAES et al, 2000), e a escassez de água reduzir a área foliar devido ao processo de senescência foliar (PADILHA et al, 2016).

3.2 Interferência das plantas daninhas em cultivo com o feijão-caupi

Dentre as culturas anuais cultivadas no Brasil, provavelmente a cultura do feijão-caupi é a que tem mais elevada perda percentual com a interferência das plantas daninhas por ser bastante sensível a competição ocasionada pelas plantas infestantes, sobretudo na fase vegetativa (LAMEGO et al, 2011).

A interferência das plantas daninhas sobre culturas agrícolas constitui o conjunto de ações sofridas pela população da planta cultivada como consequência da presença de plantas daninhas no ambiente comum. A ação pode ser direta, envolvendo a competição pelos recursos

do meio, por alelopatia e parasitismo; ou indireta devido à prejuízos à colheita e tratos culturais ou atuando como hospedeiras intermediárias de pragas, doenças e nematoides (PITELLI, 1985; FOYER, 2003 e FORTE et al, 2017).

Os fatores que afetam o grau de interferência na associação da planta daninha à cultura depende da comunidade infestante (composição florística, densidade e frequência), à cultura (espécie, cultivar, espaçamento e densidade de sementeira), ao ambiente (clima, solo e manejo) e ao período de convivência planta daninha-cultura (época e duração) (PITTELI et al, 1984).

Os estudos sobre a interferência das plantas daninhas em culturas agrícola visam, entre outros objetivos, determinar os períodos críticos de interação entre cultura e comunidade infestante (SILVA et al, 2009). O conhecimento dos períodos que são críticos para o desenvolvimento da cultura em parte, reflete a adequação das condições de implantação e condução da cultura e o uso de técnicas eficientes para o controle das diferentes espécies de plantas daninhas (MACHADO et al, 2015).

Pitelli e Durigan (1984) propuseram uma terminologia-padrão para denominar os diferentes períodos de interferência, sendo o período anterior à interferência (PAI), o período crítico de prevenção à interferência (PCPI) e o período total de prevenção de interferência (PTPI). O PAI é o período em que, a partir da emergência ou sementeira da cultura, esta pode conviver com a comunidade infestante antes que sua produtividade ou outras características sejam afetadas negativamente. O PTPI é o período, a partir da emergência ou sementeira da cultura, em que esta deve ser mantida livre da presença da comunidade infestante para que sua produtividade não seja afetada negativamente. Quando PAI é menor que o PTPI encontra-se o período crítico de prevenção à interferência (PCPI). O PCPI é, por definição, o período do ciclo durante o qual a convivência da cultura com as plantas daninhas resulta em prejuízo na produtividade da espécie de interesse econômico, e corresponde aos limites máximos entre os dois períodos (PAI e PTPI).

Entre as culturas agrícolas, o feijão-caupi está entre as plantas que menos sombreiam o solo, principalmente no início do seu desenvolvimento, pois apresenta crescimento inicial lento, o que expõe a cultura a intensa competição com as plantas daninhas, normalmente plantas C₄, de crescimento rápido e competitivo (FERREIRA et al, 2006; TEIXEIRA et al, 2009; MANABE et al, 2015; VASCONCELOS JÚNIOR, 2016).

A partir de um levantamento fitossociológico em Goiás, cinco espécies de plantas daninhas foram identificadas no campo: *Cenchrus echinatus*, *Euphorbia heterophylla*, *Alternanthera tenella*, *Eleusine indica* e *Urochloa decumbens* (época do plantio). Podendo

ainda variar dependendo da estação do ano. Onde, no inverno observara-se a presença de *Zea mays* e *Cyperus rotundus*; no verão encontrara-se *Ageratum conyzoides* e *Eleusine indica* e no verão-outono, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa* (TAVARES et al, 2013; SANTOS et al, 2017).

A convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi a partir dos respectivos períodos anteriores à interferência resulta baixa produtividade. No Amazonas esse período ocorre a partir do 5º dias após a semeadura e o controle das plantas daninhas, principalmente pelo método mecânico, deve ser realizado no final desse período, quando se inicia o período crítico de prevenção à interferência dessas plantas (PCPI), para a cultura expressar o seu potencial produtivo (OLIVEIRA et al, 2010).

A competição das plantas daninhas é mais séria em estágios mais jovens de desenvolvimento da cultura, as mesmas podem exsudar aleloquímicos do solo capazes de inibir a germinação, além do crescimento de outras espécies de plantas infestantes (CONCENÇO et al, 2012). De modo geral, quando a cultura é submetida a uma forte competição pela comunidade de plantas daninhas as características fisiológicas, principalmente de crescimento é alterada, resultando diferenças no uso dos recursos ambientais, especialmente a água que afeta diretamente a disponibilidade de CO₂ e temperatura no mesófilo foliar (PROCÓPIO et al, 2004b).

3.2.1 Impacto da *Brachiaria plantaginea* no feijão-caupi

Acredita-se que a *B. plantaginea* possui origem africana, é encontrada distribuída em todas as regiões infestando lavouras de milho, soja e feijão-caupi (KISSMANN, 1997; VIDAL, 2010). É uma das espécies de maior abundância e de mais elevada nocividade na cultura do feijão-caupi no Brasil (COBUCCI, 2008).

Estudos fitossociológicos realizados no Estado do Amazonas relatam que espécies da família poacea é uma das planta mais frequente em cultivos de feijão-caupi em área de várzea (OLIVERA et al, 2010). A *B. plantaginea* ocorre com frequência em área cultivadas na região norte. Em algumas condições, desempenha elevado grau de prejuízo sobre a produtividade e lucrativa dessa cultura, especialmente quando ocorre em elevada densidade populacional.

Os resultados negativos da convivência da *B. plantaginea* com o feijoeiro foram avaliados em experimentos onde se regulou a densidades de plantas. Em densidade de 25 plantas/m² de *B. plantaginea*, reduziu o rendimento entre 5% e 70% do feijão, quando as plantas infestantes emergiram dez dias depois da cultura (PASSINI, 2001).

Trabalhos determinaram que o nível crítico de dano econômico da *B. plantaginea* em densidades de 1.400 plantas m⁻², ocasionam redução de mais de 90% do potencial de rendimento do feijão-caupi, numa estimativa que cada planta daninha por m² ocasione prejuízo de R\$ 10 à R\$ 18 ha⁻¹, o que demonstra seu dano econômico individual (KALSING, A. & VIDAL, R. A, 2013).

Na região amazônica as plantas daninhas são controladas basicamente pelos métodos de capina manual e controle químico. No entanto, a eficácia de um herbicida pode ser comprometida pela menor disponibilidade de água no ambiente no qual a planta daninha está se desenvolvendo (ABBOTT & STERLING, 2006).

Estes resultados confirmam que o impacto da espécie é ocasionado mesmo que medidas de controle sejam empregadas para reduzir a densidade de plantas daninhas. Devido à importância da cultura de feijão-caupi e da importância da planta daninha na cultura, devido as perdas que provoca no rendimento da cultura, é que esta espécie foi escolhida para a realização desta pesquisa.

3.3 Efeito do estresse hídrico no feijão-caupi

O estresse é considerado um desvio das condições ótimas que induz a mudanças e respostas nos níveis funcionais das plantas (LARCHER, 2004). A deficiência hídrica pode ser consequência da diminuição sazonal em disponibilidade de água no solo ou pelas variações da demanda transpiratória na região (GRACIANO, 2009).

As respostas das plantas às condições de estresse hídrico variam de acordo com a espécie, cultivar, estágio de desenvolvimento, tempo de exposição e fatores edáficos (CAVALCANTE, 2001). Na planta, o efeito do estresse se desenvolve de forma complexa, afeta diretamente nos aspectos de crescimento, modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (BEZERRA et al, 2003).

Os primeiros efeitos nas plantas submetidas ao déficit hídrico, manifestam-se nos estômatos pela diminuição da turgescência, ocasionando o fechamento estomático, que diminui condução estomática, provocando a redução da concentração interna de CO₂ e consequentemente a diminuição da taxa fotossintética (SILVA et al, 2016; SILVA TERCEIRO et al, 2016).

Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico, exibem frequentemente respostas fisiológicas, também resultam uma de economia de água, e assim expressam um quantitativo intenso de solutos, principalmente a prolina e os açúcares solúveis (LIMA et al,

2008; SOUZA et al, 2011).

O desempenho mais proeminente das plantas ao déficit hídrico é verificado nos tecidos vegetais, inicialmente apresentam aspecto de murcha e os folíolos tendem a se fechar para diminuir a exposição da área foliar (FERRARI, 2015). Com menor área foliar, a transpiração é reduzida, conservando o suprimento de água limitado no solo (MARTINS et al, 2008).

O feijão-caupi é uma espécie considerada tolerante à deficiência hídrica, visto que a maioria da produção brasileira concentra-se na região Nordeste, que é afetada por precipitações irregulares, baixa disponibilidade de nutrientes e praticamente não possui tecnologia para irrigação (XAVIER et al, 2007). No Estado do Amazonas, o cultivo do feijão-caupi é realizado tanto em várzea quanto em terra firme, porém é mais comum em áreas de várzea (SANTOS et al, 2017). Esses solos de várzea são ricos em nutrientes, oriundos de material suspenso provenientes das inundações sazonais (OLIVEIRA et al, 2010),

Nas regiões tradicionais de cultivo de feijão-caupi, a ação de controle mais adotadas é a capina com enxada quando as plantas daninhas estão em estádios iniciais de crescimento e as condições ambientais favorecem a perda de água das plantas cortadas (FONTES et al, 2017).

A exigência de água desta cultura é variável com o seu estágio de desenvolvimento, possuindo um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (NASCIMENTO et al, 2011).

Alguns pesquisadores estudaram esse assunto, integrando parâmetros morfofisiológicos e componentes de produção, e constataram que a produção de grãos diminuiu 29,83% sob déficit hídrico, e a água perdida por evapotranspiração, causou dano ao aparelho fotossintético (BASTOS et al, 2011; SILVA et al, 2016).

Comparando as respostas fisiológicas de cultivares de feijão-caupi nas cultivares cv. BRS Guariba e cv. BRS Paraguaçu, submetidas a cinco lâminas de irrigação (Capacidade de campo e Sem irrigação), Bastos et al (2011) constatou que a menor produtividade (835,33 e 650,78 kg.ha⁻¹), foi provocado pela aplicação da lâmina de irrigação 161 mm.

Silva et al (2016), avaliaram a transpiração (E), e notaram a diferenças entre as técnicas de cultivo aplicando lâminas equivalente ao déficit hídrico acumulado da semana. Reduções na transpiração do tratamento estressado foram maiores, com as plantas feijão, apresentando valores de 0,49 e 0,64 g.cm²s⁻¹ com 30 e 45 dias de estresse hídrico, e as plantas controle apresentaram valores médios de 15,32 e 15,83 g.cm²s⁻¹ respectivamente (ROCHA et al, 2003).

Com a imposição do estresse no feijão-caupi aos 30 e 45 dias (pleno florescimento e enchimento das vagens), houveram reduções de condutância estomática bastantes expressivas

com valores para essa variável de 0,03 e 0,05 cm²s⁻¹ (MENDOÇA et al, 2015). Com a evolução do dessecamento, ocorre a desidratação do protoplasma e a redução da capacidade fotossintética (LIMA, 2008).

Em relação ao tratamento controle (plantas bem regadas), a condutância estomática (*gs*) foi reduzida em 40 e 48% nas cultivares A222 e A320, enquanto BAT 477, Carioca e Ouro Negro tiveram reduções variando entre 16 e 23% após quatro dias de água retenção. Depois de 6 dias de déficit hídrico, uma grande diminuição em *gs* ocorreu em todos genótipos, em torno de 43% ao comparar plantas sob déficit hídrico com as plantas bem irrigadas (SANTOS JÚNIOR et al, 2009).

A falta de água também podem ocasionar alterações bioquímicas a nível celular do feijoeiro, como exemplo as peroxidases, mudanças nas proporções de aminoácidos e aumentos na concentração de prolina são ocasionados por distúrbios no metabolismo das proteinase, eventualmente para manutenção do potencial hídrico da folha, que incrementa o teor deste aminoácido, conseqüentemente o ajuste osmótico e defesa da planta à desidratação (SOUSA et al, 2015).

Vantini et al (2016) afirmaram que o maior acúmulo de prolina ocorreu em colmos de cana de açúcar após o quinto dia de déficit hídrico no solo. Este tipo de resposta tem sido relacionado à tolerância da planta, e pode representar um mecanismo regulador para a perda de água, através de um aumento na osmolaridade celular (FUMIS & PEDRAS, 2002).

As enzimas oxidativas, como catalase, polifenoxidase e ascorbato peroxidase apresentam atividade enzimática alterada com o aumento do estresse abiótico (CAMPOS et al, 2014). Algumas espécies de plantas são capazes de tolerar baixo teor de água nos tecidos vegetais exibindo crescimento e manutenção dos processos metabólicos, mesmo em déficit hídrico celular (MCCANN & HUANG, 2008).

O feijão- caupi é uma cultura ainda pouco estudada no amazonas, sendo atualmente cultivada em muitos estados brasileiros, participando de diferentes condições edafoclimáticas e ao manejo. Diante das diversas perdas provocadas pelo déficit hídrico, as plantas desenvolvem mecanismos morfológicos e fisiológicos para responder e adaptar-se a este estresse. Assim, faz-se necessário estudos sobre interferência de plantas daninhas associadas à restrição hídrica no mesmo ambiente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizado no Setor Sul do Campus da Universidade Federal do Amazonas, e no Laboratório de Plantas Daninhas na Faculdade de Ciências Agrárias – FCA/UFAM, ambos localizados no município de Manaus, no Estado do Amazonas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial (3x2), três níveis de competição de plantas daninha da espécie *Bachiaria plantaginea*: 0, 3 e 6 plantas por vaso; e dois regimes hídrico: plantas irrigadas e intervalos de restrição hídrica, com 5 repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por um vaso de polietileno medindo 23 cm de diâmetro e 17 cm de altura, preenchido com 5,104 dm³ de substrato. Para se evitar a perda de substrato pelos orifícios dos vasos, colocou-se tecido poroso no fundo de cada um dos recipientes

Como substrato foi utilizado um solo, classificado como Latossolo amarelo retirado na camada de 0-20 cm da unidade de produção da Universidade Federal do Amazonas. Após a coleta, o solo foi homogeneizado, destorroado, colocado para secar ao ar livre e passado em peneiras com malhas de 5 mm, cujas características químicas indicou os seguintes atributos: pH (H₂O) 4,4; 6,3 mg dm⁻³ de P; 0,08 cmolc dm⁻³ de K; 0,57 cmolc dm⁻³ de Al; 7,80 cmolc dm⁻³ de H + Al; 0,6 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,33 cmolc dm⁻³ de Mg; 3,30 dag kg⁻¹ de MO; 3,2 mg dm⁻³ de Zn; 75 mg dm⁻³ de Fe; 1,2 mg dm⁻³ de Mn; 1,4 mg dm⁻³ de Cu; 325 g kg⁻¹ de areia; 25 g kg⁻¹ de silte; e 650 g kg⁻¹ de argila.

Para adequação do substrato quanto a nutrição, foi aplicado calcário dolomítico para elevar a saturação de base a 90%, o mesmo foi incubado por 30 dias. Quanto a adubação de plantio foram aplicados o equivalente à 70 kg/ha de P₂O₅ e 60 kg/ha de K₂O, nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

As sementes da *B. plantaginea* foram coletadas nas proximidades do Campus da UFAM. A espécie foi selecionada em virtude do rápido crescimento e por ser comumente encontrada em cultivos de feijão-caupi nas regiões produtoras. Foi realizado um teste preliminar para a germinação das sementes de plantas daninhas para que a espécie emergisse na época determinada e para que houvesse competição. As sementes foram semeadas em bandejas com areia e verificado os dias para emergência, assim foi sincronizado a emergência da planta daninha com a emergência do feijão-caupi. Posteriormente, foi realizado o transplântio das

plantas daninhas para os vasos.

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi a BRS Guariba, de hábito de crescimento indeterminado, porte semi-ereto, ciclo de 65 a 70 dias, com floração ocorrendo por volta dos 41 dias após o plantio (EMBRAPA, 2009). Todos os vasos foram irrigados na noite anterior a semeadura, posteriormente, semeadas três sementes de feijão-caupi no centro do vaso para garantir a germinação uniforme nos tratamentos. Após a emergência do feijão-caupi, foi feito o desbaste deixando uma planta por vaso.

As plantas de todos os tratamentos foram irrigadas uniformemente por 32 DAS, com irrigação diária de forma manual, deixando-se o solo com porcentagem de umidade ideal, superior a 26,5% para cultura. O monitoramento da umidade do solo foi viabilizado por leituras de tensão realizadas uma vez ao dia (17 h), com um tensiômetro eletrônico (HIDROFARM, modelo HFM2010). A umidade do solo foi controlada para que o solo não atingisse a umidade crítica, inferior a 26,5% e que comprometesse o desenvolvimento do feijão-caupi, determinado por meio de uma planilha de controle de irrigação, disponível no próprio sítio da FALKER (Tabela 1).

Tabela 1. Planilha de controle de irrigação HIDROFARM

Medição (%)	Umidade Crítica (%)	PMP (%)	CC (%)
12	26,5	16,3	33,4
8	26,5	16,3	33,4
10	26,5	16,3	33,4

*PMP: Ponto de murcha permanente; CC: Capacidade de campo

A imposição do período de restrição hídrica ocorreu após 32 DAS, na fase de pré-florescimento da cultura com intervalos de irrigação (Tabela 2), por um período de 12 dias até quando 90% das plantas estavam com botão floral. Os tratamentos controle foram mantidos com irrigação diária, assim como os demais tratamentos quando não estiveram sob os períodos de intervalos de irrigação.

Tabela 2. Imposição dos períodos de restrição hídrica nos tratamentos em 32 DAS no feijão-caupi e densidade de plantas daninhas.

32 dias - PSRH	2 dias RH	1 dia PI	2 dias -RI	1 dia PI	4 dias RH	1 dia PI	4 dias RH
----------------	-----------	----------	------------	----------	-----------	----------	-----------

*PSRH- período sem restrição hídrica; RI – restrição hídrica; PI- plantas irrigadas

Intervalo RH (dias)	DEN	0		3		6	
	U (%)	PI	RH	PI	RH	PI	RH
PSRH		14,1	14,4	13,9	13,7	14,2	14,4
2		13,9	8,2	13,4	9,5	13,4	10,0
2		13,5	9,1	12,2	9,0	12,5	9,8
4		14,0	7,5	12,8	6,1	11,5	7,7
4		12,6	7,0	11,9	6,3	11,2	9,7

A umidade do solo nos diferentes tratamentos foram acompanhados antes e no final de cada período de restrição hídrica, cuja as características estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 3. Valores de umidade do solo em percentagem nos tratamentos de densidades de plantas daninhas (*B. plantagiens*) e plantas irrigadas e restrição hídrica.

4.2 Variáveis analisadas

a) Análises fisiológicas

- Trocas gasosas

A determinação das taxas de fotossíntese à luz saturante (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s) e (C_i) foram realizadas com um analisador de gás infravermelho portátil, de sistema aberto LI-COR 6800, antes e após estresse hídrico (pleno florescimento). As leituras aconteceram entre 8:00-12:00 horas em uma folha por planta de cada tratamento, completamente expandidas, sem ataque de pragas e doenças, totalizando 5 plantas por tratamento. O aparelho foi ajustado com uma densidade de fluxo de fótons saturante (PPFD) de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fluxo de CO_2 de $400 \mu\text{mol s}^{-1}$, temperatura de 31°C e vapor de H_2O com 50mmol mol^{-1} (SANTOS JR. et al, 2006). A eficiência no uso da água será obtida pela razão: $EUA = \frac{P_{max}}{E}$. A eficiência intrínseca no uso da água será calculada pela razão: $EiUA = \frac{P_{max}}{g_s}$ (NOGUEIRA et al, 2004).

b) Análises de crescimento

As avaliações de crescimento foram realizadas após a introdução do estresse hídrico, no pleno florescimento da cultura. Após as medidas fisiológicas, a áreas das folhas das plantas de feijão-caupi foram mensuradas através de um medidor de área foliar modelo LI-COR 3100. Para obter a mediada de biomassa, as plantas de feijão-caupi foram separadas em parte aéreas e sistema radicular e acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas para a estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 70°C até massa constante, posteriormente foi

determinado o peso da matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), das raízes (MSR) do feijoeiro. A partir destas variáveis foi calculado o peso da matéria seca total (MST = MSF+MSC+MSR).

c) Análises bioquímicas

Coletas

O material vegetal utilizado para a realização das análises bioquímicas foi coletado ao final do experimento no pleno florescimento, após análises fisiológicas e mensuração da área foliar. Amostras foliares nas plantas de cada tratamento foram coletadas ao meio dia, completamente expandidas, sem ataque de herbívoros ou sintomas de doenças foram identificadas e embaladas em papel alumínio e em seguida acondicionadas em isopor com nitrogênio líquido e armazenado em -80 °C. O material vegetal fresco foi utilizado para as análises de pigmentos (clorofila a, clorofila b, carotenoides) e atividade das enzimas catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD) e polifenol oxidase (POX). Para a análise de prolina foi utilizado o material seco em estufa de temperatura forçada a 70 °C, o mesmo foi moído em micro moinho de facas tipo Wiley –TE64B. As análises bioquímicas foram realizadas no laboratório de plantas daninhas da Universidade Federal do Amazonas-UFAM e Laboratório de Fisiologia Vegetal do Instituto de Pesquisa da Amazônia – INPA.

- Pigmentos cloroplastídicos

A determinação dos teores de pigmentos cloroplastídicos foram realizados em folhas de plantas de cada tratamento. Para cada indivíduo, 0,1 g de material vegetal fresco oriundo dos discos foliares foram maceradas e homogeneizadas em 10 mL acetona 80% em presença de 0,1 g de CaCO₃ conforme Lichtenthaler e Wellburn, 1983. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel filtro e acondicionado em tubos cobertos por papel alumínio. A partir desse extrato, os teores de pigmentos foram registrados em espectrofotômetro a 470, 646 e 663 nm e os teores de clorofilas e carotenóides foram obtidos de acordo com Lichtenthaler (1987), pela utilização das equações abaixo:

$$(1) \text{ Clorofila } a = \frac{12,7 \text{ ABS}_{663} - 2,69 \text{ ABS}_{645} \times 1,119}{1000 \times \text{unidade de peso (g)}} \times v$$

$$(2) \text{ Clorofila } b = \frac{22,9 \text{ ABS}_{645} - 4,68 \text{ ABS}_{663} \times 1,102}{1000 \times \text{unidade de peso (g)}} \times v$$

$$(3) \text{ Carotenóides} = \text{ABS}_{470} + 0,114 \times \text{ABS}_{663} - 0,638 \times \text{ABS}_{645} \times v$$

1000 x unidade de peso (g)

- Prolina

Os teores de prolina das folhas de cada tratamento foram quantificados pelo método colorimétrico proposto por Bates et al., (1973). Cerca de 0,1 g foi macerado em ácido sulfossalicílico a 3% (5 mL) e centrifugada 10000x g durante 10 minutos. Para obtenção da cor, foram utilizados tubos de ensaio com tampa rosqueável, nos quais foram adicionados o extrato, a ninidrina e o ácido acético glacial, na proporção 1:1:1, deixando-se a mistura em banho maria (100°C) por uma hora. Posteriormente, os tubos foram resfriados em banho de gelo por 5 minutos, em seguida foi adicionado nos tubos 2 mL de tolueno, os mesmos foram agitados por 20 segundos. Após repouso, e formação da mistura bifásica, a fase superior foi retirada para quantificação dos níveis de prolina livre. O produto da reação foi lido em espectrofotômetro no comprimento de onda $\lambda=520$ nm. A concentração de prolina livre foi calculada a partir de equação ajustada utilizando prolina (Sigma) como um padrão, e expressa em $\mu\text{mol g}$ de matéria seca.

- Proteínas solúveis

Os teores de proteínas dos extratos enzimáticos foram determinados pelo método de Bradford (1976), utilizando BSA como padrão. Para isso, 100 μL do extrato enzimático foi adicionado a 1 mL do reagente de Bradford em cada amostra, seguido de agitação por 1 minuto. Após 20 minutos, foi realizada a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro no comprimento de onda de 595 nm.

- Obtenção do extrato bruto

Para o preparo dos extratos da atividade das enzimas SOD, APX, POX e CAT, amostras de 0,2g de matéria fresca foi macerado em nitrogênio líquido, adicionando aproximadamente 0,02 g de PVPP em tampão fosfato de potássio 0,1 mM (pH 6,8), contendo EDTA 0,1 mM e PMSF 1mM. Os extratos foram centrifugados a 15000 x g por 15 minutos a 4°C. O sobrenadante foi coletado e mantido resfriado em gelo, o mesmo foi utilizado como extrato enzimático bruto (PASSOS, 1996; TORRES, 2001).

- Superóxido dismutase (SOD EC 1.15.1.1)

A atividade da enzima SOD foi determinada pela adição de 30 μL do extrato enzimático bruto a 2,97mL de meio de reação constituído de tampão fosfato de sódio 50 mM, pH 7,8, contendo metionina 13 mM, azul de p-nitro tetrazólio (NBT) 75 μM , EDTA 0,1 mM e

riboflavina 2 μM (DEL LONGO et al, 1993). A reação foi conduzida a 25 °C, numa câmara de reação sob iluminação de uma lâmpada fluorescente de 15 W, mantida no interior de uma caixa coberta com papel alumínio. Após 5 min de exposição à luz, a iluminação foi interrompida e a formazana azul, produzida pela fotorredução do NBT, foi determinada pela medição da absorbância a 560 nm. A medição da absorbância, nesse mesmo comprimento de onda, de um meio de reação igual ao anterior, porém mantido no escuro por igual tempo, serviu de branco e foi subtraída da leitura da amostra que recebeu iluminação (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977). Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para inibir em 50 % a fotorredução do NBT (BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971).

- Catalase (CAT, EC 1.11.1.6)

A atividade da enzima catalase foi determinada pela adição de 100 μL do extrato enzimático bruto (parte aérea) a 2,9 mL de meio de reação, constituído de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,0 e H_2O_2 12,5 mM (HAVIR e MCHALE, 1987). Durante o primeiro minuto de reação, mantida a 25 °C, foi medido o decréscimo na absorbância a 240 nm. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de $36 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (ANDERSON ET AL, 1995) e expressa em $\mu\text{mol min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ de proteína.

- Peroxidase (POX, EC 1.11.1.7)

A atividade da enzima peroxidase foi determinada pela adição de 100 μL do extrato enzimático bruto (parte aérea) a 2,9 mL de meio de reação constituído de tampão fosfato de potássio 25 mM, pH 6,8, pirogalol 20 mM e peróxido de hidrogênio 20 mM (KAR e MISHRA, 1976). O incremento da absorbância durante o primeiro minuto de reação a 420 nm, a 25 °C, determinou a produção de purpurogalina. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de $2,47 \text{ mM L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (CHANCE e MAEHLEY, 1955) e expressa em $\mu\text{mol min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ de proteína.

- Peroxidase do ascorbato (APX, EC 1.11.1.11)

A atividade da enzima APX foi determinada pela adição de 100 μL do extrato enzimático bruto (parte aérea) a 2,9 mL de meio de reação constituído de ascorbato 0,8 mM e H_2O_2 1,0 mM em tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 6,0. Foi observado o decréscimo da atividade na absorbância a 290 nm, a 25°C, durante o primeiro minuto de reação (NAKANO e ASADA, 1981; KOSHIBA, 1993). A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o

coeficiente de extinção molar de $2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (NAKANO e ASADA, 1981) e expressa em $\mu\text{mol min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ de proteína.

- Peroxidação de lipídeos (Malondialdeído – MDA)

Para determinação de MDA, 0,200g de matéria fresca foi macerada em 3 mL ácido tricloroacético – TCA (0,1%), contendo 20% de PVPP. O extrato foi centrifugado a $10.000 \times g$ durante 5 minutos. Retirou-se $0,5\mu\text{l}$ do sobrenadante e adicionou em 1,5 mL de ácido tricloroacético 20%, e 0,5% de ácido tiobarbitúrico. Agitou-se as amostras por 5 segundos e aqueceu por 30 minutos em banho – maria a 95% em tubos de ensaios; ao final a reação foi interrompida em banho de gelo. O conteúdo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da atividade de peroxidação lipídica foi determinada pela medição da absorbância a 535 nm e 600 nm. A quantidade do complexo de TBARS foi calculado pela diferença das leituras (Abs535-Abs600) em razão do caminho ótico ($b = 1 \text{ cm}$) e do coeficiente de extinção molar $E = 155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, conforme a equação: $C = \text{Abs} (535 - 600) / E \cdot b \cdot e$. Os resultados expressos em $\mu\text{mol de MDA g}^{-1}$ de MF (HEATH & PACKER, 1968).

4.3 Análises estatísticas

Os dados foram testados quanto à normalidade pelo método de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e homocedasticidade. Quando necessário, os dados foram transformados raiz quadrada (\sqrt{x}). Quando o F foi significativo ($p < 0,05$), as médias das variáveis dependentes (parâmetros fisiológicos, de crescimento e bioquímicos) foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para interações significativas, as mesmas tiveram seus graus de liberdade desdobrados para melhor abordagem dos fatores independentes. Todas as análises foram realizadas usando o software Assistat versão 7.7 e o Sigmaplot para a confecção dos gráficos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características fisiológicas

A presença das plantas daninhas não reduziu a taxa fotossintética líquida máxima (P_{max}) das plantas de feijão-caupi, independente do regime hídrico (Figura 1A). A ausência de plantas daninhas aliado ao período de restrição hídrica restringiu a assimilação de CO_2 em quase pela metade em comparação com o tratamento controle, em média $7 \mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$ e $13 \mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$, respectivamente.

A concentração interna de carbono (C_i) não foi afetada pela competição de plantas daninhas (Figura 1B). Houve redução de (C_i) na ausência de plantas daninhas aliado ao período de restrição hídrica, em relação ao controle, com valores de $213 \mu mol mol^{-1}$ e $292 \mu mol mol^{-1}$, respectivamente.

A taxa transpiratória (E) nas plantas de feijoeiro cultivadas sob interferência das plantas daninhas foi reduzida, dependente do regime hídrico (Figura 1C). As plantas submetidas ao período de restrição hídrica mostraram menor E onde a cultura foi cultivada isoladamente, diferindo das densidades de plantas daninhas, as taxas variaram em média $3 mmol.m^{-2} s^{-1}$ e $5 mmol.m^{-2} s^{-1}$, respectivamente.

Em presença de plantas daninhas, a condutância estomática (g_s) foi reduzida, independente do regime hídrico (Figura 1E). A redução expressiva de g_s ocorreu em plantas de feijoeiro cultivado na ausência de competição, sob a restrição hídrica, valor de $0,1 mmol.m^{-2} s^{-1}$.

Com relação à eficiência do uso da água (EUA) não foi observada diferença significativa entre os tratamentos de densidades de plantas daninhas e regime hídrico (Figura 1D). Enquanto que a Eficiência intrínseca do uso da água ($EiUA$) respondeu apenas ao regime de restrição hídrica (Figura 1F). Nota-se menor $EiUA$ no feijoeiro cultivado na ausência de competição, sob restrição hídrica com $0,113 \mu mol CO_2 mmol^{-1} H_2O$, contrastando com maior valor $0,168 \mu mol CO_2 mmol^{-1} H_2O$ nas plantas de feijoeiro cultivado em competição com três densidades de plantas daninhas, aliado a restrição hídrica.

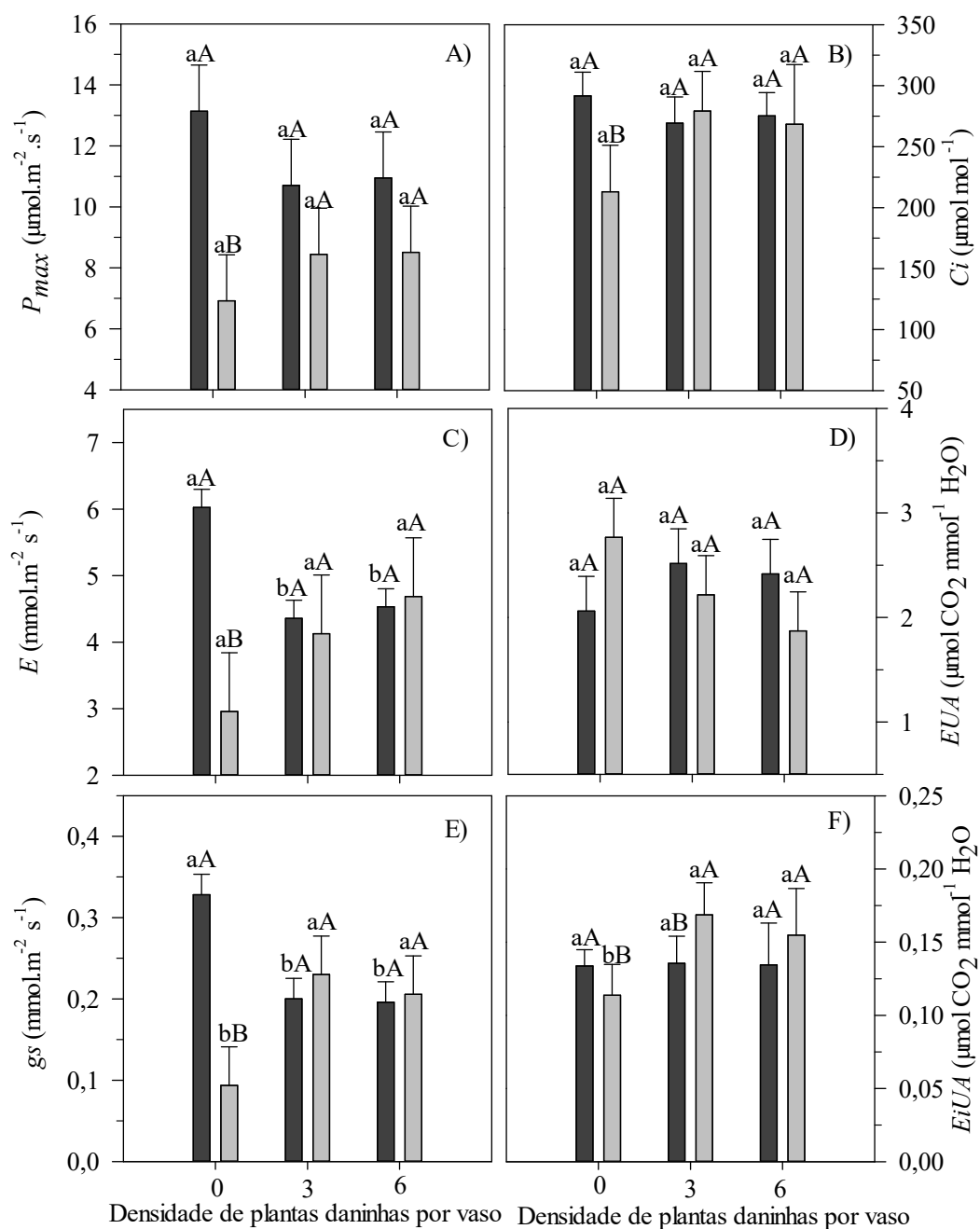


Figura 2. Fotossíntese máxima (P_{max}) (A), Carbono interno (C_i) (B), Transpiração (E) (C), Eficiência no uso da água (EUA) (D), Condutância estomática (g_s) (E), Eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$) (F) do feijão-caupi, submetido a diferentes densidades das plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas (PI) e restrição hídrica (RH), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.

A taxa fotossintética do feijoeiro apresentou superioridade no tratamento controle com plantas irrigadas, em média $13,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ possivelmente pelo maior consumo de água na fase vegetativa das plantas. Vale salientar que independente da cultivar em estudo, os valores para taxa de assimilação líquida foram superiores a $10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que significa que as plantas se encontravam em condições adequadas de cultivo. Em plantas de metabolismo C_3 os valores de fotossíntese oscilam, normalmente, entre 10 e $20 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O período de restrição hídrica impôs redução de 47% na taxa de fotossíntese do feijoeiro, cultivado na ausência da gramínea em relação à média do controle. Esta redução pode estar associada, em parte, às altas temperaturas e precipitações, que são características marcantes do clima na região amazônica. Trabalho realizado com soja encontrou valores inferiores à 4 e $2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ com aumento de déficit de água (MACHADO JÚNIOR, 2017).

A característica fisiológica, fotossíntese líquida, também pode ser aumentada quando o feijão-caupi está submetido à infestação durante todo o ciclo, devido a competição interespecífica das plantas daninhas (PÊSSOA et al, 2017) e o declínio de transpiração, atrelado ao fechamento dos estômatos, por estarem associados com o fluxo de entrada e saída de água (BRODRIBB; HILL, 2000; BIANCHI et al, 2007).

A eficiência fotossintética nas espécies com rota metabólica o tipo C_4 é superior a do tipo C_3 . Em média, as gramíneas bastam 5 ppm de CO_2 para que sejam supridas as necessidades de fotorrespiração, em contrapartida, as leguminosas necessitam de 55 ppm de CO_2 para realizar a carboxilação (VIDAL, 2002). A *B. plantaginea* por exemplo, tem uma estratégia distinta em superar o estresse hídrico, sendo capaz de manter alta taxa de fotossíntese em concentrações de CO_2 no mesófilo foliar muito próximo de 0 ppm (CONCENÇO et al, 2014). Essas características fazem com que a *B. plantaginea* quando convive com o feijão-caupi, tenha vantagem competitiva em ambientes com restrições contínuas de água (RADOSEVICH et al, 2002).

Quando o feijão-caupi é submetido a forte competição na comunidade de plantas, as condições fisiológicas são geralmente alteradas, sendo proeminente, o fechamento estomático, com conseqüente restrição à difusão de gás carbônico (LIMA et al, 2008; OSIPIN, 2017). Nesta pesquisa, a presença da planta daninha durante o período de restrição hídrica não teve efeito, pois a espécie deve ter prevenido a extrema redução da água no solo.

A taxa transpiratória do feijão obteve em média ($4,42 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) nas diferentes densidades de plantas daninhas, independente do regime hídrico (Figura 1C). Já na ausência de plantas daninhas a cultura mostrou-se com maior redução de E 51%, quando cultivada sob limitação de água na fase vegetativa.

Quando as plantas daninhas e cultivadas estão convivendo numa mesma área, há redução dos recursos consumíveis (água, nutriente), de forma que ambos os grupos de plantas são prejudicados. Assim o declínio da taxa respiratória está associado ao fechamento dos estômatos ou variações na abertura estomática que causam alterações no potencial hídrico (BRODRIBB e HILL, 2000).

As plantas se desenvolvem em ambientes sem limitações, quando submetidas a um período de seca tendem a fechar os estômatos (COCHARD et al, 2002), na sequencia redução dos níveis de CO_2 . Todos estes parâmetros estão ligados numa relação de custo/benefício, pois a E também é um mecanismo de diminuição da temperatura da folha (MANABE et al, 2014).

Na concentração interna de CO_2 , observou-se diferença significativa na ausência de plantas daninhas, redução de 30% ($213 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), em relação ao tratamento controle (Figura 1B). Esses valores são considerados baixos quando comparados aos citados entre as plantas C_3 , em condições favoráveis de cultivo, entre 200 e $250 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (TAIZ & ZEIGER, 2013). Ressalta-se que o acúmulo de C_i no mesófilo foliar está associado diretamente com o fechamento dos estômatos e a redução na assimilação de CO_2 (PAIVA et al, 2005).

As plantas de feijoeiro cultivadas juntamente com a braquiária apresentaram valores superiores para esta variável, independente do regime hídrico. Resultados semelhantes foram encontrado por Manabe et al (2014), em que o maior C_i nas plantas de feijoeiro foi observado em competição com o Picão-preto, indica que as mesmas não estão aptas a consumir o CO_2 presente na câmara subestomática. Esses danos podem estar relacionados ao período de restrição hídrica e a competição intraespecífica entre *B. plantaginea* e a cultura.

A ausência de plantas daninhas aliado ao período de restrição hídrica reduziu em 71% a condutância estomática (Figura 1E). Já no tratamento com plantas irrigadas, foi sobejamente superior as demais médias. O comportamento da g_s semelhante foi encontrada no feijão-caupi cultivado em solo sem compactação e nível zero de competição da *C. rotundus* (TERCEIRO et al, 2016).

A atividade estomática (g_s) é fundamental para compreender os processos fisiológicos, já que a g_s é responsável por quase todas as atividades dos fatores internos e externos da planta quando ligados ao déficit hídrico (MEDRANO et al, 2002). Dutra et al, (2015) destacam que a

redução da condutância estomática do feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica, induz a menor transpiração e, conseqüentemente menor perda de água, resultando maior tolerância da cultura a estresses abióticos.

Em sistemas agrícolas os vegetais estão sujeitos à competição por recursos e condições limitadas que auxiliam no estabelecimento de um elevado grau de interferência. (SILVA e SILVA, 2007). Quando as plantas são expostas a situações de escassez de água, exibem frequentemente respostas fisiológicas, que resultam, de modo direto, na economia de água (MANABE et al, 2014).

A maior g_s na ausência de plantas daninhas e tratamento irrigado se deve as condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultura, contrário a interferência ou ausência da mesma sob restrição hídrica no ambiente de cultivo, pode prejudicar a cultura, devido aos danos da competição interespecífica serem maiores e o solo ficar totalmente descoberto.

A $EiUA$ do feijoeiro foi reduzida 31% competindo com 6 plantas daninhas e em condições de irrigação contínua, sendo mais expressiva nas plantas cultivada em ausência de competição sob restrição hídrica (Figura 1F).

A relação entre a fotossíntese e a transpiração indica a eficiência intrínseca no uso de água ($EiUA$), em que os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta absorve, por cada molécula de água que perde. Neste sentido, os decréscimos observados na $EiUA$, notadamente na ausência de plantas daninha são reflexos de diminuição observados na taxa de fotossíntese líquida (A) das plantas de feijão-caupi. Estresses de baixa intensidade promovem incremento na eficiência do uso da água, enquanto os de maior intensidade promove um decréscimo desta razão (SANTOS et al, 2014). No entanto, aumentos observados na $EiUA$ com a presença de três e seis plantas daninhas sob restrição hídrica, ocorreu provavelmente pela cobertura da mesma na superfície do vaso, o que minimizou a evaporação da água de irrigação, mantendo a umidade do substrato e proporcionando maior quantidade de água disponível para a cultura.

No que diz respeito aos pigmentos cloroplastídicos, o teor de clorofila a do feijão-caupi foi reduzido pela presença de plantas daninhas, enquanto que clorofila b foi afetado tanto pela presença de plantas daninhas quanto pelo déficit hídrico (Figura 2A-B). Em relação aos teores de clorofila total (CLT), houve uma redução sobrestante na convivência de 6 plantas daninhas sob restrição hídrica, em relação ao controle (Figura 2C). Desempenho semelhante ao observado na clorofila a , foi verificado na concentração de carotenóide, a ausência de

competição e sob o regime de restrição hídrica, reduziu em 60% em relação ao controle (Figura 2D).

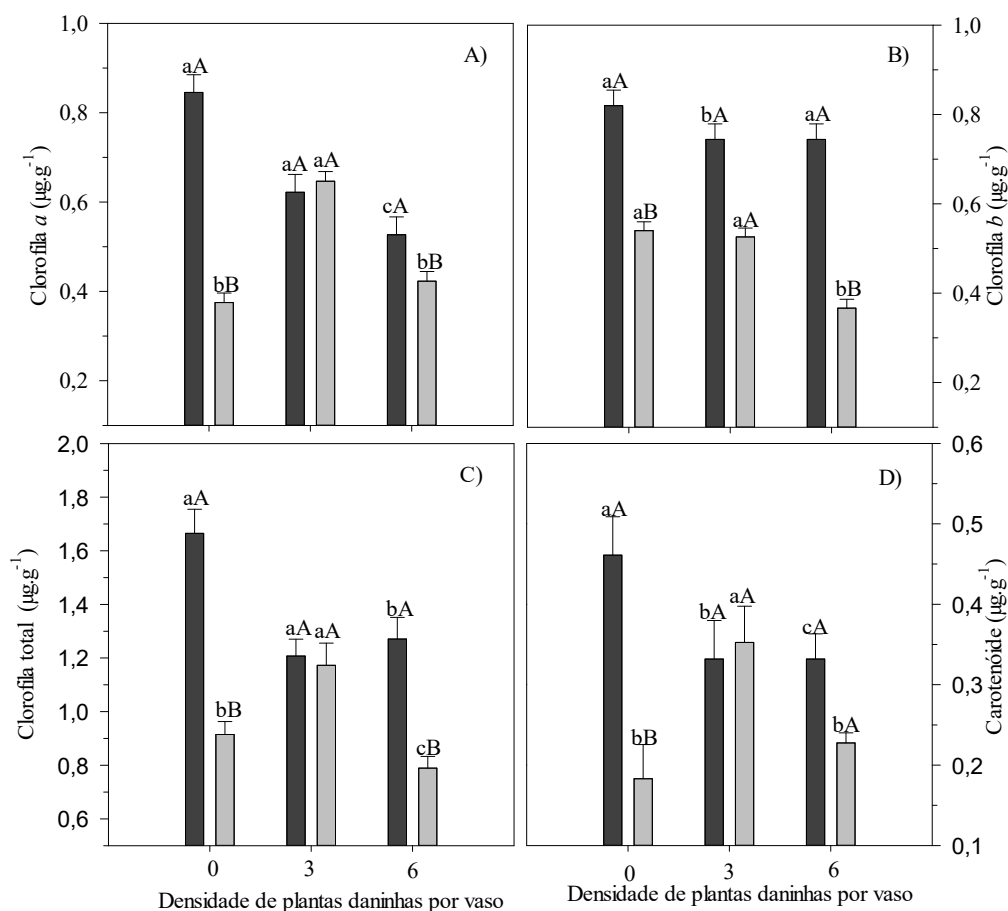


Figura 3. Teores de pigmentos: clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C) e carotenóides (D) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas ■ (PI) e restrição hídrica ■ (RH), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.

Observou-se menor concentração da Chl *a*, no feijão-caupi na ausência de competição, sob restrição hídrica, houve redução de 56% em relação ao controle (Figura 2A). Já a diminuição no teor de Chl *a* observado nas plantas de feijão-caupi pode ter ocorrido devido à combinação de estresse ocorrido na fase V5. De acordo com Blackmer et al, (1993) e Henry & Price (1993), o teor de clorofila nas folhas varia com a idade e teor de água na planta, cultivar, disponibilidade de nutrientes, estresse ambiental ou fatores bióticos.

O feijão-caupi cultivado em convivência com seis plantas daninhas sob restrição hídrica, causou redução de 56% em relação ao tratamento controle (Figura 2B). O impacto da densidade

populacional da *B. plantaginea* e a limitação de água induziu a fotodestruição, processo conhecido como fotoxidação, o mesmo é caracterizado por um decréscimo significativo do rendimento quântico.

A interferência de plantas daninhas também afetou a CLT no período de restrição hídrica, com redução de 53% em relação ao controle (Figura 2C). Considerando que o feijão-caupi é tolerante as condições de estresses abióticos os valores CLT estão bem abaixo, comparando o feijão-caupi submetido a níveis de salinidade na água de irrigação (FURTADO et al, 2014).

A presença de plantas daninhas alterou o conteúdo de carotenóides do feijão, reduziu em média 37% ($0,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ MF) em relação ao controle, independente do regime hídrico (Figura 2D). No entanto, estes resultados assemelham aos obtidos por SILVA et al, (2016) em plantas jovens de *Cocus nucifera* em decorrência do comprometimento da síntese de carotenóides sob condições de deficiência hídrica. Tal comportamento, demonstra ser uma estratégia de dissipação do excesso de energia luminosa, utilizado pelas espécies vegetais em condições de deficiência hídrica, na qual os carotenóides desempenham papel fotoprotetor.

A escassez de água acarreta redução na atividade enzimática da protoclórofila redutase, inibindo a conversão dos precursores, em pigmentos fotossintéticos, sendo essa redução apontada como a principal razão da menor produção de pigmentos (FIAZ et al, 2014), nesta pesquisa as reduções nos teores de clorofilas podem estar fortemente relacionados a presença de plantas daninhas, e restrição hídrica imposta na fase inicial de produção.

Características de crescimento

A presença de plantas daninhas alterou no crescimento e componentes de produção, independente do regime hídrico (Figura 4). Observou-se que a diminuição da área foliar (AF) ocorreu a partir do incremento da *B. plantaginea* com redução em média de 32% (655 cm^2), em relação ao tratamento controle (Figura 4A).

A interferência de plantas daninhas reduziu a matéria seca das folhas (MSF), independente do regime hídrico (Figura 4B), em média 57% (1,3 g), em relação ao tratamento controle.

O feijão-caupi cultivado com as plantas daninhas apresentaram as menores médias da matéria seca do caule (MSC), independente do regime hídrico (Figura 4C). A MSC diminuiu em 49,4% (1,4 g), em relação ao tratamento controle.

A matéria seca das raízes (MSR) do feijão-caupi, registou menor acúmulo quando esta competia com a *B. plantaginea*, independente do regime hídrico (Figura 4D). Em média a produção foi 0,7g por planta e redução de 63% em relação ao controle. Já as plantas de feijão-caupi cultivado com a *B. plantaginea* mostraram um decréscimo da matéria seca total (MST), independentemente do regime hídrico (Figura 4E). A MST em ambos regimes hídricos obteve média de produção de 3,2 g por planta, 59% de redução em relação ao controle.

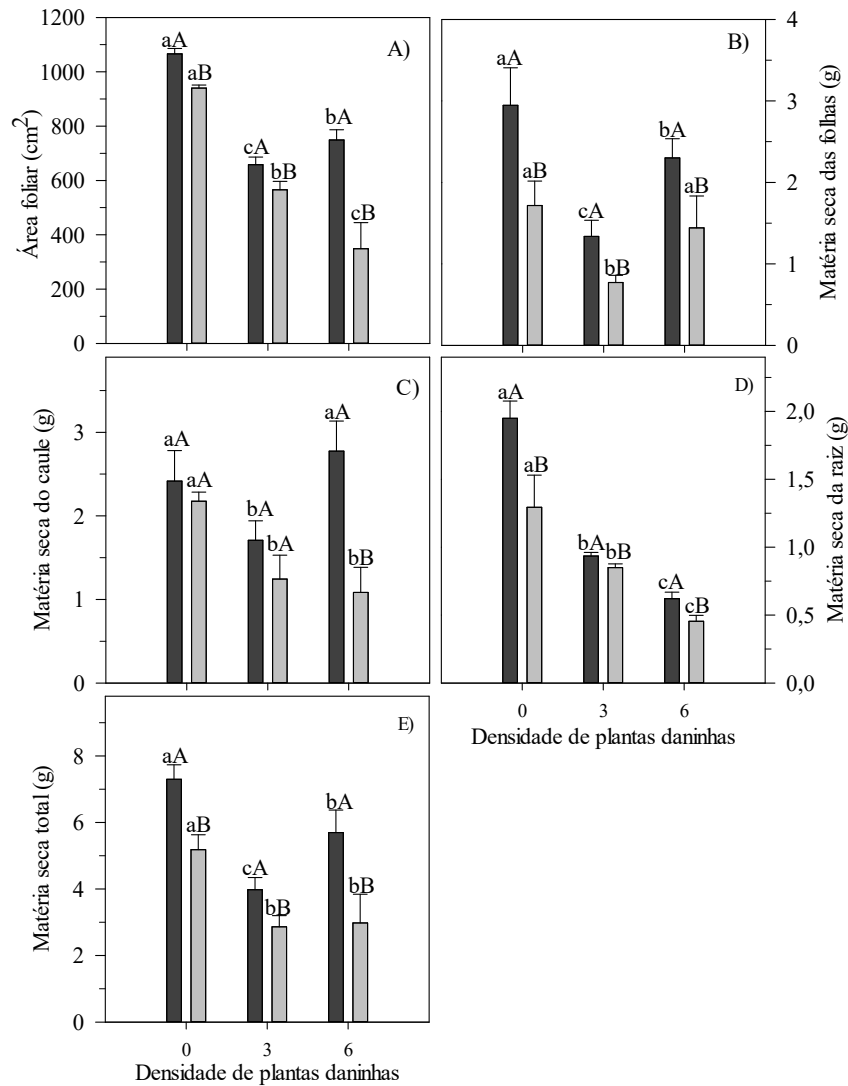


Figura 4. Área foliar (A), matéria seca do caule (B), matéria seca das folhas (C), matéria seca da raiz (D), matéria seca total (E) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas (PI) e restrição hídrica (RH), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.

A área foliar (AF) foi superior quando o feijão-caupi foi cultivado isoladamente, sob irrigação contínua, em comparação com os demais tratamentos onde a cultura encontrava-se em competição com as plantas daninhas e umidade do solo restrita. Dentre as densidades de plantio da *B. plantaginea*, a presença de seis plantas foi a que mais reduziu a AF, seguido pelo tratamento de três plantas, apresentando redução de 67% e 47% no período de restrição hídrica, respectivamente, em comparação com a testemunha.

A diminuição da área foliar do feijão-caupi ocasionado pelo incremento de plantas daninhas no mesmo ambiente de cultivo, pode estar relacionado com o hábito de crescimento da espécie infestante, a qual possui maior severidade, desenvolve-se formando touceiras e ocupa maior área sob o solo. A AF é reduzida por fatores como o arranjo espacial das plantas (STEWART et al., 2003). Este é um dos principais fatores que determina a produtividade, pois está diretamente relacionado à eficiência fotossintética, e dependendo das condições ambientais, o crescimento pode ser ainda menor em condições de déficit hídrico.

Na cultura da soja foram observadas reduções de até 62% na AF, quando cultivada em populações maiores de *Euphorbia heterophylla* (FORTE et al, 2017). As pesquisas já mostraram que a diminuição da área foliar das plantas é em detrimento de elevada infestação de plantas daninhas, que reduz as taxas nos processos fotossintéticos em plantas cultivadas, resultando queda na produtividade (OLIVEIRA et al, 2015).

Para o crescimento do feijão-caupi, a limitação de água, nas diferentes fases fenológicas causa redução na produtividade. Plantas cultivadas com 60% de déficit hídrico podem reduzir em até 27% sua área foliar (MARTINS et al, 2017), principalmente durante o estágio de florescimento (SOUZA et al, 2014). Isso pode ser justificado pela redução do grau de hidratação das folhas, uma vez que, como mecanismo de resistência à seca, as plantas fecham os estômatos e reduzem a expansão foliar, pois a água promove o alongamento celular.

O valor máximo de 3,03 g de MSF por planta foi encontrado no feijão-caupi cultivado isoladamente da *B. plantaginea* e com irrigação contínua, aos 47 dias DAS (Figura 4B). A convivência de três plantas da espécie infestante no período de escassez de água reduziu em 74% a MSF do feijão-caupi, em relação ao tratamento controle.

A *B. plantaginea* em estudo possui alta capacidade competitiva pelos recursos do meio (MANABE et al, 2015), o que pode ter contribuído com a redução de biomassa para a formação das folhas, no qual, agravou-se com a limitação de água. Com a diminuição do número de folhas

e eficiência fotossintética da cultura o acúmulo de matéria seca pode influenciar de maneira negativa (LISBOA et al, 2017).

A influência negativa do baixo número folhas pode ser refletida no crescimento da parte aérea devido diminuição dos fotoassimilados produzidos pelas folhas (DEEBA ET AL, 2012; OLIVEIRA ET AL, 2013). No entanto, o decréscimo desta variável no feijão-caupi está relacionado ao processo fisiológico de senescência, no qual foi mais intenso devido a competição interespecífica das plantas daninhas.

A MSC do feijão-caupi teve menores média de produção quando cultivado com três plantas de *B. plantaginea*. Houve redução de 50% (1,2 g) e 30 % (1,7 g) em condições de restrição hídrica e irrigação contínua, respectivamente (Figura 4C).

A presença de seis plantas daninhas influenciou negativamente a produção de MSC do feijão-caupi, pela competição interespecífica no período de restrição hídrica e favorecida pela umidade do solo mantida pelas plantas daninhas no regime hídrico irrigado. Sob estas condições, houve redução de 54% e aumento de 13%, respectivamente, em relação ao tratamento controle.

Estes resultados assemelham em pesquisas com a espécie *B. brizantha* competindo com a soja, pois a maior densidade populacional afetou a cultura e reduziu 50% a MSC (ALMEIDA et al, 2015). Já para a cultura do feijão que competiu com a *B. pilosa* a redução foi de 33% (MANABE et al, 2015).

Como as plantas C_4 necessitam captar maior quantidade de luz para manutenção de níveis adequados do seu metabolismo, são plantas que crescem primeiro e sombreiam as demais apresentando taxa de fotossíntese líquida e acúmulo de massa superiores, dominando a área e inibindo o crescimento das plantas menos competitivas (ZANINE & SANTOS, 2004). Assim *B. plantaginea* tem um crescimento inicial mais rápido, reduzindo o espaço no ambiente para o feijoeiro.

A MSR do feijão-caupi quando cultivado com a maior densidade de plantas daninhas, em condições de restrição hídrica, reduziu 72% (0,5 g por planta) comparado ao tratamento controle (Figura 4D). O potencial agressivo de uma espécie pelo sistema radicular faz com que a cultura principal, induza a maior alocação de massa seca para os órgãos superiores, na tentativa de sobreviver à competição (CURY et al, 2011).

A redução do sistema radicular pode implicar em menor tolerância ao déficit hídrico e menor capacidade de absorção de nutrientes devido a menor exploração do solo pelas raízes.

Dependendo das condições do ambiente na fase de crescimento, o feijão-caupi pode apresentar comportamento não muito discrepante na fase R6 (VALE et al, 2012).

O sistema radicular foi principal órgão afetado negativamente pela competição interespecífica da *B. plantaginea* e pela restrição hídrica avaliado na fase V5. O efeito já era esperado, pois o maior número de plantas de plantas daninhas, proporcionou maior matéria seca de raiz da espécie infestante.

Para a MST, o feijão-caupi desenvolvendo sem interferência, apresentou maior tendência de produção com 7,7 g e 5,5 g por planta, nos tratamentos de irrigação contínua e período de restrição hídrica, respectivamente (Figura 4E).

A MST do feijão-caupi foi reduzido em até 44% quando cultivadas em solos com 60% de déficit hídrico, em relação as plantas não submetidas a déficit hídrico (MARTINS, 2017). Isto pode ser explicado pela antecipação do processo de senescência da cultura devido a interferência das plantas daninhas aliado ao período de restrição hídrica, pois na fase fenológica R9 que inicia-se o processo de senescência da planta, no qual resulta paralisação da produção de matéria seca (TAIZ & ZEIGER, 2016).

O comportamento desta variável pode estar relacionado com a redução dos componentes que compõe a matéria seca total (MSF, MSC e MSR) que também reduziram com o incremento da densidades de plantas daninhas. Dessa forma, a densidade de planta daninha influenciou negativamente no desenvolvimento vegetal.

Para a variável analisada das plantas daninhas, houve diferença significativa na matéria seca do sistema radicular e parte aérea, dependente do regime hídrico (Figura 5). O déficit hídrico reduziu a produção de matéria seca da parte área (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR) da *B. plantaginea* aos 47 DAS em ambas densidades de plantio (Figura 5), dependente do regime hídrico.

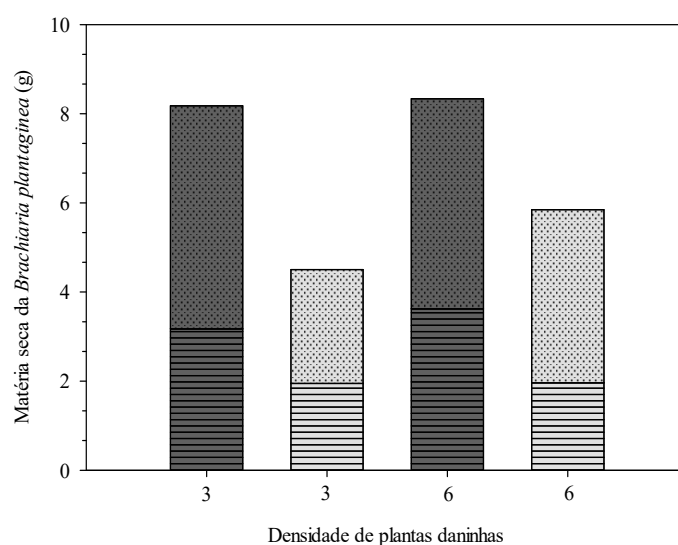






Figura 5. Matéria seca da parte aérea  e raiz  (g) da *B. plantaginea* submetida a diferentes densidades de plantio e tratamentos plantas irrigadas  (PI) e restrição hídrica  (RH), após 47 dias de interferência com o feijão-caupi.

O acúmulo de MSPA da *B. plantaginea* variou na densidade de três e seis planta por vaso, ambos reduzindo em 50% no período restrição hídrica, em comparação ao tratamento irrigado (Figura 5). Observou-se maior produção desta variável na densidade de três plantas daninhas, em média 5 g no regime sem restrição hídrica. Resultados semelhantes foram descritos por Oliveira et, (2015) ao avaliarem a concorrência do feijão-caupi entre plantas daninhas por água, mostrando que competição junto ao déficit hídrico reduziram os componentes vegetativos de *C. benghalensis*.

Observou-se maior produção de MSR da *B. plantaginea* na maior densidade de plantios, em média 3,6 g por planta no regime plantas irrigadas. Contrariando com os resultados das plantas sob regime de restrição hídrica, que reduziu quase pela metade, média 2 g por planta de matéria seca de raiz. Os resultados são coerentes, haja vista o semeio de maior quantidade de plantas por unidade experimental.

Terceiro et al, (2016) avaliaram o impacto da *C. rotundus* em condições de solo compactado e número de tubérculos por vaso e constaram maior valor quando foram semeados três tubérculos por vaso, evidenciando-se que tal espécie possui notável capacidade de produção de fitomassa quando em alta densidade, não sofrendo efeito da competição por restrições no ambiente.

A redução da disponibilidade de água, possivelmente causou estresse às plantas,

afetando vários processos fisiológicos, levando ao declínio da produção de biomassa (CECCHIN et al, 2015; MOTA & CANO, 2016). Em geral, as espécies adaptadas a sistemas de baixos recursos, freqüentemente, exibem características associadas à conservação de recursos, como redução de crescimento (FUNK, 2013; LIMA et al, 2016

Com base nestes resultado é possível compreender o efeito da competição das difentes densidades de *B. plantaginea* em condições de restrição hidrica no solo, sobre o comportamento das plantas de feijão-caupi para manter a sobrevivência.

Características bioquímicas

O acúmulo do aminoácido prolina foi afetado pelo tratamento de densidade de plantas daninhas e pela restrição hídrica (Figura 7), em que o tratamento com a densidade de três plantas daninhas aliado a restrição hídrica obteve maior conteúdo, em média 0,46 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$.

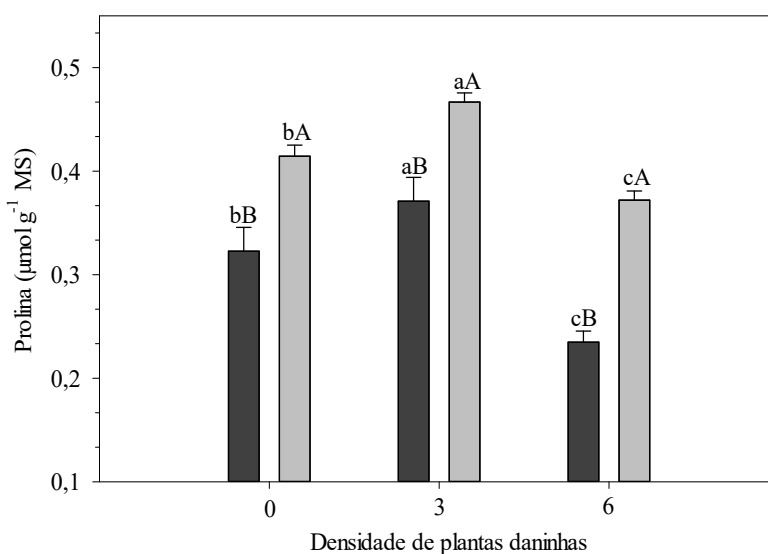


Figura 6. Teor de prolina do feijão- caupi, submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas ■ (PI) e restrição hídrica □ (RH), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e restrição hídrica, respectivamente.

O feijoeiro cultivado em presença de seis plantas daninhas em condições de irrigação continua, revelaram menores conteúdos de prolina com redução de 33% (0,2 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$) em relação ao tratamento controle. Apesar da combinação de estresse imposta e incremento de seis

plantas daninhas por vaso sob restrição hídrica, a concentração de prolina aumentou em apenas 15%, em relação ao feijão cultivado na ausência de competição e restrição hídrica. Isso é consequência da ocorrência irregular das precipitações e do fato da camada superficial do solo permanecer úmida com a presença de maior quantidade de plantas daninhas.

Diversos mecanismos de proteção são ativados nas plantas em respostas a condições adversas que o seu crescimento (MONTEIRO et al, 2014), e a prolina é usada como fontes de energia pelas plantas, metabolizada como fonte de nitrogênio e prontamente disponível para restabelecimento de plantas logo após o período de limitação hídrica (TROVATO et al, 2008).

A presença de três plantas de *B. plantaginea* aumentou o teor de prolina em 44% (0,46 $\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$), em relação ao tratamento controle. Tal comportamento pode estar associado ao mecanismo de manutenção de turgidez do feijão-caupi, permitindo suportar o estresse provocado pela competição interespecífica e restrição hídrica durante o desenvolvimento da planta.

Uma das respostas de estresse mais comuns nas planta é a superprodução de diferentes tipos de solutos orgânicos compatíveis (SERRAJ & SINCLAIR, 2002). E a prolina é um dos solutos que protegem os componentes celulares da lesão por desidratação.

O acúmulo de prolina em plantas pode ocorrer em resposta a diversos estresses ambientais como alta salinidade, déficit hídrico, temperaturas elevadas, deficiência nutricional, poluição atmosférica e radiação UV (SIRIPORNADULSIL et al, 2002; FILIPPOU et al, 2014). Em resposta ao estresse de seca nas plantas, a acumulação ocorre normalmente no citosol, onde contribui substancialmente ao ajuste osmótico citoplasmático (SHARAF, 2016).

Aos 47 dias não houve diferença significativa na peroxidação lipídica por acúmulo de malonaldeído (MDA) em folhas do feijão-caupi, cultivado na ausência de plantas daninhas, independente do regime hídrico (Figura 7), porém na densidade de três plantas daninhas sob restrição hídrica, apresentaram maiores níveis de MDA, dependente do regime hídrico.

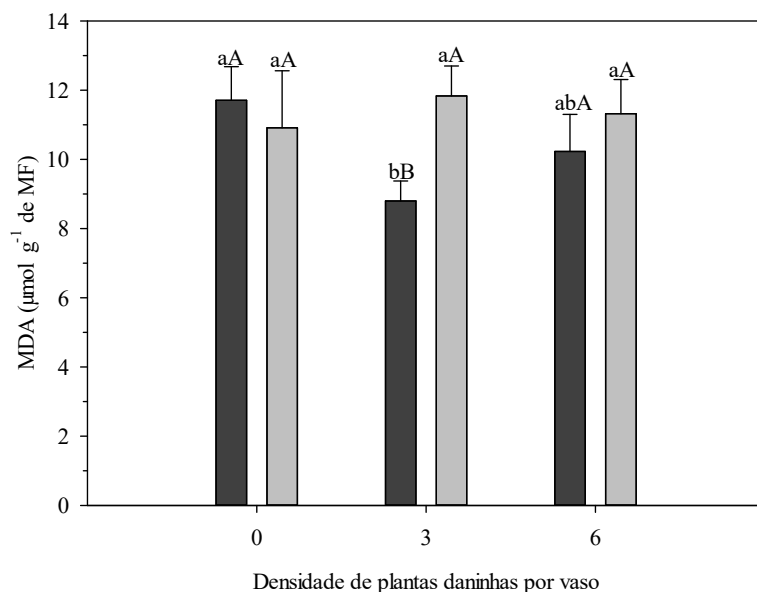


Figura 7. Peroxidação de lipídios (MDA) em folhas de feijão-caupi, submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas ■ (PI) e restrição hídrica ▒ (RH), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e regime hídrico, respectivamente

Houve pequena elevação nos níveis de MDA nas folhas do feijão-caupi cultivado com a presença de três plantas daninhas por vaso em condições de restrição hídrica, em média 11,8 μmol de MDA g⁻¹ de MF (Figura 7), contrariando com os resultados quando o feijão-caupi foi cultivado sob mesma densidade, porém em condições de irrigação contínua, em média 8,7 μmol de MDA g⁻¹ de MF.

A peroxidação lipídica é o sintoma principalmente atribuído ao dano oxidativo, sendo utilizado como um indicador de aumento de danos celulares (HERNANDEZ et al, 2000). Estudos evidenciam que o acúmulo de MDA na raiz, por exemplo, está associado a uma crescente lesão na membrana lipídica causados pelo estresse salino, em comparação as plantas resistentes que apresentam menor acúmulo de MDA (DEMIRAL & TURKAN, 2005; MANDHANIA et al, 2006).

Outras pesquisas também têm avaliado o estresse oxidativo provocado nas plantas sob condições de déficit hídrico, em plantas jovem de girassol, houve aumento no conteúdo de MDA (CECHIN et al, 2010) e em raízes, caules e folhas de *Vigna radiata* L. sob estresse salino

e recuperação (PANDA et al, 2009) mostrando um eficiente sistema de defesa contra os danos celulares provocado pelo déficit hídrico.

O feijão-caupi cultivado na maior densidade de *B. plantaginea* sob condições de irrigação contínua, mostrou redução de 13% (10,2 μmol de MDA g^{-1} de MF) no acúmulo de MDA, em relação ao tratamento controle. Estudos demonstram que a redução de danos oxidativos e aumento da resistência a diversas condições ambientais estar correlacionado com um sistema antioxidante eficiente (KAN & PANDA, 2008). Isto mostra a capacidade da cultura em recuperar os danos causado pela competição interespecífica entre as plantas daninhas e o feijão-caupi no período de restrição hídrica.

Também foi analisada a resposta do metabolismo antioxidante das plantas de feijão-caupi sob interferência de plantas daninhas associadas a restrição hídrica. A ausência de plantas daninhas alterou a atividade da superóxido dismutase (SOD) nas folhas do feijoeiro, sendo as respostas dependentes do regime hídrico (Figura 8 A).

A atividade da catalase (CAT) nas folhas de feijão-caupi aumentou na ausência de plantas daninhas, dependente do regime hídrico (Figura 8 B).

A ausência e presença de plantas daninhas não influenciaram a atividade da peroxidase de fenóis (POX) no feijão-caupi, independente do regime hídrico (Figura 8 C). Já a atividade peroxidase de ascobato (APX) aumentou significativamente na maior densidade de plantas daninhas, dependente do regime hídrico (Figura 8 D).

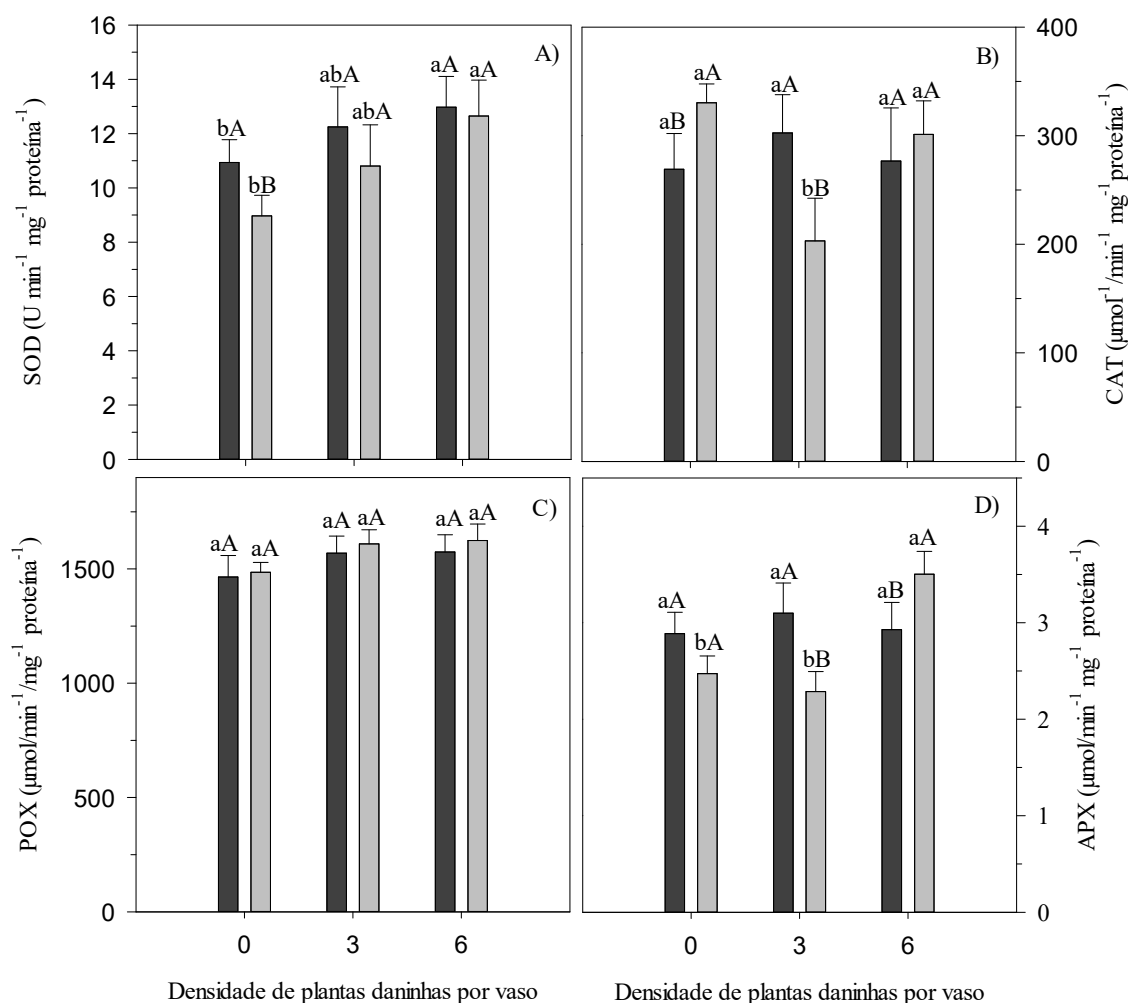


Figura 8. Atividade da dismutase de superóxido (SOD) (A), Catalase (CAT) (B), peroxidase de fenóis (POX) (C), peroxidase de ascobato (APX) (D) do feijão-caupi, submetido a diferentes densidades de plantas daninhas (*B. plantaginea*) e tratamentos plantas irrigadas (PI) e restrição hídrica (RH), após 47 dias de convivência com a planta daninha. ⁽¹⁾ Mesma letra maiúscula e minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para a densidade de plantas daninhas e regime hídrico, respectivamente.

O feijoeiro cultivado na ausência da *B. plantaginea* aliado a restrição hídrica reduziu atividade enzimática da SOD na folhas em 18% (8,9 U min⁻¹ mg⁻¹ proteína⁻¹) em relação ao tratamento controle (Figura 8A). Já com a presença de três plantas daninhas por vaso por exemplo, observou um acréscimo significativo da SOD nas folhas do feijoeiro, independente do regime hídrico, em média, (11,5 U min⁻¹ mg⁻¹ proteína⁻¹).

A presença de plantas daninhas provocou estresse através da competição interespecífica entre as plantas causando um maior estresse ao feijoeiro na fase vegetativa V5. A superóxido

dismutase (SOD), tem sido alegada como uma enzima de grande importância em situações de estresse (Gill, 2010). Alguns estudos mostram o aumento da atividade de SOD em planta de feijoeiro sob condições de estresse (CAVALCANTI et al, 2004; MAIA et al, 2012).

As plantas desenvolvem uma grande escala de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos para eliminar as ROS e restaurar a homeostase redox das células (BARBOSA et al, 2014). Ademais, as SODs são atinentes muito importantes das enzimas antioxidantes devido à dismutação de O_2 e H_2O , que estão localizados nos compartimentos principais da célula (DEMIDCHIK, 2015), as mesmas pertencem ao grupo das metaloenzimas, atuando como barreira enzimática antioxidante presente nos compartimentos subcelulares sujeitos a geração de espécies reativas de oxigênio, a qual atua diretamente na amenização do estresse oxidativo (GILL & TUTEJA, 2010).

O aumento da atividade SOD foi observado em plantas de feijoeiro cultivado sob a interferência máxima das plantas daninhas, independente do regime hídrico. Nestas condições, observou-se que o incremento da atividade enzimática não ocorreu devido ao estresse hídrico, pois a umidade do substrato foi mantida devido ao acamamento da *B. plantaginea* na superfície do vaso.

A resposta de cada enzima pode ser específica ao estresse oxidativo durante o desenvolvimento inicial de plântulas podendo variar de acordo com a espécie, cultivar, nível de estresse e estágio de desenvolvimento da plântula (GILL, 2010).

Em plantas de feijão-caupi cultivado sob a interferência de maior densidade das plantas daninhas, não houve diferença estatística significativa da CAT, independente do regime hídrico (Figura 9B). No feijoeiro cultivado em ausência de plantas daninhas aliado ao período de restrição hídrica aumentou a CAT em 23% ($330,33 \mu\text{mol}^{-1} \text{min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{proteína}$), em comparação ao tratamento controle.

A CAT é abundante nos peroxissomos de plantas C_3 , como exemplo do feijão-caupi, a qual remove o peróxido de hidrogênio produzido durante a fotorrespiração. Essa enzima catalisa a conversão do H_2O_2 em H_2O e O_2 (DUBEY, 2011) e o aumento da sua atividade em diferentes órgãos vegetais pode ser uma adaptação aos estresses que visa a eliminação de H_2O_2 produzido durante a fotorrespiração (BARBOSA et al, 2014).

A presença de três plantas daninhas associadas ao período de restrição hídrica reduziu a atividade da CAT nas folhas do feijão em 25% ($203 \mu\text{mol}^{-1} \text{min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{proteína}$), em relação ao tratamento controle (Figura 8B). A ocorrência de estresses ambientais pode aumentar ou

diminuir a atividade da CAT e nas plantas, sendo o comportamento dependente da intensidade, duração, e o tipo de estresse (SHARMA et al, 2012).

No feijão caupi submetido à deficiência hídrica no solo foi observado um aumento da atividade da CAT nas folhas à medida que se intensificava o estresse, sendo esta diminuída com a reidratação das plantas (SILVA, 2014). Em outro aspecto, as maiores atividades de CAT foram encontradas em plântulas de arroz (SHARMA e DUBEY, 2005) e de *Arabidopsis thaliana* (HE et al, 2014), onde a atividade da CAT foi decrescida com o aumento do estresse hídrico.

As reduções da atividade enzimática da CAT e SOD pode estar relacionada a interferência de plantas daninhas no mesmo ambiente, competindo pelos recursos do meio, principalmente na densidade de três plantas daninhas, na qual ocasionou maiores danos fisiológicos, crescimento e produção.

A atividade de APX foi mais expressiva nas folhas do feijoeiro cultivado na presença de seis plantas daninhas, 22% ($3,5 \mu\text{mol}^{-1}/\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ proteína), em relação ao tratamento controle (Figura 8D), o que pode ser caracterizado como uma indução de tolerância a restrição hídrica.

Do mesmo modo, Silva (2014) verificou que as maiores atividades da APX em folhas de feijão caupi foram obtidas com a aplicação das menores lâminas de irrigação, sendo o aumento mais expressivo nas cultivares BR 17 Gurguéia e BRS Marataoã, resultados esses oposto do presente estudo quando a atividade da APX mostrou-se mais elevadas nas plantas submetidas a maior densidade de plantas daninhas sob restrição hídrica quando comparado ao controle.

A APX é uma heme-proteína, possui diversas formas isoenzimáticas, podendo ser encontradas no citosol, mitocôndrias, peroxissomos, cloroplastos e parede celular (GARA, 2004). A mesma, necessita de agentes redutores para a eliminação do H_2O_2 , sendo, portanto, responsáveis pela regulação fina da concentração de H_2O_2 em função da alta afinidade com esta ROS (PEREIRA et al, 2012).

Silva (2014) verificou que as maiores atividades da APX em folhas de feijão caupi foram obtidas com a aplicação das menores lâminas de irrigação, sendo o aumento mais expressivo nas cultivares BR 17 Gurguéia e BRS Marataoã, resultados esses confirmados no presente estudo. Deste modo, é provável que os aumentos nas atividades das enzimas antioxidativas teriam contribuído para minimizar os efeitos deletérios do estresse hídrico nas variáveis fisiológicas e crescimento analisadas.

6. CONCLUSÕES

Os componentes fisiológicos do feijão-caupi cultivado em ausência de plantas daninhas foram reduzidos pela restrição hídrica.

O plantio de três *B. plantagienea* por vaso resultou em elevada competição, o que provocou forte redução nos componentes de crescimento do feijão-caupi, independente do regime hídrico.

A densidade de três *B. plantaginea* associadas ao período hídrica ocasionou maiores teores de prolina.

A densidade de seis *B. plantaginea* aumentou a atividade das enzimas antioxidantes, ambos em resposta ao mecanismo de defesa ocasionados pela combinação de estresse.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L. B.; STERLING, T. M. Recovery of African rue seed lings from water stress: Implications for recruitment and invasion. African rue (*Peganum harmala*) seedling response to herbicides applied under water-deficit stress. **Weed Science** v. 54, p. 198-204, 2006.
- ALBERTINO, S. M. F. et al. Composição florística das plantas daninhas na cultura de guaraná (*Paullinia cupuana*), no estado do Amazonas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 351-358, 2004.
- ALMEIDA, M. O, et al. Interação entre volume de vaso e competição com plantas daninhas sobre o crescimento da soja. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 507-513, 2015.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S et al. Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Embrapa Meio-Norte**, p.108, 2002.
- ARAÚJO, J. P. P. et al. Melhoramento do caupi no Brasil In: ARAÚJO J. P. P., WATT, E. E. O Caupi no Brasil. **EMBRAPA-CNPAP**, p.551-283, 1988.
- BARBOSA, M. R.; MEDEIROS, A. S. M.; WILLADINO, L.; ULISSES, C. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v.44, n.3, 2014.
- BASTOS, E. A et al. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 42, n. 1, p. 100-107. 2011.
- BATES, L.S., WALDREN, R.P., TEARE, I. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and soil**, v.39, n.2, p. 205-207, 1973.
- BEAUCHAMP e FRIDOVICH Anal. **Biochem**. v. 44. P. 276-287, 1971.
- BEGG, S. E.; TURNER, N. C. Crop water deficits. **Adv. Agron.**, v. 28, p. 161-217, 1976.
- BEZERRA, F. M. L. et al. Feijão caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 01, p. 13-18, 2003.
- BIANCHI, M.; PETRACCI, M.; CAVANI, C. Effects of dietary inclusion of dehydrated lucerne and whole linseed on rabbit meat quality. **World Rabbit Science**, v.14: 247-258. 2006.
- BRODRIBB, T. J.; HILL, R. S. Increases in water potential gradient reduce xylem conductivity in whole plants. Evidence from a low-pressure conductivity method. **Plant Physiology**, v. 123, n. 3, p. 1021-1028, 2000.
- CAMPOS, F. L. et al. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.
- CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANCÃO, N.; SILVEIRA, E. P.; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. Pesquisa **Agropecuária Brasileira**, v.39, p.637-643, 2004.

CAVALCANTE, U. T. et al. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa Deg.*) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta botânica basilicas**, v. 15, n. 3, p. 379-390, 2001.

CAVALCANTI, F.R.; OLIVEIRA, J.T.A.; MARTINS-MIRANDA, A.S.; VIÉGAS, R.A. & SILVEIRA, J.A.G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. **New Phytologist**, v. 163 p. 563-571, 2004.

CECHIN, I.; CORNIANI, N.; FUMIS, T. D. F.; CATANEO, A. C. Differential responses between mature and Young leaves of sun flower plants to oxidative stress caused by water déficit. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1290-1294, 2010.

CECHIN, I.; CARDOSO, G.S.; FUMIS, T.F.; CORNIANI, N. Nitric oxide reduces oxidative damage induced by water stress in sunflower plants. **Bragantina**, v.74, n.2, p.200-206, 2015.

CHANCE, B., MAEHLEY, A.C. Assay of catalases and peroxidases. **Methods Enzymology**, v.2. p.764-775, 1955.

COBUCCI, T. Manejo e controle de plantas daninhas em feijão-caupi. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2008. P.453-480.

COCHARD, H.; COLL, L.; ROUX, X. L.; AMÉGLIO, T. Unraveling the effects of plant hydraulics on stomatal closure during water stress in walnut. **Plant Physiology**, v. 128, n. 1, p. 282-290, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento brasileiro de safra de grãos 2007/2008**: décimo primeiro levantamento, agosto de 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perspectivas para a agropecuária. Brasília**. v.3: Conab, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br.perspec.agropec>>. Acessado em: 15 fevereiro de 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 4 - Safra 2016/17, n 12 - **Décimo segundo levantamento**, setembro 2017. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br.perspec.agropec>>. Acessado em: 20 março de 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento brasileiro de safra de grãos 2007/2008**: décimo primeiro levantamento, agosto de 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

CONCENÇO, G. Physiology of crops and weeds under biotic and abiotic stresses. In: **Applied photosynthesis**. In Tech, 2012.

CRAVO, S. M et al. Características, uso agrícola atual e potencial das várzeas no Estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 32, n. 3, p. 351-365, 2002.

CURY, J. P. et al. Produção e partição de matéria seca de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Plantas daninhas**, v.29, n.1, p.149-158, 2011.

DEEBA, F.; PANDEY, A. K.; RANJAN, S.; MISHRA, A.; SINGH, R.; SHARMA, Y. K.; SHIRKE, P. A.; PANDEY, V. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 53, n. 4, p. 6-18, 2012

DEL LONGO et al, Plant Cell Physiology. V. 34. P. 1023-1028. 1993

DEMIDCHIK, V. Mechanisms of oxidative stress in plants: from classical chemistry to cell biology. **Environmental and experimental botany**, v. 109, p. 212-228, 2015.

DI TOMASO, J. M. Approaches for improving crop competitive nes sth rough the manipulation fertilization strategies. **Weed Science**. v. 43, n. 3, p. 491-497, 1995.

DONÇA, M. C. B. **Seleção precoce para caracteres dos grãos no melhoramento do feijão caupi**. 2012. 102 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determinations of sugar sander lasted substance. **Analytic Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.

DURIGAN, J.C. et al. Período de mato competição na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill), cultivares Santa Rosa e IAC 2. 1 - Efeitos sobre os parâmetros de produção. **Planta Daninha**, v.6, n.2, p.86-100, 1983.

EMBRAPA MEIO-NORTE. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Feijão-caupi: biologia floral**. 2007. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/61893>> Acesso em: 05 fevereiro 2018.

EMBRAPA MEIO-NORTE. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Feijão-caupi: Qualidade tecnologia dos grãos**. 2012. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/212332/1/194>> Acesso em: 19 fevereiro 2018.

EMBRAPA. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa, Brasília, 370 p.

EMBRAPA MEIO NORTE. **Estatística da produção de feijão-caupi**. 2009. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=34241>>. Acesso em: 14 abril de 2018.

FERRARI, E.P.A et al. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA E. A. et al. Crescimento do pinhão-mansão em competição com plantas aninhas em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.2, p. 210-214, 2014.

FERREIRA, F. A. et al. **Manejo de plantas daninhas**. Borém, A. Orgs. Feijão. v. 2, p. 309-340, 2016.

FERREIRA, F. A. et al. **Manejo de plantas daninhas**. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Org.) Feijão. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.309-340, 2006.

FREIRE FILHO, F.R. Feijão-Caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. p. 80, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. **Genética do caupi**. In: ARAUJO, J. P. P. de & WATT, E. E. (Org.) O caupi no Brasil. , **ITA/EMBRAPA**, p. 194-222. 1988a.

FREIRE FILHO, F. R. et al. (Ed.). Feijão-caupi: avanços tecnológicos. **Brasília: EMBRAPA**, cap. 13. p. 487-497. 2005b.

FIALHO, C. M. T. et al. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 65-73, 2012.

FIAZ, K.; MALIK, S. A.; YOUNIS, U.; DANISH, S.; RAZA SHAH, M. H.; NIAZ, S. Drought impact on Pb/Cd toxicity remediated by biochar in *Brassica campestris*. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 14, n. 4, p. 845-854, 2014.

FILGUEIRAS, G. C. et al. **Aspectos Socioeconômicos**. In Jerri Édson Zilli, Aloisio Alcântara Vilarinho, José Maria Arcaño Alves. (Org.). A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira. Embrapa Roraima. p.356p,2009.

FILIPPOU, P.; ANTONIOU, C.; FOTOPOULOS, V. The nitricoxide donor sodium nitro prusside regulates polyamine and proline metabolism in leaves of *Medicago truncatula* plants. **Free Radical Biology and Medicine**, v.56, p.172-183, 2013.

FONTES, JRA; DE OLIVEIRA, I. J.; DE MORAIS, R. R. Manejo de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi-controle cultural em cultivares de portes prostrado e semi-prostrado. **Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica**, 2017.

FORTE, C. T. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, V. 12, n.2, 2017.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Planta**, v.119, p.355-364, 2003.

FRANÇOIS, T. Relações hídricas e trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à irrigação deficitária 2012. 113 f. Dissertações (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

FREITAS, F.C.L. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p.241- 247, 2009.

FREITAS, F, G. PIGMENTOS FOTOSSITETICOS E PRODUÇÃO DE FEIJÃO *Vigna unguiculata* L. Walp SOB SALINIDADE E ADUBAÇÃO NITROGENADA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 291-299, 2014.

FUMIS, T. F.; PEDRAS, J. F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Agropecuária Brasileira** 37, 2002.

FUNK, J. L. The physiology of invasive plants in low-resource environments. **Conservation Physiology**, Oxford, v. 1, p. 1-17, 2013.

GANDAVO, P. Tratado da terra do Brasil: tratado segundo, das coisas que são gerais por toda costa do Brasil. Cap. 4, dos mantimentos da terra. Rio de Janeiro: Ministério da Cultura. Fundação Biblioteca Nacional. Departamento Nacional do Livro. Criado em: 10 jun. 2001. Disponível em: http://objdigital.bn.br/Acervo_Digital/livros_eletronicos/tratado.pdf. Acesso em 14 de Outubro de 2011.

GARA, L. Class III peroxidases and ascorbate metabolism in plants. **Phytochemistry Reviews**, v. 3, n. 1-2, p. 195-205, 2004.

GRACIANO, et al. Estudos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetidas à deficiência hídrica. 2009.

GIANNOPOLITIS & RIES **Plant Physiology**. v. 59. P. 309-31, 1977.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GRIEVE, C.M.; GRATAN, S.R. Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium compounds. **Plant and Soil**. V.70, p. 303-307, 1983.

GUBIANI, I. P., REICHERT, J. M., REINERT, D. J., Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, 2014.

HAVIR, E.A.; MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in *tabacco* leaves. **Plant Physiology**. v.84. p.450-455, 1987.

HE, Q. et al. Endogenous salicylic acid levels and signaling positively regulate Arabidopsis response to polyethylene glycol-simulated drought stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 33, n. 4, p. 871-880, 2014.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and Stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.

HERNÁNDEZ, J.A.; JIMENEZ, A.; MULLINEAUX, P.; SEVILLA, F. Tolerance of pea plants (*Pisum sativum*) to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. **Plant Cell and Environment**, v.23, p.853-862, 2000

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção e produtividade de feijão-caupi no estado do Amazonas.2017**. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/Ispa/Ispa_201506_1.shtm>. Acesso em: 17 Fevereiro 2018.

KHAN, M. H.; S. K. PANDA. Changes in antioxidant levels in *Oryza sativa* L. roots subjected to NaCl salinity stress. **Acta Physiology Plant** v.24, p.145–148, 2002.

KALSING, A.; VIDAL, R. A. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. **Planta Daninha**. Viçosa, MG. Vol. 31, n. 4,(out./dez. 2013), p. 843-850, 2013.

KAR, M., MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**. v. 57. P.315 - 319, 1976.

KISSMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: **Basf Brasileira**, t.1. p. 415-420,1997.

KOSHIBA, T. Cytosolic ascorbate peroxidase in seedlings and leaves of maize (*Zea mays*). **Plant Cell Physiology**. Kyoto, v. 34, n. 5, p. 713-721, 1993

LAGE, P. et al. Interferência do arranjo de plantas daninhas no crescimento do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**. v. 4, n. 3, p. 61-68, jul. /Set. 2017.

LARCHER, W. O ambiente das plantas. **Ecofisiologia vegetal**, p. 1-68, 2004.

LAMEGO, F P. et al. Seletividade dos herbicidas smetolachlor e alachlor para o feijão-carioca. **Planta Daninha**, 29:877-883, 2011.

LIMA, A. A. F et al. Respostas fisiológicas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Submetidas à deficiência hídrica: uma alternativa para a agricultura familiar do semiárido sergipano. 2008.

LIMA, M. J., et al. Joint effect of meteorological variables on cowpea stomatal conductance. **Horticultura Brasileira**, V. 34, n.4, 547-553, 2016.

LIMA, M. F. P. et al. Weed growth and dry matter partition under water restriction. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 701-707, 2016.

LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A.R.1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 591-603

MCCANN, S. E.; HUANG, B. Evaluation of drought tolerance and avoidance traits for six *creeping bentgrass* cultivars. **Horticultural Science**, v.43, p.519-524, 2008.

MACHADO, A. B. et al. Rendimento de grãos de feijão e nível de dano econômico sob dois períodos de competição com *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v.33, p.41-8, 2015.

MACHADO JÚNIOR, C. S., et al. Physiologic parameters of soybean of determinate and indeterminate growth habit subjected to levels of soil moisture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 419-425, 2017.

MAIA, J. M.; FERREIRA, S. L.; VOIGT, E. L.; MACEDO, C. D.; PONTE, L. F. A.; SILVEIRA, J. A. G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão-caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botânica Brasílica**, v. 342-349, 2011.

MANABE, P. M. S. Características fisiológicas de feijoeiro em competição com plantas daninhas. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

MANABE, P. M. S. et al. Efeito da competição de plantas daninhas na cultura do feijoeiro. **Bioscience Journal**. v. 31, n. 2, p. 333-343, 2015.

MARTINS, C.A.S. Crescimento e produção do feijoeiro comum cultivado sob déficit hídrico. 2013.

MATOS, V. P. et al. Período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura do caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 737-743, 1991.

MENDONÇA, A. C., et al. Caracterização fenológica associada a graus-dia em genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes. Enciclopédia biosfera, centro científico conhecer, v.11 n.21; p. 2015

MENDONÇA, E. S et al. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n.01, p. 35-41, 2004.

MORAES, W. B. Avaliação de linhagens promissoras de feijoeiro tolerantes à seca. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, 2008.

MONTEIRO, J.G.; CRUZ, F.J.; NARDIN, M.B.; SANTOS, D.M.M.D. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49 (1):18-25, 2014.

MOTA, C.S.; LEITE, H.G.; CANO, M.A.O. Equações para estimar área foliar de folíolos de *Acrocomia aculeata*. **Pesquisa Florestal Brasileira** v. 34(79): 217-224.2014.

NG, N.Q.; MARÉCHAL, R. Cowpea taxonomy, origin and germplasm. In: SINGH, S.R. & RACHIE, K.O., eds. Cowpea research, production and utilization. Chichester, John Wiley, p.321-328, 1985.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell and Physiology**. v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981

NASCIMENTO, S. P. D. et al. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 158 n.8, p.853-860, 2011.

NG, N. Q. Cowpea (*Vigna unguiculata*). In: SMART, J.; SIMMONDS, S. (org.). **Evolution of crops plants**. 2 ed. London: Longman, 1995. p. 326-332.

NOGUEIRA, A. et al. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. **Photosynthetic**, v. 42, n. 3, p. 351–356, 2004.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. Um sistema simples de interpretação de análise de solo e recomendação de corretivos e fertilizantes. FertBio 2002. **Santa Maria - RS**. 2002.

OLIVEIRA, O. M. S. et al. Período de convivência das plantas daninhas com cultivares de feijão-caupi em várzea no Amazonas. **Planta Daninha**, v.28, n.3, p.523-530, 2010.

OSIPITAN, O. Adewale. Weed interference and control in cowpea production: A review. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 12, p. 11, 2017.

PAIVA, A. S et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.161-169, 2005.

PANDA, S. K.; KHAN, M. H. Growth, oxidative damage and antioxidant responses in green gram (*Vigna radiata* L.) under short-term salinity stress and its recovery. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 16, p. 442-454, 2009.

PASSOS, L. P. (1996). Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal. EMBRAPA-CNPGL. 223 p.

PASSINI, T. Competitividade e predição de perdas de rendimento da cultura de feijão quando em competição com *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. Piracicaba, 2001. 130 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

PEREIRA, M. R. R. Efeito de herbicidas sobre plantas de *Brachiaria plantaginea* submetidas a estresse hídrico. **Planta Daninha**, p. 1047-1058, 2010.

PEREIRA, J. W. de L.; MELO FILHO, P. de A.; ALBUQUERQUE, M. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Mudanças bioquímicas em genótipos de amendoim submetidos a déficit hídrico moderado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 766- 773, 2012.

PESSÔA, U. C. M. et al. Interferência de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e da compactação do solo no crescimento do feijão-caupi. **Revista Verde**. v. 10. N.5, p. 61 - 69, 2015.

PESSÔA, U. C. M. Desempenho fisiológicos e crescimento do feijão-caupi, sob manejos de plantas daninhas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 246-250, 2017.

PITELLI, R. A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 127, p. 16-27, 1985.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de controle e de convivência das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: congresso brasileiro de herbicidas e plantas daninhas, v.15, p.37 1984.

PROCÓPIO, S. O et al. Características fisiológicas das culturas de soja e feijão e de três espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 02, p. 211-216, 2004a.

PROCÓPIO, S. O et al. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 22, n.01, p. 35-41, 2004b.

RADIN, B et al. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1017-

1023, 2003.

RADOSEVICH, S. R. et al. Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management **New York**: John Wiley & Sons, p. 454. 2007.

RAMOS JUNIOR, E. U, et al. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, 2013.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, planta, atmosfera: conceitos, processos e aplicações. 2 ed. **Barueri**, 2012, 500p

RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agronomy Engineering*, **Madison**, n.28, p.451-454, 1947.

ROCHA, M. de M.; FREIRE FILHO, F. R.; RAMOS, S. R. R.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, F.N.; GOMES, R. L. F. Avaliação agronômica de genótipos de feijão-caupi para produção de grãos verdes. Teresina: **Embrapa Meio-Norte**, P.16, 2006a.

ROCHA, M. M.; CAMPELO, J, E, G.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C. A. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, v.08, n.01, p.135-141, 2003b.

RODRIGUES, E. V et al. Tolerância ao déficit hídrico em populações f2 de feijão-caupi. **Revista Caatinga**, v. 31, n.1, p. 48-55, 2017.

SALGADO, T. P et al. Interferência das plantas daninhas no feijoeiro carioca. **Planta Daninha**, v. 25, p. 443-448.

SANTOS JUNIOR, U.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.226 p. 299-309. 2006

SANTOS, et al. Tolerância e caracterização bioquímica em feijão-caupi submetido a estresse hídrico na pré-floração. **Naturalia**, p. 34-44, 2010

SANTOS, J. R. D., OLIVEIRA, L. F. G. D., SOUSA, J. P. S., Sarmiento, C. R. Desempenho de genótipos promissores de cana-de-açúcar utilizando ferramentas fisiológicas e biométricas. 2014.

SANTOS, L. A.C.; SILVA, D.M.P, OLIVEIRA, I. A.; PEREIRA, C.E.; CAMPOS, M.C.C. Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea. **Ambiência Guarapuava** (PR) v.13 n.1 p. 261 - 270 Jan./Abr. 2017.

SANTOS, F. L. S. et al. Phytosociological survey of weed plants in intercrops of common beans and castor beans. **Planta Daninha**, v. 35, p. 12. 2017.

SCHOLTEN R, PARREIRA, M.C.; ALVES, P.L.CA. Período anterior à interferência das plantas daninhas para a cultivar de feijoeiro 'Rubi' em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Acta Scientia Rum Agronomy**, v. 33, p.313-320.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMINGSSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy of Science, New York**, v.51, p.119-125, 1964.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stress ful conditions. **Journal of Botany**, v.2012, n.1, p.1-26, 2012.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI, S. K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 2, p. 221 -227, 2007.

STREIR, N. M., CANTERLE, L. P., CANTO, M. W. D., & HECKTHEUER, L. H. H. The chlorophylls. **Ciência Rural**, 35(3), 748-755.2005.

SILVA, M. S. L. et al. Solos adensados e/ou compactados: identificação/diagnóstico e alternativas de manejo. **Petrolina: Embrapa Semiárido**, p. 6, 2001.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. Competição entre plantas daninhas e culturas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, p. 17-61. 2007

SILVA, I. A. B. et al. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 265-272, 2009.

SILVA, D. A. A função da precipitação no conforto do clima urbano da cidade de Manaus. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 5, p. 22-40, 2012.

SILVA, A. R. F. Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica. Campina Grande. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão. P.86, 2014.

SILVA, A et al. Crescimento e trocas gasosas de genótipos de feijão-caupi sob estratégias de cultivo. **Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 3, 2016.

SILVA TERCEIRO, E. N. S. et al. Aspectos fisiológicos do feijão-caupi e crescimento de tiririca (*Cyperus rotundus* L.) sob competição em solo compactado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n.1, p. 14-22, 2016.

SILVA, A. R. A et al. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@ Ambiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2017.

SIRIPORNADULSIL, S et al. Mecanismos moleculares de tolerância mediada por prolina a metais pesados tóxicos em microalgas transgênicas. **Plant cell**, v. 14,11 (2002): 2837-47. 2002.

SORATTO, R. P et al. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.

SOUSA, C. Crescimento e respostas enzimáticas do feijoeiro caupi sob estresse hídrico e

nematoide de galhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 2, 2015.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantina**, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721, 2011.

SOUZA, F. R. L. TROCAS GASOSAS E EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA EM ECÓTIPOS DE FEIJOEIRO CULTIVADOS NO SEMIÁRIDO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, 2012.

STEELE, W.M.; MEHRA, K.L. S et al. Evolution and adaptation to farming systems and environment in *Vigna*. In: UMMERFIELD, R.J.; BUNTING, A.H., Eds. Advances in Legume Science. **England, Royal Botanic Gardens**, p.459-468, 1980.

STRASSER, R.J.; SRIVASTAVA, A.; GOVINDJEE. 1995. Polyphasic chlorophyll fluorescence transient in plants and cyanobacteria. **Photochemistry and Photobiology**, 61: 32-42.

TALAMÉ, V. et al. Barley transcript profiles under dehydration shock and drought stress treatments: a comparative analysis. **Journal of Experimental Botany, Oxford**, v. 58, n. 2, p. 229-240, 2006.

TAVARES, C. J. et al. Fitossociologia de plantas daninhas Na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.8, n.1, p. 27-32, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 613 p. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 918 p. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 858p. 2017.

TEIXEIRA, I. R. et al, Competição entre feijoeiros e plantas daninhas em função do tipo de crescimento dos cultivares. **Planta Daninha**, v.27, n.2, p. 235-240, 2009.

TORRES, B.B. Elementos de enzimologia. In: BORZANI, W. et al, Biotecnologia industrial. v. 1. **Edgar Blücher**. P. 151-176. 2001.

TROVATO, M.; MATTIOLI, R.; COSTANTINO, P. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. **Rendiconti Lincei**, v.19, p.325-346, 2008.

VALE, N. M.; BARILI, L. D.; ROZZETO, D. S.; STINGHIN, J. C.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; KÖOP, M. M. Avaliação para tolerância ao estresse hídrico em feijão. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 135-144, 2012.

VANTINI, S.; J. Proline accumulation in sugarcane roots subjected to drought conditions. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 592-598, 2016.

VASCONCELOS JÚNIOR, J. F. S. et al. Influência do sistema de cultivo nas características produtivas do feijão xodó (*phaseolus vulgaris* L.). **Global Science and Technology**, v. 09, n.01, p. 68-75, 2016.

VIDAL, R. A. et al. Interferência e nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* e *Ipomoea nil* na cultura do feijão comum. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1675-1681, 2010.

VIVIAN, R. et al. Interactions between soybean and weeds in a replacement series system, considering the effects of water stress. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 749-763, 2013.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.561-564, 2007.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudêncio de Geografia**, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZANINE, A. M., & SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**. 11(1), 10-30. 2004.

ANEXOS A – Análise de variância

Anexo 1. Resumo da análise de variância (ANOVA) das variáveis de trocas gasosas: fotossíntese líquida (P_{max}), concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de *B. plantaginea* e tratamento plantas irrigadas e restrição hídrica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		P_{max}	C_i	E	g_s	EUA	$EiUA$
Den	2	0,53358ns	1441,84	0,34951ns	0,00054 ns	0,20811ns	0,00003ns
RH	1	99,28741*	4748,39	8,24492*	0,03163 **	0,01584ns	0,00001ns
Den x RH	2	12,51986ns	5520,43	7,74171**	0,05409**	1,09516ns	0,00037*
Tratamentos	5	25,07886	18672,95	4,88547	0,02818	2,62238	0,00016*
Resíduo	24	4,02942	2567,67	1,33881	0,00338	10,64631	0,00005
C. V. (%)		20,3	19,4	26,02	27,83	28,86	32,96

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Anexo 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) dos teores de clorofila a (Ca), clorofila b (Cb), clorofila total (Ct) e carotenoides totais (Car) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de *B. plantaginea* e tratamento plantas irrigadas e restrição hídrica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		Ca	Cb	Ct	Car
Den	2	0,07378**	0,05160**	0,17182**	0,02842**
RH	1	0,25160**	0,42805**	1,33599**	0,06772**
Den x RH	2	0,16493**	0,06630**	0,32620**	0,06420**
Tratamentos	5	0,14581	0,13277	0,46640	0,05059**
Resíduo	24	0,00310	0,00445	0,00494	0,00155
C. V. (%)		9,72	11,18	6,01	13,03

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Anexo 4. Resumo da análise de variância (ANOVA) das variáveis área foliar (AF), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de *B. plantaginea* e tratamento plantas com irrigadas e restrição hídrica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		AF	MSF	MSC	MSR	MST
Den	2	163893,622442**7	4.52316**	5.96193**	5.53758	37,42875**
RH	1	276384,00833**	7.41425**	0.53707*	0.95159	19,63605**
Den x RH	2	38815,46296**	0.06676ns	0.11271ns	0.73769	0,87413ns
Tratamentos	5	136360,43583	3.31882	2.53727	7.22685	19,24836
Resíduo	24	3830,45230	0.07449	0.07914	0.62022	0,26386
C. V. (%)		8,52	16,25	15,14	21,03	11,94

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Anexo 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) da razão do sistema radicular e parte aérea (RS/PA) do feijão-caupi submetido a diferentes densidades de *B. plantaginea* e tratamento plantas irrigadas e restrição hídrica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO				
		AF	MSF	MSC	MSR	MST
Den	2	163893,622442**7	4.52316**	5.96193**	5.53758	37,42875**
RH	1	276384,00833**	7.41425**	0.53707*	0.95159	19,63605**
Den x RH	2	38815,46296**	0.06676ns	0.11271ns	0.73769	0,87413ns
Tratamentos	5	136360,43583	3.31882	2.53727	7.22685	19,24836
Resíduo	24	3830,45230	0.07449	0.07914	0.62022	0,26386
C. V. (%)		8,52	16,25	15,14	21,03	11,94

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Anexo 6. Resumo da análise de variância (ANOVA) da matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR) da planta daninha em diferentes densidades de plantio e tratamento plantas irrigadas e restrição hídrica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO	
		MSPA	MSR
Den	2	55.05139**	24,02310
RH	1	8.95877**	6,93025
Den x RH	2	3.88724**	1,85236
Tratamentos	5	25.36721	11,73623
Resíduo	24	0.03485	0,05853
C. V. (%)		6.93	13,56

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Anexo 7. Resumo da análise de variância (ANOVA) dos parâmetros de prolina, catalase (CAT), dismutase de superóxido (SOD), peroxidase de fenóis (POX), peroxidase de ascorbato (APX) e malondialdeído (MDA) do feijão- caupi submetido a diferentes densidades (*B. plantaginea*) e plantas irrigadas e restrição hídrica.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		Prolina	CAT	SOD	POX	APX	MDA
Den	2	333,32128	6030,5*	20,52**	4755ns	0,93**	2,46**
RH	1	958,04093	160,61ns	11,59**	10341ns	0,35ns	9,25**
Den x RH	2	11,62675*		1,76ns	570,87ns	1,27**	9,15*
Tratamentos	5	329,58740	9534,76	11,23	21318	0,954	6,49
Resíduo	24	3,07821	1682,15	1,46	5181	0,112	0,97
C. V. (%)		4,86	14,62	10,58	4,63	11,72	9,14

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

ANEXO B – Figuras do experimento



Anexo 1. Casa de vegetação



Anexo 2. Teor de umidade do solo



Anexo 3. Feijão-caupi aos 25 DAS



Anexo 4. Análise fisiológica do feijão-caupi ao 47 DAS



Anexo 5. Medição da área foliar do feijão-caupi aos 47 DAS.



Anexo 6. Análises bioquímica do feijão-caupi